



جمهوری اسلامی ایران
وزارت آبیاری و زمین‌سازی



جهاد کشاورزی
وزارت آبیاری و زمین‌سازی



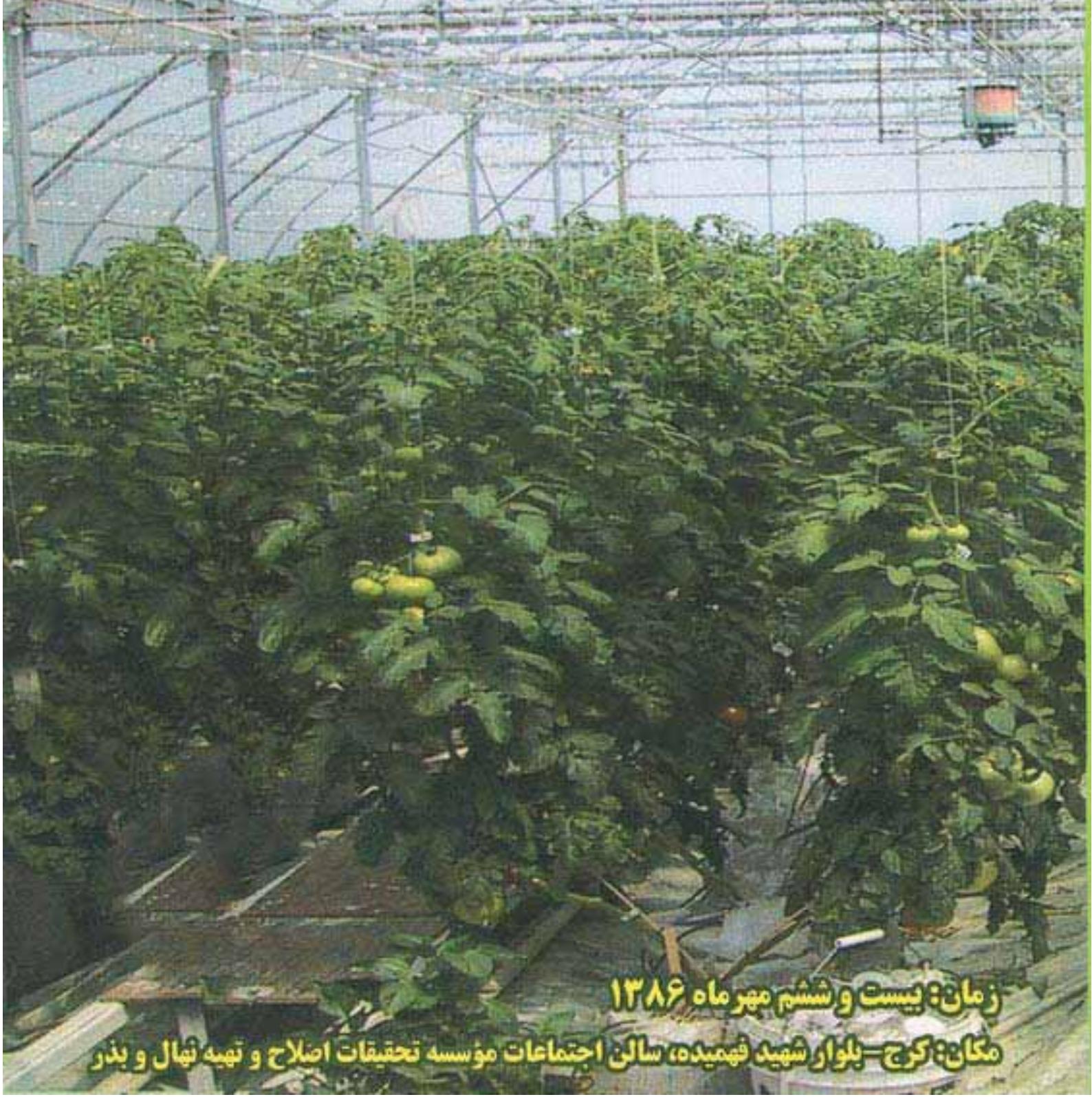
موسسه تحقیقات فنی
و مهندسی کشاورزی



کمیته ملی آبیاری
و زمین‌سازی ایران

مجموعه مقالات اولین کارگاه فنی

«ارتفاقه کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای»



زمان: بیست و ششم مهر ماه ۱۳۸۶

مکان: کرج-بلوار شهید فهمیده، سالن اجتماعات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نیمال و بذر



مجموعه مقالات اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای

۱۳۸۶ مهرماه ۲۶

کمیته اجرایی کارگاه:

دکتر نادر حیدری

مهندس مهرزاد احسانی

دکتر حسین دهقانی سانیج

دکتر فرهاد خورسندی

مهندس سید رحیم سجادی

مهندس داریوش سالم پور

مهندس مسعود علایی

مهندس علی اکبر عزیزی

مهندس پروانه کاظمی

دکتر علی اصغر فرشی

مهندس محمد مهدی نخجوانی مقدم

مهندس ژاله وزیری

کمیته علمی کارگاه:

دکتر نادر حیدری	دکتر مهدی اکبری
دکتر قاسم زارعی	دکتر حسین دهقانی
مهندس فرhanaz سهراب	مهندس داریوش سالم پور
مهندس مسعود علایی	مهندس علی اکبر عزیزی
مهندس پروانه کاظمی	دکتر علی اصغر فرشی
مهندس ژاله وزیری	

دیپر علمی کارگاه
دکتر حسین دهقانی سانیج

دیپر اجرایی کارگاه
مهندس محمد مهدی نخجوانی مقدم

اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای

۱۳۸۶ مهرماه ۲۶

بررسی مدیریت آبیاری و کارایی مصرف آب در گلخانه‌ها و مسایل و چالشها

حسین دهقانی سانیج^۱، قاسم زارعی^۱ و نادر حیدری^۲

چکیده

از مهمترین اهداف توسعه گلخانه‌ها در کشور ارتقاء بهره‌وری تولید و بالا بردن کارایی مصرف آب است. افزایش بهره‌وری آب اصولاً از دو طریق امکان پذیر است: (۱) نگاه داشتن میزان تولید محصول در سطح کنونی توأم با کاهش آب مصرفی و (۲) افزایش عملکرد به ازای واحد آب مصرفی، بدین معنی که با حفظ منابع آبی موجود میزان محصول تولیدی را افزایش دهیم. در اینجا آنچه که در گلخانه مدنظر می‌باشد، افزایش عملکرد به ازای واحد آب مصرفی است. در رابطه با مدیریت آبیاری، میزان آب مصرفی، نیاز آبی و غیره، در دنیا مطالعات متعددی انجام یافته است تا آب آبیاری با حداقل راندمان ممکن در اختیار گیاهان گلخانه‌ای قرار گیرد. لیکن، نتایج بررسی‌ها که از منابع داخلی بدست آمد، نشان دهنده آن است که در این زمینه‌ها تحقیق قابل توصیه‌ای انجام نگرفته است و توصیه مشخصی در خصوص آب مورد نیاز گیاهان گلخانه‌ای وجود ندارد. از طرفی با توجه به اینکه مقدار آب مورد نیاز برای تولید محصولات گلخانه‌ای در مناطق و اقلیم مختلف کشور متفاوت است، لذا به بررسی‌های بیشتری در این زمینه نیاز است. هدف از مطالعه حاضر بررسی روند توسعه زراعت‌های گلخانه‌ای در کشور و مروی بر کارایی مصرف آب در آنها و نیز شناسایی مسایل و مشکلات آنها در راستای مدیریت آبیاری و بهبود بهره‌وری آب و نهایتاً ارائه توصیه‌های کاربردی در این زمینه بوده است.

کلمات کلیدی: گلخانه، مدیریت آبیاری، کارایی مصرف آب، نیاز آبی.

مقدمه

بخش کشاورزی عمدۀ ترین مصرف کننده منابع آب کشور می‌باشد. با توجه به روند رشد جمعیت و محدود بودن منابع آب قابل استحصال، این بخش در تامین امنیت غذایی با چالش تولید بیشتر محصولات کشاورزی به ازای مصرف آب کمتر مواجه است. در دهه‌های اخیر، کشت در محیط‌های کنترل شده و یا به اصطلاح گلخانه که

^۱- اعضاء هیات علمی بخش تحقیقات مهندسی آبیاری تحت فشار مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج

^۲- عضو هیات علمی بخش تحقیقات مهندسی آبیاری سطحی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج

امکان تولید محصولات مختلف در شرایط متنوع آب و هوایی و ویژگی‌های مختلف خاک و آب آبیاری را فراهم می‌آورد، به عنوان راهکاری موثر در افزایش تولید با مصرف آب کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این در حالی است که زراعت‌های گلخانه‌ای در بسیاری از کشورهای جهان که حتی با محدودیت منابع آبی مواجه نیستند، به عنوان بخش نسبتاً پایدار برای تولید محصولات کشاورزی توسعه یافته است.

در توسعه گلخانه‌ها اهداف مختلفی دنبال می‌شود. شاید مهمترین هدف از سرمایه‌گذاری‌ها و تخصیص اعتبارات کلان در این زمینه، مقابله با پدیده بیکاری از طریق تولید محصولات کشاورزی باشد. به نظر می‌رسد که علیرغم اهمیت آن، ارتقاء بهره‌وری تولید و بالابردن کارایی مصرف آب در گلخانه‌ها، از اهداف جانبی این کار است. عرضه مستمر محصولات سبزی و صیفی در طول چهار فصل سال و نقشی که این محصولات در ایجاد سلامتی و کیفیت تغذیه مردم دارند، اهمیت گلخانه‌ها را افزایش داده است. برداشت محصول فراوان از مساحت کم، بهره‌وری بالای عوامل تولید به ویژه آب و خاک در این صنعت، از مزایای آن در مقایسه با تولید محصولات مشابه در فضای باز است.

در ایران ایجاد اشتغال برای فارغ‌التحصیلان کشاورزی، افزایش بهره‌وری منابع تولید، توسعه پایدار تولیدات کشاورزی، مقابله با بحران آب، از اهداف مهمی هستند که در راستای حل آنها برنامه‌ریزی‌های متعددی شده است. از گزینه‌های مناسب در جهت نیل به این اهداف می‌تواند توسعه گلخانه‌ها در نقاط مختلف کشور باشد که تا حدودی به عنوان راه حل پیشنهاد گردیده و در حال اجراء می‌باشد.

همسان نبودن ضرورت توسعه زراعت‌های گلخانه‌ای در کشورهای مختلف و همچنین، روند توسعه آنها باعث گردیده است تا ساختار گلخانه‌ها در کشورهای مختلف تا اندازه‌ای متفاوت باشد و در نتیجه آن نیازهای تحقیقاتی تا حدودی متفاوت باشد. از طرفی عواملی همچون تغییرات اقلیمی که از فاکتورهای بسیار موثر روی نیاز آبی می‌باشند، باعث می‌گردد تا پاره‌ای از تحقیقات به انجام رسیده در سایر کشورها نیاز به تکرار مجدد داشته باشند.

افزایش بهره‌وری از آب اصولاً از دو طریق امکان پذیر است: (۱) به ازاء ثابت نگاه داشتن میزان تولید محصول در سطح کنونی و کاهش آب مصرفی و (۲) افزایش عملکرد به ازاء واحد آب مصرفی، بدین معنی که با حفظ منابع آبی موجود میزان محصول تولیدی را افزایش دهیم (Zwart and Bastiaanssen, 2004). در اینجا آنچه که در گلخانه مدنظر می‌باشد، افزایش عملکرد به ازاء واحد آب مصرفی است.

معمولًا اصطلاح کارایی (راندمان) مرتبط با نسبت یک ورودی به یک خروجی است. در کشاورزی آبی چندین پارامتر از جمله کارایی (راندمان) انتقال آب، راندمان آب کاربردی و راندمان آبیاری وجود دارد که در تمامی آنها ورودی‌ها و خروجی‌ها صرفاً میزان آب بر حسب واحد عمق یا حجم آب می‌باشد. واژه کارایی مصرف آب (Water Use Efficiency, WUE) که در برخی منابع از آن به عنوان بهره‌وری آب گیاه (Crop Water Productivity, CWP) نیز نام برده شده است، برای نشان دادن رابطه کمی میان رشد (عملکرد) گیاه و میزان آب مصرفی به کار می‌رود. این واژه غالباً در دو زمینه زراعت و مهندسی تعریف می‌شود. یک متخصص زراعت بایستی تمرکز بیشتری بر روی کارائی آب در منطقه توسعه ریشه برای تعریق گیاه و همچنین تبدیل عملکرد

گیاه به یک محصول بازار پسند داشته باشد. در عوض یک مهندس بایستی تمرکز بیشتری بر روی کارائی آب تحويل داده شده به خاک داشته باشد (Schmidt, 2001). دوایت (De Wite, 1958) اولین کسی بود که CWP را به صورت نسبت میزان عملکرد گیاه (بر حسب کیلوگرم) به میزان تعرق گیاه (بر حسب مترمکعب) بیان نمود. ویتس (Viets, 1962) CWP را برای نشان دادن نسبت عملکرد گیاه به مقدار آب مورد استفاده گیاه به کار برد. مولدن (Molden, 1997) یک تعریف وسیعی از CWP برای تحلیل آب مورد استفاده در سطوح مختلف زراعی (گیاه، مزرعه، دشت و یا حوزه آبریز) ارائه کرد. کیجنه و همکاران (Kijne et al., 2003) کارهای انجام شده مرتبط با CWP از زمان معرفی این مفهوم را مورد بررسی و بازبینی قرار داده‌اند و راهکارهایی را به منظور افزایش CWP از طریق بهبود مدیریت منابع در سطوح گیاه، مزرعه، زراعت و حوضه ارائه کرده‌اند.

در کشاورزی، CWP نشان دهنده میزان ماده تولیدی گیاه به ازاء واحد آب مصرفی است (Molden, 1997)

و بنابر این می‌تواند به صورت رابطه ذیل بیان شود:

$$CWP = \frac{Y}{W} \quad (1)$$

در این رابطه پارامتر Y می‌تواند بیانگر کل ماده تولید شده توسط گیاه، مقدار ماده خشک تولیدی گیاه و یا عملکرد اقتصادی (عملکرد دانه یا عملکرد بیولوژیکی و یا هر دو) باشد. پارامتر W می‌تواند به صورت‌های مختلف از جمله مقدار آب تعرق یافته بوسیله گیاه، مقدار تبخیر از سطح خاک و گیاه (تبخیر و تعرق)، مقدار آب به کار برد شده برای زراعت، مقدار آب مفید مصرفی و یا مقدار آب مفید و غیر مفید مصرفی ارائه شود (Molden, 1997). اگرچه CWP یک شاخص از مقدار خروجی به‌ازاء مقدار ورودی است ولی به ندرت تمام ورودی‌هایی که در تولید محصول مؤثرند، در تعیین آن مورد ملاحظه قرار می‌گیرند. همچنین از آنجا که مقدار محصول گیاهان یکسان نیست، تبخیر و تعرق یا آب مصرفی آنها نیز با یکدیگر نابرابر است و در نتیجه نسبت تولید به آب مصرفی (CWP) در آنها تغییرات زیادی را نشان می‌دهد. حتی در مورد یک گیاه خاص هم CWP مقدار ثابتی نیست و تحت تأثیر شرایط اقلیمی داخل گلخانه و مدیریت زراعی متفاوت برای واریته‌های گوناگون گیاه، کم یا زیاد می‌شود. در این پژوهش برای تعیین CWP از رابطه ذیل استفاده شد:

$$CWP_I (\text{kg/m}^3) = \frac{Y_a (\text{kg})}{I (\text{m}^3)} \quad (2)$$

که در آن Y_a بیانگر عملکرد واقعی گیاه و I بیانگر مقدار آب آبیاری است. تلفات غیر قابل اجتناب بدلیل نفوذ عمقی و یا تبخیر از سطح خاک سبب افزایش مخرج کسر می‌شود و این امر سبب کاهش CWP_I می‌شود.

از آنجایی که یکی از ضرورت‌های توسعه زراعت‌های گلخانه‌ای در کشور ارتقاء بهره‌وری مصرف آب است، لذا مطالعات، بررسی‌ها و تحقیقاتی که به نوعی برای مصرف هر چه دقیق‌تر و پایدارتر آب در گلخانه‌ها انجام شده و بیشترین مقدار عملکرد را به صورت پایدار حاصل نماید، نیاز است تا مورد توجه محققین، مسئولین و دست اندکاران بخش کشاورزی قرار گیرد. در رابطه با مدیریت آبیاری، میزان آب مصرفی، نیاز آبی و غیره، در دنیا مطالعات متعددی انجام یافته است تا آب آبیاری با حداقل راندمان ممکن در اختیار گیاهان گلخانه‌ای قرار گیرد. در ایران از آنجا که توسعه زراعت‌های گلخانه‌ای اخیراً شروع گردیده و مورد توجه بخش کشاورزی قرار گرفته است،

تحقیقات به انجام رسیده بر روی مسایل و مشکلات زراعت‌های گلخانه‌ای، بخصوص در زمینه مسایل آب و آبیاری در گلخانه بسیار محدود می‌باشد و توصیه مشخصی در خصوص آب مورد نیاز گیاهان گلخانه‌ای وجود ندارد. در این زمینه، فقط اظهار شده است که، میزان تشعشع خورشیدی می‌تواند به عنوان یک معیار برای تعیین آب مورد نیاز گیاهان گلخانه‌ای، بکار گرفته شود. لیکن، از آنجا که مقدار آن در مناطق و اقالیم مختلف کشور متفاوت می‌باشد، نیاز به بررسی‌های بیشتری در این زمینه است.

توسعه زراعت‌های گلخانه‌ای و مزایای آن

از جمله وظایف پیش‌بینی شده برای بخش کشاورزی در قانون برنامه پنجساله چهارم توسعه کشور (طی سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۸۸) ارتقاء بهره‌وری عوامل تولید (نیروی کار، آب، خاک و ...) می‌باشد. در این راستا، وزارت جهاد کشاورزی به منظور بسترسازی برای تحقیق وظایف پیش‌بینی شده برای بخش کشاورزی، رسالت خطیری بر عهده دارد که شامل افزایش راندمان آبیاری، بهره‌وری از آب و استفاده بهینه و پایدار از منابع و نهادهای کشاورزی به ویژه منابع آب و خاک کشور می‌باشد. یکی از راهکارهای تولید بهینه اقتصادی و پایدار کشاورزی، استفاده از فناوری‌های روز و مرتبط است. در چند دهه اخیر در تولید محصولات کشاورزی، کشت در محیط‌های کنترل شده (گلخانه‌ها) مرسوم شده است. مزایای کشت‌های گلخانه‌ای را می‌توان به صورت ذیل دسته‌بندی کرد:

- کنترل عوامل محیطی و عرضه محصول در خارج از فصل
- بهره‌وری تولید بالا
- کارایی مصرف آب بالا
- استفاده از فضا به جای واحد سطح
- امکان تولید در کنار شهرهای بزرگ
- استفاده بهینه از نهاده‌های تولید (بذر، کود، آب، سم و ...)
- امکان کشت بدون استفاده از خاک
- ایجاد اشتغال
- ایجاد تنوع در اقلام صادراتی
- سازگاری با خشکسالی و پایدار کردن تولید در مناطق کم آب

از طرف دیگر کشت در گلخانه‌ها دارای معاوی نیز می‌باشد که اهم آنها به شرح ذیل می‌باشند:

- هزینه سرمایه‌گذاری بالا
- بالا بودن آفات و بیماری‌ها در محیط‌های گلخانه‌ای
- نیاز به اعمال مدیریت بیشتر در جهت تولید
- نیاز به کارگران ماهرتر (لزوم نظارت دقیق بر تهويه، سرمایش، گرمایش، روشنایی و ...)

همان گونه که از مزایا و معایب ذکر شده در خصوص تولیدات گلخانه‌ای نمایان است، تولید در محیط‌های کنترل شده دارای مزیت نسبی در تولید برخی محصولات نظیر سبزی و صیفی جات (به علت تازه‌خوری و فسادپذیری آنها در جریان بسته‌بندی، نگهداری و حمل و نقل)، گل و گیاهان زیستی (به علت صدمه‌پذیری آنها در جریان بسته‌بندی، نگهداری و حمل و نقل) و برخی میوه‌ها (توت فرنگی، موز و ...) در مقایسه با تولید محصولات مشابه در فضای باز است.

وضعیت گلخانه‌های ایران

آمار و اطلاعات موجود در دفتر امور گل و گیاهان زیستی و دارویی معاونت باطنی حاکی از آن است که مطابق جدول ۱ تا پایان سال ۱۳۸۵، سطح زیرکشت گلخانه‌ها در کشور $6431\frac{1}{4}$ هکتار بوده است. از این سطح حدود 3763 هکتار ($58/0$ ٪) به سبزی و صیفی، 35 هکتار ($0/5$ ٪) به محصولات باطنی، 2618 هکتار ($40/7$ ٪) به گل و گیاهان زیستی و 15 هکتار ($0/3$ ٪) نیز به گیاهان دارویی، قارچهای خواراکی و ... اختصاص داشته است. از کل گلخانه‌های کشور در این سال حدود 1093 هکتار آن (معادل $17/5$ درصد) دارای اسکلت چوبی و 465 هکتار آن (معادل $72/5$ درصد) دارای اسکلت فلزی بوده‌اند. در اکثر موارد نیز برای پوشش گلخانه از پلاستیک استفاده شده است. همچنین، در جدول ۲ سطح زیرکشت گلخانه‌ها به تفکیک استان‌ها و محصولات مختلف در سال مذکور، ارائه شده است. براساس این جدول، بیشترین سطح گلخانه‌ها در کشور، به ترتیب در استان‌های تهران ($2248/1$ هکتار)، کرمان (تنها در منطقه جیرفت منطقه کهنه‌وج $1054/7$ هکتار)، اصفهان ($940/7$ هکتار)، یزد ($547/2$ هکتار)، مرکزی ($362/9$ هکتار)، خوزستان ($325/1$ هکتار) و مازندران ($237/3$ هکتار) قرار دارد، بطوریکه می‌توان اظهار داشت، حدود $88/9$ ٪ از کل مساحت گلخانه‌های کشور در این هفت استان متمرکز است. تغییرات سطح زیرکشت محصولات گلخانه‌ای در سال‌های دهه 1380 در نمودار ۱ آورده شده است. همان گونه که از این نمودار ملاحظه می‌گردد، سطح زیرکشت محصولات گلخانه‌ای طی پنج سال گذشته ($1380-1385$) حدود دو برابر بوده که نشانگر رشد شتابان این صنعت نوپا در کشور است.

جدول ۱: سطح زیرکشت انواع محصولات گلخانه‌ای در سال 1385

(منبع: دفتر امور گل و گیاهان زیستی و دارویی معاونت باطنی)

نوع محصول	سطح زیرکشت (ha)	سطح زیرکشت (%)
سبزی و صیفی	$3763/3$	$58/0$
باطنی (توت فرنگی و موز)	35	$0/5$
گل و گیاهان زیستی	$2618/2$	$40/7$
غیره (گیاهان دارویی، قارچهای خواراکی و ...)	$14/9$	$0/3$
جمع کل	$6431/4$	100

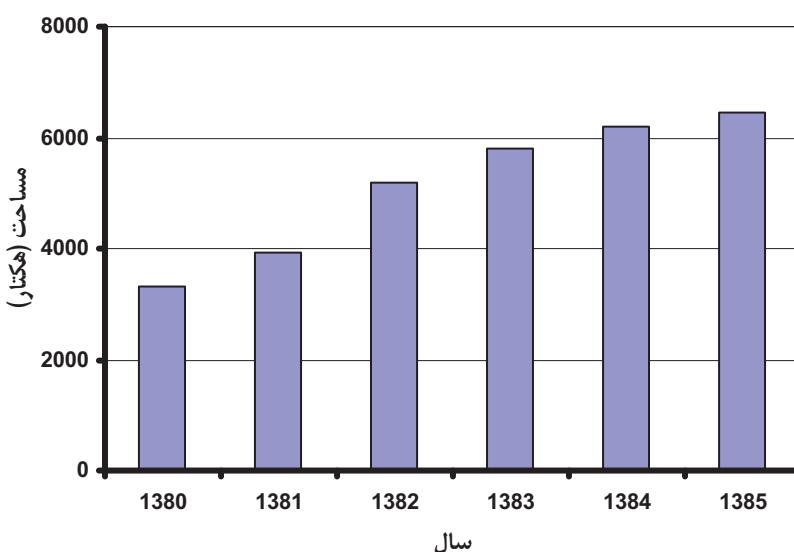
جدول ۲: سطح گلخانه‌های کشور^۱ به تفکیک استان‌ها به هکتار در سال ۱۳۹۵

(منبع: دفتر امور گل و گیاهان زیستی و دارویی معاونت با غبانی)

ردیف	نام استان	گل و گیاهان زیستی	سبزی و صیفی	توت فرنگی	موز	گیاهان داروئی	سایر محصولات ^۲	جمع کل
۱	آذربایجان شرقی	۴	۱۱/۴	-	-	-	-	۱۵/۴
۲	آذربایجان غربی	۲/۵	۲/۷	۰/۱	-	-	-	۵/۳
۳	اردبیل	۰/۹	۷/۱	-	-	-	-	۸
۴	اصفهان	۶۳	۸۷۷/۷	-	-	-	-	۹۴۰/۷
۵	ایلام	-	۱۸/۲	۰/۲	۰/۲	-	-	۱۸/۶
۶	بوشهر	-	۱۰/۳	-	-	-	-	۱۰/۷
۷	تهران	۱۶۰۷/۸	۶۳۳/۳	۷	-	-	-	۲۲۴۸/۱
۸	چهار محال بختیاری	۱/۵	۱۸/۸	-	-	-	-	۲۰/۳
۹	خراسان شمالی	۱/۴	۱/۵	-	-	-	-	۲/۹
۱۰	خراسان رضوی	۱۳/۸	۲۲/۳	-	-	-	-	۳۶/۲
۱۱	خراسان جنوبی	۰/۵	۱۱/۵	-	-	-	-	۱۲
۱۲	خوزستان	۳۰۳/۵	۲۱/۲	-	-	-	-	۳۲۵/۱
۱۳	زنجان	۱	۴/۲	-	-	-	-	۵/۲
۱۴	سمنان	۱/۳	۵۴/۳	-	-	-	-	۵۵/۸
۱۵	سیستان و بلوچستان	-	۱۵۰/۱	۰/۳	-	-	-	۱۵۰/۴
۱۶	فارس	۱۰/۹	۳۶/۷	۰/۱	۰/۱	-	-	۵۲/۲
۱۷	قزوین	۳/۳	۲۷/۵	-	-	-	-	۳۰/۸
۱۸	قم	۰/۲	۱۹/۵	۰/۲	-	-	-	۲۰/۷
۱۹	کردستان	۰/۸	۳/۸	-	-	-	-	۴/۶
۲۰	کرمان	۳/۶	۶۶	۰/۷	-	-	-	۷۰/۳
۲۱	کرمانشاه	۲/۳	۲۶/۲	-	-	۳	-	۳۱/۵
۲۲	کهکلیویه و بویر احمد	۰/۷	۲۰	-	-	-	-	۲۰/۷
۲۳	گلستان	۴/۵	۲/۷	۰/۴	-	-	-	۷/۶
۲۴	گیلان	۱۹/۸	۶/۱	۰/۵	۶/۳	-	-	۳۲/۷
۲۵	لرستان	۵/۸	۹/۶	۰/۱	-	-	-	۱۵/۸
۲۶	مازندران	۲۱۲/۱	۲۰/۱	۰/۶	۴/۵	-	-	۲۳۷/۳
۲۷	مرکزی	۳۴۴/۸	۱۶/۹	-	-	-	-	۳۶۲/۹
۲۸	هرمزگان	۰/۴	۳۹/۶	-	-	-	-	۴۰
۲۹	همدان	۲/۴	۴۵/۳	-	-	-	-	۴۷/۷
۳۰	یزد	۳/۵	۵۳۹/۹	-	-	-	-	۵۴۷/۲
۳۱	منطقه جیرفت و کهنوج	۱/۹	۱۰۳۸/۸	۱۲	۲	-	-	۱۰۵۴/۷
	جمع کل	۲۶۱۸/۲	۳۷۶۳/۳	۲۱/۶	۱۳/۴	۳/۴	۱۱/۵	۶۴۳۱/۴

^۱- آمار گلخانه‌های قارچهای خوارکی در جدول منظور نشده است^۲- سایر محصولات (نشاء، گلهای فصلی، گیاهان آپارتمانی، قلمه، درختچه‌های زیستی و)

مطالعات اقتصادی انجام یافته در سطح کشور نشانگر آن است که حداقل مساحت لازم برای احداث گلخانه به منظور تولید بهینه و اقتصادی، سه هزار مترمربع است. این در حالی است که مطابق جدول ۲ اغلب گلخانه‌داران در مناطق مختلف کشور در سال ۱۳۸۲ دارای سطوحی کمتر از این حد بوده‌اند. در این خصوص بهره برداران به ترتیب در استان‌های خوزستان، کرمان، تهران، فارس، اصفهان، اردبیل و مرکزی دارای گلخانه‌هایی بزرگتر از حد بهینه بوده و سایر استان‌ها در این زمینه پایین‌تر از شاخص تعیین شده قرار داشته‌اند. محصولات عمده تولیدی کشور در این گلخانه‌ها، خیار و گوجه‌فرنگی بوده ولی در سال‌های اخیر با توجه به تقاضای بازار، محصولات جدیدی همچون فلفل، خربزه، طالبی، لوبيا سبز، سبزیجات برگی، توت فرنگی و ... مد نظر تولیدکنندگان قرار گرفته است.



نمودار ۱: تغییرات سطح زیرکشت محصولات گلخانه‌ای در سال‌های دهه ۱۳۸۰

وضعیت تولید و کارایی مصرف آب در گلخانه‌های ایران

به منظور تعیین کارایی مصرف آب در زراعت‌های گلخانه‌ای با همکاری اعضاء گروه کار "استفاده پایدار از منابع آب برای تولید محصولات کشاورزی" کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران در سال ۱۳۸۴ از طریق تکمیل پرسشنامه، اقدام به جمع‌آوری و جمع‌بندی وضع موجود بهره‌برداری در تعدادی از گلخانه‌های تولیدی کشور در مناطق ورامین، یزد، اصفهان، کرمان، جیرفت گردید. این اطلاعات شامل میانگین سنی بهره‌برداران، میزان تحصیلات، مساحت بهره‌برداری، بافت خاک، شوری منابع خاک و آب، روش آبیاری، منع تامین آب، نیازآبشویی، مصرف کود، نوع محصول، عملکرد محصول و کارایی مصرف آب بوده است. نتایج نشان داد، مساحت بهره‌برداری از گلخانه در بیش از نیمی از جامعه آماری بررسی شده، بیشتر از حداقل سطح بهینه تعیین شده برای فعالیت گلخانه‌داری بوده است. حاکم بودن چنین شاخصی در صنعت گلخانه‌داری کشور، نکته مثبت و امیدوار کننده‌ای است (جدول ۳). بررسی بافت خاک در این گلخانه‌ها نشان داده است که در حدود ۶۷٪ از آنها دارای خاک سبک بوده‌اند که ویژگی بارز این دسته از خاکها زهکشی و تهويه مناسب وليكن ظرفیت نگهداری پائین آب در خاک است.

جدول ۳: مساحت بهره‌برداری از گلخانه‌های بررسی شده (مترمربع)

کمتر از ۱۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۳۰۰۰-۵۰۰۰	۵۰۰۰ به بالا	جمع کل
۱۰	۲۳	۲۰	۱۶	۴۲	۱۱۱
%۹	%۲۰/۷	%۱۸	%۱۴/۵	%۳۷/۸	۱۰۰

جداول های ۴ و ۵ نشانگر آن هستند که در حدود ۷۵٪ از گلخانه‌های بررسی شده، دارای خاک شور و نیز تقریباً ۶۹٪ از آبهای استفاده شده به منظور آبیاری گلخانه‌ها، دارای کیفیت مناسب نبوده‌اند که قطعاً این وضعیت حاکم از نظر منابع آب و خاک در کاهش کمی و کیفی محصولات تولیدی اثر خواهد داشت. منبع آب در این گلخانه‌ها عموماً چاه و روش آبیاری قطره‌ای بوده و نیز در حدود ۷۷٪ از آنها، آبشویی به منظور اصلاح و بهبود خاک انجام می‌شود.

جدول ۴: شوری خاک گلخانه‌های مورد بررسی

میزان شوری (Ds/m)	۱-۲	۲-۳	۳-۴	۴ به بالا	جمع کل	تعداد مشاهدات
	۱۶	۱۳	۲۳	۱۲	۶۴	
	%۲۵	%۲۰/۳	%۳۶	%۱۸/۷	۱۰۰	درصد مشاهدات

جدول ۵: شوری آب آبیاری استفاده شده در گلخانه‌های مورد بررسی

میزان شوری (dS/m)	۱	۱-۲	۲-۳	۳ به بالا	جمع کل	تعداد مشاهدات
	۲۴	۴۷	۷	۰	۷۸	
	%۳۰/۸	%۶۰/۲	%۹	۰	۱۰۰	درصد مشاهدات

محصول عمده تولیدی در گلخانه‌های بررسی شده، خیار بوده است که این مهم تنوع تولید محصولات گلخانه‌ای را تضعیف و قیمت فروش محصول تولیدی را کاهش داده است. در حدود ۵۹٪ از گلخانه‌های بررسی شده عملکرد محصول بیش از ۲۰ کیلوگرم به ازای هر مترمربع بوده (جدول ۶) و همچنین در ۳۸٪ از گلخانه‌ها، شاخص کارایی مصرف آب بالاتر از ۲۰ کیلوگرم به ازاء هر مترمکعب آب مصرفی بوده است (جدول ۷). متغیر بودن بسیار بالای این شاخص، نشان دهنده وجود پتانسیل برای بهبود بیشتر بهره‌وری آب در گلخانه است.

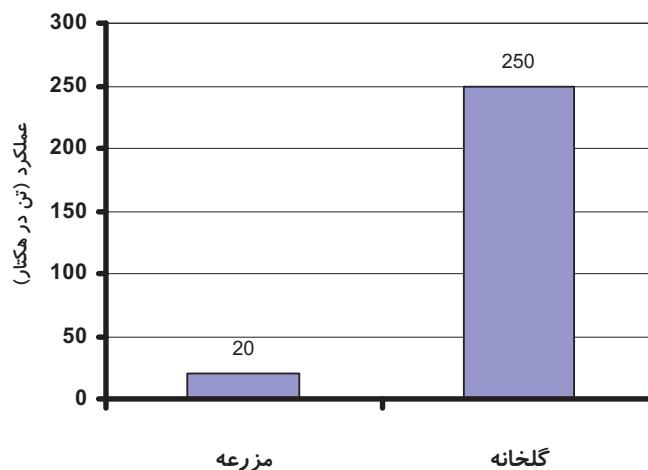
جدول ۶: عملکرد محصول در گلخانه‌های بررسی شده

عملکرد (kg/m ²)	۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	۳۰	بالاتر از جمع کل	تعداد مشاهدات
	۱۰	۲۱	۲۹	۱۶	۷۶	
	%۱۳/۲	%۲۷/۶	%۳۸/۲	%۲۱	۱۰۰	درصد مشاهدات

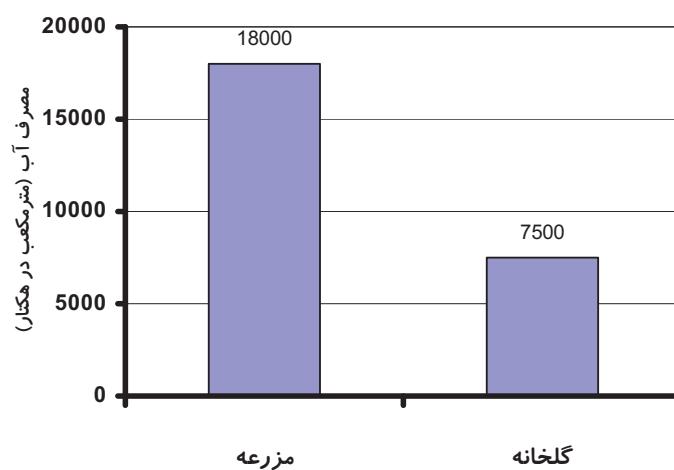
جدول ۷: کارایی مصرف آب در گلخانه‌های بررسی شده

کارایی مصرف آب (kg/m ³)	کمتر از ۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	بالاتر از ۳۰	جمع کل	تعداد مشاهدات	درصد مشاهدات
۱۱	۱۵	۹	۷	۴۲	۱۰۰	۴۲	۱۰۰
٪۲۶/۲	٪۳۵/۷	٪۲۱/۴	٪۱۶/۷				

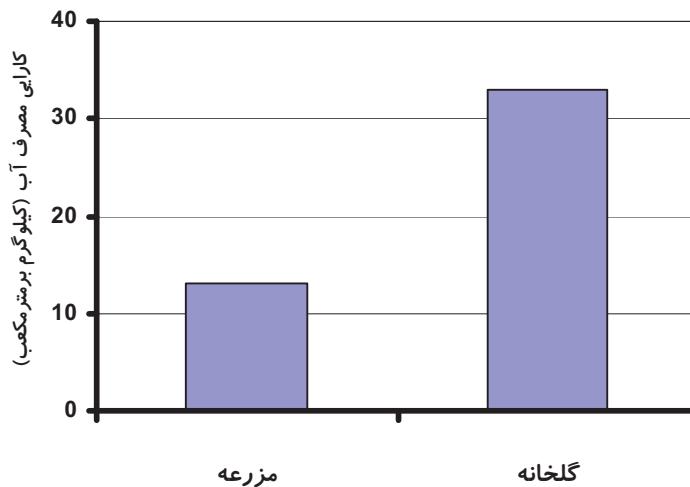
سایر بررسی‌ها حاکی از آن است که در ایران محصول خیار با عملکرد بین ۱۲۰ تا ۲۹۰ تن، گوجه فرنگی ۳۰۰ تا ۴۰۰ تن و فلفل ۲۳۰ تا ۳۰۰ تن در هکتار در گلخانه برداشت می‌شوند. در حالی که فقط بین ۱۰ تا ۱۵ هزار مترمکعب آب در هکتار برای تولید این محصولات در گلخانه‌ها مصرف می‌شود. در فضای باز و مزرعه برای تولید محصولات مذکور حداقل ۱۸ هزار مترمکعب آب مورد نیاز است و عملکرد نیز به ۲۵ تن در هکتار نمی‌رسد. مقایسه میانگین عملکرد، مصرف آب و کارایی مصرف آب خیار گلخانه‌ای و خیار کشت شده در فضای باز در ایران، به ترتیب در نمودارهای ۲، ۳ و ۴ ارائه شده است.



نمودار ۲: میانگین عملکرد خیار گلخانه‌ای و خیار کشت شده در فضای باز در ایران



نمودار ۳: میانگین مصرف آب در خیار گلخانه‌ای و کشت فضای باز در ایران



نمودار ۴: میانگین کارایی مصرف آب خیار گلخانه‌ای و کشت فضای باز در ایران

مدیریت آبیاری در گلخانه

هدف اصلی از سرمایه‌گذاری و احداث انواع گلخانه‌ها، کنترل و مدیریت پارامترهای محیطی و اقلیمی مؤثر در تولید محصولات کشاورزی از جمله دما، رطوبت نسبی، دی اکسیدکربن و نور می‌باشد. با توجه به محدودیت منابع آبی کشور، دقت و صرفه‌جویی در کاربرد آب بخصوص در بخش کشاورزی امری اجتناب ناپذیر شده است. اهمیت این موضوع به گونه‌ای است که اگر با راندمان فعلی مصرف آب در بخش کشاورزی، هزینه واقعی استحصال آب از زارعین اخذ شود، قیمت تمام شده محصولات کشاورزی بسیار بالاتر از ارزش بین‌المللی آنها خواهد بود. علاوه بر جنبه اقتصادی موضوع، کاربرد بیش از اندازه آب در مزارع و گلخانه‌ها باعث افزایش علف‌های هرز، کاهش کمی و کیفی محصول، ماندابی شدن بستر کشت و افزایش خطر بروز انواع قارچ‌ها و بیماری‌ها می‌گردد. در ادامه به روش‌های آبیاری در گلخانه به اختصار اشاره می‌شود.

روش‌های آبیاری سطحی – روش‌های آبیاری سطحی عموماً به دلیل طراحی غیرکارشناسانه و مدیریت ضعیف، راندمان پایینی داشته و باعث اتلاف مقادیر قابل توجهی آب به شکل نفوذ عمقی و یا رواناب سطحی می‌گردد. در عین حال شستشوی خاک از املاح مفید، افزایش رشد علف‌های هرز، ماندابی شدن خاک و بروز انواع عفونت، قارچ و انگل‌ها و همچنین، پوسیدگی ساقه و ریشه گیاهان، از مضرات کاربرد غیر اصولی روش‌های آبیاری سطحی می‌باشند. معمولاً این سیستم‌ها در گلخانه‌ها به سه روش آبیاری کرتی، نواری و شیاری اجراء می‌گردند. در صورتیکه نفوذپذیری خاک کم باشد و گیاه نیز نسبت به محیط اشباع از آب حساسیت نداشته باشد، استفاده از روش آبیاری سطحی می‌تواند راندمان کاربرد آب را تا حد معقولی افزایش دهد. در صورتیکه مقدار آب در دسترس برای آبیاری گلخانه کافی باشد، با توجه به پایین بودن هزینه اولیه روش آبیاری سطحی، استفاده از این روش آبیاری در گلخانه‌ها قابل توجیه است.

سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار – با توجه به محدودیت‌های روش‌های آبیاری سطحی از نظر راندمان و همچنین معایبی که از استفاده نادرست آنها متوجه گیاه می‌شود، انواع سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار در گلخانه‌ها توسعه

یافته‌اند. اصولاً این سیستم‌ها با توجه به اهداف سرمایه‌گذار برای اجرای سیستم و راندمان مورد نظر طراحی و اجراء می‌گردد. سیستم‌های آبیاری بارانی در گلخانه‌های اجراء می‌شوند که هدف از آبیاری در آنها نه تنها تامین نیاز آبی گیاه، بلکه کاهش دمای محیط و یا افزایش درصد رطوبت گلخانه نیز می‌باشد. این سیستم با توجه به مساحت و ارتفاع کم گلخانه‌ها عموماً توسط لوله‌های روزنه‌دار که معمولاً با فشار پایین کار می‌کنند و قطر پراکنش کمتری دارند، اجراء می‌گردد. افزایش راندمان کاربرد آب به بیش از ۷۵٪، امکان افزایش درصد رطوبت گلخانه و در نتیجه کاهش تبخیر - تعرق از سطوح گیاهان و امکان کاهش دمای گلخانه متناسب با نیاز حرارتی گیاه با توجه به دوره رشد آن، از مزایای اجرای سیستم‌های آبیاری بارانی است. دقیقت در خصوصیات کیفیت آب آبیاری در استفاده از این سیستم آبیاری، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است چرا که به توجه به پاشش مستقیم آب به سطح سبزینه گیاه در صورت بالا بودن شوری یا بعضی از عناصر محلول در آب، احتمال سوختگی و مسمومیت گیاه وجود خواهد داشت. همچنین، عدم توانایی در کنترل علفهای هرز و عدم امکان رفت و آمد در داخل گلخانه هنگام کارکرد سیستم آبیاری، از دیگر محدودیت‌ها و معایب این سیستم‌ها به شمار می‌رود.

با توجه به محدودیت‌های سیستم‌های آبیاری بارانی و قابلیت‌های سیستم آبیاری قطره‌ای، این سیستم‌ها با استقبال بیشتری از جانب سرمایه‌گذاران این بخش روپرتو شده است و هم اکنون در اکثر گلخانه‌های معمولی اجرا می‌گردد. در این روش، آب، کودهای شیمیایی و سایر مواد مورد نیاز گیاه به صورت محلول توسط قطره چکانه‌ای نصب شده روی لوله‌های جانبی در اختیار گیاه قرار می‌گیرند. با دقیقت در طراحی و اجرای این سیستم می‌توان دقیقاً مقدار آب مورد نیاز گیاه را در هر زمان و مکان در اختیار آن قرار داد و بدین ترتیب راندمان کاربرد آب را به بیش از ۹۰٪ افزایش داد. با عنایت به این که قطره چکانه‌ها در کنار بوته یا ساقه گیاه قرار می‌گیرند، امکان رشد و توسعه علفهای هرز از بین می‌رود. همچنین، با توجه به اینکه آبیاری با این روش مزاحمتی برای انجام سایر فعالیت‌ها در داخل گلخانه ایجاد نمی‌کند، طراح می‌تواند با افزایش ساعت‌آبیاری و کاهش قطر لوله‌ها و قدرت پمپ، هزینه اولیه اجرای سیستم را کاهش دهد. در این سیستم با توجه به درصد رطوبت بالای محیط ریشه می‌توان از آب شور نیز برای آبیاری گیاه استفاده نمود. همچنین، در صورت کاشت گیاهان گران قیمت و احتمال انتقال و سرایت بیماری‌ها، قارچ‌ها و انگل‌ها از محیط خارج گلخانه و خطر صدمه دیدن محصولات، می‌توان با نصب سنسور و برنامه‌ریزی کامپیوتری، سیستم آبیاری را کاملاً اتوماتیک نموده و از رفت و آمد بی‌مورد به داخل گلخانه و احتمال ایجاد عفونت، بیماری و بروز خطای انسانی جلوگیری کرد.

مدیریت مناسب آبیاری و زهکشی

نیاز آبی مهمترین فاکتور برای برنامه‌ریزی آبیاری (دور، عمق و دوره آبیاری)، طراحی و اجرای سیستم‌های آبیاری و زهکشی و ... می‌باشد و لذا اطلاع دقیق از آن نقش اساسی را در ارتقاء بهره‌وری مصرف آب در کشاورزی و بخصوص گلخانه دارد. متاسفانه در کشور تحقیقات قابل استنادی در این خصوص انجام نشده است. تحقیقات وسیعی در خارج از کشور بر روی مدل‌های مختلف برآورد نیاز آبی گیاهان در محیط‌های باز و واسنجی آنها برای داخل محیط‌های بسته و گلخانه‌ها و همچنین مدل‌های خاص گلخانه‌ها، به انجام رسیده است. همچنین،

این مهم در سطح وسیعی در کشورهای مختلف با توجه به شرایط اقلیمی و ساختارهای مختلف گلخانه‌ای، در دست انجام می‌باشد. این مدل‌ها که عمدتاً مبنی بر فاکتورهای اقلیمی در داخل گلخانه می‌باشند، در داخل کشور تاکنون مورد ارزیابی و واسنجی قرار نگرفته‌اند. در این خصوص نیاز است تا مدل‌های مورد اشاره به طور دقیق بررسی و مطالعه شده و سپس در شرایط مختلف اقلیمی کشور و برای ساختارهای مختلف گلخانه‌ای ارزیابی و واسنجی شوند.

بررسی‌ها همچنین نشان دهنده آن است که در بعضی از کشورها روش‌های ساده و کاربردی توسط بهره‌برداران برای تعیین نیاز آبیاری در طول فصل کشت مورد بررسی قرار گرفته و به مرحله کاربردی نیز رسیده‌اند. در تعیین نیاز آبی در گلخانه‌ها، از آنجا که موثرترین فاکتور، تشعشع خورشیدی است که به داخل گلخانه می‌رسد، در تحقیقاتی که در سایر کشورها در دست انجام می‌باشد، در نظر است تا این فاکتور به طور مستقیم به نیاز آبی گیاهان ارتباط داده شده و در اتوماتیک کردن مدیریت آبیاری در گلخانه بکار رود. در این خصوص برنامه آبیاری بر اساس مجموع انرژی خورشیدی وارد شده به درون گلخانه (موازنۀ انرژی) انجام می‌شود. میزان انرژی خورشیدی ورودی به داخل گلخانه ارتباط مستقیمی با نوع پوشش گلخانه دارد و نیاز است تا رابطه بین نیاز آبی و مجموع انرژی خورشیدی برای پوشش‌های مختلف واسنجی شود.

جهت بهینه کردن شرایط محیطی رشد در گلخانه که به طور غیر مستقیم روی ارتقاء بهره‌وری مصرف آب در گلخانه موثر می‌باشد، در زمینه نوع و قدرت سیستم تهویه و ارتباط آن با اندازه و ابعاد گلخانه و همچنین ابعاد و مشخصات دریچه‌های تهویه طبیعی، تحقیقاتی به انجام رسیده است. نتایج این تحقیقات نیاز است با حمایت سازندگان گلخانه‌ها برای شرایط اقلیمی مختلف واسنجی شده و مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

کاربرد سوپر جاذب‌ها و خاک پوش‌ها می‌تواند باعث کاهش تبخیر از سطح خاک و ارتقاء بهره‌وری مصرف آب در گلخانه شود. بررسی منابع علمی حاکی از آن است که این مواد در شرایط داخل گلخانه چندان مورد ارزیابی و تحقیق قرار نگرفته‌اند. علت این امر می‌تواند ناشی از عدم توجه به بهره‌وری مصرف آب در توسعه گلخانه در بعضی از کشورها باشد. در ایران نیز اگرچه کاربرد این مواد در حال حاضر عمومیت ندارد، لیکن بررسی میزان اثر گذاری آنها بر بهره‌وری مصرف آب در شرایط گلخانه قابل توصیه است.

کاربرد کود و مواد شیمیایی در گلخانه و با استفاده از سیستم آبیاری، نیاز به مصرف آب دارد. در این زمینه نیز اگرچه تحقیقات وسیعی در سایر کشورها به انجام رسیده است، جهت بهینه کردن مصرف آب در گلخانه در شرایط کاربرد کود و مواد شیمیایی با استفاده از سیستم آبیاری نیاز است تا بررسی و مطالعات لازم به انجام رسیده و نیز توصیه‌های مصرف کود و مواد شیمیایی که توسط تولیدکنندگان پیشنهاد شده‌اند، مورد ارزیابی قرار گیرد. سیستم تزریق کود و مواد شیمیایی از جمله تجهیزاتی هستند که در صورت انتخاب و طراحی مناسب، عملکرد مناسبی داشته و باعث افزایش عملکرد محصول و در نتیجه ارتقاء بهره‌وری آب خواهند شد. به همین دلیل، نیاز است تا این تجهیزات که عموماً وارداتی می‌باشند، برای شرایط گلخانه‌داران ایران از جنبه‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گیرند.

روش‌های مناسب آبیاری و زهکشی

انتخاب، طراحی و مدیریت مناسب سیستم‌های آبیاری و زهکشی در داخل گلخانه، از دیگر فاکتورهای موثر در افزایش بهره‌وری مصرف آب است. متأسفانه در کشور تحقیقات قابل استنادی در این خصوص انجام نشده است. همچنین، تحقیقات محدودی در خصوص مقایسه انواع روش‌های آبیاری تحت‌فشار در گلخانه‌ها انجام شده است. طرح‌های ملی تحقیقاتی "تعیین آب مصرفی خیار گلخانه‌ای در روش‌های آبیاری میکرو (قطرهای، تیپ سطحی و زیرسطحی) با استفاده از طشتک تبخیر و تطبیق آن با روش پنمومانیس" و "مقایسه کارایی مصرف آب در روش‌های آبیاری قطرهای و سفالی در خیار گلخانه‌ای" از جمله این طرح‌ها هستند. در این خصوص تحقیقات وسیع‌تری در شرایط بهره‌برداری از سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار در خارج از کشور صورت گرفته است که نتایج آنها غالباً به طور غیرمستقیم قابل تعمیم به شرایط گلخانه‌های کشور ما می‌باشند، لیکن تمامی نظارت‌های مورد نیاز برای محیط باز بایستی در محیط گلخانه نیز مورد توجه قرار گیرد. در این خصوص ارزیابی سیستم‌های فیلتراسیون و آبیاری لازم الاجراء و به طراحی سیستم زهکشی نیز بایستی توجه لازم شود.

در نهایت مشکل زهآب‌های مجتمع‌های گلخانه‌ای که از نظر مسایل زیست محیطی دارای اهمیت می‌باشد، نیاز به ارزیابی و مطالعه دارد. در خصوص زهکشی و روابط آن تجربیات زیادی در داخل و خارج از کشور وجود دارد. در شرایط گلخانه‌ها، مسایلی همچون؛ محل تخلیه زه آب‌ها و اثرات آن روی محیط زیست، امکان بکارگیری زهآب در آبیاری، استاندارد و کیفیت زه آب‌ها در گلخانه بایستی مطالعه و معیارهای طراحی، نظارت و کنترل آنها تعیین و ارائه شوند.

مسایل و مشکلات بهره‌وری پایین آب در گلخانه‌ها

انتخاب و اجرای یک سیستم آبیاری مناسب به همراه اعمال مدیریت آبیاری صحیح، از اساسی‌ترین فعالیت‌های تولیدی در گلخانه‌ها است. بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده در خصوص وضع موجود گلخانه‌های تولیدی کشور، مشکلات و نیازهای فنی مدیریت آبیاری در گلخانه‌ها را به شرح ذیل دسته‌بندی شده‌اند:

- ادامه آبیاری غرقابی گلخانه‌ها در پاره‌ای از مناطق کشور
- مشخص نبودن نیاز آبی گیاهان گلخانه‌ای
- مشخص نبودن ضرایب گیاهی در زراعت‌های گلخانه‌ای
- نبود راهکارهای کاربردی برای تعیین نیاز آبیاری گیاهان مختلف گلخانه‌ای در مراحل رشد
- مشخص نبودن تاثیر کم آبیاری بر کارایی مصرف آب در سطح گلخانه‌ها
- معلوم نبودن تاثیر کود آبیاری و زمان کارکرد سیستم بر یکنواختی توزیع آب و گرفتگی قطره‌چکان‌ها
- مشخص نبودن بهترین سطح آبیاری از نظر کارایی مصرف آب در زراعت‌های گلخانه‌ای
- ندانستن بهترین دور آبیاری در روز از نظر کارایی مصرف آب در زراعت‌های گلخانه‌ای
- مشخص نبودن کیفیت محصول و ارتباط آن با مدیریت آبیاری
- ضعف در مدیریت کاربرد آب‌های با کیفیت پایین در گلخانه‌ها
- نا مناسب بودن ادوات و تجهیزات آبیاری و زهکشی در گلخانه‌ها

نتیجه‌گیری

با عنایت به سیاست و رویکرد اخیر مسئولان بخش کشاورزی کشور در راستای گسترش کشت‌های گلخانه‌ای و به منظور تحقق اهداف پیش‌بینی شده برای توسعه این صنعت نوپا، نیازمند به افزایش کارایی مصرف آب در گلخانه‌ها می‌باشیم. نتایج مطالعات و بررسی‌های انجام شده حاکی از آن است که شاخص کارایی مصرف آب تولیدات گلخانه‌ای کشور در مقایسه با کشورهای پیشرو در این صنعت نظیر هند و حتی کشورهای در حال رشد منطقه نظری ترکیه و مصر پایین بوده و به هیچ وجه رضایت بخش نیست. در این مقاله مسائل، مشکلات و چالش‌های فراروی گلخانه‌ها و تولیدات گلخانه‌ای در سطح ملی جمع‌آوری، جمع‌بندی و ارائه شده‌اند. بدیهی است با انجام تحقیقات کاربردی و رفع مسائل و مشکلات مؤثر در پایین بودن این شاخص و بکارگیری توصیه‌های کارشناسی، امکان بهبود نسبی آن و در نتیجه بهینه شدن مصرف آب بعنوان مهم‌ترین نهاده تولید و نیز اقتصادی کردن تولید در گلخانه‌ها فراهم است.

منابع

- 1- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M. 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper No. 56. FAO, Rome, 300pp.
- 2- De Wit CT. 1958. Transpiration and crop yields. Verslag. Landbouwk. Onderz. 64.6. Institute of Biology and Chemistry Research on Field Crops and Herbage. Wageningen, The Netherlands, 88pp.
- 3- Dehghanianj H, Yamamoto T, Rasiah V, 2004. Assessment of evapotranspiration estimation models for use in semi-arid environments. Agricultural Water Management 64(2): 91-106.
- 4- Kijne JW, Tuong TP, Bennett J, Bouman B, Oweis T. 2002. Ensuring food security via improvement in crop water productivity. Background paper in CGIAR Challenge Program on Water and Food. CGIAR, IWMI, Colombo, Sri Lanka; 3-42.
- 5- Molden D. 1997. Accounting for water use and productivity. SWIM Paper 1. International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka. 16 pp.
- 6- Schmidt, E. (2001) Water use efficiency: An overview and economic perspective. Agronomists' Association Annual General Meeting, November 2001.
- 7- Zwart SJ, and Bastiaanssen WGM. 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. Agricultural Water Management 69(2): 115-133.

اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای

۱۳۸۶ مهرماه ۲۶

برآورد تعیین میزان آب مصرفی خیار گلخانه‌ای در روش‌های آبیاری میکرو در گلخانه‌های منطقه جیرفت

صمد اسفندیاری^۱

چکیده

در این تحقیق میزان آب مصرفی خیار گلخانه‌ای با روش‌های آبیاری میکرو (قطره‌ای، تیپ سطحی، تیپ زیرسطحی) در گلخانه‌های منطقه جیرفت بررسی گردید. آزمایش به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای فرعی سه عمق آب آبیاری (میزان ۴۰، ۲۰ و ۶۰ درصد تبخیر از تشت کلاس A) و تیمارهای اصلی سه روش آبیاری میکرو (قطره ای، تیپ سطحی، تیپ زیرسطحی) بودند. برای انجام آزمایش از یک واحد گلخانه دو قلو با ارتفاع نهایی ۳/۵ متر استفاده شد. در این طرح، کارآیی مصرف آب، طول و قطر میوه، عملکرد هر چین و عملکرد کل (مجموع عملکرد پنج چین)، تعداد میوه برداشت شده و متوسط سطح برگ هر بوته اندازه‌گیری شدند. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و میانگینها به کمک نرم افزار MSTATC و آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. بررسی نتایج نشان داد که روش و عمق آب آبیاری و اثر متقابل (روش و عمق آب آبیاری) بر روی طول میوه، قطر میوه و متوسط سطح برگ اثر معنی‌دار نداشت. مقایسه میانگینها نیز نشان داد که کمترین عملکرد مربوط به روش آبیاری قطره ای با ۲۰ درصد تبخیر از تشت بود. ضمناً بهترین تیمار عمق آبیاری در شرایط آزمایش به میزان ۴۰ درصد تبخیر از تشت با روش تیپ زیرسطحی بود.

کلمات کلیدی: خیار، آبیاری میکرو، نیاز آبی و گلخانه.

مقدمه

در سال ۱۹۹۰ چارتز اولاکس و مایکل آکیس (۱) تاثیر سیستمهای مختلف آبیاری شیاری، قطره ای، کوزه ای و لوله‌های پلاستیکی متخلخل را بر روی خیار گلخانه‌ای بررسی نمودند که میزان آب مصرفی در طول ۳/۵ ماه به ترتیب ۵۰۷، ۳۶۶، ۳۴۲ و ۲۹۲ میلیمتر در هکتار گزارش شده است. کامورا و همکاران (۳) در ژاپن نیاز آبی خیار گلخانه‌ای را با دو روش آبیاری قطره ای و لوله‌های سوراخدار مورد ارزیابی قرار دادند که متوسط آب مصرفی در خیار ۱/۵ تا ۲/۸ میلیمتر در روز و تقریباً برابر تبخیر بdst آمد.

^۱- پژوهشگر بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی جیرفت و کهتوچ.

الیادس (۲) در آزمایشی اثر استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای را بر روی خیار گلخانه‌ای مورد بررسی قرار داد. در این تحقیق متوسط تبخیر - تعرق گیاه در ماه نوامبر ۰/۲۰ تبخیر از سطح تشت کلاس A و در ماه مه ۱/۱ تبخیر از سطح تشت کلاس A (نصب شده در شرایط استاندارد) در گلخانه بوده متوسط میزان آب مصرفی برابر ۷/۰ تبخیر از تشت به میزان ۴۰/۵۰ مترمکعب در هکتار بوده است.

ایلیز و همکاران (۴) برنامه آبیاری خیار را در طی دوره زمانی ۱۹۸۳-۱۹۸۶ میلادی مورد مطالعه قرار دادند. در سال اول، زمان آبیاری با استفاده از تانسیومتر و مقدار آب بر اساس استاندارد وزارت کشاورزی ایالت متحده امریکا (USDA) تعیین شدند. نتایج نشان داد با برنامه آبیاری اعمال شده هیچ نوع تنفس آبی به گیاه وارد نشده است، لذا در سالهای بعد حجم آبیاری که بر اساس استاندارد USDA تعیین شد و به صورت درصدهای مختلف از کمبود رطوبت خاک به گیاه مورد مطالعه داده شد. بعد از چهار سال بررسی، نتایج نشان داد بهترین ترکیب افزایش عملکرد، کارآبی مصرف آب و حداقل تعداد آبیاری، زمانی حاصل می‌شود که آبیاری پس از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده انجام شود و فقط ۷۰ درصد از آب محاسبه شده به گیاه داده شود. هدف اصلی این تحقیق معرفی مناسبترین روش آبیاری میکرو تعیین نیاز آبیاری گیاه خیار گلخانه‌ای تحت روش آبیاری معرفی شده بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق برای تعیین نیاز آبیاری خیار گلخانه‌ای با روش‌های مختلف آبیاری میکرو، سه روش قطره‌ای تیپ سطحی و زیر سطحی مورد بررسی قرار گرفت. برای هر یک از روش‌های مذکور سه ردیف خیار گلخانه‌ای در دو خط کاشته شد، طول هر ردیف کاشت ۱۰ متر، فواصل کاشت روی و بین خطوط کشت ۴۰ سانتیمتر و فواصل بین ردیفها ۹۰ سانتیمتر بودند.

آزمایش به صورت طرح آماری کرتهای خرد شده (اسپلیت پلات) در قالب طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار (در مجموع ۲۷ پلات) اجرا شد. بر روی هر خط کشت ۲۵ عدد نشاء خیار کشت گردید. قبل از آن بذرهای خیار در ظروف پلاستیکی در خزانه کاشته و پس از ۳ تا ۵ برگی شدن به گلخانه منتقل شدند. سیستم آبیاری میکرو بعد از نشاء کاری در فضای گلخانه اجراء شد. عمق آب آبیاری با توجه به شرایط طرح محاسبه و از طریق کنتورهای حجمی در اختیار گیاه قرار گرفت. آبیاری به صورت یک روز در میان انجام شد. کلیه عوامل به زراعی از قبیل هرس برگ، دفع علفهای هرز، کود دهی و غیره با توجه به نیاز گیاه در کلیه تیمارها به صورت یکسان انجام شد. یاد داشت برداری از اندازه گیری صفت‌های مورد نظر در طول فصل رویش مرتب انجام شدند. پارامترهای مورد اندازه گیری در طرح، عملکرد محصول، طول و قطر میوه‌ها، تعداد میوه‌ها و متوسط سطح برگ بودند که عملکرد ۴۰ بوته در هر ردیف کاشت، در هر چین برداشت و اندازه گیری شدند. طول و قطر ۱۰ میوه بطور تصادفی از هر تیمار به کمک متر و متوسط سطح ۵ برگ به کمک کاغذ شترنجی بطور ماهیانه اندازه گیری شدند. بر اساس اطلاعات آب مصرفی و عملکرد محصول، کارآبی مصرف آب محاسبه گردید. تجزیه و تحلیل آماری و داده‌ها با استفاده از نرم افزار MSTATC انجام و میانگینها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

بحث و نتیجه‌گیری

مشخصات شیمیایی خاک و آب آبیاری محل آزمایش

نمونه خاک از عمق ۳۰ سانتی متر لایه سطحی خاک محل اجرای طرح تهیه و به همراه نمونه آب چاه مورد استفاده در آبیاری به آزمایشگاه خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی جیرفت و کهنجو ارسال شد. برخی ویژگیهای آنها در جداول ۱ و ۲ منعکس شده است.

جدول ۱: برخی ویژگیهای شیمیایی خاک محل آزمایش

Cu mg/kg	Zn mg/kg	Mn mg/kg	Fe mg/kg	K mg/kg	P mg/kg	Oc %	PH	EC (ds/m)	عمق (cm)	سال
۱/۳	۲/۲	۵/۱	۴/۵	۳۵۶	۱۴/۹	۰/۱۸	۷/۸	۱/۴۵	۰۰-۳۰	۸۲-۸۳

جدول ۲: برخی ویژگیهای شیمیایی آب آبیاری

کلاس آب	SAR	Na^+ meq/lit	$Ca^{++} + mg^{++}$ meq/lit	$Co3^-$ meq/lit	cl^- meq/lit	$Hco3-$ meq/lit	PH	EC (ds/m)
C3s1	۰/۷۶	۲/۰۵	۱۴/۴	۰/۴۸	۱/۴	۲/۱۴	۷/۱	۰/۷۶

تجزیه و تحلیل داده‌های عملکرد حاصل از آزمایش

عملکرد محصول خیار پس از برداشت اندازه گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری این داده‌ها در جدول ۳ ارائه شده است. جدول تجزیه واریانس عملکرد داده‌ها نشان می‌دهد که اختلافات بین روش‌های آبیاری (زیر سطحی- سطحی-قطرهای) و اثر متقابل (عمق و روش آبیاری) معنی دار نیستند، ولی اثر عمق آبیاری (۴۰، ۲۰ و ۶۰ درصد) در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار می‌باشد. عمق آبیاری ۴۰ و ۶۰ درصد تفاوت معنی داری بر عملکرد نداشته‌اند.

نتایج مقایسه میانگین‌های عملکرد خیار در جدول شماره ۴ آمده است. این جدول نشان می‌دهد که میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار و بیشترین عملکرد مربوط به تیمار عمق آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی از تشت تبخیر کلاس A و حجم آب مصرفی میانگین ماهیانه برابر ۹۴۸ متر مکعب در هکتار با عملکرد ۲۰/۹۴ تن در هکتار از پنج چین برداشت می‌باشد.

جدول ۳: تجزیه واریانس عملکرد محصول

F	مجموع مربعات	میانگین مربعات	درجه آزادی	منابع تغییر
۱۳/۷۹۴*	۳۳/۱۷۲	۱۶/۵۸۶	۲	عمق آبیاری
۱/۰۵۱.ns	۴/۱۱۲	۲/۰۵۶	۲	روشهای آبیاری میکرو
۱/۱۵۲.ns	۹/۰۱۴	۲/۲۵۳	۴	اثر متقابل
	۲۳/۴۷۹	۱/۹۵۷	۱۲	خطای آزمایش

*: اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد

C.V=7.18%

ns : عدم وجود اختلاف معنی دار

جدول ۴: مقایسه میانگینهای عملکرد محصول

منابع تغییر	فاکتور و تیمار	گروه بندی دانکن*	میانگین عملکرد(پنج چین برداشت) (تن در هکتار)
عمق آبیاری	۲۰درصد تبخیر از تشت	B	۱۸/۲۶
روشهای آبیاری میکرو	۴۰درصد تبخیر از تشت	A	۱۹/۲۴
۰۰درصد تبخیر از تشت	۰	A	۲۰/۹۴
زیر سطحی	زیر سطحی	A	۱۹/۸
۰۰درصد تبخیر از تشت	۰	A	۱۸/۹۳
قطره ای	قطره ای	A	۱۹/۷
۰۰درصد و زیر سطحی	۰۰	B	۱۸/۲۵
۰۰درصد و سطحی	۰۰	AB	۱۸/۷۹
۰۰درصد و قطره ای	۰۰	B	۱۷/۷۳
۰۰درصد و زیر سطحی	۰۰	AB	۱۹/۶۹
۰۰درصد و سطحی	۰۰	B	۱۷/۹۲
۰۰درصد و قطره ای	۰۰	AB	۲۰/۱
۰۰درصد و زیر سطحی	۰۰	A	۲۱/۴۷
۰۰درصد و سطحی	۰۰	AB	۲۰/۰۹
۰۰درصد و قطره ای	۰۰	A	۲۱/۲۷

*: حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد است و حروف مشابه عدم وجود اختلاف معنی دار است.

تجزیه و تحلیل داده های مربوط به تعداد میوه

جدول ۵ تجزیه واریانس مربوط به تعداد میوه را نشان می دهد که اختلافات بین روشهای آبیاری و اثر متقابل (عمق و روشن آبیاری) معنی دار نیستند. ولی اثر سطوح مختلف آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار است. که نتایج حاصل از این پارامتر با نتایج عملکرد حاصله از آزمایش مطابقت دارند. هر چند اثر فاکتور اصلی و فرعی روی میانگین تعداد میوه ها (جدول ۶) اختلاف معنی دار ندارند، ولی اثر متقابل فاکتورها (عمق و روشن آبیاری) روی میانگین میوه ها در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار است (جدول ۶).

جدول ۵: تجزیه واریانس تعداد میوه ها

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	مجموع مربعات	F
عمق آبیاری	۲	۲۱۵۰۵/۱۴۸	۴۳۰۱۰/۲۹۶	۱۲/۴۰۲*
روشهای آبیاری میکرو	۲	۲۵۳۳/۴۸۱	۵۰۶۶/۹۶۳	۰/۸۳۳.ns
اثر متقابل	۴	۵۴۰۵/۸۷۰	۲۱۶۲۳/۴۸۱	۱/۷۷۷.ns
خطای آزمایش	۱۲	۳۰۴۱/۷۴۱	۳۶۵۰۰/۸۸۹	C.V=7.29%

*: اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد

ns : عدم وجود اختلاف معنی دار

جدول ۶: مقایسه میانگینهای تعداد میوه ها

منابع تغییر	فاکتور و تیمار	گروه بندی دانکن*	میانگین تعداد میوه ها
	۲۰درصد تبخیر از نشت	A	۷۲۳/۴
عمق آبیاری	۴۰درصد تبخیر از نشت	A	۷۳۳/۴
	۰عدرصد تبخیر از نشت	A	۸۱۲/۷
	زیر سطحی	A	۷۷۵/۳
روشهای آبیاری میکرو	سطحی	A	۷۴۳/۱
	قطره ای	A	۷۵۱/۱
	۲۰درصد و زیر سطحی	AB	۷۳۴
	۲۰درصد و سطحی	AB	۷۴۳
	۰۲درصد و قطره ای	B	۶۹۳/۳
اثر متقابل	۴۰درصد و زیر سطحی	AB	۷۴۳/۷
	۰۴درصد و سطحی	B	۶۷۸
	۰۴درصد و قطره ای	AB	۷۷۸/۷
	۰عدرصد و زیر سطحی	A	۸۴۸/۳
	۰عدرصد و سطحی	AB	۸۰۸/۳
	۰عدرصد و قطره ای	AB	۷۸۱/۳

*: حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد است و حروف مشابه عدم وجود اختلاف معنی دار است.

ارزیابی طول و قطر میوه ها

به منظور ارزیابی اثرات روش های آبیاری و سطوح مختلف حجم آب بر روی طول و قطر میوه ها از هر تیمار بطور تصادفی ۱۰ عدد میوه انتخاب و به طور دقیق با متر طول و قطر ۱۰ میوه تعیین می شد. تجزیه و تحلیل آماری نتایج در جداول ۷ و ۸ نشان می دهد که اثر عمق و روش آبیاری بر روی طول و قطر میوه اختلاف معنی دار نیستند. متوسط طول و قطر میوه ها در جدول ۹ آمده است. میانگین طول و قطر میوه ها نشان می دهد که اختلافات بین سطوح آبیاری، روشهای آبیاری و اثر متقابل (عمق و روش آبیاری) معنی دار نیستند.

جدول ۷: تجزیه واریانس طول میوه ها

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	مجموع مربعات	F
عمق آبیاری	۲	۱۶/۵۹۳	۳۳/۱۸۵	۰/۱۹۴.ns
روشهای آبیاری میکرو	۲	۱/۹۲۶	۲/۸۵۲	۰/۰۶۴.ns
اثر متقابل	۴	۵۳/۳۷	۲۱۳/۴۸۱	۱/۷۷۶.ns
خطای آزمایش	۱۲	۳۰/۰۶	۳۶۰/۶۶۷	C.V=3.58%

ns : عدم وجود اختلاف معنی دار

جدول ۸: تجزیه واریانس قطر میوه ها

F	مجموع مربعات	میانگین مربعات	درجه آزادی	منابع تغییر
./۲۱۵.ns	۱/۱۶۷	.۰/۵۸۳	۲	عمق آبیاری
./۰۵۰.ns	.۰/۱۶۷	.۰/۰۸۳	۲	روشهای آبیاری میکرو
./۳۷۸.ns	۲/۵	.۰/۶۲۵	۴	اثر متقابل
	۱۹/۸۳۳	۱/۶۵۳	۱۲	خطای آزمایش

C.V=4.08%

ns : عدم وجود اختلاف معنی دار

جدول ۹: مقایسه میانگینهای طول و قطر میوه ها

گروه بندی دانکن*	فاکتور و تیمار	منابع تغییر
A	۲۰ درصد تبخیر از تشت	
A	۴۰ درصد تبخیر از تشت	عمق آبیاری
A	۶۰ درصد تبخیر از تشت	
A	زیر سطحی	
A	سطحی	روشهای آبیاری میکرو
A	قطره ای	
A	۲۰ درصد و زیر سطحی	
A	۲۰ درصد و سطحی	
A	۲۰ درصد و قطره ای	
A	۴۰ درصد و زیر سطحی	
A	۴۰ درصد و سطحی	اثر متقابل
A	۴۰ درصد و قطره ای	
A	۶۰ درصد و زیر سطحی	
A	۶۰ درصد و سطحی	
A	۶۰ درصد و قطره ای	

* : حروف مشابه عدم وجود اختلاف معنی دار است.

ارزیابی متوسط سطح برگ

به منظور بررسی اثر عمق و روشهای مختلف آبیاری بر روی متوسط سطح برگ از تیمارهای مختلف تعداد ۵ برگ به صورت تصادفی انتخاب و به کمک کاغذ شترنجی سطح برگ اندازه‌گیری گردید. در جدول ۱۰ تجزیه واریانس متوسط سطح برگ ارائه شده است. این جدول نشان می‌دهد که اختلافات بین فاکتورها معنی دار نیستند. میانگین های متوسط سطح برگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار نمی باشند(جدول ۱۱).

ارزیابی کارآیی مصرف آب

به منظور بررسی اثر فاکتورهای مختلف بر کارآیی مصرف ، کارآیی مصرف آب محاسبه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که در جدول ۱۲ تجزیه واریانس آن ارائه شده است این جدول نشان می‌دهد که اختلافات بین روش-

های آبیاری و اثر متقابل (عمق و روش آبیاری) معنی دار نیستند. اما اثر عمق مختلف آبیاری در سطح احتمال یک درصد معنی دار هستند. نتایج حاصل از این پارامتر با نتایج عملکرد و تعداد میوه‌های حاصله از آزمایش مطابقت دارد. جدول ۱۲ نشان می‌دهد که کارآبی مصرف آب در سطح ۲۰ درصد تبخیر از تشت کلاس A به طور معنی-داری بیشتر از دو سطح ۴۰ و ۶۰ درصد است. پس اگر کمبود آب مشکل و مسئله منطقه باشد سطح آبیاری ۲۰ درصد تا جایی که جوابگوی نیاز آبی گیاه باشد ترجیح داده می‌شود. در غیر اینصورت سطح آبیاری ۴۰ درصد برای منطقه توصیه می‌شود. جدول مقایسه میانگین کارآبی مصرف آب (جدول ۱۳) نشان می‌دهد که اختلاف بین عمق آبیاری و اثر متقابل (عمق و روش آبیاری) در سطح احتمال پنج درصد معنی دار هستند. اما اختلاف معنی داری بین روش‌های مختلف آبیاری وجود ندارد.

جدول ۱۰: تجزیه واریانس متوسط سطح برگ

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	مجموع مربعات	F
عمق آبیاری	۲	۳۲/۲۵۹	۶۴/۵۱۹	.۰/۳۰۲۶.ns
روشهای آبیاری میکرو	۲	۳۱/۲۵۹	۶۲/۵۱۹	.۰/۳۷۳۵.ns
اثر متقابل	۴	۷۲/۶۴۸	۲۹۰/۵۹۳	.۰/۸۶۸۱.ns
خطای آزمایش	۱۲	۸۳/۶۸۵	۱۰۰۴/۲۲۲	
C.V=2.71%				ns : عدم وجود اختلاف معنی دار

جدول ۱۱: مقایسه میانگین متوسط سطح برگ

منابع تغییر	فاکتور و تیمار	گروه بندی دانکن*
عمق آبیاری	۲۰ درصد تبخیر از تشت	A
روشهای آبیاری میکرو	۴۰ درصد تبخیر از تشت	A
	۰ درصد تبخیر از تشت	A
	زیر سطحی	A
روشهای آبیاری میکرو	سطحی	A
	قطره‌ای	A
	۲۰ درصد و زیر سطحی	A
	۲۰ درصد و سطحی	A
	۲۰ درصد و قطره‌ای	A
	۴۰ درصد و زیر سطحی	A
اثر متقابل	۴۰ درصد و سطحی	A
	۴۰ درصد و قطره‌ای	A
	۰ درصد و زیر سطحی	A
	۰ درصد و سطحی	A
	۰ درصد و قطره‌ای	A

*: حروف مشابه عدم وجود اختلاف معنی دار است.

جدول ۱۲: تجزیه واریانس کارآیی مصرف آب

F	مجموع مربعات	میانگین مربعات	درجه آزادی	منابع تغییر
۱۰.۷/۶۹***	۴۰.۲۶/۲	۲۰.۱۳/۱	۲	عمق آبیاری
.۰/۱۸.ns	۷/۵	۳/۸	۲	روشهای آبیاری میکرو
۱/۳۱.ns	۱۱۲/۸	۲۸/۲	۴	اثر متقابل
	۲۵۷/۴	۲۱/۴۵	۱۲	خطای آزمایش

ns : عدم وجود اختلاف معنی دار C.V=10.54%

**: اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد

جدول ۱۳: مقایسه میانگینهای کارآیی مصرف آب

گروه بندی دانکن*	فاکتور و تیمار	منابع تغییر
A	۲۰ درصد تبخیر از تشت	
B	۴۰ درصد تبخیر از تشت	عمق آبیاری
C	۰ درصد تبخیر از تشت	
A	زیر سطحی	
A	سطحی	روشهای آبیاری میکرو
A	قطره ای	
A	۲۰ درصد و زیر سطحی	
A	۲۰ درصد و سطحی	
A	۲۰ درصد و قطره ای	
B	۴۰ درصد و زیر سطحی	
B	۴۰ درصد و سطحی	اثر متقابل
B	۴۰ درصد و قطره ای	
C	۰ درصد و زیر سطحی	
C	۰ درصد و سطحی	
C	۰ درصد و قطره ای	

*: حروف مشابه عدم وجود اختلاف معنی دار است و حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد است..

پیشنهادات

- در تمامی شرایط، بیشترین عملکرد مربوط به آبیاری به میزان ۶۰ درصد تبخیر از تشت کلاس A بوده است اما تفاوت آن با تیمار ۴۰ درصد تبخیر از تشت معنی دار نیست. بنابراین با توجه به هدف استفاده بهینه از آب، محاسبات نیاز آبیاری بر اساس ۴۰ درصد تبخیر از تشت تبخیر پیشنهاد می شود.
- با توجه به عدم وجود تفاوت بین روش‌های آبیاری میکرو، استفاده از روش آبیاری تیپ زیر سطحی به دلیل مزایای آن نظری سادگی نصب و اجراء، مقاومت در برابر گرفتگی خروجیها، توزیع یکنواخت آب در ناحیه ریشه و سهولت تعویض آنها توصیه می گردد.

۳- تنش آبی در تیمار ۲۰ در صد تبخیر از تشت هر چند باعث افزایش تعداد گل در بوته در ماههای اول دوره رشد نسبت به دیگر تیمارها گردید، ولی در عملکرد کل به دلیل کمبود رطوبت در ناحیه ریشه از نظر آماری با تیمارهای دیگر اختلاف معنی دار داشت.

منابع

- 1- Chartz Oulakis, and N-Mickelakis 1990, Effects of different irrigation systems on growth and yield of greenhouse cucumber.
- 2- Elides, 1988. Irrigation of greenhouse growth cucumber, Journal of horticultural science 63: 2, 235-239, 14 ref.
- 3- Komaura-M, A-Karimata, A-Mizuta, T-Takasu and A-Yonegasa, Fundamental studies on the water irrigation method water requierment and effect of irrigation for greenhouse cucumber Journal of agricultural.
- 4- Ellis, J .E., G. Kruse and A. E. Mcsay. 1989. Scheduling irrigation for cucumber. Hortscience HJHSAR, 24 (3): PP. 448-452.

اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای

۱۳۸۶ مهرماه ۲۶

ارزیابی شش روش محاسباتی تبخیر- تعرق سطح مرجع با داده‌های لایسیمتری در شرایط گلخانه‌ای

مهندی شهابی‌فر، مصطفی عصاری، مهدی کوچک‌زاده و علی‌اکبر عزیزی زهان^۱

چکیده

این تحقیق به منظور ارزیابی شش روش محاسباتی تبخیر - تعرق سطح مرجع در گلخانه مؤسسه تحقیقات گیاه‌پژوهشی کشور اجرا شد. تبخیر - تعرق سطح مرجع از میکرولایسیمتری که درون آن چمن کشت گردیده بود، اندازه‌گیری شد. بطور همزمان داده‌های هواشناسی (درجه حرارت هوا، تابش خورشیدی، رطوبت هوا و سرعت باد) در داخل گلخانه اندازه‌گیری و با استفاده از آنها تبخیر - تعرق سطح مرجع با شش روش محاسبه شد. نتایج نشان داد که روش پمن-مانیث-فانو به ترتیب با جذر میانگین مربعات خطأ، قدر مطلق خطای نسبی و ضریب همبستگی برابر با $1/43$ میلی‌متر در روز، 15 درصد و 70% از دقت بیشتری برخوردار بوده و روش بلانی - کریدل اصلاح شده کمترین دقت را دارد.

کلمات کلیدی: تبخیر - تعرق، گلخانه و لایسیمتر

مقدمه

آب عامل حیات و نهاده اصلی در کشاورزی است. قسمت اعظم کشور ما بدلیل واقع شدن در منطقه خشک و نیمه خشک، با کمبود جدی این نعمت الهی روبروست. بخش کشاورزی مهمترین مصرف‌کننده آب بوده و مصرف بهینه و افزایش بهره‌وری از آب در این بخش سهم بسزایی در حفظ آن دارد. در این راستا در سالهای اخیر توسعه سیستم‌های کشاورزی پایدار مورد توجه بوده و بین منظور کشت گیاهان گلخانه‌ای توصیه شده است.. تحقیقات متعددی در زمینه کشت‌های گلخانه‌ای صورت گرفته اما تعیین نیاز آبی و برنامه ریزی آبیاری گیاهان گلخانه‌ای کمتر مورد توجه واقع شده است (حسن نژاد ۱۳۸۰). علاوه بر مشخصه‌های گیاهی و خاک، پارامترهای هواشناسی از قبیل دما، رطوبت و تشعشع تاثیر بسزایی در تبخیر-تعرق گیاهی دارند. Maloupa (۱۹۹۳) ادعا کرد که تبخیر-

^۱- به ترتیب عضو هیات علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب، دانشجوی کارشناسی ارشد، عضو هیئت علمی دانشگاه تربیت مدرس و محقق مؤسسه تحقیقات خاک و آب

تعرق با تابش برابر است و نتیجه گرفت که تفاوت میان واریته‌ها به پتانسیل ژنتیک مخصوص خودشان بستگی دارد و تبخیر-تعرق گیاهی معمولاً کمتر از تبخیر-تعرق سطح مرجع است. Baile و همکاران (۱۹۹۴) با تحقیق روی رزها در گلخانه، بیان کردند که فرمول پنم-مانثیث تخمین خوبی از شدت تبخیر-تعرق ساعتی می‌دهد. Martinez و همکاران (۱۹۹۵) روی gerbera تحقیق کردند و نتیجه گرفتند که گرمای محیط کشت مقدار آب مصرفی گیاه را افزایش می‌دهد. Adams و De Graaf (۱۹۹۵) ادعا کردند تعرق گیاه رز که به صورت روزانه یا در فواصل ده دقیقه‌ای اندازه‌گیری شده رابطه نزدیکی با کاهش رطوبت در اطراف برگها و هوای گلخانه و تشعشع پخش شده دارد. Pariani و همکاران (۱۹۹۳) نیز تبخیر-تعرق گیاه chrysanthemum را در گلخانه برای دوره‌های مختلف بدست آوردند. بر اساس کارهای انجام شده در شرایط گلخانه‌ای، بهترین روش تخمین تبخیر-تعرق سطح مرجع (ET₀) درون گلخانه معادله پنم-مانثیث اصلاح شده توسط FAO می‌باشد که سازگاری بیشتری با شرایط گلخانه دارد.

در این تحقیق، با استفاده از شش روش فائقو-پنم-مانثیث^۱، تورک^۲، مک‌کینگ^۳، پرستلی-تیلور^۴، FAO و Radiation و بلانی-کریدل^۵ اصلاح شده توسط FAO تبخیر-تعرق استاندارد گیاه مرجع چمن، بر اساس داده‌های اندازه‌گیری شده محاسبه و با داده‌های لایسیمتری که با استفاده از میکرو لایسیمتر درون گلخانه ثبت گردیده، مقایسه شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق درون گلخانه‌ای با پوشش پلاستیک در موسسسه تحقیقات گیاه‌پژوهشی کشور از اول اسفند ماه تا اول خرداد به صورت روزانه انجام شد. خصوصیات فیزیکی خاک مورد استفاده در آزمایشگاه و گلخانه اندازه‌گیری شد. میزان تبخیر-تعرق واقعی چمن تحت شرایط بهینه آبیاری (رطوبت خاک در حدود ظرفیت مزروعه کنترل می‌شود)، با استفاده از میکرو لایسیمتر و به روش وزنی اندازه‌گیری و ثبت شد. داده‌های هواشناسی از قبیل دمای بیشینه و کمینه، رطوبت نسبی هوا، سرعت باد و تشعشع بطور همزمان در داخل گلخانه اندازه‌گیری گردید. کلیه داده‌ها بطور روزانه ثبت شده‌اند.

روش‌های محاسبه تبخیر-تعرق استاندارد گیاه مرجع چمن

۱- معادله پنم-مانثیث-فائقو

این معادله که از اصلاحات انجام شده توسط کارشناسان FAO روی معادله پنم-مانثیث بدست آمده به عنوان مرجع در شرایط خارج از گلخانه پذیرفته شده است و به صورت زیر بیان می‌شود.

$$ET_0 = \frac{0.408 \left[\Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a) \right]}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)} \quad (1)$$

¹ - FAO-Penman-Mantith

² - Turc

³ - Mac King

⁴ - Prestly-Tylr

⁵ - Belany-Kridel

که در آن

ET_0 : تبخیر - تعرق استاندارد سطح مرجع من بر حسب میلی متر در روز

e_a, e_s : فشار بخار اشبع و فشار واقعی بخار آب در هوا بر حسب میلی بار

U_2 : سرعت باد در روز در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین m/s

$MJm^{-2}d^{-1}G,R_n$ بر حسب

Δ : شیب منحنی تغییرات فشار بخار اشبع (e_s) نسبت به درجه حرارت (T)

γ : ثابت سایکرومتری بر حسب $Kpa c^{-1}$

- معادله بلانی-کریدل-فائق

در سال ۱۹۷۷ درونباس^۱ و همکاران برای اینکه تعریف بهتری از اثر اقلیم را بر روی آب مورد نیاز گیاه با استفاده از رابطه بلانی کریدل ارائه بدنه درونباس اصلاح شده بلانی کریدل را برای برآوردن ET_0 توصیه نمودند رابطه اصلاح شده بلانی و کریدل به صورت زیر است

$$ET_0 = C \times [P(0.46T + 8)] \quad (2)$$

در رابطه اصلاح شده (معادله ۲-۱) با استفاده از آمار درجه حرارت اندازه گیری شده و همچنین منظور نمودن میزان رطوبت و تابش و باد برآورده بهتری از اثر اقلیم روی تبخیر - تعرق بدست می آید در این رابطه

ET_0 : تبخیر - تعرق گیاه مرجع بر حسب میلی متر در روز (میانگین در طول ماه)

T : میانگین حرارت روزانه در ماه مورد نظر بر حسب درجه سانتیگراد

P : درصد متوسط ساعات روشنایی روزانه در طول ماه که تابع عرض جغرافیایی، ماه و سال بوده که از جداول مربوط بدست می آید.

C : فاکتور تعديل کننده وابسته به حداقل رطوبت نسبی، ساعات آفتابی و سرعت باد می باشد.

اعمال ضریب C بر روی ET_0 به صورت استفاده ازنمودار و با توجه به مقدار $(+8/0.46T)$ بوسیله دورنbas و همکاران ارائه شده است و در سال ۱۹۸۴ نامبرگان اعمال ضریب C بر روی $(+8/0.46T)$ P و تعیین ET_0 را با استفاده از روابط تجربی زیر ارائه کرده اند.

$$ET_0 = a + bF \quad (3)$$

$$F = P(0.46T + 8) \quad (4)$$

$$a = 0.0043RH_{mean} - \frac{n}{N} - 1.41 \quad (5)$$

و در فرمولهای بالا داریم

RH_{min} : حداقل رطوبت نسبی در طول دوره زمانی برآوردن ET_0

b : فاکتور تعديل کننده است که در سال ۱۹۷۷ توسط دورنbas و پروئیت و در سال ۱۹۹۱ توسط پروئیت و همکاران زیر ارائه شده است.

¹ - Doorenbos

$$b = 0.908 - 0.00483 \frac{RH}{min} + 0.7949 \times \left(\frac{n}{N} \right) + 0.0768 \left[\ln U_d + 1 \right]^2 - \\ 0.0038 \times RH \min \left(\frac{n}{N} \right) - 0.000433 \times RH \min \times (Ud) + 0.281 \ln (U_d + 1) \ln \left(\frac{n}{N} + 1 \right) - \\ 0.00975 \times \ln (U_d + 1) \times \left[\ln \left(RH \min + 1 \right)^2 \times \ln \left(\frac{n}{N} + 1 \right) \right]$$

۳- معادله تورک

تورک^۱ در سال ۱۹۶۱ معادله زیر را برای محاسبه و تخمین تبخیر-تعرق روزانه پیشنهاد کرد.

$$ET_o = a_T \times 0.013 \frac{T_{mean}}{T_{mean} + 15} \frac{23.8856 \times Rs + 50}{\lambda} \quad (V)$$

که در آن

ET_o : تبخیر-تعرق روزانه ($mm.d^{-1}$)

T_{mean} : دمای متوسط روزانه (C)

$RH_{mean} < 50\%$ برای $a_T = 1 + (50 - RH_{mean}) / 70$ و $RH_{mean} > 50\%$ برای $a_T = 1 : a_T$

Rs : تشعشع خورشیدی ($Mj.M^{-2}.d^{-1}$)

λ : گرمای نهان تبخیر ($Mj.Kg^{-1}$)

۴- معادله مک گینگ و FAO-Radiation

در سال ۱۹۵۷ مک گینگ^۲ معادله زیر را جهت محاسبه و تخمین تبخیر-تعرق برای چمن در دوره های ۱۰ روزه بدست آورد که در آن:

$$ET_0 = 0.61 \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{R_s}{58.5} - 0.12 \quad (8)$$

این روش براساس اندازه گیری تشعشع خورشیدی و درجه حرارت استوار است. وی اعتقاد دارد که هر چه درجه حرارت بیشتر شود مقادیر بیشتری از انرژی خورشید در تبخیر و تعرق مصرف می شود. دورنباس و پروت^۳ در سال ۱۹۷۷ معادله مک گینگ را تصحیح کردند و به صورت زیر در آوردند.

$$ET_o = a + b \left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right] \frac{Rs}{\lambda} \quad (9)$$

$a = -0/3$

$$b = 1.0656 - 0.0012795 \times RH + 0.044953 \times Ud - 0.0002033 \times RH \times Ud - \\ 0.00003150 \times RH^2 - 0.0011026 \times Ud^2 \quad (10)$$

که در آن ET_o و $\frac{Rs}{\lambda}$ بر حسب $mm.d^{-1}$ خواهد بود. به این معادله که توسط کارشناسان FAO اصلاح شده است، معادله FAO 24 Radiation اطلاق می شود.

۵- معادله پرستلی-تیلور

پرستلی و تیلور^۱ در سال ۱۹۷۲ معادله ساده شده ای از روش ترکیبی را برای تعیین تبخیر پتانسیل ارائه دادند. در این فرمول قسمت آئرودینامیکی معادله حذف و قسمت مربوط به انرژی در یک ضریب ثابت ($a=1/26$) ضریب شده است معادله این دو محقق به شکل زیر می باشد.

¹ - Turc

² - Makking

³ - Doorenbos and Pruitt

$$\lambda E_p = \alpha \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (Rn - G) \quad (11)$$

روش محاسبه پارامترهای اقلیمی

تمامی پارامترهای اقلیمی که در این تحقیق برای محاسبه تبخیر-تعرق استاندارد گیاه مرجع چمن به کار برد شد، با استفاده از معادلات ارائه شده در نشریه شماره ۵۶ فائق، بدست آمده است.

بحث و نتیجه‌گیری

بهترین روش محاسبه تبخیر-تعرق استاندارد گیاه مرجع چمن

برای تعیین بهترین روش محاسبه تبخیر-تعرق استاندارد گیاه مرجع چمن از آنالیز واریانس در مرحله اول و بررسی وجود همبستگی معنی‌دار بین مقادیر تبخیر-تعرق مشاهده‌ای و اندازه‌گیری شده در تمامی روش‌ها با استفاده از آزمون فرض، در مرحله بعد استفاده کردیم.

برای تعیین وجود همبستگی بین مقادیر مشاهده‌ای و اندازه‌گیری شده از آزمون فرض صفر و روابط زیر استفاده شد.

$$\begin{cases} H_0 : r = 0 \\ H_1 : r \neq 0 \end{cases} \quad (12)$$

$$t_0 = \frac{r\sqrt{n-2}}{1-r^2} \quad (13)$$

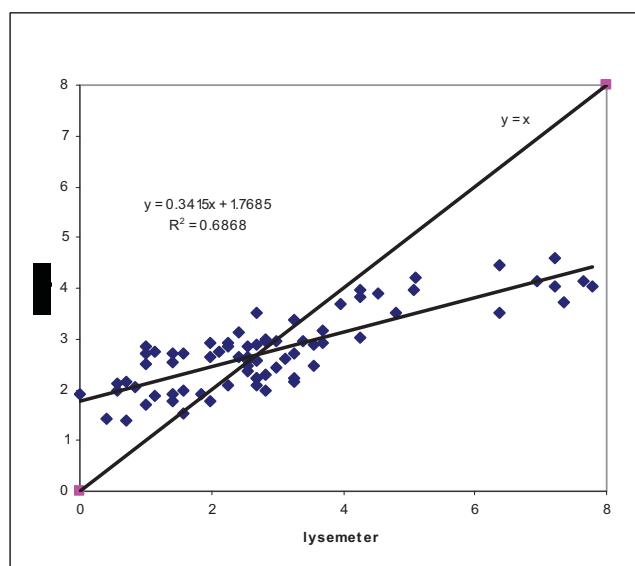
در این روابط H_0 فرض صفر، H_1 ادعا، t_0 آماره آزمون، r ضریب همبستگی خطی است و n تعداد زوج داده‌های مورد بررسی است. این آزمون r را مورد بررسی قرار می‌دهد که قابل تعمیم برای t^2 است.

برای ساده تر شدن محاسبات ابتدا از جدول $t_{student}$ مقدار بحرانی t استخراج شد. بر اساس این جدول $t_{0.025,72} = 1.76$ است. سپس این مقدار به جای t_0 و در رابطه فوق قرار گرفت و مقدار بحرانی r در سطح احتمال ۹۵ درصد برابر 0.38 محاسبه شد.

ضریب همبستگی در همه معادلات تبخیر-تعرق در تمام مدل‌ها بزرگتر از مقدار بحرانی بود. بنابراین می‌توان پذیرفت در سطح احتمال ۹۵ درصد بین تمام مقادیر مشاهده‌ای و مقادیر برآورده شده همبستگی وجود دارد. در جدول ۱ خلاصه نتایج آنالیز واریانس برای روش‌های مختلف محاسبه تبخیر-تعرق استاندارد گیاه مرجع چمن در مقایسه با داده‌های لایسیمتری در محیط SAS نشان داده شده است. همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، بهترین معادله در مقایسه با داده‌های لایسیمتری، معادله پنمن-مانتیث-فائق است که رابطه خطی آن با داده‌های لایسیمتری در نمودار ۱ نشان داده شده است.

در جدول ۲ نیز نتایج مقایسه میانگین روش‌های مختلف برآورده تبخیر-تعرق استاندارد گیاه مرجع چمن با استفاده از آزمون دانکن، ارائه شده است که در سطح اعتماد ۱٪ بیان گردیده است. همانطور که مشاهده می‌شود میانگین داده‌های محاسباتی، برای معادله مک‌کینگ در آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری با معادله پنمن-مانتیث-فائق ندارد، در صورتی که برای بقیه معادلات این اختلاف معنی‌دار است.

¹ -Priestly- Taylor



نمودار ۱: مقایسه داده‌های لایسمتری با معادله پمن-مونتیث - فانو

جدول ۱: نتایج آنالیز واریانس معادلات تعیین تبخیر-تعرق استاندارد گیاه مرجع چمن

	FAO 56-Penman-Montith	FAO24-Radiation	FAO24-Belany-Cridel	Prs-Tylr	Makk	Turc
RMSE	۱/۴۳۵	۱/۶۴۲	۱/۶۴۱	۱/۵۰۱	۱/۴۸۲	۱/۰۷۴
MSE _s	۲/۰۶۱	۲/۰۳۴	۲/۶۹۴	۲/۲۵۴	۲/۱۹۶	۲/۴۷۹
F	۰/۴۹	۲۱/۳۹	۲۰/۶۵	۳/۰۳	۰/۰۲	۷/۹۲
R ²	۰/۶۸۸۶	۰/۵۳۸۴	۰/۴۸۹۶	۰/۵۸۷	۰/۵۲۱۸	۰/۰۲۶۹
Pr>F	۰/۴۸۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۸۳	۰/۸۷۶۸	۰/۰۰۰

جدول ۲: نتایج آزمون دانکن برای کلیه روشها در سطح ۱٪

Duncan grouping	Mean	N	TRT
B	۴/۲۶۸۱	۷۴	FAO 24Rd
B			
B	۴/۱۶۹۹	۷۴	FAO 24BC
C	۳/۶۷۲۰	۷۴	turc
C			
D	۳/۳۷۳۴	۷۴	Pres-tylr
D	۲/۹۸۱۴	۷۴	makk
E			
E	۲/۷۷۸۰	۷۴	FAO 56 PM
E			

در جدول ۲ معادلاتی که با حروف یکسان در گروههای دانکن (grouping Duncan) مشخص شده است تفاوت معنی‌داری در سطوح معین ندارند.

منابع

- ۱- حسن نژاد عسگری، روش‌های پیشرفته آبیاری در گلخانه (۱۳۸۰)، مجله مزرعه، شماره ۴۶، ص ۲۸-۳۲
- 2- Baille M., A. Baille, D. Delmon (1994). Microclimate and Transpiration of Greenhouse Rose Crops Agric. For. Meteor. 71(1-2), 83-97
- 3- De Graaf.R, P.Adams (1995). Influence of Moisture Dificit Leaf-air and Cultural Practices on Transpiration of Glasshouse Roses. Acta Horticulturae 401, 545-552
- 4- Maloupa.E, A.Papadopoulos, S.Beladenopoulou (1993). Evapotranspiration and Preliminary Crop Coefficiant of Gerbera Soil less Culture Grown In Plastic Greenhouse. Acta Horticulturae 335
- 5- Martinez.P.E, Y.M.M, Abdol Fattah, E.Maloupa, D.Gerasopoulos (1995). Effect of Substrate Warming in Soil less culture in Gerbera Crop Performance Under Saesonal Variations. Acta Horticulturae 408, 31-40
- 6- Pariani.S, A.Fraguas, D.Frezza (1993). Concumo de Agau del cultivo De tomato Bajo Invernaculo. Acta de XVI Congreso Argentino de Horticulturea. ASAHO p90

اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای

۱۳۸۶ مهرماه ۲۶

اصول طراحی، برنامه‌ریزی و مدیریت بهره‌برداری از سیستم‌های آبیاری میکرو در گیاهان گلخانه‌ای

مهدی اکبری و حسین دهقانی سانیج^۱

چکیده

با توجه به نقش مهم و حیاتی آب در تأمین امنیت غذایی، ضروری است که زمینه‌های لازم برای استفاده بهینه از منابع آب نیز فراهم آید. در کشورهایی مانند ایران که آب یک عامل محدود کننده می‌باشد و آبیاری یک عنصر اساسی در تولید محصولات کشاورزی است، بکارگیری روش‌های علمی و نوین به منظور آبیاری و استفاده بهینه از منابع آب امری اجتناب ناپذیر است. امروزه روش‌های آبیاری میکرو بطور گسترده‌ای در سطح جهان گسترش یافته و بیش از شش میلیون هکتار از اراضی کشاورزی در مناطق مختلف جهان به این شیوه آبیاری می‌شوند. از اینگونه روش‌های آبیاری نه تنها در مناطق خشک و نیمه خشک جهان، بلکه در مناطق مرطوب نیز برای صرفه‌جویی مصرف آب در محصولات زراعی، باغی و گلخانه‌ای استفاده می‌گردد. علی‌رغم مزایای بسیار مفیدی که انواع این سیستم‌ها در افزایش تولید و بالا بردن کارایی مصرف آب دارند، هنوز فعالیت چندانی در کشور برای توسعه و کاربرد صحیح این سیستم‌ها در سطح گلخانه‌ها صورت نگرفته است. آمار وارقام توسعه سیستم‌های آبیاری میکرو در سطح کشور حاکی از آن است که درصد بسیار زیادی از زراعت‌های حاضر که با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای آبیاری می‌شوند را باغات تشکیل می‌دهد و تنها در موارد محدود از این سیستم برای انجام آبیاری در گلخانه‌ها و مزارع سبزی و صیفی استفاده می‌شود. روش‌های آبیاری میکرو به رغم مزایای بالایی که دارند، در شرایط طراحی و اجرای نامناسب و کاربرد آب‌های با کیفیت پایین با محدودیت‌هایی مواجه بوده و به مدیریت‌های خاصی نیاز دارند. ارزیابی‌های صورت گرفته بر روی سیستم‌های مختلف آبیاری میکرو اجرا شده در کشور مبین وجود مشکلات طراحی، اجرا و مدیریت بهره‌برداری است. این مسائل و مشکلات باعث شده است تا ضمن کاهش اعتماد کشاورزان، سیستم‌ها با مشکل پایین بودن بازده کاربرد و یکنواختی توزیع آب و افزایش هزینه نگهداری سیستم مواجه گردند. از آنجائیکه آبیاری میکرو در کشور ما سابقه چندانی ندارد و هنوز در مراحل اولیه تکوین و گسترش است، آشنایی کشاورزان، محققان و کارشناسان آب و خاک کشور نیز با آن زیاد نمی‌باشد و این خلاصه شاید یکی از مسائل و عوامل موجود در راه توسعه این سیستم‌ها در کشور باشد. سیستم‌های آبیاری میکرو در صورت طراحی،

۱- اعضاء هیات علمی بخش آبیاری تحت فشار مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج

اجراء و بهره‌برداری صحیح موجب کاربرد بهینه آب، کود و سم می‌شوند. همچنین با کاربرد صحیح روش‌های آبیاری مذکور تلفات ناشی از رواناب، نفوذ عمقی، تبخیر از سطح خاک به حداقل می‌رسد. استفاده صحیح از این روش‌ها در گیاهان گلخانه‌ای می‌تواند نقش موثری در تأمین امنیت غذایی، صرفه‌جویی مصرف آب، انرژی، کود و حفاظت از محیط زیست ایفا نماید. با توجه به چشم انداز رضایت‌بخش و امیدوار کننده توسعه روش‌های آبیاری میکرو در گیاهان گلخانه‌ای، ضرورت آشنایی با اصول طراحی، اجراء و بهره‌برداری صحیح این گونه روش‌های آبیاری در گلخانه‌ها احساس می‌شود.

واژه‌های کلیدی: روش‌های آبیاری، گلخانه، آبیاری قطره‌ای، مدیریت آبیاری، اصول طراحی، بهره‌برداری

مقدمه

اصولاً هدف از آبیاری مجموعه اقداماتی است که باعث می‌شود آب به اندازه مورد نیاز، در زمان مورد نیاز و در محل مورد نیاز در اختیار گیاه قرار گیرد. با اعمال مدیریت صحیح آبیاری می‌توان از تلفات بیش از حد آب جلوگیری کرد. لیکن، افزایش عملکرد محصولات کشاورزی در واحد سطح بدون در نظر گرفتن سایر نهاده‌های تولید نظیر، بذور اصلاح شده، کود و سموم شیمیایی و نحوه عملیات کاشت، داشت و برداشت امکان پذیر نخواهد بود. بالا بردن بازده آبیاری هر چند که بسیار مهم است ولی تنها بخش مهندسی سیستم‌های کشاورزی را شامل می‌شود و باید به بخش زراعی نیز توجه شود. مهمترین شاخص که اخیراً مطرح شده است، بهره‌وری مصرف آب (water productivity) می‌باشد که نوعی رابطه کمی میان رشد گیاه و مصرف آب بوده و تولید بهازای هر واحد آب مصرف شده را نشان می‌دهد. این شاخص برابر است با نسبت محصول تولیدی به مجموع آب تأمین شده برای گیاه و قطعاً افزایش بازده‌های آبیاری اعم از بازده انتقال، توزیع و کاربرد آب در مزرعه در این خصوص نقش اساسی دارد، زیرا هر قدر بتوان این بازده‌ها را با انجام عملیات مهندسی آبیاری و کاربرد فنون آبیاری جدید افزایش داد، میزان آب مصرفی گیاه بهینه و واقعی‌تر شده و کمک به افزایش این ضریب خواهد نمود. بنابراین بایستی توجه کرد که بدون انجام فعالیت‌های مهندسی و زیر بنایی آب و خاک و بهبود بازده‌های آبیاری این شاخص بهبود نخواهد یافت. لیکن، بعد دیگر این شاخص همانطور که اشاره شد، مقدار محصول تولیدی است که به نحو مستقیم تحت تأثیر تکنیک‌ها و روش‌های آبیاری از یک طرف و مسایل به نزدیک می‌باشد. در حقیقت تلفیق امور مهندسی آبیاری توأم با بهبود و ارتقاء دانش زراعی هر دو مستلزم حصول به شاخص مطلوب بهره‌وری آب می‌باشد (۱ و ۳).

زراعت‌های گلخانه‌ای به جهت افزایش قابل توجه کارایی مصرف آب به عنوان بخشی نسبتاً پایدار در کشاورزی در سراسر جهان به شمار می‌روند (Enoch and Enoch, 1999; Von Eschner et al., 2000). در ایران نیز زراعت‌های گلخانه‌ای در دهه گذشته بواسطه محدودیت منابع آب کشور و نیاز روز افزون به مواد غذایی به سرعت توسعه یافته است، لیکن منابع آبی با کیفیت مناسب هنوز به عنوان یکی از عوامل محدود کننده می‌باشد. بررسی‌ها نشان‌دهنده آن است که مدیریت آبیاری و مصرف آب در گلخانه‌های کشور بیشتر مبتنی بر تجربه و آزمون و خطاب توسط بهره‌برداران این گلخانه‌ها بوده و مبانی علمی ندارد. از مهمترین مزایای کشت‌های گلخانه‌ای، امکان تولید در طول سال می‌باشد، در حالیکه در زراعت‌های مزرعه‌ای این امر ممکن نمی‌باشد (Von Zabeltite., 1999). آبیاری یکی از

مهمترین عوامل موثر در عملکرد و کیفیت محصولات گلخانه‌ای می‌باشد و به همین دلیل است که سیستم آبیاری باید آب مورد نیاز گیاه را در زمان مورد نیاز و به میزان مورد نیاز برای گیاه تامین نماید (Harmanto et al., 2005). مطالعات متعددی صورت گرفته تا آب آبیاری با حداکثر بازده ممکن در زراعت‌های گلخانه‌ای مورد استفاده قرار گیرد. استفاده از آبیاری قطره‌ای همراه با کود آبیاری باعث افزایش بازده مصرف آب و کود شده و عملکرد و کیفیت محصول را نیز بهبود می‌بخشد (Papadopoulos., 1991).

میزان آب مورد نیاز در شرایط گلخانه یکی از پارامترهای اصلی مدیریت آبیاری و برنامه‌ریزی آبیاری است. از طرف دیگر تبخیر و تعرق پتانسیل و ضریب گیاهی در شرایط گلخانه هنوز مورد سؤال می‌باشد. لذا محققین مختلف از جمله کیدرا و همکاران (Kidra et al., 1994) از یک رابطه ساده بین تشعشع خورشید (روزانه) و میزان تبخیر از تشکلهای کوچک که در نقاط مختلف گلخانه قرار داده بودند برای آبیاری گوجه فرنگی در گلخانه با روش آبیاری قطره‌ای استفاده نمودند. تحقیقات زیادی روی نیاز آبی گیاهان در شرایط گلخانه‌ای در اقلیم‌های معتمد انجام شده است. در ایرلند گزارش شده است که مصرف آب گوجه فرنگی در حدود $0.5-0.9 \text{ m}^3/\text{m}^2$ در سال می‌باشد (Papadoponlos., 1991). مطالعه دیگری نشان داده است که نیاز آبی گوجه فرنگی در شرایط آبیاری با شوری‌های مختلف بین $1/03 - 1/19$ لیتر برای هر گیاه در روز تغییر می‌کند. بررسی دیگری نشان داده است که حجم آب آبیاری به فصل کاشت و مرحله رشد گیاه گوجه فرنگی بستگی دارد (Tuzel et al., 1994). گیاهانی که تازه به گلخانه انتقال یافته‌اند دارای نیاز آب آبیاری پایینی به میزان 0.51 L در روز بوده، لیکن در شرایط رشد سبزینگی کامل و برای روزهای آفتابی این رقم در حدود $2/71 \text{ L}$ در روز افزایش یافته است (Shyder., 1992).

مدیریت مناسب آبیاری در روش آبیاری قطره‌ای برای جلوگیری از تنش‌های گیاهی و کاهش عملکرد محصول بسیار با اهمیت می‌باشد. با مدیریت مناسب می‌توان آب مورد نیاز گیاه در ناحیه ریشه را تامین نمود و همزمان از آبشویی عمقی مواد غذایی جلوگیری کرد (Ynan et al., 2004). نتایج یک تحقیق در هندستان نشان داده است که نیاز آبی گیاهان در گلخانه‌ها دارای تغییراتی منطبق بر میزان تشعشع خورشیدی در گلخانه است. برای زراعت گوجه‌فرنگی در گلخانه میزان نیاز آبی برای مراحل مختلف رشد گیاه بین $0/89 - 2/31 \text{ L}$ در روز برای هر گیاه تعیین شده است (Ynan et al., 2001). نتایج تحقیقات گلخانه‌ای مدیریت آبیاری قطره‌ای در تایلند نشان داد که کاربرد روش آبیاری قطره‌ای به میزان 75 L درصد نیاز آبی گیاه (به روش پنمن مانیت)، بیشترین عملکرد و کارایی مصرف آب را داشته است (Ynan et al., 2001). با توجه به اینکه در روش آبیاری قطره‌ای باید آب مورد نیاز به مقدار مورد نیاز و در زمان مورد نیاز به گیاه داده شود و این امر در شرایط گلخانه‌ای نیز یکی از پارامترهای اصلی طراحی سیستم آبیاری می‌باشد لذا در صورت عدم دسترسی به مقادیر تبخیر-تعرق در داخل گلخانه‌ها، می‌توان از مقادیر تبخیر-تعرق خارج از گلخانه استفاده نمود. با توجه به نتایج تحقیقات انجام شده در جهان مقدار تبخیر-تعرق داخل گلخانه بین $0/05 - 0/85 \text{ L}$ مقدار آن در خارج گلخانه بوده و ضریب $7/0$ بدین منظور قابل توصیه است.

برآورد آب مورد نیاز گیاهان در گلخانه

اصولی که در تعیین آب مورد نیاز گیاهان در داخل و خارج گلخانه به کار می‌رود شامل تبخیر و تعرق پتانسیل، تعیین ضریب گیاهی و برآورد رطوبت خاک می‌باشد. به‌طورکلی آب خالص مورد نیاز گیاهان تحت تأثیر دو فاکتور

عمده قرار دارد که شامل تبخیر و تعرق پتانسیل (ET_0) و ضریب گیاهی (K_c) است. در صورت عدم دسترسی به مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل در داخل گلخانه، نیاز خالص آب آبیاری در داخل گلخانه از رابطه زیر برآورد می‌گردد:

$$ET_{c-gr} = ET_0 \times 0.7 \times K_c \quad (1)$$

که در آن:

ET_{c-gr} : نیاز خالص آب آبیاری گیاه در داخل گلخانه (mm)

ET_0 : تبخیر و تعرق پتانسیل (چمن) در خارج گلخانه (mm)

K_c : ضریب گیاهی

در شرایطی که اندازه‌گیری‌های مستقیمی از تبخیر و تعرق پتانسیل وجود ندارد با استفاده از روابط علمی، تجربی و به کارگیری اطلاعات هواشناسی منطقه می‌توان مقدار آن را برآورد نمود.

نیاز آبشویی

املاحی که توسط آب آبیاری وارد محیط خاک شده، پس از جذب آب توسط گیاه در محیط خاک باقی می‌ماند. در صورتی که این املاح با آبیاری‌های بعدی شستشو نشوند و همچنان در خاک باقی بمانند می‌توانند به تدریج محیط ریشه را آلوده ساخته و قابلیت زراعی خاک را کاهش دهند. این موضوع در آبیاری گیاهان گلخانه‌ها با استفاده از آبیاری میکرو که نفوذ عمقی در حداقل مقدار می‌باشد از اهمیت زیادی برخوردار است، لذا با توجه به حساسیت گیاهان گلخانه‌ای، در نظر گرفتن نیاز آبشویی ضروری بوده و از رابطه زیر برآورد می‌گردد:

$$LR = \frac{EC_w}{2(\text{Max.} EC_e)} \quad (2)$$

LR : نسبت آب آبشویی به آب آبیاری

ECw : هدایت الکتریکی آب آبیاری

$\text{Max.} Ece$: حداقل هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک که رشد گیاه متوقف می‌گردد.

حداکثر عمق خالص آب آبیاری (dx)

با توجه به اینکه در آبیاری قطره‌ای فقط بخشی از سطح خاک خیس می‌شود، مقدار آب ذخیره شده در خاک محدود می‌باشد. حداکثر عمق خالص آبیاری در هر نوبت برابر مقدار آبی است که باید به خاک داده شود تا کمبود رطوبت خاک را تا حد MAD جایگزین کند. MAD کمبود مجاز رطوبت به لحاظ مدیریت آبیاری است که مقدار آن به خاک، گیاه و رابطه بین آب، عملکرد و هزینه بستگی دارد که در روش آبیاری قطره‌ای در گلخانه‌ها حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد در نظر گرفته می‌شود.

$$dx = \frac{MAD \times Wa \times Z \times Pw}{100 \times 100} \quad (3)$$

dx : حداکثر عمق خالص آب آبیاری، mm

MAD : کمبود رطوبت مجاز، درصد

Wa: کل آب قابل استفاده خاک mm/m

Z: عمق خاک ناحیه ریشه گیاه (m)

Pw: درصد خیس شده از سطح کل، درصد

حداکثر دور آبیاری (F_i)

در آبیاری میکرو حداکثر دور آبیاری تابعی از حداکثر عمق خاک خاص آب آبیاری و آب مصرفی روزانه گیاه در گلخانه می‌باشد و از رابطه زیر برآورد می‌گردد.

$$F_i = \frac{d_x}{ET_{c-gr}} \quad (4)$$

دور آبیاری در گلخانه با توجه به میزان تخلیه مجاز توسط گیاه و تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه در گلخانه تعیین می‌شود و معمولاً به صورت روزانه یا چند نوبت در روز است.

نیاز خالص آب آبیاری (In)

عمق خالص آب در هر دور آبیاری برای تأمین آب مصرفی گیاه از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$I_n = dx \times F_i \quad (5)$$

I_n: عمق خالص آبی که در هر دور آبیاری توزیع می‌شود (mm)

F_i: دور آبیاری انتخابی (day)

نیاز ناخالص آب آبیاری (Ig)

مقدار آب آبیاری شامل تلفات غیر قابل اجتناب نفوذ عمقی نیز گردد. آن قسمت از نفوذ عمقی که برای شستشوی خاک گلخانه انجام می‌گیرد جزء تلفات محسوب می‌شود. برای محاسبه عمق ناخالص آبیاری در گلخانه، باید ضمن استفاده از روش محاسباتی صحیح، سیستم آبیاری قطره‌ای نیز دارای طراحی مناسب، برنامه‌ریزی دقیق، نگهداری و مراقبت کافی باشد. در صورتی که $LR < 0.1$ مقدار نیاز آبشویی در محاسبات منظور نمی‌شود. اگر $\frac{1}{1-LR} > Tr$ و $0.1 > باشد$ ، عمق ناخالص از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$I_g = \frac{I_n}{Eu(1 - LR)} \quad (6)$$

I_g: عمق ناخالص آب آبیاری (mm)

Eu: یکنواختی ریزش توسط قطره چکانها، (%)

LR: نیاز آبشوئی در آبیاری میکرو، اعشار

Tr: نسبت تعرق در دوره مصرف حداکثر

Tr: عبارتست از نسبت ارتفاع آبی که واقعاً به مصرف تعرق می‌رسد.

حجم ناخالص آب مورد نیاز هر گیاه

حجم ناخالص آب مورد نیاز روزانه گیاه از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$G = \frac{S_p \times S_r \times I_g}{F_i} \quad (7)$$

S_p : فاصله بین گیاهان روی ردیف (m)

S_r : فاصله بین ردیف (m)

F_i : دور آبیاری انتخابی در گلخانه (day)

G : حجم ناخالص آب مورد نیاز روزانه هر گیاه (l/day)

زمان پخش آب (ساعت آبیاری) T_a

زمان آبیاری مورد نیاز برای هر گیاه گلخانه‌ای به حجم ناخالص آب مورد نیاز گیاه، تعداد و دبی قطره چکان مورد استفاده برای گیاه بستگی دارد و از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$T_a = \frac{G}{E \times q_a} \quad (8)$$

E : تعداد قطره چکان مورد نیاز برای هر گیاه گلخانه‌ای

q_a : آبدهی هر قطره چکان (1/h)

T_a : ساعت آبیاری روزانه (hr)

ظرفیت سیستم

ظرفیت سیستم آبیاری با توجه به سطحی از گلخانه که قرار است بطور همزمان آبیاری شود و شدت جریان قابل دسترس در گلخانه تعیین می‌گردد. لذا حداقل ظرفیت سیستم آبیاری گلخانه برابر با شدت جریان قابل دسترس خواهد بود. در اکثر مواقع امکان تأمین ظرفیت سیستم با فشار مورد نیاز توسط پمپ موجود در منبع آب آبیاری فراهم است، در این صورت لازم است که دبی قابل دسترس در فشار مورد نیاز اندازه‌گیری شود، چون دبی پمپ چاه در حالت جریان آزاد بیش از مقدار شدت جریان در حالت تحت فشار خواهد بود.

اجزا سیستم آبیاری قطره‌ای

هر سیستم آبیاری قطره‌ای شامل قطره‌چکان، لوله‌های لترال یا آبده، لوله‌های مانیفولد، لوله‌های اصلی و نیمه-اصلی، شیرهای قطع و وصل، اتصالات و وسایل وابسته به سیستم کنترل مرکزی می‌باشد که در ادامه تشریح می‌گردد:

قطره چکان

قطره‌چکان آخرین قطعه یا وسیله آبیاری قطره‌ای است که آب از آن به اشکال مختلف خارج می‌شود. وظیفه قطره‌چکان در داخل یا خارج گلخانه، تأمین و توزیع نیاز آبی روزانه گیاه است. قطره چکان باید دارای ویژگی عمدۀ زیر باشد:

❖ نسبت به مسدود شدن مقاوم باشد.

❖ دبی خروجی از آن در طول دوره کاری تغییر نکند.

- ❖ ساده باشد تا پس از تنظیم‌های اولیه نیاز به تنظیم، تمیز کردن و بازدید مجدد نباشد.
- ❖ دبی آن کمتر از نفوذ پذیری خاک و یا هماهنگ با آن باشد.

مشخصات هیدرولیکی قطره‌چکانها باید به نحوی انتخاب شود تا مقدار دبی خروجی در سرتاسر گلخانه نسبتاً یکنواخت باقی بماند. علاوه بر این عوامل محیطی و فصلی مانند تغییرات دما نیز بر خصوصیات جریان موثر می‌باشد. لذا بخشی از طراحی سیستم آبیاری قطره‌ای را بررسی خصوصیات قطره‌چکانها و عوامل موثر بر جریان آب و در نهایت انتخاب مناسب ترین نوع قطره‌چکان تشکیل می‌دهد. البته انتخاب قطره‌چکان تنها به دلایل هیدرولیکی نبوده بلکه عواملی مانند ساده بودن، ارزانی، مهیایی و دوام قطره‌چکان نیز در آن دخالت دارند. جهت انتخاب نوع قطره‌چکان باید مشخصات هیدرولیکی قطره‌چکان به شرح ذیل بررسی شود.

مشخصات هیدرولیک خروجی‌ها

یکی از مشخصات هیدرولیک خروجی‌ها ضریب تغییرات ساخت^۱ می‌باشد. این شاخص یکی از پارامترهای مهم و موثر در طراحی سیستم آبیاری قطره‌ای و انتخاب قطره‌چکان مناسب در شرایط گلخانه می‌باشد. ضریب تغییرات ساخت را می‌تواند با اندازه‌گیری میزان آبدهی در قطره‌چکانهای مختلف و استفاده از رابطه زیر محاسبه نمود (۶۷).

$$C_v = \frac{s}{q} = \frac{\sqrt{(q_1^2 + q_2^2 + \dots + q_n^2) - n(\bar{q})^2}}{\bar{q}\sqrt{n-1}} \quad (9)$$

که در آن:

\bar{q} : متوسط دبی قطره‌چکانها (l/h)

q_1, q_2, \dots, q_n : دبی هریک از قطره‌چکانها (l/h)

n : تعداد قطره‌چکانها مورد آزمایش

S : انحراف معیار دبی قطره‌چکانها

مؤلفه‌های مختلف رابطه فوق به شرح ذیل تعیین می‌گردند:

متosط دبی قطره‌چکان

برای اندازه‌گیری دبی قطره‌چکانها در فشار معین تعدادی از قطره‌چکانها مورد آزمایش قرار می‌گیرد. متosط عددی دبی در تمام قطره‌چکانهای مورد آزمایش تحت فشار و دمای مشخص از معادله زیر بدست می‌آید (۶۸):

$$\bar{q} = \frac{q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n}{n} \quad (10)$$

انحراف از معیار

انحراف از معیار دبی در قطره‌چکانها یک شاخص آماری است که نشان می‌دهد تغییرات دبی در قطره‌چکانهای مختلف چگونه است. این معیار از فرمول زیر محاسبه می‌شود (۶۹):

$$S = \sqrt{\frac{q_1^2 + q_2^2 + \dots + q_n^2 - n(\bar{q})^2}{(n-1)}} \quad (11)$$

همانطوری که قبلاً اشاره گردید ضریب تغییرات ساخت قطره چکان یکی از شاخص‌های موثر در انتخاب قطره‌چکانها برای شرایط مختلف از جمله گلخانه‌ها می‌باشد. عوامل موثر بر ضریب تغییرات ساخت عبارتند از نوع موادی که قطره‌چکان با آن ساخته می‌شود، قالبهای بکار رفته، دما و فشاری که مواد با آن قالب‌ریزی می‌شوند و نیز سایر عملیاتی که در ساخت قطره‌چکان در کارخانه اعمال می‌شود (۸). این شاخص برای مشخص کردن تغییراتی است که فقط در اثر ساخت قطره‌چکان ممکن است وجود داشته باشد و اساس طبقه‌بندی کیفی قطره‌چکانها است. محدوده تغییرات این شاخص در جدول ۱ ارائه شده است (۸).

جدول ۱: طبقه‌بندی قطره‌چکانها بر اساس ضریب تغییرات ساخت

أنواع قطره‌چکانهای مجردار و منفذدار				
معمولًا غیرقابل قبول	ضعیف	خوب تا متوسط	خوب	عالی
$C_v < 0/15$	$0/15 < C_v < 0/11$	$0/07 < C_v < 0/11$	$0/07 < C_v < 0/04$	$0/04 < C_v <$
لوله‌های سوراخ‌دار (لوله‌های دو جدار)				
ضعیف تا غیر قابل قبول		متوسط	خوب	
$C_v > 0/2$		$0/2 < C_v < 0/1$	$0/1 < C_v <$	

یکنواختی پخش

ضریب یکنواختی پخش (Emission Uniformity) یکی دیگر از شاخص‌هایی است که تغییرات دبی در اثر ساخت قطره‌چکانها را بصورت عددی ارایه می‌نماید. این ضریب از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$EU = \frac{q'_n}{\bar{q}} \times 100 \quad (12)$$

EU: یکنواختی پخش (%)

q' : متوسط دبی در یک چهارم قطره‌چکانهای که پایین‌ترین دبی‌ها را دارا می‌باشند (l/h)

یکنواختی پخش (EU) یکی از شاخص‌های موثر در انتخاب قطره‌چکان برای شرایط مختلف از جمله گلخانه‌ها می‌باشد که نقش موثری در بازده آبیاری دارد و محدوده آن در جدول ۲ نشان داده شده است (۳ و ۶).

جدول ۲: طبقه‌بندی کیفی یکنواختی پخش در قطره‌چکان‌ها

درجه کیفی	EU (درصد)
عالی	$EU > 90$
خوب	$80-90$
نسبتاً خوب	$70-80$
ضعیف	$EU < 70$

در صورتی که یکنواختی پخش در مورد تمام قطره‌چکانها یا یک زیر واحد و یا یک لترال بکار برده شود، در این صورت EU ترکیبی از تغییرات ساخت و اختلاف فشار در سیستم یا لوله لترال است.

ضریب یکنواختی کریستیانسن

ضریب یکنواختی (Uniformity Coefficient) که با علامت CU نشان داده می‌شود معیار دیگری برای دبی قطره‌چکانها می‌باشد که از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$CU = 100 \left(1 - \frac{\sum |x|}{\bar{q} \times n} \right) \quad (13)$$

که در آن:

CU: ضریب یکنواختی کریستیانسن (%)

X: انحراف هر کدام از مشاهدات از مقدار متوسط یعنی \bar{q}

ضریب یکنواختی (CU) شاخصی است که با آن یکنواختی توزیع آب در مزرعه از نظر کمی مشخص می‌شود. بدیهی است CU بیشتر دلیل بر توزیع یکنواخت تر آب و کارکرد بهتر سیستم آبیاری می‌باشد. معمولاً ضریب یکنواختی بیشتر از ۸۵ درصد نشان دهنده توزیع آب با یکنواختی خوب است (۷). در مواردی که ضریب یکنواختی (CU) برای تمام قطره‌چکانها، زیر واحد و یا یک لترال مورد استفاده قرار گیرد، هم تغییرات ساخت و هم اثر تغییرات فشار در آن لحاظ می‌گردد.

رابطه دبی-فشار قطره‌چکان

یکی دیگر از پارامترهای هیدرولیکی قطره‌چکانها رابطه دبی-فشار قطره‌چکان می‌باشد. واژه‌ای که بنام نمای فشار یا توان فشار در معادله دبی مطرح است با اهمیت ترین مشخصه هیدرولیکی قطره‌چکان است که در انتخاب قطره‌چکان برای شرایط مختلف از جمله گلخانه‌ها نقش موثری دارد، زیرا با داشتن این نمایه به سادگی می‌توان از روی معادله زیر مقدار دبی قطره‌چکان را محاسبه کرد (۶).

$$q = kH^x \quad (14)$$

که در آن :

q: دبی قطره‌چکان

K: ضریب معادله قطره‌چکان

H: فشاری که قطره‌چکان در آن وضعیت کار می‌کند

x: نمای فشار

معمولًاً مقدار x بین صفر تا یک متغیر است. هر چه x بزرگتر باشد نشان دهنده این است که دبی قطره‌چکان نسبت به تغییرات فشار حساس‌تر است. بنابراین قطره‌چکانهایی نسبت به تغییرات فشار مقاوم هستند که x در آنها کوچک باشد. قطره‌چکانهایی که نمای فشار در آنها کمتر از ۵/۰ باشد بعنوان قطره‌چکان تنظیم کننده فشار

معروف هستند. برای بدست آوردن x کافی است مقادیر دبی را در دو فشار مختلف P_1 و P_2 اندازه‌گیری کنیم چنانچه این مقادیر q_1 و q_2 باشد x برابر خواهد بود با (۶):

$$x = \log\left(\frac{q_1}{q_2}\right) / \log\left(\frac{P_1}{P_2}\right) \quad (15)$$

پس از تعیین نمای معادله دبی - فشار (x) به سادگی می‌توان مقدار ضریب معادله دبی - فشار قطره‌چکان (K) را تعیین نمود. اطلاع از نمای فشار در معادله قطره‌چکان از این جهت نیز حائز اهمیت است که می‌توانیم تغییرات دبی حاصل از تغییرات فشار که به دلیل افت اصطکاک و اختلاف ارتفاع بوقوع می‌پیوندند را بدست آوریم. اگر دبی (q_1) در فشار P_1 مشخص باشد، مقدار دبی (q_2) در یک فشار دیگر (P_2) برابر است با :

$$q_2 = q_1 \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^x \quad (16)$$

این شاخص‌ها و مشخصات هیدرولیکی همراه با سایر عوامل از جمله مقاومت به گرفتگی، ساده بودن، ارزانی، مهیایی و دوام قطره‌چکان راهنمای خوبی جهت انتخاب قطره‌چکان مناسب برای شرایط مختلف از جمله گلخانه‌ها می‌باشد. با توجه به کم بودن تغییرات فشار در گلخانه‌ها، نیازی به قطره‌چکانهای تنظیم کننده فشار نمی‌باشد.

آرایش لوله‌های لترال یا آبده

لوله‌های لترال عمدتاً در جهت کمترین شیب اراضی قرار داده می‌شوند تا اختلاف ارتفاع باعث کاهش یکنواختی توزیع آب در قطره‌چکانها (که روی این لوله قرار دارند) نگردد. این لوله آب را از مانیفولد‌ها گرفته و به قطره‌چکانها منتقل می‌نماید. افت فشار در این لوله‌ها بسیار مهم است. تغییرات فشار در این لوله‌ها مستقیماً روی یکنواختی توزیع آب توسط قطره‌چکانها تاثیر می‌گذارد. لذا طول این لوله نباید بیش از مقدار توصیه شده توسط کارخانه سازنده باشد. حداقل افت فشار مجاز در این لوله‌ها برابر $5/50$ است. این ضوابط در خصوص طراحی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در گلخانه‌ها نیز صادق می‌باشد. افت فشار در این لوله‌ها را می‌توان به کمک معادله هیزن ولیامز به شرح ذیل برآورد نمود:

$$h_f = k \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \frac{L}{D^{4.87}} \quad (17)$$

افت فشار در لوله (m)

k : ضریب ثابت مساوی $1/21 \times 10^{10}$

Q : میزان جریان داخل لوله بر حسب (l/sec)

C : ضریب اصطکاک (۱۴۰)

D : قطر داخلی لوله (mm)

با توجه به اینکه جریان آب در طول لوله لترال یا آبده توسط قطره‌چکانها خارج می‌شود، شدت جریان آب در این لوله بطور تدریجی کاهش می‌یابد لذا یک ضریب کاهش جریان (f) در افت فشار محاسبه شده ضرب می‌گردد. با توجه به دلایل فوق دبی قطره‌چکانها در طول لوله متفاوت می‌باشد و دبی متوسط در وسط لوله اتفاق نمی‌افتد بلکه در فاصله $4/0$ از ابتدای لوله اتفاق خواهد افتاد. اگر چه سطح گلخانه‌ها نسبتاً مسطح است، لیکن در صورتی که

لوله‌های لترال در سرآشیبی یا سربالایی قرار گیرد و ضعیت یکنواختی توزیع آب بهم خواهد خورد. متوسط فشار وروردی به لترال را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد:

$$\bar{H}_i = H_{li} - 0.77 \Delta H_i \pm \Delta Z_i / 2 \quad (18)$$

H_{li} : فشار ورودی به لوله لترال (m)

ΔH_i : افت فشار در لوله لترال (m)

ΔZ_i : اختلاف ارتفاع دو سر لوله لترال (m)

افت فشار در لوله‌های مانیفولد

افت فشار در این لوله مشابه با لوله‌های لترال محاسبه می‌شود. در این لوله‌ها نیز شدت جریان بطور تدریجی کاهش می‌یابد. حداقل افت مجاز در این لوله‌ها $45/0$ است. افت فشار مجاز در سیستم است. طول مانیفولد عمدتاً توسط اندازه گلخانه تعیین می‌شود.

آرایش شبکه لوله‌های اصلی و نیمه اصلی در سیستم آبیاری

در یک سیستم آبیاری قطره‌ای در گلخانه، شبکه لوله‌های اصلی و لوله‌های نیمه اصلی که آب را از منبع ذخیره با فشار مناسب به لوله‌های مانیفولد در داخل گلخانه منتقل می‌نماید از اهمیت زیادی برخوردار هستند. طراحی این بخش از سیستم با روش کاملاً مهندسی و با استفاده از حداقل شیب اراضی، به نحوی انجام می‌گردد تا مجموعه سیستم به لحاظ اقتصادی در شرایط بهینه قرار داشته باشد. لوله‌های اصلی وظیفه انتقال آب از منبع آب به داخل لوله‌های نیمه اصلی را بعده دارند. همچنین لوله‌های نیمه اصلی وظیفه انتقال آب از لوله‌های اصلی به مانیفولد را عهده‌دار هستند. از فاکتورهای مهم قطر لوله اصلی و نیمه اصلی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

❖ حداقل سرعت جریان آب در لوله اصلی و نیمه اصلی نباید بیشتر از $1/5$ متر بر ثانیه باشد (V_{max}).

❖ افت فشار در لوله اصلی و نیمه اصلی نباید بیشتر از 4 متر در 100 متر باشد.

قطر لوله اصلی و نیمه اصلی را می‌توان از رابطه زیر تعیین نمود:

$$Q = A \times V_{max} = \frac{\pi D^2}{4} \times V_{max} \quad (19)$$

در رابطه فوق قطر لوله مجھول اصلی است لذا، با توجه به قطر لوله‌های موجود در بازار یک قطر انتخاب و سرعت جریان محاسبه و با سرعت مجاز کنترل می‌شود. برای برآورد افت فشار در این لوله‌ها می‌توان از فرمول هیزن ویلیامز (رابطه ۱۷) نیز استفاده نمود.

در تعیین قطر لوله‌های اصلی و نیمه اصلی باید به مسایل اقتصادی توجه نمود. در این صورت ممکن است از نظر اقتصادی بهتر باشد که لوله اصلی یا نیمه اصلی از چندین قطر تشکیل شود.

ادوات و تجهیزات کنترل مرکزی

کنترل مرکزی یک سیستم آبیاری قطره‌ای در گلخانه و مزرعه مشابه بوده و به مجموعه ادواتی گفته می‌شود که در شبکه لوله‌ها بین تاسیسات آبگیر و نقطه ورودی لوله‌های توزیع کننده نصب می‌شوند. این تجهیزات شرایط فشار

و دبی را کنترل می‌کنند تا آب آبیاری به میزان لازم و یکنواخت در لوله‌های آبده توزیع شود. تجهیزات کنترل مرکزی عمدتاً شامل ادوات تصفیه آب، تجهیزات تنظیم کننده فشار، شیرهای مختلف، کنترل آب، تزریق کننده‌های کود، سم و مواد شیمیایی، دماسنجه حرارتی و تجهیزات خودکار یا کنترل از راه دور می‌باشند. با توجه به اهمیت وسایل تصفیه آب در ارتباط با مساله گرفتگی خروجی‌ها در ادامه به تشریح این وسایل و راهکارهای جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکانها پرداخته می‌شود.

ادوات و تجهیزات تصفیه آب

تصفیه آب در آبیاری قطره‌ای در گلخانه یا مزرعه یک ضرورت غیر قابل اجتناب است و روشهای و تمهداتی مختلفی جهت جلوگیری از انسداد قطره چکانها و لوله‌های آبیاری به کار گرفته می‌شود. با توجه به عامل گرفتگی قطره‌چکانها، تجهیزات مختلفی از جمله حوضچه‌های رسوب، جداکننده‌های گریز از مرکز، فیلترهای شنی و توری یا دیسکی جهت تصفیه فیزیکی و تزریق کننده‌های شیمیایی جهت تصفیه شیمیایی آب بکار گرفته می‌شود. در تصفیه فیزیکی مواد درشت آلی و غیر آلی معلق در آب از آن خارج می‌شود. تصفیه شیمیایی شامل اضافه کردن یک یا چند ماده شیمیایی به آب است تا از بروز واکنشهای شیمیایی و بیولوژیکی در داخل آب جلوگیری نماید.

دلایل گرفتگی خروجی‌ها در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای

کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب آبیاری نقش موثری در انسداد خروجی‌ها دارد. در نتیجه هرگونه اقدام فنی یا مدیریتی باید در ارتباط با این عوامل باشد. عوامل مؤثر در انسداد قطره‌چکانها را می‌توان به سه گروه عوامل فیزیکی، عوامل شیمیایی و عوامل زیستی (بیولوژیک) تقسیم‌بندی نمود که در ادامه تشریح می‌شوند:

گرفتگی فیزیکی

انسداد فیزیکی ممکن است توسط مواد معلق مانند شن، لای، رس یا مواد پلاستیکی، مواد آلی از قبیل بقایای گیاهی و حیوانی و بقایای میکروبی (جلبکها، دیاتومه‌ها، لاروها و غیره) باشد. شن و لای معمولاً از کانال‌ها و یا چاههای آب به داخل سیستم راه پیدا می‌کنند. در هنگام نصب لوله‌ها و اتصالات نیز ممکن است این ذرات وارد لوله‌ها شوند که تقریباً امری غیر قابل اجتناب بوده و اگر قبل از استفاده از سیستم آبیاری، عمل شستشوی قسمت‌های مختلف سیستم آبیاری انجام نشود، این ذرات به چکانده‌ها راه یافته و موجب گرفتگی چکانده‌ها خواهند شد. لذا تنها راه جلوگیری از این نوع گرفتگی، انجام فیلتراسیون صحیح (از ورود ذراتی به اندازه یک دهم مجرای عبور قطره‌چکان به سیستم باید جلوگیری شود) و ممانعت از ورود این اجزا به داخل سیستم آبیاری است. ذرات شن و ماسه ممکن است بسیار ریز بوده و به تنهایی بتوانند از روزندهای قطره‌چکان خارج شوند اما در بسیاری موارد این ذرات توسط لجن حاصله از رشد برخی از باکتریها به یکدیگر چسبیده و ذرات درشتی را تشکیل می‌دهند که نمی‌توانند از روزنہ خروجی قطره‌چکان خارج شوند. باکتریهای مذکور معمولاً در آب چاههای سطحی و نیمه عمیق وجود دارد. بنابراین در حالی که ذرات شن خود ممکن است بسیار ریز باشند اما توده‌های ایجاد شده

به کمک باکتریها از مجرای عبور جریان در قطره‌چکان بزرگتر شده و در داخل آن محبوس می‌شوند. شستشوی مداوم سیستم آبیاری همراه با کنترل شیمیایی می‌تواند نقش موثری در کاهش گرفتگی قطره‌چکانها ایفا نماید.

گرفتگی شیمیایی

کیفیت شیمیایی آب در این نوع گرفتگی بسیار مهم است. یونهای محلول موجود در آب می‌توانند با یکدیگر وارد واکنشهای شیمیایی شده و مواد غیر محلول ایجاد نمایند. خطر گرفتگی خروجی‌ها بر اساس کیفیت آب آبیاری به صورت جدول شماره ۳ ارائه شده که می‌تواند بعنوان راهنمای مورد استفاده قرار گیرد(۴).

جدول ۳: خطر گرفتگی خروجی‌ها با آبهایی که کیفیت مختلف دارند

خطر گرفتگی			آلودگی	
زیاد	متوسط	کم	عامل	نوع
>۱۰۰	۵۰-۱۰۰	<۵۰	مواد جامد معلق (PPM)	فیزیکی:
>۸	۷-۸	<۷	PH	شیمیایی:
>۲۰۰۰	۵۰۰-۲۰۰۰	<۵۰۰	مواد محلول (PPM)	
>۱/۵	۰/۱-۱/۵	<۰/۱	منگنز(PPM)	
>۱/۵	۰/۱-۱/۵	<۰/۱	آهن(PPM)	
>۲	۰/۵-۲	<۰/۵	سولفید هیدروژن(PPM)	
>۵۰۰۰۰	۱۰۰۰۰-۵۰۰۰۰	<۱۰۰۰۰	باکتری‌ها (حداکثر تعداد در میلی لیتر)	بیولوژیکی:

رسوب کربنات کلسیم معمول‌ترین ماده‌ای است که در آبهای کربناته و بی‌کربناته مناطق خشک و نیمه خشک به وجود می‌آید. برای بررسی امکان رسوب کربنات کلسیم و منیزیم می‌توان از شاخص اشباع لانژیلر (LSI) بهره گرفت. اگر مقدار عددی آن مثبت باشد نشان دهنده این است که آب پتانسیل رسوب کربنات کلسیم را دارد. LSI عبارت است از اختلاف بین اسیدیته آب آبیاری (PHm) و PHC یعنی:

$$\text{LSI} = \text{PHm} - \text{PHC} \quad (19)$$

pHc: اسیدیته محاسبه شده بر اساس نتایج تجزیه شیمیایی آب با استفاده از فرمول ذیل:

$$\text{pHc} = \text{p}(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K}) + \text{p}(\text{Ca} + \text{Mg}) + \text{p}(\text{CO}_3 + \text{HCO}_3) \quad (20)$$

در این فرمول $\text{p}(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K})$ نمایه کاتیون‌های آب است و بستگی به مجموع غلظت کاتیون‌های موجود در آب دارد. مقدار $\text{p}(\text{Ca} + \text{Mg})$ نیز که نمایه کلسیم و منیزیم است که فقط به مجموع غلظت کلسیم و منیزیم آب بستگی دارد. به همین طریق $\text{p}(\text{CO}_3 + \text{HCO}_3)$ نمایه کربنات و بی‌کربنات است که بستگی به مجموع غلظت کربنات و بی‌کربنات موجود در آب داشته و مقدار آن نیز از جدول مربوطه بدست می‌آید (۳).

معمول‌ترین روش جهت کاهش تشکیل رسوب کربنات کلسیم افزودن اسید به آب آبیاری است. اسید با بی‌کربنات موجود در آب ترکیب می‌شود، نتیجه این فعل و انفعال آن خواهد بود که غلظت بی‌کربنات و کربنات

کاهش می‌یابد. در غیاب بی‌کربنات رسوب کربنات کلسیم و منیزیم به سهولت تشکیل نخواهد شد. متداولترین اسیدهایی که برای این منظور به کار می‌رود، اسید سولفوریک و اسید سولفورو می‌باشد این دو اسید هر دو در کنترل pH مؤثرند (۴). بهترین راه برای تشخیص مقدار اسیدی که بایستی اضافه شود، روش تیتراسیون است. به هر حال مقدار اسید به کار برده شده، نبایستی منجر به کاهش بیش از حد pH شود زیرا اگر pH کمتر از ۶ شود باعث وارد ساختن خسارت به لوله و اتصالات خواهد شد.

گرفتگی بیولوژیکی

گرفتگی بیولوژیکی در اثر رشد موجودات زنده در سیستم آبیاری قطره‌ای ایجاد می‌شود. روش استاندارد برای کنترل رشد این موجودات عبارتست از تزریق یک ترکیب شیمیایی که سبب از بین رفتن و یا مانع از رشد و تکثیر این موجودات شود. از معمولترین ترکیباتی که در این خصوص مورد استفاده قرار می‌گیرد می‌توان به گاز کلر، محلول هیپوکلریت، آکرولین و سولفات مس اشاره کرد. رشد جلبکها یا دیگر گیاهان آبزی در اکثر منابع آب سطحی مشهود است، برای کنترل این جلبکها به خصوص در مخازن آب می‌توان از سولفات مس استفاده کرد (۴). این ماده را می‌توان هم به صورت پودر در سطح مخزن پخش کرد و یا به صورت سنگهای آبی رنگ در نقاط مختلف مخزن به صورت شناور قرار داد. غلظت سولفات مس برای کنترل رشد جلبکها از ۰/۵ تا ۲ میلی گرم در لیتر بسته به نوع جلبک متفاوت است. البته جلبکهای سبز فقط در روشنایی مناسب رشد می‌کنند و نمی‌توانند درون لوله‌های سیاه پلی‌اتیلن و خروجی‌ها رشد نمایند. جهت خارج کردن بقایای جلبکهای مرده بایستی نسبت به شستشوی سیستم اقدام نمود.

بطور خلاصه پتانسیل گرفتگی را می‌توان از تجزیه کیفی آب تخمین زد. برای جلوگیری از گرفتگی احتیاج به صاف کردن و اصلاح شیمیایی آب، مدیریت خوب در کود دهی و روان سازی حرکت آب در خطوط لوله‌ها می‌باشد. اصلاح شیمیایی شامل کلرزنی، بکارگیری اسید برای کم کردن pH و کاهش رسوبات شیمیایی، جلوگیری از تشکیل اکسید آهن و ممانعت از آب ماندگی برای کنترل رشد جلبکها می‌باشد. بنابراین سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در گلخانه‌ها نسبت به روش‌های سنتی به مدیریت بسیار بالا احتیاج دارند. در این مدیریت بایستی به اصول طراحی سیستم آبیاری و انتخاب قطره‌چکان مناسب در گلخانه توجه شود و ضمن برname ریزی صحیح آبیاری، کود و سم برای گیاه مورد نظر در گلخانه، به مسایل و مشکلات بهره‌برداری از سیستم آبیاری از جمله بازرسی منظم و اندازه‌گیری مداوم مقدار آب و فشار لازم برای کار کردن منظم سیستم آبیاری پرداخته شود. عدم توجه به مشکلات گرفتگی خروجی‌ها در سیستم‌های قطره‌ای علاوه بر کاهش یکنواختی پخش آب در گلخانه، افزایش ساعت کارکرد سیستم و تعویض پیوسته خروجی‌ها، موجب افزایش هزینه‌های جاری سیستم نیز می‌گردد.

منابع

- ۱- صدرقائن، و میر لطیفی، م. ۱۳۷۶. ارزیابی مشخصه‌های هیدرولیکی خروجی‌ها، لوله‌ها و اتصالات مورد استفاده در آبیاری قطره‌ای (ساخت داخل کشور). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۲- علیزاده، ا. ۱۳۷۴. اصول طراحی سیستم‌های آبیاری. چاپ دوم، انتشارات آستان قدس رضوی مشهد، ۵۳۹ ص.

- ۳- علیزاده، ا. ۱۳۷۶. اصول و عملیات آبیاری قطره‌ای. چاپ اول، انتشارات آستان قدس رضوی مشهد، ۴۵ ص.
- ۴- فرزانه، ع. ۱۳۷۴. دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری از سیستم آبیاری میکرو: بخش اول فعل و انفعالات شیمیایی آب و م屁股 گرفتگی قطره‌چکانها در سیستم آبیاری قطره‌ای. ترجمه نشریه شماره ۵۰۱۹۰ RAIN BIRD-50190
- ۵- میرلطیفی، م.، تجربی، م. و طاهرپور، م. ۱۳۷۷. بررسی علل گرفتگی خروجی‌ها در آبیاری قطره‌ای و ارتباط آن با کیفیت آب در مناطق رفسنجان و جهرم. گزارش پژوهشی نهایی طرح تحقیقاتی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی.
- 6- ASAE Standards 1994. Design and installation of micro irrigation systems. EP 405.1. DEC93.
- 7- ASAE standards 1995. Field evaluation of micro irrigation systems. EP458.
- 8- Bralits, Vincent, WU., Pai, I. and Gitlin, Harris, 1981. Manufacturing Variation and Drip irrigation a uniformity, trans., ASAE, Vol. 24, No. 3, PP:113-119.
- 9- Enoch, H.Z., and Enoch, Y.1999. The history and geography of the greenhouse. In: Stanhil, G., Enoch, H.Z. (Eds.), Greenhouse Ecosystems. Ecosystems of the World 20. Elsevier, Amsterdam, pp. 1–15.
- 10- Harmanto, Salokhe, V.M., Babel, M.S. and Tantau, H.J. 2005. Water requirement of drip irrigated tomatoes grown in greenhouse in tropical environment. Agricultural Water Management (71): 225–242.
- 11- Kirda, C., Cevik, B. and Tulucu, K.1994. A simple method to estimate the irrigation water requirement of greenhouse grown tomato. Acta Hort. (ISHS) 366: 373–380.
- 12- Papadopoulos, A.P. 1991. Growing greenhouse tomatoes in soil and in soilless media. Agriculture Canada Publication 1865/E.
- 13- Snyder, R.G. 1992. Greenhouse Tomato Handbook, Publication No. 1828. Mississippi State University, Cooperative Extension Service, USA, 30 pp.
- 14- Tuzel, Y., Ul, M.A. and Tuzel, I.H. 1994. Effects of different irrigation intervals and rates on spring season glasshouse tomato production: II. Fruit quality. Acta Hort. (ISHS) 366, 389–396.
- 15- von Eshner, B., Briassoulis, D., Waaijenberg, D., Mistriotis, A., von Zabeltitz Chr. and Grataud, J. 2000. Mechanical properties of covering materials for greenhouses. Part 1. General overview. J. Agric. Eng. Res. (67): 81–96.
- 16- Von Zabeltitz, Chr.1999. Greenhouse Structures, Ecosystems of the World's 20 Greenhouses. Elsevier, Amsterdam.
- 17- Yuan, B.Z., Sun J. and Nishiyama, S. 2004. Effect of Drip Irrigation on Strawberry Growth and Yield inside a Plastic Greenhouse Biosystems Engineering. 87 (2): 237–245.
- 18- Yuan, B.Z., Kang, Y. and Nishiyama, S. 2001. Drip irrigation scheduling for tomatoes in unheated greenhouse. Irrigation Science, (20): 149–154.

اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای

۱۳۸۶ مهرماه ۲۶

تأثیر دور آبیاری و بستر بر عملکرد و برخی پارامترهای رشد کاهو (Parris Island) در کشت بدون خاک (کیسه‌ای)

کامران داوری، بیژن قهرمان، نسرین سیاری و پریسا شاهین رخسار^۱

چکیده

این آزمایش در سال ۱۳۸۱-۸۲ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا درآمد. آزمایش بر اساس طرح کرت‌های خرد شده در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. به طوری که دور آبیاری در سه سطح شامل ۱۲، ۴ و ۲ بار در روز در کرت‌های اصلی و سه بستر پرلیت جدید، پرلیت استفاده شده و سبوس برنج در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. بذر کاهو مورد استفاده پاریس آیلند (Parris Island) بود. فاکتورهایی نظیر عملکرد (وزن تر)، وزن خشک و ارتفاع تحت تاثیر دور آبیاری قرار گرفتند. نتایج نشان داد دور آبیاری ۴ بار در روز با ۴۶۶/۳۹ گرم بیشترین عملکرد و وزن خشک گیاه و دور آبیاری ۱۲ بار در روز با ۳۸۶/۹۴ گرم کمترین عملکرد و وزن خشک گیاه را دارا بودند. همچنین دور آبیاری ۱۲ بار در روز موجب افزایش ارتفاع گیاه گردید. بین بسترهای مورد آزمایش از نظر صفاتی نظیر عملکرد و وزن خشک گیاه اختلاف معنی داری وجود داشت. بستر پرلیت استفاده شده نسبت به سایر بسترهای افزایش عملکرد و وزن خشک گیاه گردید و این در حالی بود که بستر سبوس برنج کمترین عملکرد و وزن خشک گیاه را دارا بود. اثر متقابل معنی داری بین دور آبیاری و بستر از نظر کلیه صفات دیده نشد.

کلمات کلیدی: دور آبیاری، بستر، کشت بدون خاک، پرلیت، سبوس برنج، کاهو

مقدمه

افزایش بی رویه جمعیت و نیاز روز افزون غذا یکی از معضلات بزرگ کشورهای در حال توسعه می‌باشد. به دلیل محدودیت آبی در این کشورها، افزایش سطح زیر کشت به منظور افزایش عملکرد، راه حل منطقی و صحیحی

۱- به ترتیب استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، دانشجوی دکترای آبیاری و زهکشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و دانشجوی سابق کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

نمی‌باشد. با استفاده از گلخانه امکان افزایش کیفیت و کمیت محصول با طولانی‌تر شدن فصل رشد (نصب سازه و پوشش در ابتدا یا انتهای فصل رشد) و یا پرورش گیاهانی که در آن اقلیم بازدهی مطلوبی ندارند، فراهم می‌شود. همچنین با استفاده از فعالیت‌های بهنژادی، روش‌های نوین کشت نظیر آبیاری قطره‌ای و پرورش محصولات گلخانه‌ای بدون خاک، می‌توانیم شاهد بهبود شرایط تولید محصول، افزایش راندمان آبیاری و به همان نسبت تولید بیشتر باشیم. در طی سال‌های گذشته، استفاده از کشت‌های بدون خاک، برای تولید سبزی‌ها افزایش یافته است. زیرا با استفاده از این تکنیک می‌توان از حجم فضای موجود در محیط گلخانه به نحو بهتری استفاده نمود[۴]. سیستم کشت بدون خاک در صورت مدیریت صحیح یک سیستم ایده‌آل برای تأمین نیاز غذایی و آبی گیاهان می‌باشد و با یک برنامه آبیاری خوب و کنترل شده می‌توان به تعادل مطلوبی بین رشد رویشی و زایشی رسید. تاکنون تحقیقات زیادی بر روی محصولات مختلف اعم از خیار، گوجه‌فرنگی و کاهو در این سیستم صورت گرفته است.

کاهو با اسم علمی Lactuca Sativa. بیشترین سبزی سالادی قابل استفاده در جهان می‌باشد و به عنوان یک سبزی فصل سرد در مناطق مختلف جهان کشت می‌گردد[۲]. کاهو یکی از محصولاتی است که در بسیاری از کشورها به صورت تجاری با استفاده از سیستم کشت بدون خاک تولید می‌شود. حجم محدود محیط ریشه و ظرفیت نگهداری آب پایین‌بسترها در کشت بدون خاک از مسائل مهم و بحرانی این سیستم می‌باشد و به همین دلیل دو پارامتر دور آبیاری و مدت زمان آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند[۱۴]. تحقیقات زیادی بیان‌گر تاثیر دور آبیاری روی خصوصیات کمی و کیفی میوه می‌باشد [۱۲، ۲۰]. توزل و همکاران دور آبیاری ۱، ۲ و ۴ بار در روز را در کشت کیسه‌ای گوجه‌فرنگی مقایسه کردند. نتایج مطالعات نشان داد که با افزایش دور آبیاری از ۱ به ۴ بار در روز عملکرد، تعداد و وزن متوسط میوه افزایش یافت[۲۱]. واسیلاکاکیس و همکاران تاثیر بستر تازه و استفاده شده پرلیت را با دو دور آبیاری ۲ ساعت یک بار و ۴ ساعت یک بار در کشت کیسه‌ای توت فرنگی مقایسه کردند. گیاهانی که در بستر پرلیت استفاده شده و دور آبیاری ۴ ساعت یک بار پرورش پیدا کرده بودند، عملکرد کمتری از خود نسبت به بستر پرلیت تازه با همین دور آبیاری نشان داده بودند. به طور کلی دور آبیاری ۲ ساعت یک بار باعث افزایش عملکرد نسبت به دور آبیاری ۴ ساعت یک بار گردید[۲۳].

بروز بیماریهای قارچی، شوری و آلوگی محیط زیست از جمله مشکلات موجود در گلخانه‌های خاکی می‌باشد. در صورتیکه با استفاده از بسترها کشت معدنی و آلی نظیر پرلیت، لیکا، سبوس برنج، پیت و پومیس مشکلات ذکر شده قابل کنترل می‌باشد[۲۳، ۲۲]. پرلیت^۱ نوعی شن سیلیسی می‌باشد که در اثر گرمای شدید و ناگهانی (۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد) متورم شده و تولید دانه‌های سفید و سبک می‌نماید. به دلیل مقدار جذب بالای آب، افزایش راندمان آبیاری و امکان استفاده مجدد بستر در کشت‌های بعدی و در نتیجه کاهش هزینه‌های تولید، پرلیت به عنوان بستری با خصوصیات بسیار عالی در کشت بدون خاک مطرح می‌باشد[۷].

یکی از مهمترین مسائل مربوط به کشت بدون خاک هزینه بسترها می‌باشد. امروزه تحقیقات بسیار گستره‌ای روی بسترها بومی با قیمت پایین صورت می‌گیرد. اخیراً سبوس برنج به دلیل هزینه پایین در دنیا مورد توجه قرار گرفته است و تحقیقات روی آن همچنان ادامه دارد. کشور ما از محدود کشورهایی است که در آن از محصولات

^۱Perlite

فرعی کشت برنج استفاده مطلوب و اقتصادی به عمل نمی‌آید. سبوس برنج یکی از فرآورده‌های جنبی کارخانجات برنجکوبی است که حدود ۱۰ درصد وزنی هر دانه شلتونک را شامل می‌شود که سالانه میزان قابل توجهی از آن در مناطق برنج خیز ایران بخصوص مناطق شمالی کشور بر جای می‌ماند. آیسه گول با مطالعه ده بستر کشت متفاوت از جمله سبوس برنج، توف، پرلیت، پیت و مخلوطی از بسترهای ذکر شده روی عملکرد گوجه فرنگی به این نتیجه رسیدند که بستر سبوس برنج و توف نسبت به سایر بسترهای باعث کاهش ارتفاع گیاه می‌شود^[۸]. شینوهارا و همکاران بسترهای فیبر نارگیل، راک وول، پوست درخت و سبوس برنج تازه و دوباره استفاده شده را با یکدیگر مورد مقایسه قرار دادند. نتایج نشان داد که اختلاف معنی داری بین بسترهای تازه و بین بسترهای دوباره استفاده شده از نظر ارتفاع دیده می‌شود. به طوری که بستر فیبر نارگیل تازه و دوباره استفاده شده به ترتیب موجب افزایش و کاهش ارتفاع گیاه شدند. اختلاف معنی داری از نظر وزن خشک نیز بین بسترهای مورد بررسی مشاهده شد. کمترین و بیشترین وزن خشک در بسترهای تازه به ترتیب مربوط به سبوس برنج و پنبه معادنی و کمترین و بیشترین وزن خشک در بسترهای دوباره استفاده شده مربوط به فیبر نارگیل و پوست درخت بود^[۱۸].

چانیستی و همکاران تحقیقی روی تولید کاهو با استفاده از سبوس برنج و الیاف نارگیل انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که سبوس برنج در فصل بهار و پاییز بهترین عملکرد را در مقایسه با الیاف نارگیل داشته است^[۶]. همچنین سرانو و همکاران تحقیقی روی تولید کاهو با استفاده از سیستم کشت کیسه‌ای انجام دادند، آنها با استفاده از پرلیت که اندازه دانه‌بندی متفاوتی داشت به این نتیجه رسیدند که پرلیت با دانه‌بندی کوچک، محیط بهتری برای رشد ریشه فراهم می‌کند و از تنش آبی و مصرف آب بیشتر جلوگیری کرده و باعث تولید بیشتر می‌شود^[۱۶]. سیموس و همکاران تولید کاهو به روش کشت بدون خاک را با کشت خاکی مقایسه کردند. بسترهای مورد استفاده پومیس و پرلیت با دانه‌بندی ۵-۸ و ۰-۸ بود. نتایج نشان داد که محصولات کشت شده در خاک از کیفیت ظاهری خوبی برحوردار بوده و هیچگونه بیماری از جمله برگ سوختگی مشاهده نشده است. در حالیکه در محصولاتی که در بستر پومیس و پرلیت کاشته شده بودند، برخی علائم آلودگی و برگ سوختگی به صورت بسیار جزئی دیده شد که این مسئله در پرلیت مشهودتر بود^[۱۹].

با توجه به اطلاعات فوق، دو پارامتر دور آبیاری و نوع بستر می‌توانند تاثیر متفاوتی روی عملکرد گوجه فرنگی در سیستم کشت بدون خاک بگذارند. لذا از این نظر اجرای آزمایشی در زمینه تاثیر دو فاكتور یاد شده روی عملکرد کاهو ضروری به نظر رسید.

مواد و روش

این آزمایش در سال ۸۲-۸۱ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا درآمد. آزمایش بر اساس طرح کرت‌های خرد شده در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. به طوری که دور آبیاری در سه سطح شامل ۱۲ بار در روز، ۴ بار در روز و ۲ بار در روز در کرت‌های اصلی و سه بستر پرلیت جدید، پرلیت استفاده شده و سبوس برنج در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. بذر کاهو مورد استفاده پاریس آیلند (Parris Island) بود.

ابتدا بسترهای مورد نظر با بخار آب ضدغونی و پس از خشک شدن، در کیسه‌های پلاستیکی به حجم ۱۱ لیتر ریخته و هر کیسه برای چهار بوته در نظر گرفته شد [۱۱،۹]. به منظور تخمیر کامل سبوس برنج، این بستر به مدت یک هفته مرتبط نگه داشته شد [۹]. فاصله گیاه روی کیسه ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته و تراکم بوته ۰/۰۸ بوته در متر مربع بود. به منظور تأمین رطوبت کافی شکافی به فاصله پنج سانتی‌متری از کف کیسه، روی آن ایجاد گردید [۱۳]. سپس کیسه‌ها روی پایه‌هایی به شیب ۱ درصد قرار گرفتند [۱۷]. برای جمع آوری آب اضافی زهکشی شده سطل‌های سه لیتری در زیر پایه‌ها قرار داده شد. از آن جایی که ظرفیت نگهداری آب بسترهای مورد استفاده در این آزمایش کم بود. به منظور تأمین قطعی نیاز آبی گیاه، روزانه ۱/۵ لیتر آب و مواد غذایی برای هر بوته تأمین گردید [۱۷]. آب و مواد غذایی اضافی هر روز جمع آوری شده و به مخزن اصلی منتقل می‌شد.

برای آبیاری بوته‌ها از سیستم آبیاری قطره‌ای با قطره‌چکان‌های ۲ لیتر در ساعت متصل به لوله ماکارونی ۷۰ سانتی‌متر استفاده شد [۳]. تایمیرها بر اساس دوره‌ای آبیاری ۲، ۴ و ۱ بار در روز، با توجه به نیاز آبی گیاه تنظیم شدند. محلول غذایی مورد استفاده در این آزمایش شامل ۲۰۰ ppm نیتروژن نیتراتی (N-NO_3)، ۶۰ ppm فسفر (P)، ۳۰۰ ppm پتاسیم (K)، ۱۷۰ ppm کلسیم (Ca)، ۵ ppm مینیزیم (Mg)، ۰/۳ ppm بر (B)، ۰/۱ مس (Cu)، ۳ آهن (Fe)، ۰/۲ ppm مولیبدون (Mo) و ۰/۱ ppm روی (Zn) بود [۵]. انتقال نشاء در تاریخ ۲۳ دی ۱۳۸۲ در حالی که ارتفاع نشاء‌ها در حدود ۷/۵ سانتی‌متر و در مرحله ۳ برگی بودند، انجام شد [۱۷]. اندازه‌گیری EC و pH محلول غذایی هر روز انجام و زمانی که EC محلول غذایی از حداقل محدوده مورد نظر (۲ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر) کمتر گردید، محلول غذایی تعویض شد [۲۳]. همچنین در صورتی که pH محلول غذایی از محدوده مطلوب رشد گیاه ۵/۸ بیشتر گردید با استفاده از اسید نیتریک ۶۵ درصد کاهش داده شد [۱۵]. برداشت در تاریخ ۲۲ بهمن سال ۸۲ صورت گرفت. پس از برداشت وزن تر، وزن خشک و ارتفاع گیاه اندازه‌گیری شد. جهت محاسبات آماری در این بررسی از نرم افزارهای Quattropro 5.0، Excel 5.0، Mstatc استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن انجام و سطح احتمال بکار رفته در کلیه تجزیه و تحلیل‌ها سطح احتمال ۹۵ درصد بود.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه اختلاف معنی‌داری را بین تیمارهای آبیاری از نظر ارتفاع گیاه نشان داد ($p \leq 0/01$) (جدول ۱). تیمار آبیاری ۱۲ بار در روز دارای بیشترین ارتفاع معمدل ۴۶/۷ سانتی‌متر و تیمار آبیاری ۲ بار در روز دارای کمترین ارتفاع معمدل ۳۴/۷ سانتی‌متر بود (جدول ۲). همان‌گونه که در جدول (۱) مشاهده می‌شود بین بسترهای مورد مطالعه از نظر ارتفاع گیاه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p \geq 0/05$). البته بستر پرلیت استفاده شده نسبت به پرلیت جدید موجب کاهش ارتفاع گیاه شد. نتایج مطالعات شینوهارا و همکاران نیز موید این نکته بود که بسترهای استفاده شده باعث کاهش ارتفاع گیاه شده‌اند و به نظر می‌رسد که این مسئله ناشی از کاهش تخلخل در این بسترهای باشد. زیرا در گیاهانی که ریشه آنها در معرض کمبود اکسیژن است رشد طولی گیاه کاهش یافته و جذب آب و مواد غذایی نیز محدود می‌شود [۱]. شینوهارا و همکاران [۱۷] نیز به این نتیجه رسیده بودند که بسترهای استفاده

شده منجر به کاهش ارتفاع گیاه می شود[۱۸]. اثر متقابل معنی داری بین بستر و دور آبیاری از نظر طول ساقه وجود نداشت ($p \geq 0.05$) (جدول ۱).

همان گونه که در جدول (۱) ملاحظه می شود بین دورهای آبیاری از نظر وزن تر اختلاف معنی داری وجود دارد ($p \leq 0.05$). دور آبیاری ۴ بار در روز بیشترین وزن تر و دور آبیاری ۲ بار در روز کمترین وزن تر را دارد. با توجه به نتایج مذکور به نظر می رسد که شرایط آبیاری ۴ بار در روز جهت رشد مناسب‌ترین تیمار باشد. از آنجایی که این بسترهای نسبت به خاک ظرفیت نگهداری آب بسیار پایینی دارند، به نظر می رسد دور آبیاری ۲ بار در روز در شرایط تنش خشکی می باشد.

جدول ۱: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد مطالعه

ارتفاع گیاه	وزن تر	وزن خشک	درجه آزادی	منابع تغییر
۴۷۸/۴۵**	۲۴۲۷۲/۴۶*	۱۳۸/۰۸	۲	دور آبیاری
۵۰/۷۲	۴۴۵۳/۰۸	۱۲/۶۵	۹	خطای اصلی
۴۶/۸۱ ^{ns}	۱۱۳۶۶/۳۸**	۲۱۲/۳۸	۲	بستر
۲۶/۶۵ ^{ns}	۹۰۷۵/۵۰ ^{ns}	۴۰/۰۷	۴	اثر متقابل آبیاری * بستر
۲۴/۵۵	۶۱۷۳/۲۰	۳۰/۴۱	۱۸	خطای فرعی

* معنی دار در سطح 0.05 ، ** معنی دار در سطح 0.01 ، ns در سطح 0.05 معنی دار نیست.

مالوپا و همکاران نیز بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تبخیر و تعرق در اثر تنفس خشکی در گوجه‌فرنگی را گزارش کردند که باعث کاهش فتوستز و عملکرد مطالعه از نظر عملکرد اختلاف معنی داری دیده شد ($p \leq 0.01$) (جدول ۱). بیشترین و کمترین وزن تر به ترتیب مربوط به بستر پرلیت قدیمی به میزان ۴۹۱/۱ گرم و سبوس برنج به میزان ۳۰۵ گرم می‌باشد. مطالعات شینوهارا و همکاران نشان داد که ظرفیت نگهداری جذب آب بسترهای با استفاده مجدد افزایش می‌یابد[۱۸]. همچنین مارتینز و آباد نیز بیان کردند که آب قابل در دسترس پرلیت به مرور زمان افزایش پیدا می‌کند[۱۱]. به نظر می‌رسد که افزایش عملکرد در این بستر ناشی از این مسئله باشد. کاهش عملکرد در بستر سبوس برنج در بسیاری از مطالعات گزارش شده است. بطور مثال شینوهارا و همکاران و آیسه گول نیز در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که بستر سبوس برنج نسبت به سایر بسترهای باعث کاهش عملکرد می‌شود. شاید این مسئله ناشی از تجزیه ناقص این بستر باشد[۱۸،۸]. اختلاف معنی داری بین اثرات متقابل دور آبیاری و بستر دیده نشد($p \geq 0.05$) (جدول ۱). البته بستر پرلیت جدید و دور آبیاری ۴ بار در روز بیشترین عملکرد و بستر سبوس برنج و دور آبیاری ۱۲ بار در روز کمترین عملکرد را داشتند.

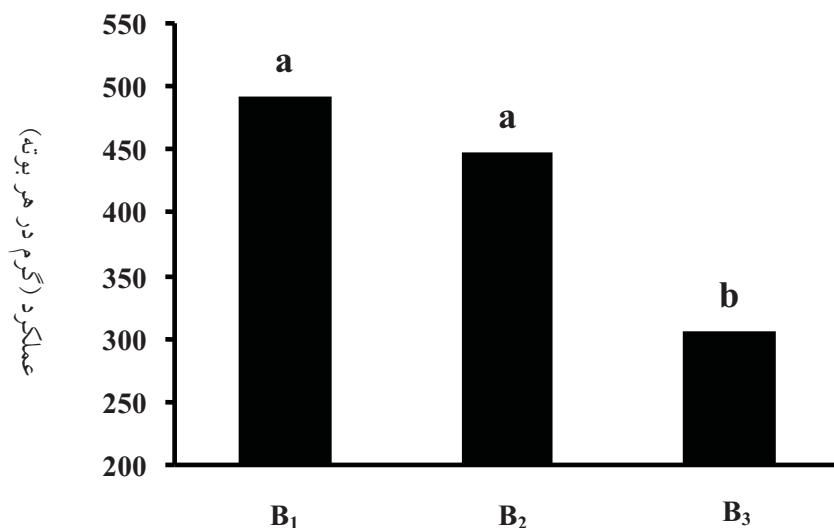
نتایج این آزمایش نشان داد که بین سطوح مختلف آبیاری و بستر از نظر وزن خشک اختلاف معنی داری وجود دارد ($p \leq 0.01$). دور آبیاری ۲ بار در روز کمترین وزن خشک و دور آبیاری ۴ بار در روز بیشترین وزن خشک را تولید کردند. بستر پرلیت قدیمی بیشترین وزن خشک و بستر سبوس برنج کمترین وزن خشک را تولید کردند. همچنین اثرات متقابل معنی داری بین فاکتورهای آزمایش مشاهده نگردید ($p \geq 0.05$).

جدول ۲: میانگین صفات مورد مطالعه تحت تاثیر دور آبیاری، بستر و اثر متقابل دور آبیاری و بستر

ارتفاع گیاه (سانتی متر)	وزن تر (گرم)	وزن خشک (گرم)	تیمار
۴۷/۷۳ ^a	۳۸۶/۹۴ ^b	۲۷/۶۰ ^a	I _۱
۳۷/۳۷ ^b	۴۶۶/۳۹ ^a	۲۸/۳۳ ^a	I _۲
۳۴/۷۱ ^c	۳۹۰/۱۵ ^b	۲۲/۱۳ ^b	I _۳
۳۹/۶۱ ^a	۴۹۱/۱۱ ^a	۲۹/۷۱ ^a	B _۱
۴۱/۵۸ ^a	۴۴۷/۳۸ ^a	۲۶/۹۱ ^a	B _۲
۳۷/۶۳ ^a	۳۰۴/۹۸ ^b	۲۱/۴۴ ^b	B _۳
۴۶/۸۱ ^a	۴۷۲/۷۴ ^a	۳۰/۹۸ ^a	۱B _۱ I
۴۶/۹۴ ^a	۴۰۷/۰۴ ^a	۲۶/۹۸ ^a	۲B _۱ I
۴۶/۴۴ ^a	۲۸۱/۰۴ ^a	۲۴/۸۵ ^a	۳B _۱ I
۳۵/۱۹ ^a	۵۱۴/۴ ^a	۳۱/۲۱ ^a	۱B _۲ I
۴۲/۲۹ ^a	۵۰۹/۳۸ ^a	۳۳/۱۳ ^a	۲B _۲ I
۳۴/۶۳ ^a	۳۲۵/۴۰ ^a	۲۰/۶۵ ^a	۳B _۲ I
۳۶/۸۱ ^a	۴۸۶/۲۰ ^a	۲۶/۹۶ ^a	۱B _۳ I
۳۵/۵ ^a	۳۷۵/۷۳ ^a	۲۰/۶۰ ^a	۲B _۳ I
۳۱/۸۱ ^a	۳۰۸/۵۲ ^a	۱۸/۸۲ ^a	۳B _۳ I

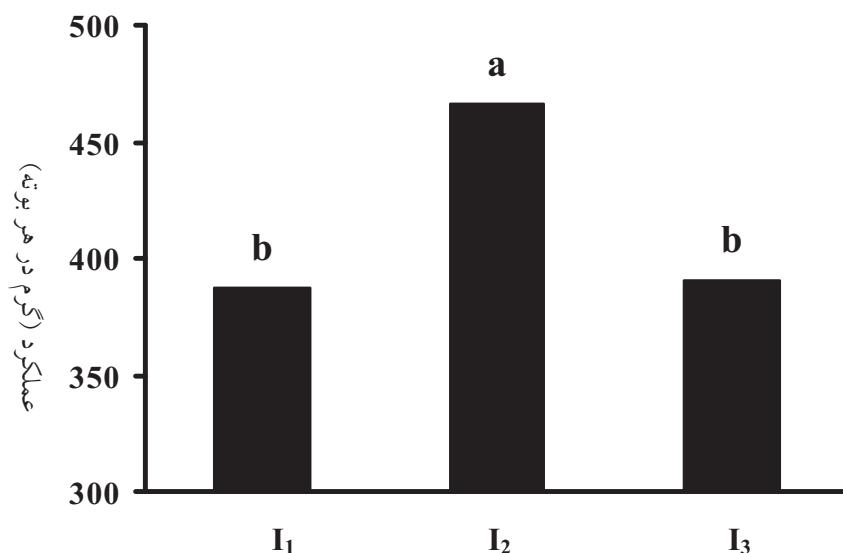
I_۱: دور آبیاری ۱۲ بار در روز، I_۲: دور آبیاری ۴ بار در روز، I_۳: دور آبیاری ۲ بار در روز و B_۱: بستر پرلیت استفاده شده، B_۲: بسترپرلیت جدید، B_۳: بستر سبوس برنج

* حروف مشابه در هر ستون در سطح ۵ درصد معنی دار نمی‌باشند.



شکل ۱: تاثیر بستر بر عملکرد محصول

B_۱: بستر پرلیت استفاده شده، B_۲: بستر پرلیت جدید، B_۳: بستر سبوس برنج



I₁: دور آبیاری ۱۲ بار در روز، I₂: دور آبیاری ۴ بار در روز، I₃: دور آبیاری ۲ بار در روز

شکل ۲: تاثیر دور آبیاری بر عملکرد محصول

منابع

- ۱- بای بوردی. م. ۱۳۵۷. فیزیک خاک. انتشارات دانشگاه تهران
- ۲- پیوست. غ. ع. ۱۳۷۷. سبزیکاری. مرکز نشر علوم کشاورزی.
- ۳- تولایی. م. ۱۳۸۰. راهنمای کشت گیاهان گلخانه‌ای به روش هایdroپونیک. نشر آموزش کشاورزی
- ۴- سجادی. ع. ۱۳۶۲. آبکشت (کشاورزی بدون خاک). انتشارات طوفان.
- ۵- نوروزی. م. ۱۳۸۰. راهنمای کاشت گیاهان بدون استفاده از خاک. نشر محدث.
- 6- Chanseetis, C., Shinohara, Y., Takagaki, M., Maruo, M., Hojo, M and T, Ito. 2001. Application Of Capillary Hydroponic System To The Lettuce Growing Under Tropical Climate Condition. *Acta Horticulture*. 548: 321-328
- 7- Djedidi. M., D. Gerasopoulos and E. Maloupa. 1999. The effect of different substrates on the quality of *F. carmello* tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) grown under protection in a hydroponic system. *Cahier Option Mediterraneenes*. 31: 379-383
- 8- Gul. A. 1999. Investigation On The Effect Of Media And Bag Volume On Cucumber. *Cahier Option Mediterranean's*. 31: 371-378
- 9- Logendra. L.S., H.W. Janes. 1999. Hydroponics Tomato Production: Growing Media Requirement. *Acta Horticulture*. 481: 483-486
- 10- Maloupa. E., A. Abou Hadid, M. Prasad and CH. Kavafakis. 2001. Response Of Cucumber And Tomato Plants To Different Substrates Mixtures Of Pumice In Substrate Culture. *Acta Horticulture*. 559: 593-599
- 11- Martinez. P.F and M. Abad. 1992. Soilless Culture Of Tomato In Different Mineral Substrates. *Acta Horticulture*. 323: 251-259
- 12- Mitchell. J.P., S.R. Shennan and D.M May. 1991. Tomato Fruit Yelds And Quality Under Water Deficit And Salinity. *Journal of American Society Horticulture Of Science*. 116: 215-221
- 13- Olympios. C.M. 1992. Soilless Media Under Protected Cultivations Rockwood, Peat And Other Substrates. *Acta Horticulture*. 323: 215-234

- 14- Olympios. C.M. 1999. Overview Of Soilless Culture: Advantages, Constraints And Perspectives For Its Use In Mediterranean Countries. Cahier option Mediterranean's. 31: 307-324
- 15- Papadopoulos. A.P., X.Hao, J.C. Tu and J. Zheng. 1999. Tomato Production In Open Or Closed Rockwool Culture System. Acta Horticulture. 481: 89-93
- 16- Serrano, L., Orozco, R., Martinez, A and O, Marfa. 1993. The Use Of Fine Graded Perlite In Bag Culture II. Yield and Water Consumption Of Lettuce. Acta Horticulture. 335: 109-113
- 17- Shinohara. Y., K. Akiba, T. Maruo and T. Ito. 1995. Effect Of Water Stress On The Fruit Yield, Quality And Physiological Condition Of Tomato Plants Using The Gravel Culture. Acta Horticulture. 396: 211-218
- 18- Shinohara. Y., T. Hata, T. maruo, M. Hohjo and T Ito. 1999. Chemical And Physical Properties Of The Coconut-Fiber Substrate And The Growth And Productivity Of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Plants. Acta Horticulture. 481:145-149
- 19- Siomos, A, S., Beis, G., Papadopoulou, P, P., Nasi, P and I, Kaberidou. 2001. Quality and Composition Of Lettuce (cv. 'PLENTY') Grown In Soil And Soilless Culture. Acta Horticulture. 548: 23-29
- 20- Traka-Mavrona. E., D. Gerasopoulos, T. Pritsa, and E. Maloupa. 2001. Growth, Fruit Yield And Quality Of Tomato In Relation To substrate and nutrition source in a soilless culture system. Acta Horticulture. 548: 173-179
- 21- Tuzel. I.H., Y. Tuzel, A. Gul, H. Altunlu and R.Z. Eltez. 2001. Effect of different irrigation schedules, substrate and substrate volume on fruit quality and yield of greenhouse tomato. Acta Horticulture. 548: 285-291
- 22- Vanos. E.A. 1995. Engineering and environmental Aspects of Soilless growing system. Acta Horticulture. 396: 256-224
- 23- Vasilakakis. M., A. Alexandridis, S. El Fadl and K. Anagnostou. 1999. Effect Of Substrate (New Or Used Perlite), Plant Orientation On The Column And Irrigation Frequency On Strawberry Plant Productivity And Fruit Quality. Cahier option Mediterranean's. 31: 357-363.

اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای

۱۳۸۶ مهرماه ۲۶

ارزیابی کاربرد پلیمر سوپر جاذب بر عملکرد و ذخیره عناصر غذایی در خیار گلخانه‌ای

جهانگیر عابدی کوپایی و مهسا مستفروش^۱

چکیده

امروزه کشت گلخانه‌ای به علت تولید محصولات مرغوب و درآمد اقتصادی مطلوب مورد توجه قرار گرفته است. در عین حال وجود محدودیت‌هایی در دسترسی به منابع آب با کیفیت و همچنین کاهش هزینه‌های تولید مانند هزینه خرید کودهای شیمیایی باعث شده تا محققین به دنبال یافتن روش‌های کارآمد و اقتصادی برای افزایش راندمان مصرف آب و کود در گلخانه‌ها باشند. استفاده از پلیمرهای سوپر جاذب می‌تواند به عنوان یک راهکار در این زمینه مطرح شود. این پلیمرها با جذب آب و تا حدودی، املاح کودی و انقباض و انساط متناوب باعث بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شوند. در تحقیق حاضر اثر کاربرد پلیمر سوپر جاذب سوپر آب ۲۰۰ در چهار سطح (صفر، ۴، ۶ و ۸ گرم پلیمر در کیلوگرم خاک) بر دو نوع بافت خاک (لومرسی و شنی) و با سه رژیم آبیاری (۱۰۰٪، ۷۵٪ و ۵۰٪ نیاز آبی گیاه) به صورت یک طرح کاملاً تصادفی فاکتوریل با سه تکرار، بر روی عملکرد خیار گلخانه‌ای (*Cucumis sativus*) رقم Gavrish (Gavrish رقم Cucumis sativus) و ذخیره ازت، پتاسیم، آهن و روی در میوه آن، مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داد که تیمارها بر روی عملکرد مربوط (وزن خیارهای تازه) اثر معنی‌داری داشته‌اند. بیشترین عملکرد مربوط به تیمار دارای ۴ گرم پلیمر در کیلوگرم خاک لومی و ۱۰۰٪ آبیاری بود. همچنین کاهش آبیاری و افزایش هیدروژل باعث افزایش ذخیره ازت، پتاسیم، آهن و روی شد. در مورد پتاسیم بیشترین جذب با آبیاری متوسط (۷۵٪ نیاز آبی) و سطح ۶ گرم پلیمر بدست آمد.

کلمات کلیدی: پلیمر سوپر جاذب، کم آبیاری، ذخیره عناصر غذایی میوه، خیار گلخانه‌ای.

مقدمه

خوشبختانه کشور ما از نظر داشتن اقلیم‌های آب و هوایی و خاکهای متنوع و بخصوص آفات کافی از جمله کشورهای منحصر بفرد در دنیا می‌باشد. بنابراین توجه به توسعه بخش کشاورزی می‌تواند در حل بسیاری از مشکلات ما از جمله تأمین مواد غذایی و همچنین بحران بیکاری مؤثر باشد. از طرف دیگر کاربرد روش‌های مدرن

^۱- به ترتیب دانشیار گروه مهندسی آب و دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

در تولید محصولات ارزشمند باغی و صادرات آن به سایر کشورها، سبب افزایش درآمد فعالان در این زمینه و تشویق جوانان به کار در این شاخه‌های جدید از تکنولوژی کشاورزی می‌شود. افزایش روزافرون جمعیت انسان و محدودتر شدن تدریجی منابع طبیعی در اثر گسترش شهرها و مشکلات موجود در زمینه افزایش تولید محصولات کشاورزی از طریق سطح زیر کشت، مساعی دانشمندان و متخصصین علوم کشاورزی را به افزایش تولید از طریق افزایش عملکرد در واحد سطح معطوف داشته است. گلخانه‌ها با داشتن قابلیت‌هایی نظری امکان کنترل بهتر عوامل مؤثر در تولید و امکان استفاده از ارتفاع به جای سطح، شرایط مناسبی را برای افزایش تولید در واحد سطح فراهم آورده‌اند. کشت سبزیهای گلخانه‌ای نیز به دو منظور، افزایش تولید در واحد سطح و تولید محصول خارج فصل، در بسیاری کشورها و در کشور ما انجام می‌شود و روز به روز در حال گسترش است.

یکی از مشکلات در کشاورزی، پایین بودن راندمان کاربرد آب و کاربرد کود می‌باشد. بیشتر کودهای شیمیایی مصرفی از خارج وارد می‌شود که این مسئله باعث بالا رفتن هزینه تولید محصول و آلودگی محیط زیست مخصوصاً آبهای سطحی و زیرزمینی می‌شود. از مهمترین راهکارهای افزایش راندمان کاربرد آب و کود حل کردن کودها در آب آبیاری در روشهای آبیاری بارانی، رساندن مواد غذایی به گیاه بوسیله آبیاری قطره‌ای، کاربرد هیدروژلهای غنی شده با مواد غذایی مورد نیاز گیاه و انواع روشهای کشت بدون خاک است. هیدروژلهای سوپرجاذب یا ابرجاذب^۱ (SAP) یا ژلهای پلیمری آبدوست، هیدروژلهایی هستند که می‌توانند مقادیر فوق العاده زیادی آب را جذب و حتی تحت فشار در خود حفظ کنند. ذرات هیدروژل سوپرجاذب بدون حل شدن تا رسیدن به حجم تعادلی خود متورم می‌شوند. از ویژگی‌های سوپرجاذب‌ها می‌توان به توانایی جذب آب زیاد، سرعت زیاد جذب و استحکام ژل اشاره کرد. اصلاح محیط ریشه گیاه بوسیله پلیمرها نتایجی مانند افزایش نگهداری آب در محیط رشد گیاه، افزایش دور آبیاری، بهبود بافت خاک، افزایش نفوذ آب و کاهش فرسایش و رواناب و افزایش جوانه زنی و رشد سریع‌تر گیاهان را در برخواهد داشت. با توجه به pH سوپرجاذب که بین ۶ تا ۷ است، اثر سوء بر خاک نداشته و هیچگونه سمیّتی نیز ندارد و سوپرجاذب‌ها به علت تغییر حجم مداوم، میزان هوا را در خاک افزایش می‌دهند [۶]. یکی از مهمترین مزایای کاربرد هیدروژل، جلوگیری از نفوذ عمقی آب محیط ریشه است. عابدی و همکاران (۱۳۸۳) اثر دو نوع سوپرجاذب سنتزی A۱۰۰ PR۳۰۰۵ و Superab را بر روی پارامترهای منحنی مشخصه رطوبتی حاصل از برآش دو مدل RETC و Rosetta سه نوع بافت خاک (سبک، متوسط و سنگین)، مورد بررسی قرار دادند.

تجزیه و تحلیل آماری به آنها نشان داد که مقدار آب در دسترس گیاه در هر بافت نسبت به نمونه شاهد افزایش دارد. همچنین اثر کاربرد پلیمرها در افزایش انواع تخلخل در بافت شنی به علت درجه تورم بیشتر پلیمرها در این خاکها چشمگیرتر است به طوری که باعث افزایش تخلخل مویین به میزان ۴ برابر نسبت به نمونه شاهد و نیز کاهش تخلخل تهويه‌ای شده است [۴]. بهبهانی و همکاران (۱۳۸۳) در آزمایش خود با کاربرد هیدروژل به نسبت-های ۱۰ و ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی از حجم محیط رشد خیار گلخانه‌ای که ترکیبی از کوکوبیت و پرلیت بود و اعمال کم آبیاری به صورت آبیاری با ۷۰، ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی، میزان عناصر غذایی روی، منگنز، آهن، نیتروژن،

^۱ Super Absorbent Polymer

پتاسیم، فسفر، کلسیم و منیزیم، تبادل کاتیونی و H^+ را در بستر گیاهان، اندازه‌گیری کرده و به این نتیجه رسیدند که بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال کمتر از ۱٪ در ذخیره عناصر غذایی در بسترها مورد بررسی وجود دارد و همچنین سوپرجاذب در ذخیره‌سازی عناصر غذایی، بیشترین تأثیر را در ذخیره‌سازی فسفر و نیتروژن و کمترین تأثیر را در نگهداری منگنز داشت. میزان تبادل کاتیونی در بستر تیمار شده با ۳۰٪ جایگزینی سوپرجاذب، ۹۴٪ بیشتر از شاهد بود [۲]. وستون و همکاران (۱۹۹۳)، اثر نگهداشت نیترات و آمونیوم روی ژل افروده شده به محیط رشد بدون خاک را در گیاه گوجه‌فرنگی آزمایش کرده و به این نتیجه رسیدند که نگهداری آب بوسیله محیط رشد با به کار بردن ژل به صورت خطی، افزایش می‌یابد و همچنین بسته به نوع ژل، نگهداری N در آنها متفاوت است [۱۳]. میلر (۱۹۹۱) اعلام کرد که کاربرد^۱ H-SPAN روی نگهداشت آب در خاکهای با بافت متوسط، اثر قابل توجهی ندارد در حالی که آن را در شن بطور واضح افزایش می‌دهد به طوری که آب قابل دسترس در یک خاک شنی را به اندازه آب قابل دسترس در یک خاک لومی یا سیلتی لوم افزایش داد. همچنین H-SPAN سرعت نفوذ را در همه خاکها کاهش داد [۱۲]. قاسمی (۱۳۸۳) سوپرجاذب سوپرایپ آ ۲۰۰ را برای پرورش گیاه داودی و فیکوس بنجامین ابلق در ۶ سطح پلیمر (۰/۲۰، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸ و ۰/۱) با ۴ دور آبیاری (۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ روز برای فیکوس بنجامین و ۲، ۳، ۴ و ۵ روز برای داودی) به کار برد. در فیکوس بنجامین بیشترین میانگین در تمام معیارهای اندازه‌گیری شده مربوط به دور آبیاری ۴ روز بود و با افزایش فاصله آبیاری، میانگین‌ها کاهش یافت. بر اساس نتایج این پژوهش قاسمی جهت کاهش هزینه آبیاری و نیز با در نظر گرفتن هزینه پلیمر، کاربرد ۰/۸٪ پلیمر و دور آبیاری ۴ روز برای هر دو گیاه را پیشنهاد کرد [۵].

هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر سوپرجاذب بر روی میزان عملکرد خیار و میزان ذخیره مواد غذایی در بافت میوه گیاه است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در گلخانه آموزشی و پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان و در قالب طرح کاملاً تصادفی فاکتوریل با سه فاکتور و سه تکرار انجام شد. این فاکتورها عبارتند بودند از، محیط کشت (خاک شنی و خاک لومرسی)، کاربرد هیدروژل (صفر، ۶، ۸ و ۱۰ گرم بر کیلوگرم خاک گلدان) و میزان آبیاری (۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪ نیاز آبی). به این ترتیب ۷۲ گلدان برای این تحقیق تهیه گردید. لازم به ذکر است که برای نامگذاری تیمارها، محیط کشت با حرف L برای خاک لومرسی و با حرف S برای خاک شنی، میزان کاربرد هیدروژل برای هر کیلو خاک گلدان با اعداد ۰، ۴، ۶ و ۸ و میزان آبیاری با حروف A، B و C برای به ترتیب ۱۰۰٪، ۷۵٪ و ۵۰٪ نیاز آبی، معرفی شده‌اند. مثلاً در تیمار L6C خاک گلدان از نوع لومرسی بوده و برای هر کیلوگرم خاک ۶ گرم هیدروژل با خاک مخلوط شده و به اندازه ۵۰٪ نیاز آبی آن، آبیاری شد. در ابتدا به صورت ظاهری دو نوع خاک با بافت متوسط و سبک تهیه گردیده و سپس آزمایش‌های خاکشناسی شامل تعیین بافت خاک و حاصلخیزی بر روی آنها انجام شد که نتایج آن در جدول ۱ ذکر شده است [۱]. بر اساس این نتایج میزان کود مورد نیاز برای دو نوع خاک تعیین گردیده و در جدول ۲ آورده شده است [۸].

^۱ Hydrolyzer Starch-PolyAcryloNitrile

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک ها

بافت خاک	آهک %	گچ %	ماده آلی %	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	ازت کل (mg/kg)	آهن (mh/kg)	منگنز (mh/kg)	θ_{fc} %	$\% \theta_{pwp}$
لومی رسی نachi	۷/۴	۲۴	۰/۷۸	۲۶	۲۳۵	۰/۰۶	۷/۵	۹/۱۱	۲۴	۱۳/۵
شنی نachi	۷/۲	۱۸,۵	۰/۳۶	۱۱/۵	۱۲۵	۰/۰۲	۱/۶۳	۲/۴۰	۲۰/۰	۹/۸۵

جدول ۲: مقادیر کودهای شیمیایی به کار رفته بر اساس نتایج آزمایشات حاصلخیزی

بافت خاک	اوره (کیلوگرم در هکتار)	سولفات پتاسیم (کیلوگرم در هکتار)	سولفات آهن (کیلوگرم در هکتار)	سولفات روی (کیلوگرم در هکتار)
خاک شنی	۳۰۰	۱۵۰	۸۰	۴۰
خاک لوم رسی	۳۰۰	۱۰۰	۸۰	۴۰

در این آزمایش از گلدانهای پلاستیکی سیاه رنگ با ارتفاع ۱۷ cm، قطر پایینی ۱۴cm و قطر بالایی ۱۸ cm استفاده شد. جهت آماده سازی محیط کشت، سه کیلوگرم خاک با مقدار سوپر جاذب و کود شیمیایی لازم مخلوط شده و به داخل گلدانها ریخته شد. سوپر جاذب مورد استفاده از نوع Superab A200 و محصول پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران بود. برخی از خصوصیات این پلیمر در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳: خصوصیات پلیمر Superab A200

محتوای رطوبت (%)	pH	چگالی (g/cm ³)	اندازه ذرات (m μ)	حداکثر طول عمر (سال)	ظرفیت جذب آب (gr/gr)	آب مقطر آب معمولی	٪ ۰/۹ NaCl محلول
۵-۷	۶-۷	۱/۴-۱/۵	۵۰-۱۵۰	۷	۲۲۰	۱۹۰	۴۵

بعد از آماده سازی گلدانها، بذور خیار گلخانه‌ای (*Cucumis sativus*) رقم Gavrish را به مدت ۲۴ ساعت در آب خیسانده شده بود، در خاک گلدانها کشت گردید. این آزمایش در مهرماه ۱۳۸۴ آغاز شد و دو ماه بعد از کاشت، تیمارهای آبی تعریف شده برای این آزمایش بر روی آنها اعمال گردید. میزان آبیاری با استفاده از منحنی رطوبتی بدست آمده از تانسیومتر در دو نوع خاک و بر اساس رساندن رطوبت خاک به حالت ظرفیت زراعی انجام شد. در طول دوره رشد مراقبتها مورد نیاز مانند به قیمت بستن بوته‌ها و مبارزه با آفات به خصوص که دونقطه‌ای به وسیله سه پاشی با سه نشورون یک در هزار انجام گردید [۹]. میوه‌های با اندازه مناسب پس از برداشت به دقت وزن شده و در کيسه‌های کاغذی در یخچال نگهداری شدند. این آزمایش در بهمن ماه پایان یافت. برای تعیین عناصر غذایی در میوه‌ها، پس از شسته شدن با آب، میوه‌ها در آون با دمای ۷۵ درجه سانتیگراد قرار گرفتند تا خشک شوند. سپس آسیاب گردیده و در پاکت پلاستیکی نگهداری شدند. میزان ازت کل در میوه‌ها با دستگاه نقطیز کلدار (Kjeldahl)، پتاسیم با دستگاه شعله سنج (Flame Photometer) و میزان آهن و روی آنها با دستگاه جذب اتمی

(Atomic Absorption) تعیین گردید [۳]. رسم نمودارها و تحلیل نتایج به کمک نرمافزار Excel و نرمافزار آماری SAS انجام گرفت.

بررسی نتایج

بر اساس جداول ۴ و ۵، تیمارهای اعمال شده در شرایط این آزمایش اثرات معنی‌داری بر میزان تولید خیار داشتند.

جدول ۴: تجزیه واریانس مربوط به وزن مرطوب خیار تولید شده

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F
تیمار	۲۳	۱۴۱۲۲۸/۹۷	۶۱۴۰/۳۹	*** ۹/۹۹
نوع خاک	۱	۲۰۱۲/۹۵	۲۰۱۲/۹۵	NS ۳/۲۷
مقدار هیدروژل	۳	۹۷۱۶/۳۰	۳۲۳۸/۷۶	* ۵/۲۷
میزان آبیاری	۲	۹۴۸۳۴/۴۴	۴۷۴۱۷/۲۲	** ۷۷/۱۳
نوع خاک × میزان هیدروژل	۳	۶۵۸۵/۳۹	۲۱۹۵/۱۳	* ۳/۵۷
نوع خاک × میزان آبیاری	۲	۴۳۶۱/۷۷	۲۱۸۰/۸۹	* ۳/۵۵
میزان هیدروژل × میزان آبیاری	۶	۱۵۱۹۰/۱۵	۲۵۳۱/۶۹	** ۴/۱۲
نوع خاک × میزان هیدروژل × میزان آبیاری	۶	۸۵۲۷/۹۵	۱۴۲۱/۳۲	* ۲/۳۱
خطا	۴۸	۲۹۵۱۰/۲۳	۶۱۴/۸۰	
کل	۷۱	۱۷۰۷۳/۲۰۲	۲۴۰/۴۷	

جدول ۵: بررسی اثر فاکتورهای مختلف با مقایسه میانگین‌های وزن مرطوب خیار بوسیله آزمون دانکن

محیط کشت	تعداد واحد آزمایشی تحت تیمار	فاکتور مربوطه	میانگین
خاک شنی	۳۶		a ۱۳۶/۳۷۵
خاک لومی رسی	۳۶		a ۱۲۵/۸۰۰
میزان هیدروژل			bc ۱۲۶/۵۹۱
صفر گرم بر کیلوگرم	۱۸		a ۱۴۶/۹۸۷
۴ گرم بر کیلوگرم	۱۸		ab ۱۳۵/۴۳۱
۶ گرم بر کیلوگرم	۱۸		c ۱۱۵/۴۳۲
۸ گرم بر کیلوگرم	۱۸		
میزان آبیاری			a ۱۷۰/۳۹۱
% نیاز آبی	۲۴		b ۱۴۰/۰۲۲
% نیاز آبی	۲۴		c ۸۲/۸۵۰
% نیاز آبی	۲۴		

۱- در سطح احتمال ۰/۰۱ معنی‌دار است

۲- از نظر آماری معنی‌دار نیست

۳- در سطح احتمال ۰/۰۵ معنی‌دار است

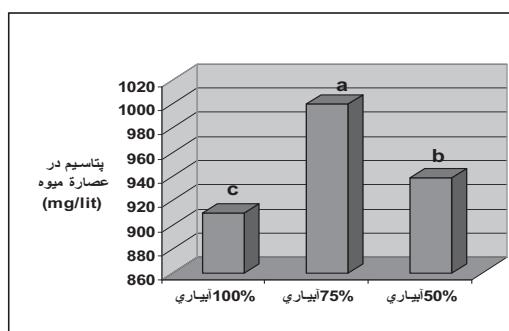
نتایج نشان می‌دهد که کاربرد سوپر جاذب، وزن مرطوب میوه‌ها را نسبت به نمونه شاهد افزایش داده است. میلر و همکاران به این نتیجه رسیدند که کاربرد هیدروژل، ظرفیت نگهداری آب در یک خاک شنی را تا حدود یک خاک لومنی بهبود بخشید [۱۳]. البته بالاترین میزان تولید در تیمار L4A به میزان ۲۲۲/۲۹ گرم مشاهده شده است ولی این عدد به تولید تیمار S4A یعنی ۲۱۲/۹۹ گرم نزدیک است. از آنجایی که خیار از گیاهان حساس به تنفس آبی است، اثر اعمال کم‌آبیاری بر روی تیمارها معنی‌دار شده است. کم‌آبیاری یک استراتژی بهینه برای به عمل آوردن محصولات، تحت شرایط کمبود آب است که همواره با کاهش محصول مواجه می‌باشد و هدف اصلی آن افزایش راندمان مصرف آب است. از آنجایی که اثر متقابل کاربرد هیدروژل و رژیم آبیاری در این آزمایش معنی‌دار شده است می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد هیدروژل در هر دو خاک توانسته تا حدودی اثرات کم‌آبیاری را تعدیل کند. لازم به ذکر است که وقتی در طول آزمایش گیاهان دچار حمله کثیف دونقطه‌ای شدند، واحدهای آزمایشی دارای هیدروژل در تیمارهای آبی مختلف، مقاومت بیشتری نسبت به واحدهای فاقد هیدروژل از خود نشان دادند. الهادی و همکاران (۲۰۰۶) در مصر، دو هیدروژل اکریل‌آمید آنیونی و کاتیونی به نسبت ۲ به ۳ را با هم مخلوط کرده و در سه سطح ۲، ۳ و ۴ گرم برای هر گلدان، آنها را در یک خاک شنی محلی به کار بردن و پس از کشت خیار، با ۴ رژیم آبیاری ۱۰۰٪، ۷۰٪ و ۵۰٪ آنها را آبیاری کردند. هدف آنها بررسی اثر کاربرد هیدروژل‌ها بر راندمان مصرف آب و کود بود. آنها مشاهده کردند که با کاهش میزان آبیاری از ۱۰۰٪ به ۸۵٪ با وجود هیدروژل مساوی، میزان تولید خیار افزایش یافته است. آنها این مسئله را به این صورت توجیه کردند که در ۱۰۰٪ آبیاری، نگهداری آب بیش از نیاز گیاه اثر معکوس بر تنفس ریشه گیاهان داشته است و به این ترتیب با کاهش آبیاری به ۸۵٪، میزان محصول افزایش یافته است. با کاهش آبیاری به ۷۰٪ و ۵۰٪ نیاز آبی، میزان تولید کاهش یافت ولی همچنان از تیمار شاهد (۱۰۰٪ آبیاری و بدون هیدروژل) بیشتر بود. الهادی و همکاران در نهایت پیشنهاد کردند که در شرایط آزمایش آنها، مخلوط کردن ۲ گرم هیدروژل با خاک و اعمال ۱۵٪ کم‌آبیاری یا ۳ گرم هیدروژل و ۷۵٪ آبیاری، بهترین نتیجه (داشتن راندمان کاربرد آب و کود مطلوب) را خواهد داشت [۱۱].

همان‌طور که در نمودارهای ۱ تا ۱۲ نشان داده شده است، تیمارهای مربوطه توانسته بر روی مواد ذخیره شده در میوه‌های خیار تأثیر بگذارد. در رابطه با ازت در میوه، دیده می‌شود که با کاهش آبیاری و افزایش مقدار هیدروژل در خاک، ذخیره آن در میوه افزایش یافته است. علت این پدیده احتمالاً کاهش آبشویی ازت از خاک است. الهادی و همکاران نیز چنین روندی را در آزمایش خود در رابطه با راندمان مصرف ازت (کیلوگرم میوه تولید شده در واحد کود مصرف شده) مشاهده کردند. هندرسون و همکاران (۱۹۸۵) ماسه سیلیسیومی را با ۰، ۲، ۳ و ۴ ژل gr/m³ هیدروفیلیک مخلوط کردن و سپس محلول نیترات آمونیوم را به ظروف دارای ماسه خشک و اشباع شده با آب مقتدر، اضافه کردند. آنها بعد از هر بار شستن ماسه‌ها با مقدار معینی از آب مقتدر، میزان نیترات و آمونیوم خارج شده را اندازه‌گیری کردند. نتایج نشان داد که آمونیوم نگهداری شده در ماسه در همه مقادیر هیدروژل از ماسه بدون هیدروژل و بخصوص در محیط اشباع نشده، بیشتر است. ولی نیترات در هیچیکی از تیمارها به مقدار زیاد باقی نمانده و آبشویی شده بود [۱۲]. در مورد پتاسیم در ۷۵٪ آبیاری، بالاترین نیترات در هیچیکی از تیمارها به مقدار زیاد باقی نمانده و آبشویی شده بود [۱۲]. در مورد پتاسیم در ۷۵٪ آبیاری، بالاترین جذب دیده می‌شود و با استفاده از ۶ گرم هیدروژل میزان ذخیره پتاسیم نسبت به سایر تیمارها بیشتر بوده است. از آنجایی که یون K^+ اغلب جذب ذرات باردار منفی خاک می‌شود کمتر در اثر آبشویی خارج می‌گردد و چون گیاه برای جذب احتیاج به تهווیه مناسب دارد

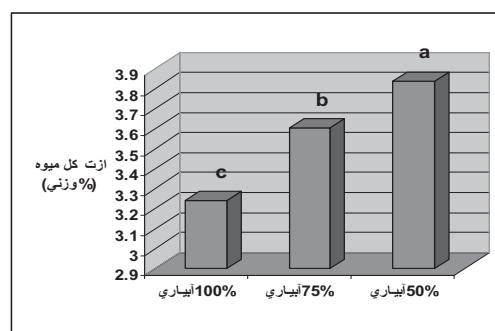
به نظر می‌رسد که ۶ گرم هیدروژل بهترین شرایط را برای گیاه فراهم کرده است. رژیم‌های آبیاری تا حدودی بر جذب آهن و روی اثر داشته‌اند. آبیاری سنگین، فشردگی و یا هر عامل دیگری که تهویه خاک را کاهش دهد، به افزایش غلظت دی اکسیدکربن در خاک منجر می‌شود و در حضور آهک، واکنش زیر انجام می‌گیرد:



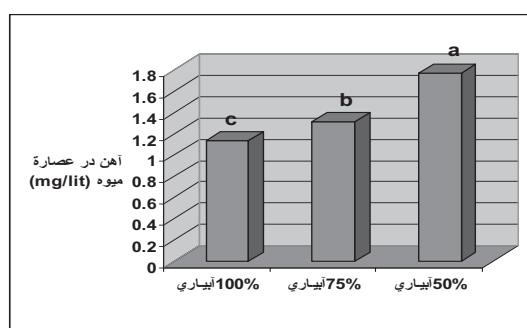
بی‌کربنات تولید شده، خاصیت بافری دارد. بدین معنی که از کاهش pH در اطراف ریشه تا حدی جلوگیری می‌کند و در نتیجه از حلالیت بیشتر ترکیبات آهن دار و قابلیت جذب آهن کاسته می‌شود [۷]. به این علت با کاهش آبیاری و افزایش هیدروژل که هر دو باعث بهبود تهویه در خاک هستند، جذب آهن بهتر صورت گرفته است. جذب روی توسط گیاه با دو مکانیسم فعال و غیرفعال صورت می‌گیرد. جذب غیرفعال آن از طریق جذب الکترواستاتیکی یونهای روی بر دیواره سلولی سلولهای ریشه گیاه صورت می‌گیرد. این جذب غیر انتخابی بوده و فعالیتهای متابولیکی گیاه بر آن تأثیری ندارند. جذب فعال روی شدیداً انتخابی بوده و به فعالیتهای متابولیکی گیاه وابستگی دارد. دما و تهویه محیط ریشه از عواملی هستند که بر جذب فعال روی تأثیر دارند. بنابراین به نظر می‌رسد مکانیزم جذب فعال روی، تأمین‌کننده بخش عمده روی مورد احتیاج گیاه باشد [۷]. چنین نتیجه‌ای تا حدودی در این آزمایش بدست آمده است. البته به نظر می‌رسد که تغییر میزان هیدروژل اثر قابل ملاحظه‌ای روی ذخیره روی نداشته است. نتایج اثر بافت خاک بر جذب نشان می‌دهد که تهویه زیاد باعث جذب و ذخیره بهتر ازت، آهن و روی می‌شود ولی پتانسیم در محیط مرطوب‌تر بهتر جذب می‌شود و یا اینکه در خاک لومرسی پتانسیم بیشتری در دسترس بوده است. به طور کلی خاکهای با بافت متوسط از نظر ظرفیت نگهداشت آب و تبادل کاتیونی عموماً وضع مطلوبی دارند.



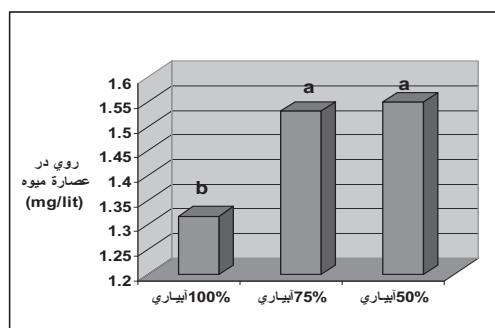
شکل ۲: اثر رژیم آبیاری بر ذخیره پتانسیم میوه



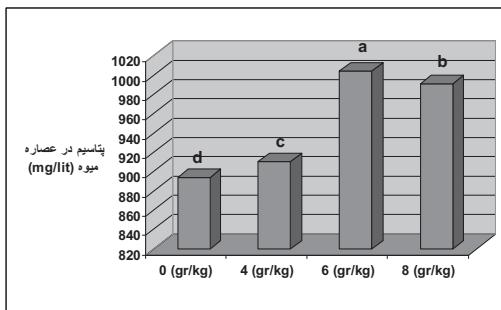
شکل ۱: اثر رژیم آبیاری بر ذخیره ازت میوه



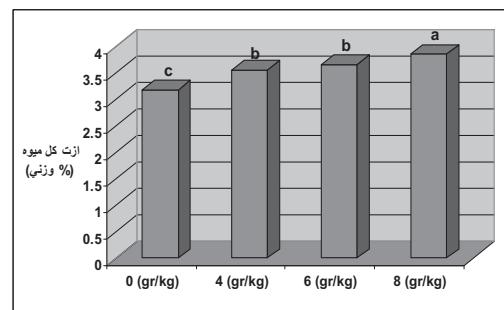
شکل ۴: اثر رژیم آبیاری بر ذخیره آهن میوه



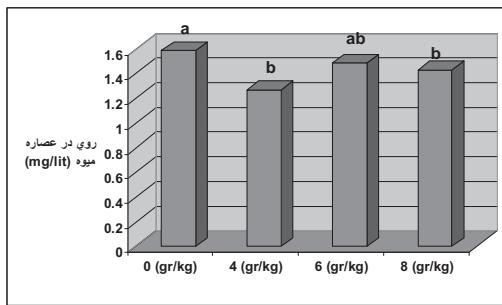
شکل ۳: اثر رژیم آبیاری بر ذخیره روی میوه



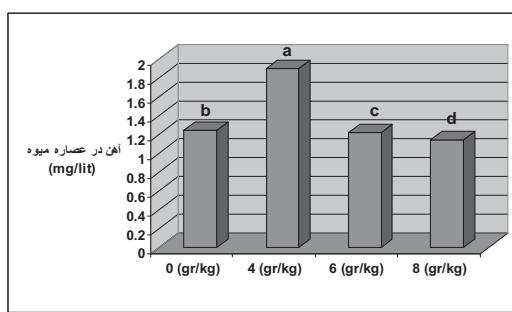
شکل ۶: اثر مقادیر کاربرد هیدروژل بر ذخیره پیاسیم میوه



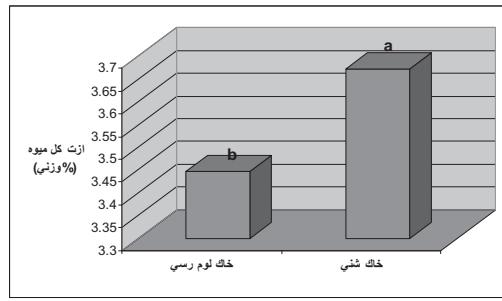
شکل ۵: اثر مقادیر کاربرد هیدروژل بر ذخیره ازت میوه



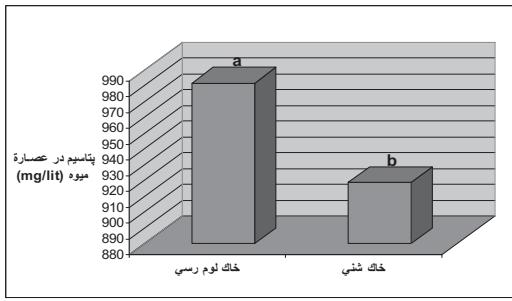
شکل ۱: اثر مقادیر کاربرد هیدروژل بر ذخیره ری میوه



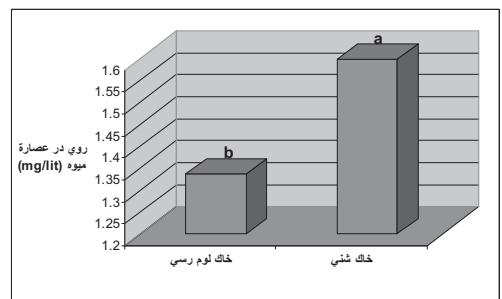
شکل ۷: اثر مقادیر کاربرد هیدروژل بر ذخیره آهن میوه



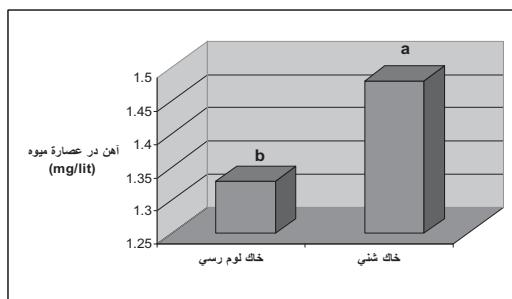
شکل ۱۰: اثر مقادیر بافت خاک بر ذخیره ازت میوه



شکل ۹: اثر بافت خاک بر ذخیره پیاسیم میوه



شکل ۱۲: اثر مقادیر بافت خاک بر ذخیره ری میوه



شکل ۱۱: اثر مقادیر بافت خاک بر ذخیره آهن میوه

و چنانچه شرایط تهویه در این خاکها بهبود یابد، بستر بسیار مناسبی را برای جذب آب و املاح توسط گیاه فراهم می‌کنند. معمولاً در گلخانه‌ها برای بهبود خصوصیات فیزیکی خاک از کودهای حیوانی استفاده می‌شود. اما

تهیه یک کود کاملاً پوسیده به مقدار زیاد تا حدودی مشکل و یا هزینه‌بر است و استفاده از یک کود نپوسیده ممکن است منجر به آلودگی خاک، ورود بذر علفهای هرز به خاک گلخانه و یا شور شدن خاک شود. در ضمن این ضایعات نپوسیده برای انجام فعل و انفعالات شیمیایی خود در مصرف ازت خاک با گیاه رقابت می‌کند. در صورتی که پلیمرهای سوپرجاذب شرایط فیزیکی خاک مانند تخلخل و ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک را افزایش داده و در عین حال مشکلات کودهای حیوانی را ندارند و چنانچه برای تولید محصولات پرازش گلخانه‌ای استفاده شوند، توجیه اقتصادی خواهند داشت. همچنین این پلیمرها تا حدودی از آبشویی یون نیترات و به میزان زیادی از آبشویی یون آمونیوم می‌کاهند. نتایج آزمایشات ستون و همکاران نیز این مسئله را تأیید می‌کند [۱۰]. خاکهای شنی عموماً مشکل تهويه ندارند ولی به علت داشتن خلل و فرج بزرگ و نداشتن کانی‌های رسی باردار دارای ظرفیت نگهداری رطوبت و ظرفیت تبادل کاتیونی پایین هستند. با توجه به عملکرد سوپرجاذب، به نظر می‌رسد که استفاده از پلیمرها بتواند این مشکلات را برطرف کند. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از هیدروژلهای سوپرجاذب می‌تواند آبشویی املاح به ویژه ترکیبات نیتروژن دار را که آلینده آبهای زیرزمینی هستند کاهش دهد. لازم به ذکر است که در حال حاضر تحقیقاتی در زمینه کاربرد هیدروژل در خاک جهت تصفیه کردن آبهای آلوده در حین عبور از ستون خاک، در حال انجام است.

تشکر و قدردانی

به این وسیله از دبیرخانه ستاد راهبردی فناوریهای استان اصفهان که حمایت مالی این تحقیق را بر عهده داشتند و همچنین از آقایان مهندس حسن عربزادگان و مهندس باغبانها و کلیه کارکنان گلخانه آموزشی و پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

- ۱- بروزگر، ع. ا.، ۱۳۸۰. مبانی فیزیک خاک. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.
- ۲- بهبهانی، م. ع. اسدزاده و ج. جبلی، ۱۳۸۴. ارزیابی تأثیر هیدروژلهای سوپرجاذب و تیمارهای کم‌آبیاری در نگهداری عناصر غذایی در بسترها هیدروپونیک، سومین دوره آموزشی و سمینار تخصصی کاربرد هیدروژلهای سوپرجاذب، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، تهران، ۱۶ آبان ۱۳۸۴.
- ۳- سalaridinی، ا. ک.، ۱۳۶۲. حاصلخیزی خاک، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ایران.
- ۴- عابدی کوپایی، ج.، ف. سهراب، ۱۳۸۳. ارزیابی اثر کاربرد پلیمرهای ابرجاذب بر ظرفیت نگهداشت و پتانسیل آب بر سه نوع بافت خاک، مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، سال هفدهم، شماره ۳، صفحه ۱۷۳-۱۶۳.
- ۵- قاسمی قهساره، م.، ۱۳۸۵. بررسی اثر پلیمر ابرجاذب بر رشد و نمو داودی و فیکوس بنجامین ابلق، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
- ۶- کبیری، ک.، ۱۳۸۴. هیدروژلهای سوپرجاذب (معرفی و کاربردها)، سومین دوره آموزشی و سمینار تخصصی کاربرد هیدروژلهای سوپرجاذب، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، تهران، ۱۶ آبان ۱۳۸۴.
- ۷- ملکوتی، م. ح.، ۱۳۷۳. حاصلخیزی مناطق خشک (مشکلات و راه حل ها)، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.

- ۸- ملکوتی، م. ج.، م. ن. غبی، ۱۳۷۹. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی مؤثر در خاک، گیاه و میوه، مرکز نشر آموزش کشاورزی کرج، ایران.
- ۹- نصوحی، غ. ح.، ۱۳۸۳. خیار داربستی. انتشارت نصوح، چاپ چهارم.
- 10- Bes, W. and L.A. Weston.1993. Influence of gel additives on nitrate, ammonium, and water retention and tomato growth in a soilless medium. Hort Sci. 26(8):1005-1007
- 11- El-Hady, O. A., Sh. A. Wanás. 2006. Water and fertilizer use efficiency by Cucumber grown under stress on sandy soil treated with Acrylamide hydrogels, J. App. Sci. Res., 2(12): 1293-1297.
- 12- Henderson, J. C., D. L. Hensley. 1985. Ammonium and nitrate retention by a hydrophilic gel, Hort Sci., 20(40): 667-668.
- 13- Miller, D. E., 1979. Effect of H-SPAN on water retention bt soil after irrigation, Soil Sci. Soc. Am. J., 43: 628-629.

اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای

۱۳۸۶ مهرماه ۲۶

کیفیت منابع آب و نقش آن در تولید محصولات گلخانه‌ای

مسعود علایی^۱

چکیده

یکی از عوامل موثر و تعیین کننده تولید محصولات کشاورزی علاوه بر میزان کمی آب مصرفی، کیفیت آب آبیاری می باشد که این ویژگی نقش مهمی در کمیت و کیفیت محصول و نهایتاً کارایی مصرف آب بویژه در کشت های گلخانه ای دارد. آب مورد نیاز گلخانه های کشور بطور عمده از منابع آب زیرزمینی تامین می شود که با وجود املاح و عناصر موجود و شرایط خاک کشت نیازمند بررسی و اعمال روشهای مناسبی از قبیل انتخاب نوع محصول، روش و مقدار آبیاری، کوددهی و سایر مواردی که منجر به حفظ و پایداری تولید می گردد می باشد. در این مقاله ضمن اشاره به انواع منابع آب مصرفی و کیفیت آنها از نظر عناصر عمده و طبقه بنده کیفی آب، پارامترهای ارزیابی کیفیت آب، فاکتورهای مورد نیاز جهت آنالیز آب آبیاری، نقش کیفی آب در کمیت و کیفیت برخی از محصولات و مقادیر مجاز و تعیین کننده املاح و عناصر در تولید محصولات گلخانه ای مطرح می گردد. در انتها برخی از راهکارهای لازم در بهره برداری از آبهای با کیفیت متوسط و اصلاح آنها ارائه خواهد شد.

کلمات کلیدی: منابع آب، کیفیت شیمیایی، طبقه بنده آب آبیاری، حدود مجاز، کیفیت آب آبیاری و تولید.

مقدمه

وضعیت موجود منابع آب مصرفی در گلخانه‌های کشور

در یک بررسی اجمالی بعمل آمده در گلخانه‌ها خصوصاً در زمینه تولید سبزی و صیفی مشخص گردید که حدود ۹۵ درصد آب مصرفی گلخانه‌ها از چاههای کشاورزی و قنوات تامین می شود و سهم آب سطحی بسیار ناچیز است. بررسی کیفیت شیمیایی آبهای زیرزمینی در سطح حوضه‌های آبریز مناطق مختلف کشور نیز نشان می دهد که دامنه تغییرات عوامل موثر در آن بسیار زیاد است.

^۱- معاون بهینه‌سازی مصرف آب کشاورزی- دفتر توسعه منابع آب کشاورزی و بهینه‌سازی مصرف-معاونت صنایع و امور زیربنایی وزارت جهاد کشاورزی

جدول ۱: کیفیت شیمیایی آبهای زیرزمینی حوضه‌های آبریز کشور

<i>TDS</i> <i>mg/L</i>	<i>EC</i> <i>mmho/cm</i>	<i>PH</i>	<i>Hco3</i>	<i>CL</i>	<i>So4</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Na</i>	متغیر میزان
۲۶۴۶۰	۳۵۲۸۰	۱۱/۵	۶۴	۴۰۵	۱۳۰۸	۱۷۵/۵	۱۰۶	۴۸۶	حداکثر
۵	۱۲۰	۵/۵	۰/۰۲	۰/۱	۰	۰/۱	۰/۱	۰/۱	حداقل

مأخذ: ستر طرح جامع آب کشور - شرکت مهندسین مشاور جاماب - ۱۳۸۰-

جدول ۲: وضعیت *Ec* آب و خاک گلخانه‌های موجود کشور

متغیر <i>EC</i> میزان	کمتر از ۱	۱-۲	۲-۳	۳-۴	بالاتر از ۴
-	-	%۹	%۶۰	%۳۱	آب
%۱۹	%۳۶	%۲۰	%۲۵	-	خاک

مأخذ: بررسی اجمالی وضع موجود

جدول ۳: وضعیت آبیاری گلخانه‌های موجود در کشور

شرح	آبیاری قطره‌ای	آبیاری جوی و پشته	آبشویی خاک	کود آبیاری	۱۰۰	۷۷/۵	۶	۹۴	میزان (درصد)
مأخذ: بررسی اجمالی وضع موجود									

چنانچه مشاهده می‌شود *EC* آب منابع مورد استفاده در ۹۰ درصد موارد کمتر از ۲۰۰۰ میکرومیکروموس بوده که در رده قابل استفاده قرار دارد. با توجه به وضعیت خاک کشت، مدیریت مصرف آب، بهره‌برداران را به نوعی به مصرف آب آبیاری به صورت تلفیقی (قطره‌ای-جوی و پشته) سوق داده است. بطوریکه ضمن بهره‌گیری از روش آبیاری قطره‌ای توسط نوارهای تیپ و قطره چکانهای on line دفعه در طول دوره کاشت و داشت گیاه از آبیاری غرقابی استفاده نموده و سپس از خروج گیاه از زمین (آیش) بمنظور آبشویی خاک مبادرت به انجام آبیاری سنگین می‌نمایند. در این میان مهمترین مساله در مدیریت آبیاری گلخانه‌ها تنظیم دور و مقدار آبیاری است که قادر باشد نیاز ناخالص آبی گیاه را با توجه به روش آبیاری تامین نماید. در حال حاضر تمامی بهره‌برداران بسته به تجربه و شناخت بصورت مشاهده‌ای مبادرت به آبیاری گیاه نموده و از این رو جای فعالیت‌های تحقیقی، آموزشی و ترویجی بسیار خالی است. بدیهی است که برخورداری از محصول با کیفیت و کمیت و دستیابی به حداکثر کارآیی مصرفی در گروه دستیابی به مدیریت صحیح آبیاری و مصرف بهینه آب می‌باشد.

تمامی تولید کنندگان قبل از کاشت بذر اقدام به دادن کودهای دامی و شیمیایی پایه نظری فسفات می‌نمایند. همچنین در تامین نیازهای غذایی گیاه در مراحل رشد و نمو از روش کود آبیاری استفاده می‌نمایند. در اینجا برخورداری از اطلاع و دانش لازم در نوع و مقدار کودهای مصرفی با توجه به وضعیت شوری آب و خاک و عوامل متاثر از یکدیگر بسیار مهم و تاثیر گذار است.

انواع منابع آب مصرفی و کیفیت آنها

جدول ۴: مشخصات منابع آب قابل دسترس

نوع منبع	کیفیت	تیمار	ذخیره
آبهای سطحی	تغییرات کیفی و ارگانیک	نیاز به فیلتراسیون دارد	حوضچه با ظرفیت پایین
آب باران	PH پایین-کیفیت بالا	زدودن جلبکها و پوشاندن ناودانی‌ها	حوضچه
آب چاه	بستگی به نوع چاه و محل آن دارد	-	حوضچه
آب قنات	بستگی به نوع و محل آن دارد	-	استخر
آب شرب	کیفیت بالا	-	حوضچه با ظرفیت پایین

کیفیت آب

سدیم (Na): گیاهان بمقدار کمی سدیم نیاز دارند. (حداقل: 10 mg/L مول در لیتر برای فلفل شیرین-حداکثر 80 mg/L مول در لیتر برای گوجه فرنگی)

آب شیرین حداکثر 50 mg/L مول در لیتر

کلر (CL): حداکثر 80 mg/L مول و حداقل 10 mg/L مول در لیتر، در بیشتر موارد سدیم اولین محدود کننده است. ازت و فسفر و پتاسیم (N,P,K): سطح پایین آن در آب چاهها، باران و آب شهری است و سطح بالای آنها به معنای آلودگی منابع آب است.

کلسیم و منیزیم (Ca, Mg): بیشتر از میزان لازم جذب نمی‌باشد و کلسیم از $70-100\text{ mg/L}$ مول بر لیتر و منیزیم از $30-50\text{ mg/L}$ مول بر لیتر موجب افزایش تجمعی EC و رسوب سولفات و بیکربنات می‌شود.

سولفات (SD_4): برخی اوقات در آب چاه حتی در میزان بالایی وجود دارد. برای اکثر نباتات زراعی بین $5-10\text{ mg/L}$ مول بر لیتر بلا اشکال است.

بیکربنات (HCO_3): آب چاه و آب شهری می‌تواند میزان بالایی بیکربنات داشته باشد که در این خصوص موجب افزایش PH آب نیز می‌گردد.

آهن (Fe): آب چاه ممکن است حاوی آهن باشد که برای گیاه غیرقابل استفاده است. میزان بالای آهن موجب تشکیل رنگ قرمز در گیاهان زراعی می‌گردد و در سیستم آبیاری باقی می‌ماند.

برای آبیاری قطره‌ای میزان آهن باید کمتر از 5 mg mol / lit باشد. برای آبیاری بارانی میزان رقم باید کمتر از 25 mg mol / lit باشد.

بر (B): میزان بالای آن موجب سمیت ریشه می‌شود. حداکثر آن در آب تازه 25 mg mol / lit است.

روی (ZN): میزان بالا و پایین آن موجب صدمه به گیاه می‌شود. در کشت هیدروپوئیک حداکثر $5-30 \text{ mg mol / lit}$ و در خاک کشت حداکثر 25 mg mol / lit -ایجاد پوشش ناودانی‌ها در استفاده از آب باران.

منگنیز (Mn): در آب چاه ممکن است میزان بالایی وجود داشته باشد. حداکثر 5 mg mol / lit

عوامل مؤثر در آنالیز آب آبیاری

پارامترهای زیادی جهت تعریف کیفیت آب آبیاری و ارزیابی میزان شوری و خطرات ناشی از آن بکار گرفته شده‌اند. ولی بطور کلی فاکتورهای زیر جهت ارزیابی کیفیت آب ضروری می‌باشند.

۱- EC (هدایت الکتریکی نمکهای محلول در آب)

۲- TDS (مجموع غلظت نمکهای محلول)

۳- SAR (میزان نسبت سدیم به کاتیونهای دیگر)

۴- SSP (میزان درصد سدیم محلول)

۵- غلظت بیکربنات و ارتباط آن با کلسیم و منیزیم

۶- غلظت عناصر خاص

در جدول ذیل فاکتورهای مورد نیاز جهت آنالیز آب آبیاری آورده شده است.

جدول ۵: فاکتورهای مورد نیاز در تجزیه آب آبیاری

فرمول و علامت اختصاری	شرح	واحد اندازه‌گیری
EC	هدایت الکتریکی (شوری)	میکرومیکس بر سانتی متر / دسی زمینس بر متر
TDS	مجموع نمکهای جامد قابل حل	میلی گرم بر لیتر / ppm
SAR	نسبت جذب سدیم	-
SSP	سدیم محلول	درصد

جدول ۶: آنیونها و کاتیونهای مورد نظر در تجزیه آب آبیاری

یونها	علامت اختصاری	واحد اندازه‌گیری	وزن اتمی
کلسیم	Ca ²⁺	میلی اکی والان در لیتر	۴۰
منیزیم	Mg ²⁺	میلی اکی والان در لیتر	۲۴/۳
سدیم	Na ⁺	میلی اکی والان در لیتر	۲۳
پتانسیم	K ⁺	میلی اکی والان در لیتر	۳۹
بیکربنات	HCO ₃ ⁻	میلی اکی والان در لیتر	۶۱
سولفات	SO ₄ ²⁻	میلی اکی والان در لیتر	۹۶
کلرور	CL ⁻	میلی اکی والان در لیتر	۳۵/۵
کربنات	CO ₃ ²⁻	میلی اکی والان در لیتر	۶۰
عناصر کم مصرف (بر)	B	(ppm)	۱۰/۸

طبقه بندی کیفی آب آبیاری

گروه شماره ۱:

برای تمام موارد در باغبانی قابل استفاده است. در سیستمهایی که آب مجدداً برگشت داده می‌شود غلظت سدیم و

کلر بسته به میزان جذب گیاه عامل محدود کننده است.

گروه شماره ۲:

در صورت عدم وجود زهکش کافی برای رشد گیاهانی که محدودیت گسترش ریشه دارند مناسب نیست.

گروه شماره ۳:

برای کشت‌های گلخانه‌ای مناسب نیست، برای رشد گیاه در فضای باز مناسب است.

جدول ۷: گروه بندی آب آبیاری از نظر عناصر سدیم و کلر

CL	Na		EC	
m g/lit	m mol / lit	m g/lit	m mol / lit	MS/cm(25°C)
<۵۳	<۱/۵	<۳۵	<۱/۵	<۰/۵ - مناسب
۵۳-۱۰۶	۱/۵-۳	۳۵-۶۹	۱/۵-۳	۰/۵-۱ - متوسط
۱۰۶-۱۶۰	۳-۴/۵	۶۹-۱۰۳	۳-۴/۵	۱-۱/۵ - نامناسب

جدول ۸: حد میزان عناصر سدیم و کلر در آب آبیاری برای برخی از محصولات

نام محصول	حد اکثر میزان سدیم	حد اکثر میزان کلر	m mol / lit	m g/lit
Cymbidium	۰/۲	۷	۰/۲	۹
سیمبدیوم				
رز	۰/۳	۱۱	۰/۲	۹
فلفل شیرین	۰/۴	۱۴	۰/۲	۹
لوپیا	۰/۵	۱۸	۰/۳	۱۴
ژربرا	۰/۶	۲۱	۰/۴	۱۸
خیار	۰/۷	۲۵	۰/۵	۱۲
گوجه فرنگی	۰/۹	۳۲	۰/۷	۳۲

جدول ۹: طبقه بندی آب آبیاری بر اساس میزان EC سدیم، کلر و سولفات

غایظت مواد جامد و محلول						
طبقه بندی آب آبیاری	EC میکرومیکروموس	وزن نمک (ppm)	سدیم (%)	کلر (ppm)	سولفات (ppm)	(ppm)
طبقه ۱ (عالی)	۲۵۰	۱۷۵	۲۰	۴	۴	۴
طبقه ۲ (خوب)	۲۵۰-۷۵۰	۱۷۵-۵۲۵	۲۰-۴۰	۴-۷	۴-۷	۴-۷
طبقه ۳ (نسبتاً خوب)	۷۵۰-۲۰۰۰	۵۲۵-۱۴۰۰	۴۰-۶۰	۷-۱۲	۷-۱۲	۷-۱۲
طبقه ۴ (متوسط)	۲۰۰۰-۳۰۰۰	۱۴۰۰-۳۱۰۰	۶۰-۸۰	۱۲-۲۰	۱۲-۲۰	۱۲-۲۰
طبقه ۵ (نامناسب)	۳۰۰۰<	۲۱۰۰<	۸۰<	۲۰<	۲۰<	۲۰<

جدول ۱۰: خطر سدیم و میزان SAR و توصیه‌ها

میزان SAR	میزان سدیم آب	توصیه‌ها
۱-۱۰	پایین	برای گیاهان زراعی حساس باید محتاطانه عمل نمود
۱۰-۱۸	متوسط	نیاز به گچ و آبشویی می‌باشد
۱۸-۲۶	بالا	نامناسب برای آبیاری درازمدت
>۲۶	خیلی بالا	نامناسب برای آبیاری

نقش کیفی آب در تولید محصولات گلخانه‌ای

بطور کلی آبهای حاوی مقادیری از نمکهای محلول و میزان ناچیزی از عناصر در اثر حل شدن نمکهای خاک در آن بوجود می‌آیند. ارتباط مابین کیفیت آب آبیاری و حاصلخیزی خاک و آگاهی از آن مارا به سوی مدیریت بهتر از این دو منبع و عملکرد بهینه سوق می‌دهد و ملزم به توجه خاص به جنبه‌های کیفی آب می‌کند. از مهمترین املاح محلول در آبهای آبیاری می‌توان کاتیونهای کلسیم، مسیم، سدیم و پتاسیم و آئیونهای کربنات، بیکربنات، سولفات، کلرور، نیترات، سیلیکات و بالاخره بر را نام برد. مقادیر خیلی جزئی و نامحسوس از سایر عناصر در آبهای آبیاری نیز یافت می‌شوند که جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

البته باید مذکور شد آزمایشات تجربی آب و خاک جهت مدیریت حاصلخیزی خاک کافی نمی‌باشد. آزمایشات توأم آب و خاک و تفسیر آن است که می‌تواند راهگشا بوده و ما را به سوی یک برنامه ریزی صحیح در راستای بهره‌وری از این منابع ارزشمند راهنمایی کند.

بطور مثال میزان عملکرد برخی محصولات در مقابل شوری (EC) آب آبیاری و عصاره اشبع خاک در جدول ذیل آمده است.

جدول ۱۱: حد عملکرد برخی محصولات در مقابل شوری (EC) آب آبیاری

نوع محصول	پتانسیل عملکرد	%۵۰	%۷۵	%۹۰	%۱۰۰
خیار	EC _W	۴/۲	۲/۹	۲/۲	۱/۷
گوجه فرنگی	EC _S	۷/۳	۴/۴	۳/۳	۲/۵
توت فرنگی	EC _W	۵	۳/۴	۲/۳	۱/۷
فلفل	EC _S	۷/۶	۵	۳/۵	۲/۵
کاهو	EC _W	۱/۷	۱/۲	۰/۹	۰/۷
طالبی	EC _S	۲/۵	۱/۸	۱/۳	۱
	EC _W	۳/۴	۲/۲	۱/۵	۱
	EC _S	۵/۹	۳/۸	۲/۵	۱/۷
	EC _W	۳/۴	۲/۱	۱/۴	۰/۹
	EC _S	۵/۲	۳/۲	۲/۱	۵/۲
	EC _W	۶/۱	۳/۸	۲/۴	۱/۵
	EC _S	۹/۱	۵/۷	۲/۶	۲/۲

EC بر حسب دسی زیمنس بر متر می‌باشد.

نتیجه‌گیری

وضعیت موجود کیفیت منابع آب کشور و مصرف آن در تولید محصولات گلخانه‌ای از مسائل مهمی است که در توسعه و بهره‌برداری گلخانه‌ها نقش اساسی دارد. در این زمینه وجود عناصری نظری سدیم، کلر، نمک (شوری)، بیکر نبات و سولفات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است به گونه‌ایکه در طبقه بندی و آنالیز شیمیایی آب آبیاری نقش تعیین کننده‌ای دارد. همچنین از مهمترین املاح محلول در آبهای آبیاری می‌توان کاتیونهای کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم و آنیونهای کربنات، بیکربنات، سولفات، کلرور، نیترات، سیلیکات و بالاخره بر را نام برد.

از آنجا که کیفیت آب آبیاری در تولید کمی و کیفی محصولات گلخانه‌ای موثر است و از سویی در شرایط خاک کشت در ارتباط با عصاره اشباع خاک و تجمعیع املاح وشوری در خاک قرار دارد، لذا ایجاب می‌نماید با عنایت به امکانات، ظرفیتها و توانمندیهای فنی، اقتصادی، ساختاری و بهره‌برداری، با اتخاذ تمهیدات و روشهای کاربردی مناسب نسبت به اصلاح و بهبود شرایط در بهره‌برداری و مصرف آب در پروسه تولید اقدام نمود. بطوریکه با ارتقاء وضع موجود منابع آب و خاک از حداکثر ظرفیت تولید بهره جست. این روشهای شامل اقدامات زراعی، شیمیایی، زیربنایی و فیزیکی است که در راهکارهای اجرایی بدان اشاره خواهد شد.

راهکارهای اجرایی در مدیریت مصرف آبهای با کیفیت پائین و متوسط

۱ - انتخاب گیاه

درهنگام استفاده از آبهای نسبتاً شور و متوسط ، برای جلوگیری از کاهش شدید محصول باید گیاه مقاومی را انتخاب نمود که در جدول قبلی به آنها اشاره شد. البته انتخاب گیاه مقاوم به مفهوم انصراف از شستشوی خاک یا اعمال روشهای دیگر نمی‌باشد.

۲ - استفاده از کودهای آلی

افزایش موداد آلی از راههای اساسی در بهبود کیفی منابع خاک و کاهش اثرات منفی آب آبیاری در تولید محصولات بویژه گلخانه‌ای است. مواد آلی در خاک معمولاً باعث کاهش شدید شوری شده و بر روی خواص فیزیکی آن (بافت - نفوذپذیری) موثر است. طبقه‌بندی خاک از نظر مواد آلی بشرح ذیل است:

جدول ۱۲: طبقه‌بندی خاک از نظر میزان مواد آلی

میزان مواد آلی	طبقه بندی
<٪/۰.۸۶	پایین
٪/۰.۸۶ - ٪/۱.۲۹	متوسط
>٪/۱.۲۹	بالا

همچنین بالا بودن میزان مواد آلی در خاک موجب کاهش PH در خاک و جذب بهتر عناصر و افزایش کارآیی مصرف آب در گلخانه می‌گردد. افزودن مقادیر انواع موادآلی به خاک برای کاهش یک واحد PH در واحد سطح به شرح ذیل است:

جدول ۱۳: مقدار مواد مؤثر در کاهش یک واحد PH خاک

نوع	کیلوگرم در متر مربع
پیت	۱/۵
کمپوست	۷/۵
کود سبز	۲/۷

۳ - کوتاه کردن فاصله بین آبیاریها

کوتاه کردن فاصله زمانی بین آبیاریها باعث افزایش متوسط رطوبت خاک شده و غلظت نمک به حدی نخواهد رسید که برای گیاه زیان آور باشد. زیرا با تبخیر و مصرف آب بوسیله گیاه غلظت نمک در محلول خاک افزایش می- یابد و قبل از آبیاری غلظت نمک حداکثر و بلا فاصله پس از آبیاری غلظت آن در محلول به حداقل خود می‌رسد.

۴ - شستشوی خاک

نمکهای محلول خاک را که در لایه سطحی تجمع پیدا می‌کنند می‌توان از طریق وارد کردن آب اضافی از دسترس ریشه‌ها دور نمود. در این صورت لازم است در زمان کاشت یک آب سنگین به زمین داده شود تا خاک بخوبی شستشو شود. آبیاری قبل از کشت باید بیش از انجام هرگونه عملیات آماده سازی زمین صورت گیرد.

۵ - انتخاب محل کشت بذر یا نشاء

سبز شدن بذر در هنگام آبیاری با آب با کیفیت متوسط و پائین یکی از مشکلات عمدۀ است. از آنجا که مجموع املاح در مرکز پشته‌ها خواهد بود توصیه می‌شود گیاه تا حد امکان از محل مرکز پشته‌ها در روش جوی و پشته‌ای دور باشد. معمولاً توصیه می‌شود از کشت تک ردیفی روی پشته‌ها خودداری شده و بجای آن دو ردیف بذر گیاه در نزدیک خطوط داغ آب طرفین کشت گردد.

۶ - تغییر روش آبیاری

به غیر از آبیاری غرقابی برای آبشوئی خاک توصیه می‌گردد از روش آبیاری قطره‌ای و بابلر در گلخانه‌ها استفاده شود که مستلزم طراحی و برنامه‌ریزی آبیاری مناسب است.

۷ - تغییر کیفیت آب

آلی اگر منابع مختلفی در اختیار است که کیفیت آب آنها متفاوت است توصیه می‌شود که آبیاری زمین بطور متفاوت با آب شیرین و شور صورت گرفته یا آبها در استخر محلول و سپس استفاده شود.

۸ - زهکشی

در مناطقی که سطح آب زیرزمینی بالاست و یا لایه‌های غیرقابل نفوذ تا عمق ۱/۵ متری خاک وجود دارد عدم وجود زهکش‌های سطحی و زیرزمینی غالباً کنترل شوری و املاح را با اشکال مواجه می‌سازد. وجود زهکش‌های مناسب موجب می‌شود تا از تجمع آب و املاح در مناطق پست زمین جلوگیری شود.

۹- استفاده از لوله‌های آبرسانی در انتقال آب

تبخیر از سیستمهای آبرسانی باعث بالا رفتن غلظت نمک در آنها می‌گردد. اگر انتقال آب بطريق کanal و استخرهای ذخیره آب باشد غلظت نمک آب آبیاری به مرور زمان افزایش خواهد یافت. استفاده از سیستم لوله گذاری در انتقال آب علاوه بر کاهش تبخیر آب از تلف شدن آب نیز جلوگیری می‌کند.

۱۰- افزودن کلسیم به آبهای با کیفیت قلیایی، در خاکهای فاقد گچ

۱۱- افزودن اسید به آب

کاهش PH آب آبیاری با استفاده از اسید فسفریک ۷۵-۸۵٪، اسید سولفوریک ۳۵٪، اسید نیتریک ۶۷٪/و یا مخلوط ۵۰ = اسید فسفریک و اسید سولفوریک. محاسبه نیاز و روش کار ضروری است و باید از لوازم پلاستیکی استفاده تا باعث خورنده‌گی در قطعات نشود.

۱۲- شیستشوی مخازن ذخیره (حوضچه‌ها و استخرهای ذخیره آب) چند بار در سال

۱۳- فیلتراسیون

بسته به نوع تکنولوژی و میزان شوری و املاح آب می‌بایست بررسی های اقتصادی لازم صورت گیرد . بدیهی است به لحاظ ارزش بالای آب فیلتر شده می‌بایست حتی المقدور از روش کشت بدون خاک در تولید استفاده نمود و از آب برگشتی حداکثر استفاده را برد.

منابع

- ۱- شرکت مهندسین مشاور جاماب ۱۳۸۰- ستز طرح جامع آب کشور
- ۲- عالیی، مسعود ۱۳۸۴- گلخانه‌های تولید سبزی و صیفی و تحلیلی بر وضع موجود در ایران
- ۳- علیزاده، امین ۱۳۶۳ - کیفیت آب در آبیاری. استان قدس
- 4- Aryes R.S and D.W.Westcot 1976 Water Quality for Agriculture.Irrigation and Drainage paper no 29. food and Agriculture Organization of the United Nations Rome.
- 5- Foundation for the Development of Agricultural Education & Training- 6400 AB Wageningen, 2000 The Netherlands.
- 6- Greenhouses, Advanced Technology For Protected Horticulture, Joe, j. Hanan. Port EneritusColorado state university For collins, colorado, 1998
- 7- Greenhouse New Sletter, Augest/ 1992
- 8- Pasian, C.C.Water Quality For Floriculture crops, HYG 1249-96 htm.
- 9- Practical Training Centre for Agricultural Engineering, Horticulture, Floristry & Food Processing, IPC Plant. Innovation & Practical Training Centre For Crop Production & Food Processing, 2000 Zandlan 25-29 Ede, The Netherlands.
- 10- Rowe, D.R and I.M.Abdel-Majid 1995. Hand book of Wast Water Reclamation and Reuse. CRC press, Inc. 550 p
- 11- Thomas F.S.B. Seeling and D Franzen 1996 . Soil, water and Plant Charactrtistics Important to Irrigation. North Dakota State University (EB-66)

اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای

۱۳۸۶ مهرماه ۲۶

بررسی کیفیت آب آبیاری در کشت محصولات گلخانه‌ای منطقه سیستان

محمد علی نجعی مقدم و حجت‌الله خطیب^۱

چکیده

منطقه سیستان با بیش از ۱۵ هزار کیلومتر مربع مساحت در شمال شرقی استان سیستان و بلوچستان واقع شده است. سیستان با قدمت پنج هزار ساله $\frac{۶۷}{۲}$ درصد از اراضی کشاورزی استان را به خود اختصاص داده است. شرایط خاص اقلیمی منطقه سیستان از قبیل نزولات جوی اندک، اختلاف زیاد دمای شب و روز، تبخیر شدید، وزش مداوم بادهای فرساینده، بالا بودن سطح آب زیرزمینی و شور شدن اراضی بدلیل بکارگیری روش‌های آبیاری سنتی در کشت‌های منطقه و غیره از یک طرف و وابستگی شدید حیات اقتصادی مردم سیستان به جریان رودخانه هیرمند (تنها منبع آب دشت سیستان) که نوسانات شدید آن گاهی خشکسالیهای طولانی مدت و گاهی سیلابها و طغیانهای رودخانه را به همراه دارد، باعث شده که توسعه روزافزون کشت محصولات گلخانه‌ای در منطقه با هدفهایی از قبیل افزایش محصول در واحد سطح و بهره برداری بهینه از منابع آب و خاک بیش از پیش ضروری به نظر برسد. شرایط رشد ویژه و حساسیت محصولات گلخانه‌ای در برابر فاکتورهای مختلف، ضرورت شناسایی و بررسی عوامل تاثیر گذار بر رشد محصولات گلخانه‌ای را در نیل به اهداف توسعه این کشت‌ها در منطقه اجتناب ناپذیر می‌کند. کیفیت آب آبیاری از عواملی است که نقش موثری در تولید محصولات گلخانه‌ای دارا می‌باشد. در حالیکه پرورش دهنده‌گان محصولات گلخانه‌ای در تولید محصول به اندازه کافی به این عامل اهمیت نمی‌دهند. خصوصیات کیفی آب آبیاری به ۳ دسته خصوصیات فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی تقسیم‌بندی می‌شوند. خصوصیات فیزیکی شامل میزان مواد معلق موجود در آب آبیاری و درجه حرارت آب است. خصوصیات بیولوژیکی شامل جلبکها، میکروبها و موجودات زنده بیماریزا در آب آبیاری می‌باشد و خصوصیات شیمیایی شامل نمکهای محلول، میزان سدیم، کربناتها، بیکربناتها و مواد سمی می‌باشد.

با توجه به کمبود آب موجود در منطقه سیستان خصوصاً در سالهای خشکسالی تولید کننده‌گان محصولات گلخانه‌ای منطقه کمتر به عامل کیفیت آب آبیاری در مراحل کشت توجه می‌کنند. این در حالی است که برخی عوامل از جمله شوری و اسیدیته موجود در منابع آب منطقه می‌تواند محدودیتها را در فرایند تولید این محصولات ایجاد کند. در این مقاله پس از بررسی کیفیت آب منطقه سیستان و مقایسه آن با مقادیر استاندارد در تولید

^۱- کارشناسان شرکت سهامی توسعه منابع آب و خاک سیستان

محصولات گلخانه‌ای، برخی از راهکارهای اصلاحی در جهت رفع مشکلات ناشی از اثر کیفیت نامناسب آب آبیاری بر محصولات گلخانه‌ای در منطقه ارایه شده است.

کلمات کلیدی: آب آبیاری، PH، شوری، قلیاییت، رودخانه سیستان، گلخانه

مقدمه

جلگه پست و هموار سیستان که حاصل رسوبگذاری رودخانه‌ی هیرمند می‌باشد از قدیم‌الایام و به برکت جریان رودخانه‌ی هیرمند یکی از مناطق عمده‌ی کشاورزی فلات ایران محسوب می‌شده است و علیرغم توسعه کشاورزی در دشت‌های بزرگی چون: خوزستان، مغان و ایران مرکزی، نه تنها از اهمیت اقتصادی- اجتماعی این دشت در ابعاد ملی و نقش فعالیت‌های کشاورزی در اقتصاد منطقه و معیشت مردم آن کاسته نشده بلکه بنا به موقعیت زئوپلیتیکی و قومی و فرهنگی خاص سیستان در شرق کشور به ویژه در دو، سه دهه‌ی اخیر مورد توجه خاص دولت‌ها قرار گرفته است. ولی تنگناها و محدودیت‌های اقلیمی نظیر آب و هوای گرم و خشک توأم با جریان تقریباً دائمی باد، میزان تبخیر بسیار زیاد (متوسط ۴۸۰۰ میلیمتر در سال)، فرسایش خاکها و حرکت شن‌های روان و عدم بارندگی کافی (کمتر از ۶۰ میلیمتر در سال) به همراه محدودیت‌های منابع آب و خاک از جمله: نوسانات سالانه جریان آب رودخانه‌ی هیرمند که گاه با طغیان و سیلان‌های مخرب، بخش بزرگی از روستاهای، مزارع و خاکهای زراعی را نابود می‌کند و گاهی با کاهش شدید و حتی قطع جریان آب، حیات مردم منطقه را تهدید می‌کند با عوامل دیگری نظیر کمبود آب در طول فصل کشت، نا مطلوب بودن کیفیت آب و نداشتن استاندارد های لازم، توجه به شیوه‌های سنتی تولید و عدم بکارگیری شیوه‌های نوین، عدم زهکشی مناسب و زهدار شدن اراضی، محدودیت زمین و سایر موارد محدود کننده، شرایط ناپایداری را برای توسعه‌ی فعالیت‌های کشاورزی و سرمایه‌گذاری در این بخش فراهم آورده است.

شروع کشت‌های گلخانه‌ای محدود در اوخر دهه‌ی ۷۰ هجری شمسی با رویکرد استفاده‌ی بهینه از منابع آب و خاک و نتایج مثبت حاصله از آن باعث شد که توسعه‌ی کشت‌های گلخانه‌ای در منطقه شتاب بیشتری به خود بگیرد. حساسیت بیشتر محصولات کشت شده در محیط گلخانه در برابر عوامل مختلف محیطی و غیر محیطی در مقایسه با کشت‌های عادی و نوپا بودن کشت‌های گلخانه‌ای در منطقه لزوم بررسی عوامل تاثیرگذار بر کشت محصولات را در جهت رسیدن به حداقل عملکرد بیش از پیش اجتناب ناپذیر می‌سازد. کیفیت آب آبیاری از عواملی است که نقش مؤثری در تولید محصولات گلخانه‌ای دارا می‌باشد و کمتر توسط تولید کنندگان محصولات گلخانه‌ای به آن توجه می‌شود. در حالی که برخی عوامل از جمله شوری و اسیدیته موجود در منابع آب منطقه می‌تواند محدودیت‌هایی در فرایند تولید این محصولات ایجاد کند.

کشت محصولات گلخانه‌ای در سیستان

با توجه به محدودیت‌های ذکر شده موجود در منطقه، شروع کشت‌های گلخانه‌ای بدلیل مزیتهای فراوان و همراه داشتن اثرات اصلاحی در کشاورزی منطقه از جمله امکان کشت در محیط بسته و قابل کنترل و به تبع آن

حذف برخی شرایط نامساعد اقلیمی، استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای، ایجاد تنوع و تفاوت در نوع محصولات تولیدی، عملکرد بسیار زیاد در قیاس با کشتهای معمولی و غیره سبب شد که این کشتها به سرعت توسعه کشاورزان منطقه مورد توجه قرار گیرد به گونه‌ای که در حال حاضر حدود ۷۰۰ واحد گلخانه‌ای ۵۴۰ متر مربعی (۳۷۸۰۰۰ متر مربع) در منطقه سیستان وجود دارد که حدود ۹۵ درصد سطح زیر کشت آنها به خیار گلخانه‌ای و ۵ درصد دیگر به محصولات دیگری نظیر گوجه فرنگی، توت فرنگی و غیره اختصاص یافته است.

توسعه روزافزون کشت محصولات گلخانه‌ای و محدودیت منابع آب و خاک در منطقه ایجاب می‌کند که نقش پارامترهای تاثیرگذار بر این کشتها توسعه پژوهشگران و مراکز تحقیقاتی بررسی و نتایج حاصل از آن در راستای مدیریت بهینه بهره‌برداری از منابع آب و خاک در اختیار تولیدکنندگان قرار گیرد. کیفیت آب آبیاری به دلیل نقش موثر در عملکرد بهتر محصولات گلخانه‌ای از طریق تاثیر بر محلول خاک و در اختیار قرار دادن مواد مغذی مورد نیاز گیاه به عنوان یک پارامتر مهم باید در نظر گرفته شود و مورد بررسی قرار گیرد.

خواص کیفی آب آبیاری

خصوصیات کیفی آب آبیاری به سه دسته تقسیم می‌شود: فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی. خصوصیات فیزیکی مهم شامل مواد معلق و درجه حرارت است.

کدر بودن یا مقدار ذراتی که بصورت معلق در آب وجود دارد ممکن است مانع از مصرف آب برای کشاورزی گردد. ذرات جامد موجود در آب نظیر ذرات خاک می‌تواند در سیستم توزیع آب خصوصاً در گلخانه که سیستم قطره‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد تولید اشکال کند و باعث بسته شدن نازلهای آبیاری و سائیدگی تجهیزات آبیاری شود. درجه‌ی حرارت آب آبیاری می‌تواند در گلخانه و خصوصاً برای تولید کنندگان گیاهان برگسازه‌ای عامل مهمی باشد، چرا که دماهای بالا یا پائین سبب ایجاد لکه برگی و کاهش ارزش و کیفیت این گیاهان می‌شود. خصوصیات بیولوژیکی مهم شامل جلبکها، میکروبها و سایر ارگانیسمهای بیماری زا است. جلبک و میکروبها نیز ممکن است سبب بسته شدن نازلهای سیستم آبیاری شوند.

آنچه از نظر کشاورزی در رابطه با کیفیت آب مطرح می‌باشد غلظت و ترکیبات مواد حل شده در آب است که بیشترین تأثیر را بر رشد گیاه یا خصوصیات خاک دارا می‌باشد. به طور کلی کیفیت آب آبیاری را می‌توان به وسیله‌ی خصوصیات شیمیایی ذیل مورد بررسی و ارزیابی قرار داد: شوری یا غلظت کل نمکهای حل شده در آب، سدیمی بودن یا غلظت سدیم موجود در آب با سایر کاتیونها، ترکیبات آنیونی آب بویشه غلظت کربناتها و بسی کربناتها و غلظت دیگر عناصری که ممکن است برای رشد گیاه سمی باشد.

با توجه به موارد مذکور برخی از پارامترهایی که در کشت محصولات گلخانه‌ای اهمیت بیشتری دارند عبارتنداز: غلظت کل نمکهای محلول در آب، سختی آب، غلظت سدیم و کلرواسیدیته. در شرایط خاص عناصری نظیر آهن، بور و فلورا ید نیز به عنوان پارامترهای مهم در نظر گرفته می‌شوند. خصوصیات شیمیایی نظیر خصوصیات فیزیکی و بیولوژیکی ممکن است در طول فصل متغیر باشند خصوصاً اگر منبع آب مورد استفاده، آب زیرزمینی بوده و در اثر استفاده سطح ایستابی آب زیرزمینی نیز پائین رود جدول (۱).

جدول ۱: مقادیر استاندارد پارامترهای کیفی آب آبیاری در محصولات گلخانه ای (۲۰۰۶ آرکانزاس)

تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از بررسی کیفیت آب رودخانه سیستان

با توجه به بررسیهای رئوفیزیک انجام شده در دشت سیستان در نتیجه قابلیت اندازه گیری سازی در دشت سیستان و عدم استحصال آب زیرزمینی، تشکیل سفره آب زیرزمینی در دشت منطقی تشخیص داده شده است. تنها میزان محدودی آب زیر سطحی در منطقه وجود دارد که تجزیه شیمیایی این آبهای نشان دهنده کیفیت بسیار نامطلوب آنهاست. این آب کم و بیش قلیایی و اسیدیته آن بین $7/7$ و $8/7$ متغیر است. در نتیجه آبهای بسیار محدود زیرسطحی در دشت علاوه بر گنجایش ویژه کم، به علت شوری و میزان سختی زیاد از نظر مصارف آبیاری غیر قابل استفاده می‌باشد. تنها منبع آب دشت سیستان جریات رودخانه هیرمند و تنها منبع آب سطحی مورد استفاده در مصارف کشاورزی منطقه در هنگام ترسالی رودخانه سیستان و در هنگام خشکسالی منابع آب موجود در مخازن چاه نیمه می‌باشد. با توجه به اینکه منابع آب موجود در مخازن چاه نیمه همواره مورد تایید بوده است در اینجا به آن پرداخته نمی‌شود. رودخانه سیستان از رودخانه هیرمند سرچشمه گرفته و طول این رودخانه 70 کیلو متر است. به علت اینکه بر روی رودخانه سیستان ایستگاه‌های هیدرومتری مشخصی وجود ندارد از آمار موجود کیفیت آب رودخانه سیستان در ایستگاه سد کهک طی سالهای 1349 تا 1371 با حدود 286 نمونه از آب استفاده شده است. جدول (۲) میانگین پارامترهای کیفی آب رودخانه سیستان و جدول (۳) نتایج محاسبات حاصل از تجزیه شیمیایی رودخانه سیستان را نشان می‌دهند.

جدول ۲: میانگین پارامترهای کیفی آب رودخانه سیستان

متوسط	حداقل	حداکثر	شاخص کیفیت
۷۵۶	۳۲۳	۱۵۰۳	EC میکرو موس برسانی متر
۴۸۸	۲۰۹	۹۶۸	T.D.S میلی گرم در لیتر
۸/۱	۷/۱	۹/۲	PH
۲	۰/۶	۴/۱	Ca (meq/lit)
۲/۴	۰/۹	۴/۲	Mg (meq/lit)
۳/۱	۰/۲	۸/۶	Na (meq/lit)
۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۱۸	K (meq/lit)
۰/۰۸	۰	۱/۶	Co3 (meq/lit)
۳/۳	۰/۸	۵	Hco3 (meq/lit)
۲	۰/۶	۵/۴	Cl (meq/lit)
۲/۰۲	۰/۴۰	۵/۹۸	So4 (meq/lit)

فراآنترین و عمده ترین کاتیونهای موجود در جریانهای سطحی منطقه کلسیم، منیزیم و سدیم می‌باشد. از این میان کاتیون سدیم اصلی ترین بخش را در بعضی محدودیتهای آبیاری بر عهده دارد. میزان آنیونهای بسیار کربنات، سولفات و کلر نیز از عوامل تعیین کننده کیفیت آب آبیاری در منطقه سیستان می‌باشد.

جدول ۳: نتایج محاسبات حاصل از تجزیه شیمیایی رودخانه سیستان

SAR mg/lit	کاتیون/آنیون mg/lit	ESP mg/lit	RSC mg/lit	مقدار شاخص
۵/۳۵	۰/۹۸۷	۶	-۱/۷۰	ماکریم
۱/۷۵	۰/۹۸۲	۱/۲۵	-۰/۵۷	متوسط
۰/۱۸	۰/۹۷	-	-۰/۷۰	مینیم

شوری

میزان مناسب EC آب در گلخانه $300 - 0$ میکرو موس در سانتی متر با حداقل مجاز 1250 میکرو موس در سانتی متر و TDS مطلوب $192 - 0$ ppm ا حداقل غلظت مجاز 800 ppm است. با توجه به مقادیر متوسط و حداقل EC و TDS در آب رودخانه سیستان (جدول شماره ۳) محدودیت نسبتاً متوسطی از نظر شوری در آب رودخانه سیستان برای کشت‌های گلخانه‌ای وجود دارد. در اثر آبیاری با چنین آبی و جذب آب توسط ریشه‌ها غلظت نمک در محلول خاک افزایش یافته و مقدار آن به 2 تا 5 برابر غلظت آب آبیاری می‌رسد در نتیجه ممکن است منجر به ایجاد مشکلاتی از قبیل عدم یکنواختی در رشد ، ظهور آثار سوختگی در حاشیه برگها و نکروزه شدن و در نهایت ریزش برگها شود . در عین حال باید توجه داشت این علایم فقط زمانی مشاهده می‌شوند که شوری از حد مجاز تجاوز کند. در هنگام استفاده از روش آبیاری قطره‌ای میزان غلظت نمک در محلول خاک تقریباً ثابت می‌ماند و برای جز آبشویی $1/1$ حدوداً $2/5$ برابر غلظت آبیاری است و صدمه ناشی از آن به مراتب کمتر از آبیاری کرتی است. با توجه به اینکه در بیش از 95 درصد کشت‌های گلخانه‌ای منطقه سیستان از آبیاری قطره‌ای استفاده می‌شود توصیه می‌گردد قبل از کشت در سال بعد نمکها با انجام یک آبیاری عمیق سطحی شسته شوند.

قلیاییت

اندازه کل کربناتها ، بی کربناتها و یونهای هیدروکسیل می‌باشد و هنگامی که مقدار کربناتها و بی کربناتهای محلول افزایش یابد قلیاییت نیز افزایش می‌یابد. آب آبیاری با قلیاییت خیلی زیاد (400 ppm کربنات کلسیم) PH محلول خاک را بیش از اندازه افزایش می‌دهد. در این موقع با کاربرد اسید مناسب PH را می‌توان به یک سطح مناسب تقلیل داد. در هنگام استفاده از آب آبیاری با قلیاییت زیاد (100 ppm کربنات کلسیم) نیز باید کودهای محلول اسیدی را بیشتر از کودهای کلسیمی بکار برد. محدودیت قلیاییت در آب رودخانه سیستان برای کشت‌های گلخانه‌ای به دلیل پایین بودن مقدار متوسط SAR اندک می‌باشد.

اسیدیته

آب آبیاری نمی‌تواند به عنوان یک معیار کیفی مورد استفاده قرار گیرد زیرا خاک متعادل کننده PH است. اما چون در تعیین معیارهای کیفی آب برای استفاده در آبیاری قطره‌ای PH نقش اساسی دارد تو صیه می‌شود که آب نیز مانند سایر معیارهای مهم اندازه گیری شود PH مطلوب برای کشت‌های گلخانه‌ای $5/2 - 6/8$ با حداقل مجاز 8 می‌باشد. آب رودخانه سیستان با متوسط $8/1 = PH$ از نظر اسیدیته برای آبیاری قطره‌ای محدودیت دارد.

سدیم

آب آبیاری با غلظت زیاد سدیم بدلیل اثر سدیم بر خاک و ایجاد خطر شوری برای محصولات گلخانه‌ای قابل اهمیت می‌باشد. علیرغم وجود ترکیبات سدیم فراوان در خاکهای منطقه و غلظت زیاد سدیم موجود در آب رودخانه سیستان ولی به علت پایین بودن مقادیر SAR موجود در آب رودخانه سیستان این آب برای کشت محصولات گلخانه‌ای مناسب می‌باشد. در عین حال استفاده پیوسته از آب آبیاری با غلظت سدیم زیاد باعث تخریب ساختار فیزیکی خاک می‌شود. با افزودن مقادیر کافی منابع کودی کلسیم و منیزیم به خاک به دلیل اثر معکوس و متقابل این کاتیونها در برابر کاتیون سدیم می‌توان به ایجاد شرایط مناسب در خاک کمک قابل توجهی نمود.

کلر

آبهای کلره غالباً بسیار شورند. غلظت زیاد کلر غالباً با غلظت زیاد سدیم همراه است. کلر نظیر سدیم مستقیماً برای گیاه سمی است. آب منبع مهمی برای ایجاد مشکلات ناشی از غلظت زیاد کلر در محلول خاک می‌باشد. با این وجود برخی منابع کودی از قبیل کلرید پتاسیم نیز می‌تواند مشکلات ناشی از غلظت زیاد کلر در محلول خاک را ایجاد کنند. مقادیر کلر موجود در آب رودخانه سیستان از حد مجاز مورد پذیرش در محصولات گلخانه‌ای بیشتر می‌باشد ولی کاربرد این آب بعلت وجود مقادیر فراوان سدیم زیاد در خاکهای منطقه محدودیت زیادی ایجاد نمی‌کند.

ساختمان عناصر کم مصرف

عناصر کم مصرف در تعیین کیفیت آب آبیاری نقش اساسی ندارند زیرا در طی نفوذ آب به داخل خاک، این عناصر رسوپ کرده یا جذب ذرات خاک می‌گردند و فعالیت خود را از دست می‌دهند. در آزمایشات کیفی آب رودخانه سیستان غلظت عناصر کم مصرف اندازه گیری نشده است.

نکاتی در جهت اصلاح کیفی آب آبیاری در گلخانه

کیفیت آب آبیاری باید قبل از کشت و در طول دوره کشت به صورت دوره‌ای کنترل شود زیرا خواص شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی آب آبیاری ممکن است در طول یک سال به طور قابل ملاحظه ای تغییر کند. هنگامی که غلظت یک عنصر در آب آبیاری بالاتر از حد مجاز باشد برای برطرف کردن این مشکل می‌بایست مقدار این عنصر را در منابع کودی کاهش داد.

بالا بودن مقادیر نتایج آزمون کیفی آب نسبت به حد مجاز به معنای غیر قابل استفاده بودن آب ذکر شده نیست بلکه ممکن است نیاز به تیماری خاص یا تغییر در میزان کود مصرفی داشته باشد.

آب با PH قلیایی و قلیاییت زیاد

جهت مطلوب کردن این آب برای آبیاری از یک اسید مناسب و تزریق آن در آب آبیاری استفاده می‌شود. برای این کار اسید فسفریک بدلیل ایمن بودن بیشتر از اسید سولفوریک و اسید نیتریک بکار می‌رود. اسید سولفوریک و

اسید نیتریک معمولاً هنگامی بکار می‌رond که میزان قلیاییت آب بیش از ۳۰۰ ppm باشد زیرا کاربرد اسید فسفریک در این هنگام باعث ایجاد مقادیر بیش از اندازه فسفر برای گیاه می‌شود. تزریق اسید در آب آبیاری هنگامی انجام می‌شود که میزان قلیاییت آب بیشتر از ۱۰۰ ppm باشد.

آب با مقادیر شوری زیاد

یکی از روشها در به حداقل رساندن خطرات ناشی از شوری آب افزودن آب شیرین به آب شور در یک حوضچه و رقیق کردن شوری به اندازه کافی است. راه حل دیگر مدیریت در استفاده درست از احجام آب آبیاری است. با وجود اینکه میزان آبشویی به جهت جلوگیری از اتلاف منابع کودی و منابع آب نباید بیش از اندازه باشداما می‌توان با افزایش جزء آبشویی قابلیت استفاده از آب با شوری زیاد را بهبود بخشد. تولید کنندگانی که منبع آب با هدایت الکتریکی بیش از حد مجاز را مورد استفاده قرار می‌دهند نباید اجازه دهنده که سطح خاک خشک گردد در غیر اینصورت نمکهای محلول خاک افزایش می‌یابد و باعث ایجاد صدمه به گیاه می‌شود. علاوه بر این باید از بکار بردن منابع کودی با شاخص نمک پایین بیشتر استفاده کنند.

مواد معلق

برای زدودن مواد معلق از آب باید فیلتراسیون استاندارد آب انجام گیرد. مواد معلق را می‌توان با نصب فیلتر مناسب در سیستم آبیاری به راحتی از آب آبیاری جدا کرد.

منابع

- ۱- حاج رسولیها، ش. و م. ر. داهی (مترجم)، ۱۳۸۲: "کیفیت آب برای کشاورزی" ، مرکز نشر دانشگاهی .
 - ۲- شینبرگ، ا. و ا. علیزاده (مترجم)، ۱۳۷۷: "کیفیت آب در آبیاری" ، انتشارات آستان قدس رضوی، شرکت بهنشر.
 - ۳- راشکی، ج.، م.ع. نخعی مقدم و م. عسکری، ۱۳۸۱: "راهنمای کشت محصولات گلخانه‌ای" ، سازمان عمران سیستان.
 - ۴- "طرح بیابانزدایی و تثبیت ماسه‌های روان سیستان" ، ۱۳۸۰، اداره کل منابع طبیعی سیستان و بلوچستان.
 - ۵- مهندسین مشاور تهران سحاب ، ۱۳۷۱: طرح مطالعات بهره برداری بهینه از آب رودخانه هیرمند، شرکت سهامی آب منطقه ای سیستان و بلوچستان.
- 6- Ayres, R.S. and D.W.Westcot. 1976. Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage Paper No. 29. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- 7- Hoffman, G.S., R.S. Ayers, E.J. Doering and B.L.McNeal. 1980. Salinity in Irrigated Agriculture.
- 8- James, R. and G. Kingaman. 2006. Irrigation Water for Greenhouses and Nurseries. University of Arkansas Cooperative Extension Service.

اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای

۱۳۸۶ مهرماه ۲۶

کود آبیاری محصولات گلخانه‌ای

ژاله وزیری و پروانه کاظمی^۱

چکیده

کاربرد توأم آب و کود، "کود آبیاری" نامیده می‌شود. کود آبیاری با سهمی که در افزایش قابل ملاحظه عملکرد محصولات داشته، تحول چشمگیری در کشاورزی مدرن ایجاد نموده است. فواید عمدہ کود آبیاری را می‌توان در افزایش کارآیی مصرف کود، کاربرد دقیق عناصر غذایی بر اساس نیاز گیاهان، استفاده آسان کودهای شیمیایی مرکب و محلول‌های غذایی آماده شامل عناصر غذایی کم مصرف (ریزمغذی)، تنظیم آسان‌تر و پایش (مونیتورینگ) منظم مدیریت کوددهی، کاهش تلفات آبشویی کودها و کاهش هزینه‌های تولید خلاصه نمود. روش کود آبیاری، در سطح وسیع، در کشت‌های تحت آبیاری قطره‌ای، اجرا می‌شوند. در حال حاضر، با توسعه سامانه‌های تولید گلخانه‌ای، تمام یا بخشی از عناصر غذایی مورد نیاز محصولات سبزی، صیفی و گلهای زیستی که کشت‌های عمدہ محیط‌های تحت کنترل می‌باشند، به روش کود آبیاری به ویژه با آبیاری قطره‌ای مصرف می‌شوند. کود آبیاری به شناخت منحنی نیاز غذایی گیاه در طول دوره رشد، شیمی خاک و کود، کیفیت آب آبیاری و یکنواختی توزیع آب وابسته بوده و اجرای موفق آن نیازمند دانش فنی و تجهیزات خاص است. در این مجموعه برخی ملاحظات مرتبط با کود آبیاری محصولات سبزی و صیفی در گلخانه‌ها و محیط‌های کشت تحت کنترل بیان می‌شود.

کلمات کلیدی: کود آبیاری، سبزی و صیفی، گلخانه، محیط کشت تحت کنترل، آبیاری قطره‌ای

مدیریت کود آبیاری

موافقیت روش کود آبیاری در گلخانه‌ها و محیط‌های کشت تحت کنترل به تلفیق مناسب مدیریت‌های آب و کود وابسته است. نیاز آبیاری محصولات گلخانه‌ای عامل بسیار مهم و مؤثر در برنامه‌ریزی کود آبیاری می‌باشد، زیرا مدیریت کوددهی باید با سامانه آبیاری که با هدف تأمین نیاز آبی گیاه طراحی شده، هماهنگ شود. به علاوه، دستیابی به حداقل بهره‌وری در کود آبیاری محصولات گلخانه‌ای مستلزم شناخت نیاز غذایی و تنظیم برنامه کوددهی این محصولات در شرایط کشت در محیط‌های تحت کنترل می‌باشد و به نوع محصول، روش‌های تولید (ویژگی‌های

^۱- عضو هیات علمی (بازنیسته) مؤسسه تحقیقات خاک و آب و دانشجوی کارشناسی ارشد منابع آب دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

بستر کشت)، منابع کودهای شیمیایی، کیفیت آب آبیاری، دانش فنی و فناوری تزریق کود، تجهیزات مورد استفاده برای مصرف توأم آب و کود، پایش منظم گیاه، بستر کشت و آب آبیاری بستگی دارد.

نیاز غذایی محصولات گلخانه‌ای

گیاهان در هر محیطی که کشت شوند، برای رشد و نمو و تولید مناسب محصول به ۱۶ عنصر غذایی شامل دو گروه عمده عناصر غذایی پرمصرف و عناصر غذایی کم مصرف یا ریزمغذی نیاز دارند. عناصر پرمصرف شامل کربن، هیدروژن، اکسیژن نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و گوگرد می‌باشند و هفت عنصر دیگر که در مقایسه با عناصر پرمصرف به مقدار کمتر مورد نیاز گیاهان بوده لیکن مصرف آنها ضروری است، عناصر ریزمغذی یا کم مصرف نامیده می‌شوند. عناصر کربن، هیدروژن و اکسیژن که حدود ۹۰ درصد وزن خشک گیاه را تشکیل می‌دهند، از آب و هوا تأمین می‌شوند. گرچه فقط ۱۰ درصد از وزن خشک گیاه از عناصری چون نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد، کلسیم و... تشکیل شده است لیکن، تأمین این عناصر برای رشد و نمو گیاه، تولید و بهبود کیفیت محصول ضروری می‌باشد. بخشی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از بستر کشت یا آب آبیاری تأمین شده لیکن، بخش عمده آن با مصرف کودهای شیمیایی تأمین می‌شوند.

برنامه کوددهی محصولات گلخانه‌ای

برنامه کوددهی در روش کود آبیاری به شناخت و تعیین منحنی نیاز غذایی گیاهان در طول دوره رشد وابسته است. مقدار و زمان عرضه عناصر غذایی محصولات گلخانه‌ای و محیط‌های تحت کنترل به نوع و مرحله رشد گیاهان، نوع و نسبت کودهای مصرفی، روش تولید (نوع بستر کشت)، شرایط آب و هوای داخل گلخانه (به ویژه دمای هوای گلخانه) و مقدار آب آبیاری مصرفی بستگی دارد. نیاز غذایی گیاهانی مانند گوجه‌فرنگی، فلفل، بادمجان و توت‌فرنگی در مرحله گل‌دهی به برخی عناصر افزایش می‌یابد. این محصولات در مرحله تشکیل و رسیدن میوه به پتاسیم بیش از نیتروژن که سبب افزایش طول دوره رویشی آنان شده یا بیش از فسفر که سبب سفت شدن و کاهش آب میوه می‌شود، نیاز دارند. سبزیجات برگی در سراسر فصل رشد به نیتروژن نیاز داشته و جذب عناصر غذایی توسط آنها که در نیمه اول فصل رشد کندر است در نیمه دوم فصل رشد افزایش می‌یابد. به طور معمول، استفاده از کودهای نیتروژن که نیتروژن را به فرم نیتراته یا آمونیومی عرضه می‌نمایند، سبب افزایش رشد سبزینه، شادابی و آبدار شدن گیاه شده و برگ‌ها پهن‌تر و ساقه‌ها طویل‌تر می‌شوند. لیکن، نیتروژن نیتراته سبب سفت تر شدن گیاهان و استحکام بیشتر آنان می‌شود. بنابراین، مصرف منابع کودی آمونیومی برای سبزیجات برگی مناسب‌تر می‌باشند. کودهای شیمیایی مورد نیاز گیاهان گلخانه‌ای را می‌توان از منابع مختلف تأمین نمود. پیش نیاز انتخاب نوع کودهای جامد، حلالیت آنان در آب آبیاری و هم چنین، سازگاری کودها (اعم از جامد یا مایع) در هنگام اختلاط می‌باشد. برخی ترکیبات از جمله نیترات آمونیم، کلرید پتاسیم، نیترات پتاسیم، اوره، منوفسفات آمونیم و منوفسفات پتاسیم بسیار محلول می‌باشند. متداول‌ترین مواد شیمیایی که در کشت‌های گلخانه‌ای به عنوان کود استفاده می‌شوند و درصد عناصر غذایی موجود در آنان در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: منابع عناصر غذایی مورد استفاده در محیط‌های کشت تحت کنترل*

عنصر غذایی	منبع	درصد عنصر در منبع
نیتروژن (N)	نیترات آمونیم	۳۳/۵
	نیترات کلسیم	۱۵/۵
	نیترات کلسیم**	۷
	نیترات پتاسیم	۱۳
	اسید نیتریک	متغیر
فسفر (P)	مونوفسفات پتاسیم	۳۳
	اسید فسفریک	متغیر
پتاسیم (K)	کلرید پتاسیم	۵۰
	نیترات پتاسیم	۳۶/۵
	سولفات منیزیم پتاسیم	۱۸/۳
	سولفات پتاسیم	۴۳
(Ca) کلسیم	نیترات کلسیم	۱۹
	کلرید کلسیم	۳۶
	نیترات کلسیم**	۱۱
منیزیم (Mg)	سولفات منیزیم	۱۰
	سولفات منیزیم پتاسیم	۱۱
گوگرد (S)	سولفات منیزیم	۱۴
	سولفات منیزیم پتاسیم	۲۲
	اسید سولفوریک	متغیر
	سولفات پتاسیم	۱۸
(B) بور	برات سدیم	۲۰
	اسید بوریک	۱۷
مس (Cu)	کلرید مس	۱۷
	سولفات مس	۲۵
	نیترات مس**	۱۷
(Zn) روی	سولفات روی	۲۶
	نیترات روی	۱۷
آهن (Fe)	آهن کلاته	۵-۱۲
	(EDTA, DTPA)	
منگنز (Mn)	کلرید منگنز	۴۴
	سولفات منگنز	۲۸
	نیترات منگنز**	۱۵
مولیبدن (Mo)	مولیبدات آمونیم	۵۴
	مولیبدات سدیم	۳۹
کلرید (Cl)	کلرید پتاسیم	۵۲
	کلرید کلسیم	۶۴

* Hochmuth(1991)

البته توجه به اطلاعات واقعی مندرج در برچسب کودها که درصد عناصر موجود در کود را نشان می‌دهند، ضروری می‌باشد. از سویی همه کودهای شیمیایی قابل اختلاط نمی‌باشند. به عنوان مثال، اختلاط سولفات آمونیوم و کلرید پتاسیم در یک تانک کود، موجب تشکیل رسوب سولفات پتاسیم می‌شود. اغلب ترکیبات فسفره در غلظت بالای کلسیم و منیزیم، تشکیل رسوب می‌دهند. اختلاط پذیری محلول کودهای شیمیایی رایج در جدول ۲ ارائه شده است.

در مدیریت مصرف کود توجه به مصرف معادل کودها ضروری است. به طور معمول، عناصر غذایی نیتروژن و پتاسیم به مقدار مساوی مصرف می‌شوند و نسبت مناسب برای مصرف نیتروژن به فسفر از ۲ به ۱ یا ۴ به ۱ متغیر است. فرمول کودی $1:2:1^1$ برای اکثر محصولات گلخانه‌ای مناسب می‌باشد.

شرایط آب و هوای داخل گلخانه با اثر بر نیاز آب آبیاری گیاهان و تأثیر دما بر انتخاب منابع کودی مناسب بر تنظیم برنامه کوددهی تأثیر دارد. کودهای مورد نیاز گیاهان باید مناسب با مقدار و زمان مصرف آب آبیاری عرضه می‌شوند. در فصل سرد و دمای کمتر از ۱۳ درجه سلسیوس، نیتروژن آمونیومی می‌تواند سمیت ایجاد نماید. لذا ضروری است که در صورت فراهم نبودن امکانات برای افزایش دمای گلخانه، کمتر از ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه، به فرم آمونیوم یا اوره مصرف شود.

روش‌های تولید در گلخانه‌ها شامل دو گروه عمده کشت خاکی و کشت بدون خاک می‌باشد. کود مورد نیاز در روش اول براساس نتایج آزمون خاک تعیین می‌شود. به دلیل تفاوت مدیریت کوددهی، تهیه جداول استاندارد مشکل است. لیکن با نمونه‌برداری صحیح از خاک در زمان‌های معین، اندازه‌گیری دقیق pH، شوری (هدایت الکتریکی، EC) و مقادیر عناصر غذایی خاک و تفسیر دقیق نتایج، می‌توان از جداول راهنمای دستورالعمل‌های مندرج در برچسب کودهای تجاری استفاده نمود. جداول آزمون خاک و کنترل وضعیت تغذیه‌ای گیاه در طول فصل رشد از روی نتایج تجزیه برگ یا دمبرگ به همراه جداول استاندارد که محدوده مناسب غلظت عناصر غذایی را در گیاه نشان می‌دهند، برای ارزیابی و تعدیل برنامه کوددهی بر اساس شرایط واقعی، قابل استفاده می‌باشد.

در روش کشت خاکی، پس از تعیین کود مورد نیاز محصولات گلخانه‌ای، به طور معمول، تمام فسفر و عناصر ریزمعذی و ۲۰ تا ۴۰ درصد از نیتروژن و پتاسیم مورد نیاز گیاه قبل از کشت و بقیه به روش کود آبیاری مصرف می‌شوند. به طور معمول، برای تأمین پتاسیم از محلول نیتروژن - پتاسیم استفاده و اغلب، پتاسیم به مقدار کم در هر نوبت آبیاری مصرف می‌شود. مصرف گوگرد بیش از پتاسیم در کودآبیاری رایج است. به طور معمول، محلول تیوسولفات آمونیوم (با ۱۲٪ نیتروژن و ۳۶٪ گوگرد) که تزریق آن آسان است، مصرف می‌شود. کاربرد پتاسیم به روش کود آبیاری به ویژه در بسترهای شنی و خاک‌های با مواد آلی کم که کمبود پتاسیم وجود دارد، روش مناسبی برای تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه می‌باشد.

در روش آبکشت (هیدروپونیک)،^۱ محصولات گلخانه‌ای در بسترهای چون پیت، ورمیکولیت (رس‌های پوکه‌ای)، پشم سنگ^۲، شن، شاخ و برگ کاج یا نارگیل، پرلیت، خاک اره و یا مخلوطی از آنها کشت می‌شوند.

¹- N : P_۲O_۵ : K_۲O

²- Hydroponics

3- Rock wool

چنانچه کشت در بستری از مواد خشی انجام شود، تمام عناصر غذایی مورد نیاز باید به صورت محلول و همراه آب آبیاری تأمین شوند. در روش NFT^۱ که یکی از روش‌های آبکشت است، محلول عناصر غذایی مورد نیاز به صورت آزادانه در اطراف ریشه گیاهان حرکت کرده و گیاهان به شکل‌های متفاوت و با کمک قیم در این محلول استوار نگهداشته می‌شوند.

** به صورت مایع

به طور کلی، در شرایط آبکشت در گلخانه‌ها و محیط‌های تحت کنترل در مقایسه با مزرعه، عمق و وسعت بسترهای کشت محدود و ظرفیت نگهداری عناصر غذایی و آب در آنها کم است. بنابراین، در روش کود آبیاری باید کودهای مورد نیاز در مقادیر کم و دفعات بیشتر مصرف شوند.

جدول ۲: اختلاط پذیری کودهای شیمیایی رایج*

SOP	$N + Mg$	$PN + P$	$PN + Mg$	MKP	MAP	CN	AS	AU	U	کودهای محلول
ق	ق	ق	ق	ق	ق	ق	ق	ق	ق	اوره (U)
ف	ق	ق	ق	ق	ق	ق	ق	ق	ق	نیترات آمونیم (AN)
ف	ق	ق	ک	ک	ک	ک	ک	ک	ق	سولفات آمونیم (AS)
ک	ق	غ	غ	غ	غ	غ	ک	ق	ق	نیترات کلسیم (CN)
ف	غ	غ	غ	غ	غ	غ	غ	غ	ق	منوفسفات آمونیم (MAP)
ف	غ	غ	ک	ک	ک	ک	غ	غ	ق	منوفسفات پتابسیم (MKP)
ف	غ	غ	ک	ک	ک	ک	غ	غ	ق	مولتی پتابسیم (نیترات پتابسیم) (PN)
ف	غ	غ	ک	ک	ک	ک	غ	غ	ق	مولتی پتابسیم + Mg (PN+Mg)
ف	غ	غ	غ	غ	غ	غ	غ	غ	ق	مولتی - NPK (PN+P) (۴۴-۲-۲)
ف	غ	غ	غ	غ	غ	غ	غ	غ	ق	مگنیزیل (Magnisal) (N+Mg)
ف	ق	ق	ک	ک	ک	ک	ق	ق	ق	سولفات پتابسیم (SOP)
ق: قابل اختلاط، ک: کم قابل اختلاط، غ: غیر قابل اختلاط										
سازگاری در اختلاط										

*Fertigation Manual, Yara International, Norway, 2006

کیفیت آب در کود آبیاری

کیفیت آب آبیاری در حلایت و رسوب کودها مؤثر می‌باشد. معیارهای اصلی برای تفسیر و تعديل کیفیت آب آبیاری میزان pH (پ - هاش)، مقدار و نوع نمک‌های محلول بوده و لازم است قبل از تنظیم برنامه آبیاری تعیین شوند. pH مناسب آب برای کود آبیاری بین ۵/۶ تا ۵/۸ می‌باشد. قابلیت جذب ریزمغذی‌ها در پ - هاش بیشتر از ۶/۵ کاهش می‌یابد و در پ - هاش کمتر از ۵/۶، اثر سمتی بعضی عناصر ریزمغذی مشاهده می‌شود. یون‌هایی چون کلسیم، منیزیم و بی‌کربنات در pH قلیایی با تشکیل رسوب سبب کاهش غلظت عناصر غذایی موجود در محلول

^۱- Nutrient film technique (NFT)

کودی و به ویژه فسفر، کلسیم و منیزیم و گرفتگی اجزای سامانه آبیاری می‌شوند. هنگامی که pH آب آبیاری بیش از ۷/۲ باشد، با افزایش اسید می‌توان آن را کاهش داد. از اسیدهای مختلف براساس درجه خلوص و هزینه آنها برای کاهش پ - هاش استفاده می‌شوند. اسیدهایی چون اسید فسفویریک و اسید نیتریک به دلیل داشتن نیتروژن و فسفر علاوه بر کاهش pH بستر کشت، منبع غذایی نیز محسوب می‌شوند، لیکن از اسید سولفوریک گران‌تر می‌باشند.

برای تعیین مقدار اسید مورد نیاز کاهش pH می‌توان ابتدا به یک حجم معین، به طور مثال ۲۰ لیتر از آب آبیاری به طور تدریجی و متناوب مقادیر یک میلی‌لیتر اسید اضافه و در هر نوبت pH اندازه‌گیری نمود تا مقدار مورد نظر به دست آید. با تعیین مجموع حجم اسید مصرفی و مقایسه حجم تانک اصلی کود با حجم ۲۰ لیتر، میزان اسید مورد نیاز تانک کود بدست می‌آید. با منظور نمودن مقدار خروج محلول کود توسط تزریق کننده (مدت تخلیه تانک)، فواصل زمانی و تعداد دفعات مصرف اسید تعیین می‌شود. توصیه می‌شود که برای کاهش pH از بیوسولفات سدیم (اسید استخر شنا) و یا سرکه استفاده نشود. با مصرف اسید و کاهش pH به ۴/۵ می‌توان گرفتگی سامانه آبیاری را برطرف نمود. در این شرایط نباید گیاه در مسیر آبیاری باشد.

در مواردی که pH آب آبیاری کمتر از ۵/۵ است از مواد قلیایی چون هیدروکسید پتاسیم (KOH) و یا کربنات پتاسیم با =۸ pH استفاده می‌شود. روش تعیین حجم مورد نیاز ترکیبات قلیایی که برای افزایش pH آب آبیاری مصرف می‌شوند، مشابه روش تعیین حجم اسید مورد نیاز برای کاهش pH است.

مقدار نمک‌های محلول آب آبیاری که با دو معیار شوری(هدایت الکتریکی EC) و کل مواد جامد محلول (TDS)^۱ اندازه‌گیری و بیان می‌شود، در کود آبیاری با حل شدن کودهای شیمیایی در آب، شوری آب آبیاری افزایش یافته و ممکن است از آستانه تحمل گیاه بیشتر شود. آب آبیاری با TDS کمتر از ۴۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و هدایت الکتریکی کمتر از ۷/۰ دسی زیمنس بر متر (معادل ۷۰۰ میکرومیکرون بر سانتی‌متر) قابل استفاده می‌باشد و مصرف آب با شوری بیش از ۱/۵ دسی زیمنس بر متر برای محصولات گلخانه‌ای توصیه نمی‌شود.

علاوه بر شوری توجه به اثرات اختصاصی برخی یون‌ها ضروری است. یون‌های بی‌کربنات، کربنات، سدیم، کلرید و بور علاوه بر اثر عمومی بر میزان شوری، دارای اثرات سمیت اختصاصی به ویژه برای محصولات سبزی، صیفی و گیاهان زیستی می‌باشند. مصرف آب آبیاری حاوی کلرید با غلظت بیش از ۴ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر و سدیم با غلظت بیش از ۳ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر دارای اثرات نامطلوب است. هم‌چنین، مصرف آب حاوی نیترات بیش از ۵ میلی‌گرم بر لیتر، بی‌کربنات بیش از ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر و بور بیش از ۱/۷ میلی‌گرم بر لیتر برای گیاهان حساس مناسب نمی‌باشد. تشکیل رسوب در سامانه آبیاری با مصرف آب‌های حاوی کلسیم بیش از ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، یک مشکل جدی بوده که با تزریق کودهای فسفاته، احتمال تشکیل رسوب افزایش می‌یابد. به طور معمول، غلظت عناصر ریزمعدنی در آب آبیاری بیش از حد مجاز نمی‌باشد. برای اطلاعات بیشتر به جداول راهنمای کیفیت آب آبیاری برای کشاورزی در نشریه فنی ۲۹ آبیاری و زهکشی سازمان خواربار و کشاورزی جهانی(با تجدید چاپ در سال ۱۹۹۴) مراجعه شود. در صورتی که آب آبیاری برای محصولات گلخانه‌ای به لحاظ pH و میزان شوری دارای

^۱- Total Dissolved Solids (TDS)

کیفیت مناسب نباشد، کیفیت آب باید پیش از تزریق محلول کود به سامانه آبیاری با روش‌هایی چون رقیق نمودن یا افزودن مواد اصلاحی، بهبود یافته و سپس برنامه کود آبیاری اجرا شود. کنترل منظم pH و EC در روش کود آبیاری ضروری است.

اثرات متقابل آب و کود در کود آبیاری

اولین مرحله از مصرف کودها به روش کود آبیاری، تهیه محلول‌های مناسب کودی است. کیفیت آب از جمله عوامل مؤثر در حلالیت کودها در می‌باشد. در pH قلیایی، یون‌های کلسیم و منیزیم پس از ترکیب با بی‌کربنات، رسوب نموده و غلظت عناصر غذایی کلسیم و منیزیم در محلول کود کاهش می‌یابد. ترکیب کلسیم و بی‌کربنات با کودهای سولفات سبب تشکیل رسوب سولفات کلسیم (Ca SO_4) می‌شود. مصرف محلول‌های با پایه کودی اوره نیز سبب رسوب کلسیم می‌شوند زیرا که pH آب را افزایش می‌دهند. به طور کلی، کودهای آمونیومی pH را کاهش و کودهای نیتراته آن را افزایش می‌دهند. غلظت کودهای فسفره در شرایطی که pH، غلظت کلسیم و منیزیم محلول کود آبیاری بالا باشد، با تشکیل رسوب فسفات کلسیم و منیزیم کاهش می‌یابد. گردش مجدد زهاب در سامانه آبیاری و کاربرد آن در صورت بالا بودن میزان بی‌کربنات، میزان رسوب‌گذاری کودها را افزایش می‌دهد. در نتیجه در آب‌هایی که غلظت کلسیم و منیزیم زیاد است، مصرف بیشتر فسفر ضروری می‌باشد. در شرایط فوق استفاده از اسید فسفریک و منوفسفات آمونیوم توصیه می‌شود.

محلول‌های کودی ترکیبات شیمیایی می‌باشند و موجب افزایش شوری (EC) محلول کود آبیاری می‌شوند. به عنوان مثال، تزریق کلرید پتاسیم، شوری آب آبیاری را افزایش می‌دهد و مصرف آن برای گیاهان حساس به شوری مناسب نمی‌باشد. در اجرای کود آبیاری، توجه به شوری نهایی محلول آبیاری ضروری است.

بستر رشد گیاهان

قابلیت استفاده عناصر غذایی برای گیاهان در بستر کشت با pH بین ۵/۶ تا ۵/۸، مناسب می‌باشد. هنگامی که pH بستر کشت بیش از ۷ شود، قابلیت حل فسفر و عناصر ریزمغذی کاهش می‌یابد. در pH خیلی اسیدی نیز با حضور یون‌های منگنز و آلومینیوم در بستر کشت، حلالیت عناصر ریزمغذی تا حد سمیت افزایش می‌یابد. به طور معمول، پ-هاش در اثر جذب عناصر ریزمغذی با زمان تغییر می‌نماید. به عنوان مثال جذب یون نیترات می‌تواند منجر به افزایش pH بستر کشت شود. دلیل این افزایش، فعالیت گیاه در جهت برقراری موازنۀ بار الکتریکی در طرفین غشای سلولی است که در آن گیاه با جذب یک یون هیدروکسید (OH^-) آزاد می‌نماید. اثر جذب یون پتاسیم بر عکس اثر جذب یون نیترات است و موجب اسیدی شدن محیط می‌شود. نسبت یون آمونیوم به یون نیترات در آب آبیاری بر pH محیط ریشه گیاه به ویژه در خاک‌های شنی (بافت سبک) و بسترهای کشت بدون خاک موثر بوده و مصرف نیتروژن به صورت ترکیبی از منابع نیترات و آمونیوم به نسبت ۸۰ و ۲۰ درصد، در تنظیم pH مؤثر است. به طور کلی، میزان pH بسترهای کشت بدون خاک که قادر ظرفیت بافری^۱ می‌باشند، بیش از کشت

^۱- Buffering capacity

خاکی به pH و نسبت عناصر غذایی محلول کودی وابسته است. گرچه در اجرای کود آبیاری، کنترل pH بستر کشت و تنظیم آن با افزایش اسید یا باز ضروری کنترل می‌باشد، لیکن تغییرات pH در محیط‌های کشت هیدروپونیک (آبکشت) و بسترها خشی، سریع تراز کشت خاکی است که باید مورد توجه واقع گردد.

برهم کنش یون‌ها در فرایند جذب توسط گیاهان

در اختلاط کودهای شیمیایی برای اجرای کود آبیاری باید به اثرات آنتاگونیسم^۱ و سینرژیسم^۲ عناصر توجه شود. آنتاگونیسم رقابت دو یون با یکدیگر در جذب توسط ریشه گیاه می‌باشد. به طور مثال، یون‌های کلرید و نیترات جذب یکدیگر را کاهش می‌دهند. بنابراین در شرایط شور استفاده از نیترات می‌تواند با کاهش جذب یون کلرید از خدمات ناشی از سمتی آن بکاهد و یا افزایش غلظت منیزیم سبب کاهش جذب کلسیم می‌شود. نسبت مناسب برای کلسیم به منیزیم ۳ یا ۵ به ۱ است. اثر سینرژیسم افزایش قابلیت جذب یک یون در حضور یون دیگر می‌باشد.

کود آبیاری در شرایط شور

گیاهان گلخانه‌ای اغلب به شوری حساس می‌باشند. در شرایطی که هدایت الکتریکی آب آبیاری بیش از ۲ دسی زیمنس بر متر باشد، باید مقدار نیتروژن و پتاسیم مصرفی در هر نوبت کاهش و تعداد دفعات کوددهی افزایش یابد. کود آبیاری در شرایط شور به نوع محصول و حجم مؤثر توسعه ریشه گیاهان در بستر کشت بستگی دارد. مصرف ترکیبات نیترات سدیم (NO₃⁻ Na⁺) و منوفسفات سدیم (Na H₂PO₄⁻) در شرایط شور توصیه نمی‌شود. برای گیاهان حساس به کلرید که شامل اغلب محصولات سبزی و صیفی می‌باشند، استفاده از نیترات پتاسیم به جای کلرید پتاسیم مناسب‌تر است. در شرایط شور، اجرای موفق کود آبیاری به مدیریت کنترل شوری متناسب با میزان حساسیت محصولات گلخانه‌ای بستگی دارد. برای اطلاعات بیشتر در زمینه تحمل شوری گیاهان، اثرات متقابل آب و خاک شور و راهکارهای مدیریتی کنترل شوری به نشریه فنی شماره ۲۹ آبیاری و زهکشی سازمان خواربار و کشاورزی جهانی (تجدید چاپ در سال ۱۹۹۴) مراجعه شود.

پایش نهاده‌های تولید در کود آبیاری

در مدیریت کود آبیاری با پایش و ارزیابی نهاده‌های تولید امکان تعديل و تنظیم برنامه کود آبیاری فراهم می‌شود. بنابراین توصیه می‌شود کیفیت آب و خاک و وضعیت عناصر غذایی در گیاه به شرح ذیل ارزیابی شود.

آب - مقدار pH و هدایت الکتریکی(EC) آب با توجه به سهولت اندازه‌گیری، ساده‌ترین معیارهای بررسی و پایش کیفیت آب آبیاری می‌باشند. چنانچه، هدایت الکتریکی (شوری) آب آبیاری بیش از ۰/۲ دسی زیمنس بر متر باشد، اندازه‌گیری سایر یون‌ها مانند بی‌کربنات، کربنات، سدیم، کلرید و بور ضروری است.

^۱- Antagonism

^۲- Synergism

خاک - تهیه نمونه‌های خاک و تعیین غلظت عناصر غذایی در آنها روش مشکل و پرهزینه‌ای می‌باشد. لیکن محلول خاک را با استفاده از سرپوش‌های^۱ سرامیکی به سادگی می‌توان از عمق مورد نظر نمونه‌برداری نمود. با این روش نمونه‌هایی که به طور متناوب تهیه شده‌اند، برای تعیین غلظت عناصر غذایی به آزمایشگاه ارسال می‌شود. با کیت‌های آزمون سریع در مزرعه می‌توان pH و غلظت‌های تقریبی ترکیبات نیترات، پتاسیم و کلرید در محلول خاک و شیره سلولی گیاه را در محل نمونه‌گیری و بدون نیاز به ارسال نمونه‌ها به آزمایشگاه تعیین نمود. این کیت‌ها، به طور معمول، به صورت نوارهایی هستند که در شرایط متفاوت شیمیایی تغییر رنگ می‌دهند.

گیاه - تعیین مقدار عناصر غذایی و ماده خشک گیاه به روش آزمایشگاهی، روشنی وقت‌گیر و پرهزینه بوده و به تجهیزات خاصی نیازمند است. بنابراین با بررسی وضعیت یک عضو گیاه که نمایه مناسبی برای نشان دادن غلظت عناصر غذایی در کل گیاه باشد، وضعیت تغذیه‌ای گیاه پایش می‌شود. گرچه استفاده از این روش مستلزم واسنجی و ارزیابی آن براساس تجزیه بافت گیاه است.

بررسی کیفیت شیمیایی زهاب خروجی

در کود آبیاری، کاهش هدایت الکتریکی زهاب نسبت به هدایت الکتریکی آب یا محلول آبیاری نشان می‌دهد که گیاهان بخش زیادی از عناصر غذایی محلول در آب را جذب نموده‌اند و یا بخشی از نمک‌های محلول در محیط توسعه ریشه گیاهان باقی‌مانده است. بنابراین، اگر تفاوت میان هدایت الکتریکی زهاب خروجی و محلول آب آبیاری ورودی بیشتر از ۰/۵ تا ۰/۴ دسی زیمنس بر متر باشد، لازم است ضرورت آبشویی محیط ریشه گیاهان بررسی شود. میزان pH مناسب محلول کود در روش کود آبیاری باید در حدود ۶ بوده و pH زهاب خروجی نیز نباید بیش از ۸/۵ باشد. قلیایی بودن زهاب خروجی (pH بیش از ۸/۵) نشان می‌دهد که محیط ریشه گیاه، نیز، قلیایی بوده است. به طور معمول، قلیایی بودن محیط توسعه ریشه گیاه قابلیت جذب فسفر و عناصر ریز مغذی را کاهش می‌دهد. در این حالت، توصیه می‌شود که نسبت یون آمونیم به یون نیترات با افزایش یون آمونیم یا کاهش یون نیترات تغییر یابد. اگر pH محلول کود آبیاری بیش از ۶ باشد، میزان آن باید با تزریق تدریجی اسید کاهش یابد. کود آبیاری ممکن است موجب تجمع یون‌های کلرید شود. چنانچه غلظت یون کلرید در زهاب خروجی از ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تجاوز کند، توصیه می‌شود که کلرید اضافی با آبیاری (بدون محلول کود) آبشویی شود.

اختلاط محلول‌های غذایی در کود آبیاری

اختلاط محلول‌های غذایی تحت تأثیر کیفیت اجزای ترکیبات شیمیایی و زمان ترکیب قرار دارد. کودها باید دارای کیفیت بالا باشند و از منابع معتبر خریداری شوند. قبل از استفاده از کودها باید به مشخصات مندرج در برچسب کود، منابع مورد استفاده تهیه کودها و نام شرکت سازنده توجه شود که توسط مراکز ذیصلاح تأیید شده باشند. بهتر است نمونه‌ای از نتایج تجزیه نمونه کود با اطلاعات مندرج در برچسب مشخصات، مقایسه شود. در کود آبیاری انجام محاسبات به روش حجمی توصیه نمی‌شود مگر اینکه مواد واسنجی شده باشند، زیرا چگالی مواد

^۱- Cups

متفاوت بوده و بهتر است که وزن کودهای مورد نیاز محاسبه شوند. برای توزین مواد لازم است از یک دستگاه دقیق استفاده شود. برای تهیه محلول غذایی بهتر است نصف تا سه چهارم آب مورد نیاز به داخل تانک ذخیره ریخته و کود محاسبه شده را به آن اضافه کنند و پس از آن تانک ذخیره به حجم موردنظر رسانیده شده و محلول به طور کامل مخلوط شود. استفاده از همزن‌های دستی برای مقادیر کم مناسب بوده و بهتر است برای مقادیر بیشتر از همزن‌های خودکار یا پمپ‌های چرخشی استفاده شود. محلول غذایی بعد از چند ساعت زلال شده و اغلب یک لایه رسوب از نیترات پتاسیم یا کلسیم در کف تانک مشاهده می‌شود. این لایه از واکنش‌های شیمیایی موادی که همراه برخی کودهای مصرفی هستند، تشکیل می‌شود که غیر محلول بوده و در کف تانک ته نشین می‌شوند بنا براین، لجن تانک‌های ذخیره باید مرتب شستشو شوند. این مشکل با استفاده از کودهای با درجه خلوص بالا و محلول‌های کودی مناسب مانند نیترات کلسیم مایع، کاهش می‌یابد.

در اختلاط کودهای شیمیایی باید به ترکیبات حاصل توجه شود. برخی کودها را نمی‌توان با یکدیگر مخلوط نمود. به عنوان مثال در صورت اختلاط سولفات‌آمونیم و کلرید پتاسیم در یک تانک، حلالیت مخلوط حاصل به مقدار قابل ملاحظه‌ای به دلیل تشکیل سولفات پتاسیم (K_2SO_4) کاهش می‌یابد. به طور کلی، مخلوط نمودن ترکیبات زیر در یک تانک توصیه نمی‌شود:

- نیترات کلسیم با ترکیبات فسفات و سولفات
- سولفات منیزیم با دی‌یا منوفسفات آمونیوم
- اسید فسفریک با سولفات‌های آهن، روی، مس و منگنز

توصیه می‌شود که در روش کود آبیاری از دو تانک جداگانه برای اختلاط کودها استفاده شود و در یک تانک کلسیم و منیزیم و عناصر غذایی ریز مغذی و در تانک دیگر فسفر و سولفات مخلوط می‌شوند.

روش‌های اختلاط کودها در کود آبیاری

در کود آبیاری از دو روش عمده برای اختلاط آب و کود استفاده می‌شود که شامل روش تانک ذخیره^۱ (استوک) و روش تزریق^۲ می‌باشند. هر دو روش برای کود آبیاری محصولات گلخانه‌ای مناسب هستند.

روش تانک ذخیره

در این روش از یک تانک ذخیره (از جنس پلاستیک، فلز، پی‌وی‌سی و غیره) استفاده می‌شود. حجم تانک باید متناسب با سطح گلخانه انتخاب شود. به طور معمول، یک تانک ۵۰ تا ۲۵۰ لیتری برای گلخانه با یک سالن (حدود ۲۰۰۰ مترمربع) و تانک ۵۰۰۰ تا ۲۵۰۰ لیتری برای گلخانه دارای چندین سالن ۲۰۰۰ مترمربع مناسب می‌باشد. تانک‌های کم حجم در دفعات بیشتری از محلول کود پر شده و در تانک‌های بزرگ‌تر نیز برای تغییر غلظت محلول کود، مدت زمان طولانی‌تر مورد نیاز است تا کل محلول مصرف شود. پر نمودن مجدد تانک‌های ذخیره به نوع محصول، مرحله و سرعت رشد گیاهان بستگی دارد.

¹-Stock tank system

²- Injection system

روش تزریق

در این روش، محلول غلیظ کود در تانک‌های ذخیره با حجم کم، نگهداری و توسط تجهیزات مناسب در سامانه آبیاری تزریق می‌شود. میزان تزریق باید متناسب با نیاز غذایی گیاه تنظیم شود. تزریق‌کننده نباید از نوع ساده و ارزان باشد. موقوفیت کود آبیاری در روش تزریق بستگی زیادی به عملکرد تزریق‌کننده دارد. به طور معمول، محلول‌های غلیظ کودی را در دو تانک جداگانه نگهداری می‌کنند. تانک اول برای محلول نیترات کلسیم و تانک دوم برای سایر عناصر غذایی استفاده می‌شود. زیرا کلسیم با فسفات و سولفات با غلط، رسوب کرده و موجب گرفتگی سامانه آبیاری می‌شوند. میزان pH محلول‌های کودی در تانک ۱ و ۲ باید حدود ۵/۸ باشد. بنابراین، علاوه بر تزریق‌کننده‌های مورد نیاز برای خروج محلول‌های کودی، از یک تزریق‌کننده دیگر برای افزایش اسید به محلول‌های کودی تانک ۱ و ۲ استفاده می‌شود. مقدار کوددهی در روش تزریق بیش از روش تانک ذخیره قابل کنترل و تنظیم می‌باشد.

در روش تزریق از «نسبت تزریق»^۱ به عنوان معیاری برای رقیق شدن محلول غلیظ کود استفاده می‌شود. نسبت تزریق تحت عنوان «نسبت رقیق‌سازی» نیز نامیده می‌شود. نسبت تزریق برابر نسبت حجمی محلول غلیظ تانک ذخیره به محلول رقیق کودی می‌باشد. به طور معمول، در کود آبیاری از نسبت‌های تزریق ۱ به ۹، ۱ به ۱۶، ۱ به ۱۰۰ و ۱ به ۲۰۰ استفاده می‌شود. به عنوان مثال نسبت ۱ به ۱۰۰ نشان می‌دهد که به ازای عبور ۱۰۰ لیتر آب آبیاری یک لیتر محلول غلیظ کودی وارد سامانه آبیاری شده و محلول نهایی ۱۰۰ برابر رقیق می‌شود. توصیه می‌شود با توجه به اهمیت میزان واقعی نسبت تزریق، ارقام مندرج در مشخصات تزریق‌کننده‌ها ارزیابی و واسنجی شوند. در ادامه به دو روش ساده برای ارزیابی نسبت تزریق اشاره می‌شود (تزریق‌کننده باید قبل از وارد نمودن کود به سامانه آبیاری واسنجی شود).

روش اول - مراحل این روش به شرح زیر است

میزان آب خروجی توسط تزریق‌کننده در هر دقیقه را با ظرف مدرج اندازه‌گیری کنید. برای افزایش دقت، میانگین چندین نوبت اندازه‌گیری تعیین شود.

- میزان آب خروجی چندین قطره‌چکان (حداقل ۱۰ مورد) بر دقیقه را با ظروف مدرج اندازه‌گیری و میانگین آب خروجی از یک قطره‌چکان را تعیین نمایید.
- میانگین حجم آب خروجی از یک قطره‌چکان بر دقیقه را در کل تعداد قطره‌چکان‌های موجود در سامانه آبیاری ضرب کنید.
- مقدار آب خروجی در دقیقه توسط کل قطره‌چکان‌ها را به مقدار آب خروجی در دقیقه توسط تزریق‌کننده تقسیم کنید و حاصل را x بنامید.
- نسبت ۱ به x نشان‌دهنده نسبت تزریق می‌باشد (x قسمت آب برای یک قسمت محلول غلیظ کود).

^۱- Injection rate

روش دوم - مراحل این روش عبارتند از

- ۱- با استفاده از یک ظرف با حجم معین، مقدار آب ورودی به سامانه آبیاری در مدت زمان پرشدن ظرف را اندازه‌گیری کنید.
- ۲- مقدار آب خروجی توسط تزریق‌کننده را در مدت زمان اندازه‌گیری شده در مرحله ۱ تعیین کنید. در این مرحله استفاده از یک ظرف کوچک مدرج توصیه می‌شود.
- ۳- کل حجم آب ورودی به سامانه آبیاری را بر مقدار آب خروجی بوسیله تزریق‌کننده در همان مدت زمانی، تقسیم کنید. حاصل بدست آمده نسبت تزریق (x) را نشان می‌دهد.

با استفاده از دو هر روش می‌توان عملکرد سامانه آبیاری را ارزیابی کرد. ولیکن روش اول دقیق‌تر می‌باشد.

روش‌های مختلف برای تزریق کود باید بیشترین هماهنگی با سامانه آبیاری و محصول را داشته باشد. تجهیزات کوددهی باید مقدار کود مصرفی، مدت مصرف، نسبت کودها و زمان شروع و خاتمه کوددهی را تنظیم نمایند. انتخاب تجهیزات نامناسب تزریق کود می‌تواند به اجزای سامانه آبیاری آسیب رساند و بهره‌برداری کارآمد از سامانه و کارایی مصرف کود را کاهش دهند. هر تزریق کننده کود برای محدوده‌ای از فشار و بده طراحی شده است. امروزه اغلب از تزریق‌کننده‌های خودکار استفاده می‌شود. در این روش‌ها سیگنال‌های ارسالی مقدار کود از پیش تنظیم شده یا نسبت کود متناسب با بده سامانه آبیاری را کنترل می‌کنند. نسبت تزریق، هم چنین، می‌تواند با تنظیم‌کننده‌های بده جریان، شیرهای مقاوم به مواد شیمیایی یا توسط واحدهای کنترل هیدرولیکی یا الکترونیکی و رایانه‌ها کنترل شود. برای جلوگیری از برگشت آب و محلول کود به تانک‌های کود باید شیرهای یک طرفه در سامانه آبیاری نصب شود. سه روش عمده برای تزریق کود وجود دارد.

الف - ایجاد اختلاف فشار (تانک با معبر فرعی)^۱

اساس کار یک تانک با معبر فرعی بر افت فشار در خط اصلی است که توسط یک شیر تنظیم کننده فشار ایجاد می‌شود. در این روش با ایجاد اختلاف فشار در سامانه آبیاری، آب وارد تانک کود شده و سپس محلول کودی از تانک خارج می‌شود (شکل ۱). در این روش، غلظت محلول کودی در طول زمان مصرف ثابت نیست، بنابراین برای گیاهان با دوره رشد کوتاه یا گیاهانی که در بسترهای محدود (آبکشت) کشت می‌شوند، مناسب نمی‌باشد. مزایای این روش؛ سهولت در اجراء، بهره‌برداری و نگهداری، تغییر آسان مقدار کودهای مصرفی، مناسب برای مصرف کودهای جامد و عدم نیاز به انرژی الکتریکی یا سایر منابع انرژی و معایب آن؛ کاهش غلظت محلول با زمان، محدودیت در مصرف دقیق کود و نیاز به ایجاد افت فشار در خط اصلی یا نیاز به پمپ بوستر است.

ب - پمپ تزریق

در این روش برای تزریق محلول کود از منبع تغذیه با نسبت معین به خط لوله، از پمپ استفاده می‌شود. انرژی مورد نیاز برای تزریق توسط موتورهای الکتریکی یا هیدرولیکی (دیافراگمی یا پیستونی) تأمین می‌شود (شکل ۲).

^۱- By pass tank

مزایای این روش؛ دقت بالا برای کود آبیاری بدون افت فشار در خط لوله اصلی و سهولت در خودکار نمودن سامانه می‌باشد و معایب آن؛ گران بودن، نیاز به طراحی و تجهیزات پیچیده از جمله قطعات متحرک با استهلاک زیاد و با احتمال از کار افتادگی، عدم امکان کوددهی با مقدار مشخص، ظرفیت محدود، نیاز به تهیه محلول کود قبل از تزریق، عدم قابلیت خودکار شدن و نیاز به شیر و روغن است.

پ - تانک تزریق با خلاء (ونتوری)^۱

در این روش از یک ونتوری که باعث کاهش فشار (ایجاد خلاء) در لوله اصلی می‌شود و محلول کود را به داخل لوله می‌مکد، استفاده می‌شود (شکل ۳). مزایای استفاده از تانک تزریق شامل؛ سهولت زیاد در بهره‌برداری و بدون وجود قطعات متحرک، سهولت نصب و نگهداری، مناسب برای تزریق مقادیر کم کود امکان کنترل تزریق توسط یک شیر اندازه‌گیری و مناسب برای کوددهی با مقدار یا نسبت معین و معایب آن؛ نیاز به افت فشار در خط لوله اصلی یا پمپ بوستر، عدم سهولت در خودکار نمودن سامانه و لزوم تهیه محلول کود قبل از ورود به تانک تزریق است.

نکات مهم در اختلاط کودها در کود آبیاری

رعایت نکات زیر در کود آبیاری و به هنگام اختلاط کودها توصیه می‌شود:

- ۱ - همیشه در زمان مصرف کودهای جامد حدود ۵۰ تا ۷۵ درصد آب مورد نیاز را در تانک کود ریخته و کودها را اضافه کنید و پس از حل شدن کود، تانک به حجم موردنظر رسانیده شود.
- ۲ - همیشه کودهای مایع را قبل از کودهای جامد به تانک کود اضافه کنید. حل شدن کودهای مایع با تولید گرما در حل کودهای جامد اثر مثبت دارد.
- ۳ - همیشه کودهای جامد را به آرامی به آب آبیاری اضافه کنید و با هم زدن آن مانع تشکیل ذرات بزرگ به هم چسبیده که، به طور معمول، کم محلول و یا نامحلول هستند، شوید.
- ۴ - همیشه اسید را به آب اضافه کنید و هرگز آب به اسید اضافه نشود.
- ۵ - در صورت مصرف ترکیبات کلر به صورت گاز، کلر به آب اضافه شود و هرگز آب را به کلر اضافه نکنید.
- ۶ - هرگز یک اسید یا ترکیب اسیدی‌زا با کلر (به شکل گاز یا مایع) مخلوط نشود، زیرا گاز سمی تشکیل می‌شود.
- ۷ - هرگز اسید و کلر در یک اتاق نگهداری نشوند.
- ۸ - هرگز هیدروکسید آمونیم و یا آمونیم مایع را به طور مستقیم با اسید مخلوط نکنید. فرایند ترکیب این دو سریع بوده و خطرناک است.
- ۹ - ترکیبات کودهای غلیظ را با هم مخلوط نکنید.
- ۱۰ - ترکیبات سولفات و ترکیبات کلسیم را مخلوط نکنید زیرا رسوب غیر محلول گچ تشکیل می‌شود.
- ۱۱ - همیشه عدم حلایت و ناسازگاری ترکیبات کودی را از طریق مشورت با تهیه‌کنندگان آن کنترل کنید.
- ۱۲ - در مخلوط کردن کودهای اوره و اسید سولفوریک با دیگر ترکیبات بسیار دقت کنید.

- ۱۳- توجه کنید که بسیاری از مشکلات ناسازگاری کودها با اختلاط تدریجی آنها از بین می‌رود.
- ۱۴- بدون آزمون در یک تانک کوچک (یا حتی در یک کوزه) ترکیبات کودهای فسفره با ترکیبات کلسیم را مخلوط نکنید.
- ۱۵- به مقدار سختی آب آبیاری توجه نمایید، زیرا در آب‌های با سختی بالا (حاوی مقادیر زیاد کلسیم و منیزیم) ترکیبات فسفات، پلی فسفات یا سولفات با کلسیم و منیزیم آب آبیاری ترکیب شده و رسوب غیر محلول تولید می‌نمایند.

محاسبات مورد نیاز در کود آبیاری

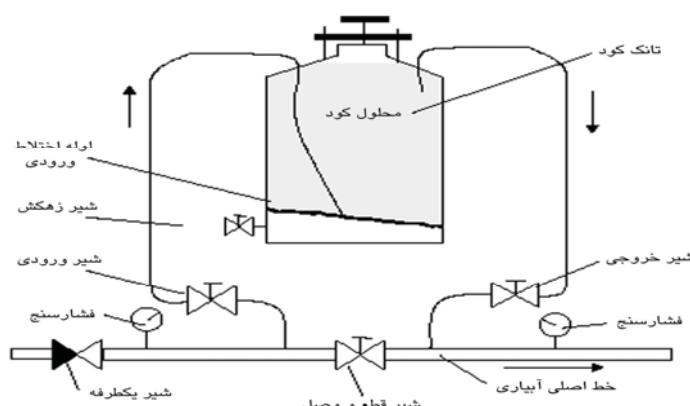
کودها به دو صورت از پیش مخلوط شده و آماده (کودهای تجاری) و یا کودهای جداگانه که توسط بهره‌برداران مخلوط و آماده می‌شوند، در کشت‌های گلخانه‌ای مصرف می‌شوند. کودهای تجاری کامل شامل سه کود اصلی نیتروژن، فسفر (به صورت P_2O_5) و پتاسیم (به صورت K_2O) با فرمول $N - P_2O_5 - K_2O$ به نسبت‌های مختلف به عنوان مثال $20-10-20$ (درصد وزنی) می‌باشند. کودهای تجاری آماده با سهولت بیشتر مصرف می‌شوند و لیکن گران‌تر بوده و نسبت‌های عناصر غذایی در آنها قابل تغییر نمی‌باشد. بهره‌برداران ترجیح می‌دهند که کودهای مورد نیاز محصولات گلخانه‌ای را بر حسب نیاز در شرایط واقعی مخلوط و آماده نمایند. در برنامه کود آبیاری با سامانه قطره‌ای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه نه براساس سطح کشت بلکه با توجه به غلظت (عناصر غذایی) کود در آب آبیاری تنظیم می‌شود و، به طور معمول، توصیه‌های کودی در روش کود آبیاری براساس غلظت در آب آبیاری و بر حسب میلی‌گرم بر لیتر بیان می‌شود. برخی ضرایب تبدیل مورد نیاز در محاسبات کودی در جدول ۳ ارائه شده است. پیش از تهیه محلول کود برای مصرف در گلخانه اطلاعات زیر باید تعیین شوند:

الف - میزان کود مورد نیاز، به عنوان مثال: 200 میلی‌گرم بر لیتر نیتروژن

ب - نسبت کودی مورد استفاده، به عنوان مثال: $20-10-20$

پ - نسبت تزریق (نسبت رقیق‌سازی) مورد نیاز، به عنوان مثال: 1 به 100

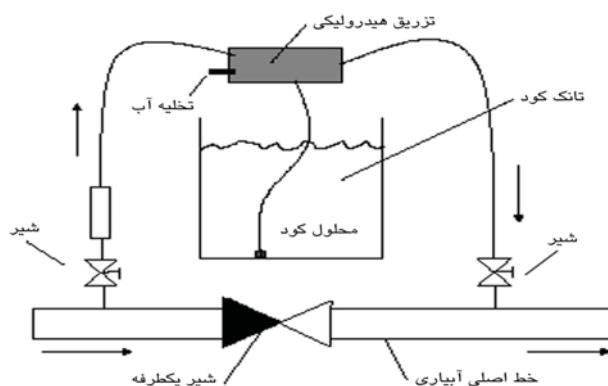
ج - حجم تانک ذخیره، به عنوان مثال: 50 لیتر



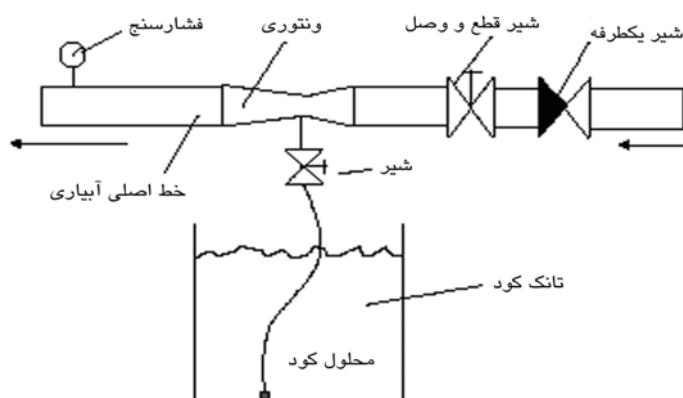
شکل ۱: تانک با معتبر فرعی (اختلاف فشار)

جدول ۳: برخی ضرایب تبدیل واحدهای مورد نیاز در محاسبات کودی

454 گرم (g)	=	۱ پاند (1b)
$2/2 \text{ پاند}$	=	۱ کیلوگرم (kg)
$1000 \text{ میلی گرم (mg)}$	=	۱ گرم (g)
$3/78 \text{ لیتر (l)}$	=	۱ گالن (g) US
$1000 \text{ میلی لیتر (ml)}$	=	۱ لیتر (l)
1000 سی سی (cc)	=	۱ لیتر (l)
16 اونس (oz)	=	۱ پاند (1b)
$28 \text{ میلی لیتر (ml)}$	=	۱ اونس مایع (oz)
28 گرم (g)	=	۱ اونس جامد (oz)
$35/2 \text{ اونس (oz)}$	=	۱ کیلوگرم (kg)
12 اینچ (in)	=	۱ فوت (ft)
$2/5 \text{ سانتی متر (cm)}$	=	۱ اینچ (in)
$30 \text{ سانتی متر (cm)}$	=	۱ فوت (ft)
$4/0 \text{ هکتار (ha)}$	=	۱ ایکر (acre)
$0/09 \text{ مترمربع (m}^2\text{)}$	=	۱ فوت مربع (ft ²)
$0/5 \text{ سانتی مترمربع (cm}^2\text{)}$	=	۱ اینچ مترمربع (in ²)
$1 \text{ میلی گرم بر لیتر (mg/l)}$	=	۱ میلی گرم بر لیتر (mg/l)
$1 \text{ کیلوگرم در مترمکعب (kg/m}^3\text{)}$	=	۱ کیلوگرم در مترمکعب (kg/m ³)
$1/23 \text{ لیتر بر هکتار (l/ha)}$	=	۱ گالن در ایکر (gal/acre)
$5 \text{ کیلوگرم بر مترمربع (kg/m}^2\text{)}$	=	پوند بر فوت مربع (1b/ft ²)
$1/12 \text{ کیلوگرم بر هکتار (kg/ha)}$	=	پوند بر ایکر (1b/acre)
$2/47 \text{ بوته بر هکتار (plant/ha)}$	=	۱ بوته بر ایکر (plant/acre)
$\% K_2O \times 0/83$	=	$\% K$
$\% K \times 1/2$	=	$\% K_2O$
$\% P_2O_5 \times 0/44$	=	$\% P$
$\% P \times 2/29$	=	$\% P_2O_5$



شکل ۲: پمپ تزریق



شکل ۳: تانک تزریق با خلاء (ونتوری)

منابع

- 1- Abdelhaq, H. (editor), 2004, Integrated Production and Protection in Greenhouse Vegetable Crops. FAO & Republic of Lebanon Ministry of Agriculture.
- 2- Boyhan, G.E., D. Granberry, and W.Terry Kelley, 2000, Greenhouse Vegetable Production, The University of Georgia College of Agricultural and Environmental Sciences Cooperative Extension Service. <http://pubs.case.uga.edu/pubs/pdf/B1182.pdf>
- 3- Burt, Carles M., 1998 Fertigation Basics, Irrigation Training and Research Center (ITRC), California Polytechnic State University, to Pacific Northwest Vegetable Association Convention Pasco, Washington. <http://itrc.org/papers/pnva/fertbasics.pdf>.
- 4- Ayers R. S., and D. W. Westcot, 1994 (reprint), Water quality for agriculture, Food and Agriculture Organization (FAO) Irrigation and Drainage Paper No. 29.
- 5- Follett, R. H., Soil: Fertigation. Colorado State University. Crop Series. <http://ext.colostate.edu/pubs/crops/00512/pdf.2005>.
- 6- Hamon, Dorota Z., Allen G. Smajstrla, and F. S. Zazueta, Chemical Injection Methods for Irrigation, University of Florida. <http://edis.ifas.ufl.edu/Body-1004.2004>.
- 7- Haman, Dorota Z., 2004, Irrigation and Fertigation of Fresh Market Tomatoes. Great Lakes Fruit, Vegetable & Farm Market EXPO.
- 8- Hanafi, Abdelhag, 2004, Integrated Production and Protection in Greenhouse Vegetable Crops. Food and Agriculture Organization (FAO) and Republic Lebanon Ministry of Agriculture.
- 9- Hochmuth, G. J., 1991, Florida Greenhouse Vegetable Production Handbook, Vol. 3, Fertilizer Management for Greenhouse Vegetables HS784, University of Florida, IFAS <http://pubs.caes.uga.edu/pubs/pdf/B1182.pdf>.
- 10- Hochmuth, G. J., 1992, Fertilizer management for drip irrigated vegetable in Florida, Hort, Technology 2: 27 – 32.
- 11- Jovicich, E., and Daniel J. Cantliff, 2001, Reduced Fertigation of Soilless-greenhouse-grown Peppers Improves Fruit Yield and Quality, University of Florida.
- 12- Jovicich, E., 2005, Last update Greenhouse, Grown Bell Pepper Production, USDA-Agricultural Research Service. <http://hou.ufl.edu/protecteolog>.
- 13- Kosle, T.J., M. Hall, R. Hinson, and D. Pollet, 2005. Commercial Growing of Greenhouse Tomatoes, Louisiana Cooperative Extension Service, Pub. 1808.
- 14- Latimer, J. G., 2001, The Basics of Fertilizer Calculation for Greenhouse Crops. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- 15- Marr, Charles W., 1995, Commercial Greenhouse Tomatoes, Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service.
- 16- Papadopoulos, I., 1992, Fertigation of vegetable in plastic – house; present situation and future aspects. Acta Horticulture No. 323, Soil and Soilless media under protected cultivation, S, pp. 151 – 174.

- 17- Segars. B., Efficient Fertilizer Use: Fertigation.
<http://back-to-basics.net/efu/pdf/fertigation.pdf>.2005.
- 18- Simonne, E., and G. J., Hochmuth, Chemigation and Fertigation of Vegetable Crop Grown in Florida in The BMP Era. <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/HS/HS15900.pdf>.2005.
- 19- Snyder, R.G., 2005, Greenhouse Tomato Handbook, Pub. 1828, Mississippi State University, Cooperative Extension Service, USA, 30 pp.
<http://msucares.com/pubs/publications/p1828.pdf>.

اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای

۱۳۸۶ مهرماه ۲۶

کودآبیاری در گلخانه

پریسا شاهین رخسار و محمد اسماعیل اسدی^۱

چکیده

در چند دهه اخیر استفاده از نهاده‌هایی که همراه با سیستم‌های آبیاری برای حفظ و تقویت گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرند مانند کودها، علف کش‌ها و آفت کش‌ها بطور وسیعی مورد توجه تولید کنندگان محصولات کشاورزی قرار گرفته است. از این میان استفاده از کود همراه با آب آبیاری (کود آبیاری) بیشترین کاربرد را داشته است. با کاربرد کود آبیاری مواد غذایی بر اساس نیاز واقعی گیاه و به صورت سرک بکار می‌رود و به همین دلیل کارایی مصرف کود افزایش و تلفات آبشویی، نیترات زدایی و جذب بیش از اندازه مواد غذایی توسط گیاه کاهش می‌یابد. منابع علمی بسیاری مؤید این نکته می‌باشند که کودها اولین مواد شیمیایی بودند که همراه با آب آبیاری مورد استفاده گیاه قرار گرفتند. امروزه سیستم کود آبیاری در صنعت گلخانه به عنوان یک فناوری قدرتمند و لاینفک که کارایی بسیاری در کشاورزی مدرن دارد، شناخته شده است. در گلخانه به دلیل جذب بیشتر مواد غذایی توسط گیاه مصرف مواد غذایی در منطقه توسعه ریشه بیشتر از نباتات پرورش یافته در مزارع می‌باشد. در این رابطه برتری سیستم کود آبیاری در مقایسه با روش‌های سنتی کود پاشی در موارد زیادی توسط محققین گزارش شده است. در این سیستم مقدار و درصد ترکیب مواد شیمیایی بطور دقیق تعیین می‌گردد که نتیجه آن افزایش کمی و کیفی محصول با کمترین آلودگی زیست محیطی است. بطور کلی استفاده از کودهای محلول و یا با حلalit بالا در این روش بسیار مناسب هستند. در تهیه محلول‌های غذایی می‌بایستی به خلوص مواد شیمیایی و همچنین درجه حلalit نمک‌های شیمیایی و واکنش عناصر غذایی به منظور جلوگیری از رسوب عناصر توجه ویژه‌ای شود. علاوه بر این نسبت عناصر در محلول و غلظت آنها و در نهایت اسیدیته آن باید در محلول غذایی بطور دقیق کنترل گردد. مرحله رشد، مواد غذایی موجود در منطقه توسعه ریشه گیاه، وضعیت شیمیایی خاک، سیستم تزریق کود و ترکیبات شیمیایی آب آبیاری از جمله فاکتورهایی هستند که بر کارایی سیستم کود آبیاری در گلخانه مؤثرند که در مقاله حاضر بطور مسح معرفی شده است.

کلمات کلیدی: گلخانه، کود آبیاری، آبیاری تحت فشار، محلول غذایی

^۱- اعضاء هیات علمی بخش فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان

مقدمه

به دلیل افزایش تقاضا برای تولید محصولات بیشتر و به ویژه خارج از فصل، تولیدات گلخانه‌ای روز به روز در حال افزایش است. بزرگترین واحدهای گلخانه‌ای در اسپانیا با سطح زیر کشتی در حدود ۴۶۰ هکتار و پس از آن ایتالیا با وسعت ۲۵۰۰ هکتار وجود دارند که محصولات عمده آنها گوجه فرنگی، خیار، فلفل و توت فرنگی می‌باشد (Martinez. 1999). در جهان امروز دیگر روش‌های سنتی کشاورزی کارایی لازم را نداشته و لازم است از تکنیک‌های نوین در کشاورزی، استفاده بیشتری شود. این روش‌ها علاوه بر سهولت در استفاده دارای کارایی و سودآوری بیشتر بوده و اغلب سازگاری بهتری با محیط زیست دارند. کود آبیاری (Fertigation) از ابداعاتی است که از تحقیقات و مطالعات علم آبیاری نشأت گرفته است. در چند دهه اخیر استفاده از نهاده‌هایی که برای حفاظت گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد مانند کودها، حشره‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها همراه با سیستم‌های آبیاری بطور وسیعی مورد توجه تولید کنندگان محصولات کشاورزی قرار گرفته است که در این میان استفاده از کود همراه Phene and Beale 1976, Harstone et al.1981, Elfving.1982, Asadi et al. 2002, Asadi. 2005, Gheisari et al. 2007

کاربرد کود همراه آب آبیاری یکی از روش‌های کاربرد و مصرف کود می‌باشد. در این روش کود مورد نیاز به مقدار کافی برای گیاه تأمین می‌شود درحالی که در روش‌های معمول کود پاشی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در فواصل زمانی زیاد (حداکثر در سه مرحله) و یا بطور یکجا در یک مرحله به گیاه داده می‌شود. این عمل باعث می‌گردد تا گیاه غذای کافی در بین فواصل زمانی کود پاشی در اختیار نداشته باشد. از نکات مثبت دیگر روش کود آبیاری کاهش مصرف کود و توزیع یکنواخت آن برای گیاه و کاهش هزینه‌های کارگری و همچنین افزایش سرعت جذب مواد غذایی برای گیاه است (اسدی و شاهین رخسار، ۱۳۸۴). تحقیقات نشان دهنده این مسئله می‌باشد که کود آبیاری می‌تواند جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و دیگر عناصر ضروری را در گیاه در مقایسه با کوددهی سنتی افزایش دهد. همچنین این تحقیقات ثابت کرده که کود آبیاری می‌تواند باعث بهبود کیفیت محصول شود. قابلیت عمل این روش بستگی به شرایط خاصی از جمله خاک و محصول، روش آبیاری معمول، کیفیت آب، نوع کود و اقتصاد عمومی در مقایسه با روش‌های دیگر کاربرد کودها دارد (Papadopoulos, 1985: 1986a: 1987a; 1988).

منابع علمی بسیاری مؤید این نکته می‌باشند که کودها اولین مواد شیمیایی بودند که همراه با آب آبیاری مورد استفاده گیاه قرار گرفتند. امروزه سیستم کود آبیاری در صنعت گلخانه به عنوان یک فناوری قدرتمند که کارایی بسیاری در کشاورزی مدرن دارد، شناخته شده است (Goldberg and Shmueli, 1969; 1970). پس از آن مواد شیمیایی شامل علف کش‌ها (Lange et al., 1974; Phene et al., 1979), قارچ کش‌ها و حشره کش‌ها (Overman, 1975, 1978, Chesness et al. 1976), نماتدکش‌ها (Potter, 1981; Young, 1980; Phene et al., 1979), آفت‌کش‌ها (Bryan and Duggins, 1978) مواد تنظیم‌کننده‌رشد (Goldberg and Uzrad, 1976; Overman, 1976)، کلرین و اسیدها به منظور کنترل گرفتگی سیستم آبیاری (Ford, 1976; Ford and Tucker, 1975) بکاربرده شد. بعضی از مزایای کود آبیاری بهبود راندمان بازیافت کود (Miller et al., 1981; Phene and Beale, 1976) کمترین تلفات کود در حین آبشویی (Bresler. 1977, Papadopoulos. 1985; Asadi et al. 2002, Asadi. 2005)

غاظت مواد غذایی در محلول خاک (Papadopoulos. 1986a, 1987b)، کترول فرمهای مختلف کودی مخصوصاً در مورد کودهای ازته و قابلیت انعطاف پذیری در زمان کاربرد کود بر اساس نیاز فیزیولوژی رشد گیاه (Bresler, 1977; Kovach, 1983) می‌باشد. برنامه ریزی درست کود دهی بر اساس نیازهای واقعی گیاه موجب کاهش تلفات عناصر غذایی، نوسانات شوری محلول خاک ناشی از کاربرد عناصر غذایی و در نتیجه بهبود شرایط محلول خاک مخصوصاً در مورد گیاهان حساس به شوری و کاهش هزینه کارگری و انرژی می‌شود (Papadopoulos, 1985). راندمان جذب مواد غذایی بطور قابل توجهی با کاربرد مواد غذایی همراه با جریان آب آبیاری افزایش می‌یابد (Phene et al., 1979; Papadopoulos, 1988a). این هدف با کاربرد کودهای با حلالیت بالاکه در خاک ثابت نشوند و با کمترین تلفات آبشویی نائل می‌شود (Papadopoulos. 1988b). گرچه مطالعات برخی از محققین نشان داده است که بسته به شکل کود مورد استفاده و کاربرد آن در هر آبیاری و یا بصورت دوره‌های مشخص، بر عملکرد و کیفیت محصول تأثیر متفاوتی می‌گذارد و نیاز به تحقیقات دقیقی وجود دارد که نه فقط بر روی مقدار کاربرد کود و شکل کود بلکه بر دور کاربرد کود نیز مطالعات انجام شود.

محدودیت‌های احتمالی این روش کوددهی عبارتند از توزیع غیر یکنواخت مواد شیمیایی ناشی از طراحی یا کاربرد نادرست سیستم آبیاری، بارندگی در زمان کاربرد کود که منجر به تلفات ناشی از آبشویی گردد و واکنش شیمیایی بعضی از عناصر با مواد بکار رفته در سیستم آبیاری که منجر به خوردگی فلزات سیستم می‌شود و یا رسوب مواد شیمیایی که منجر به گرفتگی قطره چکانها و یا آپیاش‌ها می‌گردد. هدف این مقاله معرفی مختصراً از کاربرد این فن آوری خصوصاً برای سبزیجات پرورش یافته در محیط‌های تحت کترول می‌باشد. چرا که در گلخانه به دلیل تأمین شرایط مناسب رشد، مواد غذایی توسط گیاه جذب بیشتری داشته و مصرف مواد غذایی در منطقه توسعه ریشه بیش از گیاهان پرورش یافته در مزارع می‌باشد. در این رابطه مقدار و نسبت ترکیب عناصر غذایی برای رسیدن به دو هدف افزایش عملکرد با حفظ محیط زیست بسیار ضروری است. در ابتدا ملاحظاتی از قبیل کیفیت آب، اسیدیته خاک، کود آبیاری تحت شرایط شور، سازگاری و ترکیب کودها با یکدیگر و تهیه محلول کودی در سیستم‌های کود آبیاری را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

کیفیت آب

محلول‌های کودی در سیستم‌های کود آبیاری اغلب با افزودن برخی عناصر شیمیایی به آب آبیاری قابل تهیه است. از آنجایی که برخی آب‌ها دارای مقادیر شیمیایی هستند که امکان دارد روى رشد محصولات و سیستم آبیاری قطره‌ای تأثیرات منفی داشته باشد، شناخت ما از خصوصیات کیفی آب مورد استفاده ضروری است. در جدول ۱ کیفیت آب در کشت گلخانه‌ای خاکی و بدون خاک طبقه‌بندی شده است. آب از لحاظ کیفی عامل تعیین کننده‌ای در رشد به شمار می‌رود. ترکیب شیمیایی، یعنی درصد و نوع مواد محلول در آن، که اغلب اوقات باعث نتایج منفی می‌شود، میزان اسیدیته و شوری آب نیز بسیار مهم است. آب لوله‌کشی معمولاً واکنش قلیایی، در حدود ۸ یا بیشتر دارد. بنابراین باید با اضافه کردن ۲ تا ۳ سی سی اسید نیتریک به هر لیتر آن را اصلاح کرد (سجادی، ۱۳۶۲).

جدول ۱: طبقه بندی کیفی آب در کشت گلخانه‌ای خاکی و بدون خاک

فاکتورهای کیفی	واحد	طبقه بندی کیفی آب		
		بد	متوسط	خوب
اسیدیته		محدوده مطلوب بین ۶/۵ الی ۸/۴ می باشد		
شوری	دسی زیمنس بر متر	۰/۰۰-۰/۸	۰/۸-۳/۰	>۳
میزان ماده خشک (TDS)	میلی گرم بر لیتر	>۱۷۵	۱۷۵-۱۴۰۰	>۱۴۰۰
سدیم	میلی اکی والان بر لیتر	<۳	>۳	-
کلر	میلی اکی والان بر لیتر	<۳	>۳	-
برم	میلی اکی والان بر لیتر	<۰/۷	۰/۷-۳/۰	>۳
بی کربنات	میلی اکی والان بر لیتر	<۱/۵	۱/۵-۸/۵	>۸/۵

بسیاری از آب‌های مورد استفاده در گلخانه حاوی مقادیر زیادی منیزیم، بی‌کربنات و کلسیم با اسیدیته ۷/۲ الی ۸/۵ هستند که از نظر طبقه بندی کیفی آب‌ها جزء آب‌های سخت طبقه بندی می‌گردند. واکنش این آب‌ها با کودها موجب مشکلات جدی شامل رسوب در تانک‌های کود، گرفتگی قطره چکان‌ها و فیلترها می‌گردد. در آب‌هایی با محتوی کلسیم و بی‌کربنات بالا استفاده از کودهایی با بنیان سولفات منجر به رسوب سولفات کلسیم (CaSO_4) می‌شود. همچنین از آنجایی که کاربرد اوره منجر به افزایش اسیدیته آب می‌گردد، کاربرد این کود در این نوع آب‌ها رسوب کربنات کلسیم (CaCO_3) را نیز موجب می‌شود. مشکل اصلی در ارتباط با کودهای فسفره می‌باشد چرا که وجود غلظت بالای کلسیم و منیزیم با اسیدیته بالا منجر به رسوب فسفات منیزیم و کلسیم می‌گردد. آبهای بازیافتی به دلیل این اینکه حاوی مقادیر بالایی مواد آلی و بی‌کربنات هستند به شدت مستعد رسوب گذاری هستند. نتیجه رسوب گذاری بسته شدن قطره چکان‌ها و رسوب گذاری در جداره لوله است.

اسیدیته خاک

هر نوع گیاهی مقدار اسیدیته خاصی برای رشد مطلوب خود ترجیح می‌دهد ولی اغلب گیاهان عکس العمل خوبی در محدوده ۶/۵ الی ۶ از خود نشان می‌دهند (میر عبدالباقي، ۱۳۷۹) عناصری مانند آهن، منگنز، روی و برم در pH بیشتر از ۷/۵ قابل جذب توسط گیاه نیستند. همچنین در شرایط pH بالا (حدود ۹) یا خیلی پایین (کمتر از ۴/۵) بعضی از عناصر غذایی در حالت انعقاد قرار گرفته و از دسترس گیاه خارج می‌شوند و باعث بروز خساراتی به گیاه می‌شود (تولایی، ۱۳۸۰). امروزه برای جذب آهن در شرایط pH بالا، استفاده از کلات آهن توصیه می‌شود (Papadopoulos, 2000). مهمترین فاکتوری که بر روی اسیدیته ریزوسفر تأثیر می‌گذارد، نسبت آمونیوم به نیترات (NH_4/NO_3) آب آبیاری می‌باشد، مخصوصاً در مورد خاک‌های شنی و بسترها خشی کشت بدون خاک با خاصیت بافری پایین مانند راک وول. این مسئله موثرتر است. مقدار اسیدیته ریزوسفر میزان دسترسی گیاه به فسفر را تعیین می‌کند و بعد از آن روی فرایند رسوب و حلالیت تأثیر می‌گذارد. اسیدیته همچنین بر جذب عناصر عناصر میکرو (Fe, Zn, Mn) و سمیت بعضی از عناصر



(Al, Mn) موثر است. جذب شکل‌های مختلف نیتروژن توسط گیاه بر تعادل کاتیون‌ها و آنیون‌های گیاه تأثیر می‌گذارد. بدین صورت که جذب بیش از اندازه یون آمونیوم توسط گیاه منجر به کاهش جذب کاتیون‌هایی نظیر کلسیم، منیزیم و پتاسیم (Mg^{2+} , K^{+} , Ca^{2+}) می‌شود و به دنبال آن ما شاهد دفع H^+ خواهیم بود که موجب کاهش اسیدیته در ریزوسفر گیاه خواهد شد. در بسیاری از منابع نوسانات اسیدیته ناشی از این شرایط را تا حدود ۱/۵ واحد نیز گزارش کرده‌اند (Barber, 1984). مطابق با تحقیقات گانور نئمن و کافکافی (1983; 1980) آمونیوم منبع مناسبی برای تولید سبزیجات و گیاهان گلخانه‌ای نظیر توت فرنگی و گوجه فرنگی نمی‌باشد. گرچه تأمین ازت با صدرصد کود نیتراته (NO_3^-) نیز موجب بالا رفتن اسیدیته ریزوسفر شده و مشکلات مربوط به عدم جذب فسفر و سایر عناصر میکرو را باعث می‌شود. از آنجایی که گیاهان عموماً نیتروژن را به شکل نیترات جذب می‌کنند، بهتر است یون آمونیم به عنوان مکمل استفاده شود. بنابراین توصیه می‌شود که از ترکیب ۸۰ درصد ازت نیتراته و ۲۰ درصد ازت آمونیوم استفاده شود.

کود آبیاری تحت شرایط شوری خاک

هدایت الکتریکی یا شوری (EC) ریزوسفر نشان‌دهنده غلظت نمک‌های موجود در آن می‌باشد که با دستگاه کانداتیویته متر اندازه‌گیری می‌شود و واحد آن دسی زیمنس بر متر است. محدوده مطلوب شوری برای رشد اغلب گیاهان بین ۱/۵ تا ۲/۵ می‌باشد. با افزایش شوری میزان رشد، ماده سازی خالص، گلدهی، شاخص سطح برگ، اندازه برگ و وزن میوه کاهش پیدا می‌کند (Schwarz and Kuchenbuch, 1997). همچنین جذب آب توسط گیاه تحت تأثیر غلظت محلول غذایی موجود در ریزوسفر قرار می‌گیرد بطوریکه در سطوح بالای شوری، جذب آب توسط گیاه کاهش یافته و رشد و عملکرد آن پایین می‌آید.

زمانی که ما از آبهای شور برای آبیاری استفاده می‌کنیم باید بپذیریم که کودها نیز نمک هستند که با اضافه کردن آنها به آب آبیاری میزان شوری آب افزایش می‌یابد. با این وجود با بکارگیری هوشمندانه کودها می‌توان حتی در این نوع آبهای نیز کود آبیاری را بکاربرد مثلاً در مورد گیاهی که به شدت به کلر حساس است به منظور تأمین پتاسیم بجای کاربرد کلرید پتاسیم می‌توان از نیترات پتاسیم استفاده کرد تا از تجمع کلر در خاک جلوگیری شود. همچنین در مورد گیاهان گلخانه‌ای از آنجایی که حجم ریشه آنها محدود می‌باشد، بایستی از کودهایی با شاخص شوری بسیار پایین استفاده کنیم. کودهایی با بنیان سدیم مانند نیترات سدیم یا فسفات دی هیدروژن سدیم بسیار نامناسب هستند. مدیریت صحیح آبیاری تحت شرایط شوری شامل کاربرد آب بیش از نیاز واقعی گیاه می‌باشد تا آب اضافی از منطقه توسعه ریشه خارج شده و نمک‌های اضافی را شستشو دهد. این آبشویی مانع تجمع نمک‌های اضافی در این ناحیه می‌شود (Rhoades and Loveday, 1990).

عموماً کودهای مایع و یا کودهایی با حلالیت بالا برای کود آبیاری مناسب هستند. میزان حلالیت معمول کودهای تجاری در جدول ۲ آورده شده است. معمولاً در ارتباط با کاربرد نیتروژن و بعضی از ترکیبات پتاسیم در کود آبیاری مشکلی وجود ندارد (Miller et al. 1975). فسفر ممکن است بصورت پتاسیم اورتو فسفات و یا به عنوان پلی فسفات آمونیوم یا به عنوان فسفات آلی و یا به عنوان اسید فسفریک مورد استفاده قرار گیرد (Rauschkolb et al. 1976). به منظور جلوگیری از واکنش‌هایی شیمیایی بین عناصر و پدیده رسوب، می‌بایستی از

ترکیب کودهایی با بنیان فسفات و سولفات با کودهایی با بنیان کلسیم اجتناب شود. منیزم با گروه فسفات‌ها در شرایط اسیدیته پایین و غلظت کم سازگاری خوبی دارد (Nigel, 1983; Sonneveld, 1982).

جدول ۲: میزان حلالیت بعضی از کودهای تجاری

کود	میزان حلالیت (کیلوگرم در صد لیتر)	حالیت بالا
کودهای مایع		
اوره	۱۱۰	
نیترات آمونیوم	۱۱۹	
سولفات آمونیوم	۷۱	
نیترات پتابسیم	۳۲	
کلراید پتابسیم	۲۸	
سولفات پتابسیم	۷	
فسفات منو آمونیوم	۲۳	
فسفات دی آمونیوم	۵۸	
سولفات منیزیم	۷۱	
فسفات منو کلسیم	غیر محلول	
فسفات دی کلسیم	غیر محلول	
فسفات اوره	حالیت بالا	

زمانی که محلول کودی برای کود آبیاری آماده می‌شود، بعضی از کودها نبایستی با یکدیگر مخلوط شوند. مثلاً ترکیب سولفات آمونیوم و کلراید پتابسیم در یک مخزن بطور قابل ملاحظه‌ای حلالیت را کاهش داده و منجر به تولید ترکیب سولفات پتابسیم می‌شود. ترکیبات دیگری که به کارگیری آنها با یکدیگر منع شده است عبارتند از نیترات کلسیم با هر نوع ترکیب سولفات و فسفات، سولفات منیزیوم با دی یا منو سولفات منیزیوم، و اسید فسفریک با مس، روی و آهن و سولفات منگنز.

تهیه محلول کود آبیاری

برای ساختن یک محلول کود آبیاری در ابتدا نیاز به تعیین دقیق مواد غذایی مورد نیاز برای گیاه مشخص مثلاً گوجه فرنگی داریم و بسته به حجم تانک کود ۱۰۰ لیتری یا ۱۵۰ لیتری میزان گرم هر عنصر غذایی مشخص می‌شود. معمولاً کودها را در آب مقطر و یا آب معمولی (در صورتی که از لحاظ کیفی مورد تأیید باشد) حل داشته و تعدادشان رو به افزایش است. تعدادی از این فرمول‌ها نتایج بهتری نسبت به انواع دیگر آن داده‌اند، هر چند فرمول واحدی وجود ندارد که بتواند به تنها بقیه فرمول‌ها را تحت الشعاع قرار دهد. موقفيت هر یک از این فرمول‌های غذایی، مربوط به شرایط خاص استفاده از آنها و نوع گیاهانی است که از آنها تغذیه کرده‌اند. برای تهیه محلول غذایی ابتدا وزن تمامی مواد شیمیایی به طور جداگانه براساس فرمول غذایی مشخص شده، محاسبه و سپس

مواد شیمیایی با دقت به علاوه یا منهای ۵٪ وزن می‌شود. از آنجایی که در ساخت محلول‌های کود آبیاری باید احتیاط کرد تا پدیده رسوب و ته نشینی رخ ندهد، معمولاً دو تانک کود مجزا که اولی شامل نیترات کلسیم، منیزیم و پتاسیم و میکروها و دومی شامل سولفات آمونیوم، اسید فسفریک و در صورت لزوم اسید نیتریک می‌باشد، در نظر می‌گیرند. در بعضی از گلخانه‌ها تانک سومی به منظور تزریق اسید در صورت بروز گرفتگی قطره چکان‌ها و یا برای کنترل اسیدیته آب آبیاری در نظر گرفته می‌شود (Lupin et al., 1996).

توزیع کود با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای

یکی از ملاحظات مهم در بکارگیری و استفاده از کود آبیاری، روش آبیاری است که بر توزیع و کاربرد کود در مزرعه تأثیر بسیار مهمی دارد. فن‌آوری کود آبیاری در خلال ۲۰ سال گذشته پیشرفت بسیاری نموده است که بیشتر این پیشرفت‌ها مرهون بازده بالای سیستم‌های آبیاری مدرن مانند قطره‌ای و بارانی بوده است. با توسعه سیستم‌های قطره‌ای به صورت همزمان سیستم‌های کود آبیاری و شیما آبیاری^۱ نیز مدنظر بوده است. در مقایسه با سیستم‌های کم بازده و غیر یکنواختی مثل سیستم‌های آبیاری غرقابی و نواری، سیستم‌های آبیاری تحت فشار مورد توجه بیشتری قرار گرفته‌اند (Threadgill et al., 1990; Goldberg et al. 1976; Papadopoulos, 1985; Bresler, 1987). کاربرد تکنیک‌های تزریق مواد شیمیایی می‌باشد (Papadoupolis, 1985; Goldberg et al. 1976; Goldberg et al. 1979). از این کود آبیاری قطره‌ای یکی از بهترین تکنیک‌های است که اجازه می‌دهد مواد غذایی بطور مستقیم در منطقه توسعه ریشه و بر اساس نیاز گیاه قرار گیرد (Gerst et al. 1981). از این گذشته کاربرد دوزهای بسیار کم آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌ها در این سیستم در مقایسه با سیستم سنتی بسیار کاربردی‌تر و با راندمان بالاتری بکار بوده می‌شود.

از آنجایی که خصوصیات شیمیایی کودها متفاوت می‌باشد. توزیع آنها در خاک بصورت متفاوتی صورت می‌گیرد (Bar-Yosef, 1977; Goldberg et al., 1971; Papadopoulos, 1985). شکل‌های نیترات کود ازته قابلیت جایگزینی در خاک را ندارد و همراه با سایر نمک‌های محلول به داخل جبهه رطوبتی نفوذ می‌کند و از منطقه توسعه ریشه خارج می‌شود. بنابراین بهتر است با هر آبیاری و بر اساس نیاز گیاه انجام شود. شکل‌های ازته آمونیومی امکان دارد بسته به نوع خاک بطور موقت در خاک جایگزین شود. وضعیت چنین کودهایی بصورت یک موازنۀ دینامیکی بین تأمین کود با استفاده از سیستم آبیاری و جذب آن توسط گیاه، تلفات آبشویی و یا نیتریفیکاسیون می‌باشد. پتانسیم تحرک کمتری نسبت به نیترات دارد (Goode et al. 1978). در سیستم آبیاری قطره‌ای پتانسیم هم بصورت افقی و هم بصورت عمودی توزیع می‌گردد که موجب پخش یکسان این یون در حجم مرتبط شده خاک می‌گردد. فسفر بر خلاف نیتروژن و پتانسیم در بسیاری از خاک‌ها ثابت می‌گردد (Kafafi and Bar-Yosef, 1980). گرچه قابلیت تحرک این عنصر نسبت به بافت خاک متغیر است. کودهای تجاری فسفره ممکن است با یون‌های موجود در آب آبیاری نظیر کلسیم یا منیزیم واکنش دهند و منجر به رسوب در خطوط لوله‌های آبیاری گردد. به دلیل تثیت در خاک و مشکلات حلالیت پایین و رسوب در سیستم آبیاری قطره‌ای پیشنهاد می‌شود، در صورتیکه آب آبیاری برای استفاده از این عنصر مناسب نبود، از این کود در سیستم آبیاری استفاده نشود و یا در صورت کمبود

^۱ Chemigation

این عنصر غذایی، کاربرد اسید فسفریک یا منو آمونیوم فسفات توصیه می‌شود. از جمله مشکلات سیستم آبیاری قطره‌ای مشکل گرفتگی قطره چکان‌ها می‌باشد. از آنجایی که این مشکل بر راندمان کاربرد سیستم به شدت مؤثر است، می‌بایستی مورد توجه جدی قرار گیرد. در شرایطی که قطره چکان‌ها با رسوب بی‌کربنات کلسیم مسدود شدند، کاربرد کاربرد کودهای اسیدی می‌تواند تا حدودی این مشکل را برطرف کند. گرچه اسید این کودها ممکن است منجر به خوردگی قطعات فلزی سیستم آبیاری و یا آسیب به لوله‌های سیمانی و یا آبزست شود. ولی با این وجود، تزریق دوره‌ای اسید در سیستم کود آبیاری به منظور جلوگیری از گرفتگی سیستم ناشی از رسوب کودها توصیه می‌شود. همچنین تزریق اسید علاوه بر حل مشکل فوق منجر به نابودی باکتری‌ها، قارچ‌ها و خزه‌ها می‌شود. همچنین بایستی توجه گردد که سیستم آبیاری و سیستم تزریق پس از اسید پاشی باید کاملاً شستشو شوند.

توزیع کود تحت سیستم آبیاری بارانی

بعضی از اصولی که برای انتقال و توزیع کودها بوسیله سیستم آبیاری قطره‌ای توصیه شده بود، برای سیستم آبیاری بارانی نیز قابل توصیه می‌باشد. کودها بسته به قابلیت حلالیت آنها و واکنش پذیری آنها در خاک در منطقه مرطوب ریشه توزیع خواهند شد، در نتیجه با استفاده از توزیع کود با استفاده از آبیاری بارانی بعضی از عناصر غذایی و مخصوصاً عناصر میکرو ممکن است بوسیله شاخ و برگ گیاهان جذب شوند. این مسئله خصوصاً در مورد برخی از گیاهان پرورش یافته در گلخانه که شاخه و برگ آنها سطح خاک را کاملاً پوشانده است، صادق می‌باشد و بدین ترتیب در هزینه انرژی و کارگر صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای می‌شود (Papadopoulos, 1989). کودها و دیگر مواد شیمیایی می‌توانند با سیستم‌های بارانی و عموماً در لاترال‌های سنترپیوت به کار رود. اینگونه سیستم‌ها باید با تانک‌های کود، مواد شیمیایی و یک پمپ تزریق تجهیز شوند. وقتی قطر نازل‌ها خیلی کوچک باشد (مثلاً نازل‌های اسپری کننده)، یک فیلتر باید در پایین دست نقطه تزریق برای جلوگیری از ورود ذرات بزرگ کود به داخل سیستم در نظر گرفته شود. یکنواختی کاربرد آب و کود در سیستم آبیاری بارانی را می‌توان با ضریب یکنواختی (CU) تعريف کرد. ضریب یکنواختی برای نازل‌های اسپری کننده بین عدد ۵۰ الی ۹۲ درصد واسنجی می‌شود (Bode et al. 1968). بیشتر سیستم‌های آبیاری می‌توانند با تأمین ضریب یکنواختی برابر ۸۵ و یا بیشتر طراحی و اجرا شود. یک سیستم آبیاری بارانی با لاترالی که بطور مداوم حرکت کند، نظری سترپیوت، در صورت واسنجی و کاربرد مناسب تا ۹۰ درصد یکنواختی توزیع را فراهم می‌کند. اینگونه سیستم‌ها برای کود آبیاری بسیار مناسب هستند.

روش‌های تزریق کود

روش‌های متفاوتی برای اجرای کود آبیاری وجود دارد. تجهیزات مدرن کود آبیاری می‌بایستی قادر به تنظیم مقدار کود، مدت زمان کاربرد کود، تقسیم بندی کود و زمان شروع و پایان کود دهی باشد. روش تزریق کود می‌بایستی با سیستم آبیاری و نیاز گیاه مورد نظر تطبیق داشته باشد. انتخاب نادرست تجهیزات کود آبیاری منجر به خسارات جبران ناپذیری به تجهیزات آبیاری و در نتیجه موجب کاهش کارآیی سیستم آبیاری و پایین آمدن راندمان کود دهی می‌شود. سیستم کود دهی باید طوری طراحی گردد که پس از عملیات کود آبیاری بتوان سیستم تزریق و

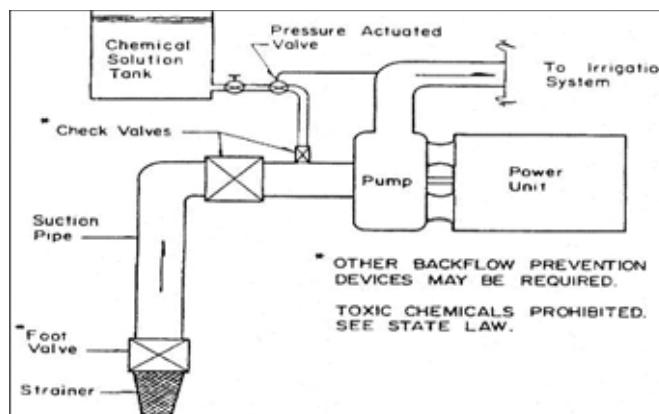
ملزومات آن را شستشو داد تا عمر مفید آن افزایش یابد و از آسیب دیدگی قطعات فلزی آن جلوگیری شود. بطور کلی بهتر است پس از تجهیزات کود دهی سیستم فیلتراسیون نیز به منظور جلوگیری از ورود رسوبات احتمالی به سیستم آبیاری خصوصاً سیستم آبیاری قطره‌ای جلوگیری شود. دقت گردد که در سیستمهای اتوماتیک تزریق کود همزمان با شستشوی معکوس فیلتر هماهنگ نباشد. توصیه می‌شود تزریق اسید بعد از سیستم‌های فیلتراسیون انجام شود. بطور کلی سه روش متداول تزریق کود وجود دارد: تزریق کود با استفاده از پمپ، روش‌های اختلاف فشار (تانک اختلاف فشار، ونتوری، لوله مکش و لوله تخلیه) و استفاده از ونتوری.

پمپ‌های سانتریفوژ

پمپ‌های کوچک سانتریفوژ را می‌توان برای تزریق کود به سیستم آبیاری مورد استفاده قرار داد. برای تزریق کود در این روش می‌بایستی میزان فشار تولیدی توسط پمپ از فشار موجود در لوله آبیاری بیشتر باشد. هرچه میزان فشار در خط لوله آبیاری بیشتر باشد، میزان تزریق کود کمتر خواهد بود. به همین دلیل این روش برای کاربرد دقیق مواد غذایی توصیه نمی‌شود و حتماً قبل از کاربرد باید واسنجی گردد.

روش‌های اختلاف فشار

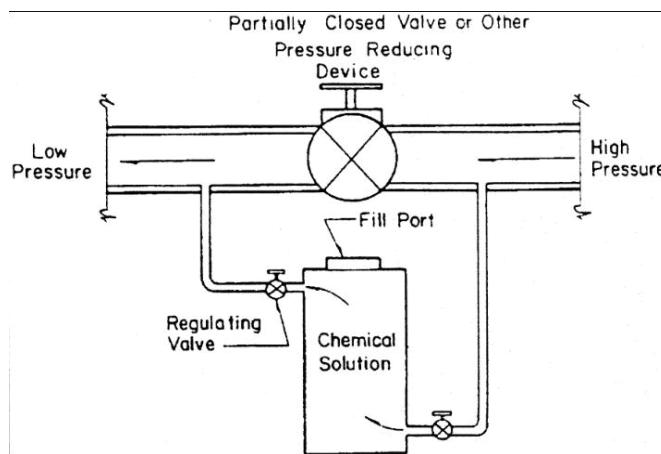
مفهوم اختلاف فشار برای تزریق کود بسیار ساده می‌باشد. به این صورت که اگر فشار نقطه تزریق کمتر از فشار نقطه مکش باشد، محلول کودی به داخل خط لوله آبیاری جریان می‌یابد. یکی از این روش‌ها تزریق با استفاده لوله مکش می‌باشد (شکل ۱). این روش در مواردی که پمپاژ آب از استخر، کانال یا رودخانه با استفاده از یک پمپ سانتریفوژ انجام می‌شود، امکان پذیر است.



شکل ۱: تزریق با استفاده لوله مکش

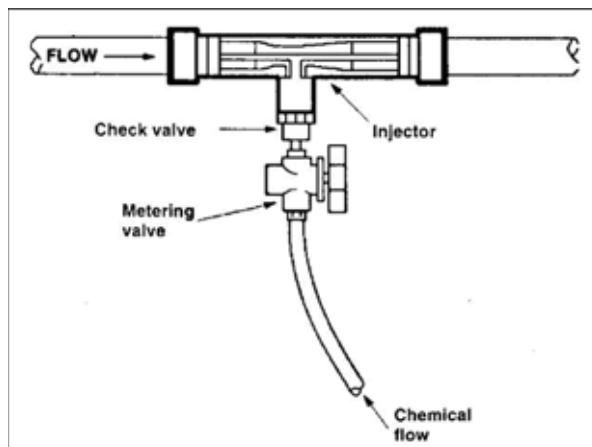
تجهیزات مورد نیاز عبارتند از لوله یا شیلنگ و یک مخزن کود. با استفاده از نیروی مکش پمپ می‌توان محلول کودی موجود در مخزن را با لوله یا شیلنگ نصب شده بر روی لوله مکش پمپ به داخل خط لوله اصلی تزریق کرد. شدت جریان بستگی به مکش تولید شده توسط پمپ، طول و اندازه لوله مکش و سطح محلول کودی مخزن کود دارد. در این روش نمی‌توان میزان دقیق تزریق کود را کنترل کرد (Boman et al. 2004).

یکی دیگر روش‌های تزریق کود استفاده از تانک اختلاف فشار می‌باشد. به این ترتیب که با استفاده از وسایلی مانند شیر فشار شکن در خط لوله اصلی اختلاف فشار ایجاد می‌شود. تزریق کود بر مبنای اختلاف فشار بالا دست و پایین دست شیر صورت می‌گیرد. اختلاف فشار موجب می‌شود که آب به واسطه یک لوله بای پس به داخل تانک کود وارد شده و سپس با مقدار مشخصی کود خارج شود. به دلیل دقت پایین مقدار کود توزیعی استفاده از این روش برای گیاهان گلخانه‌ای توصیه نمی‌گردد. بلکه بیشتر برای گیاهان دائمی نظیر درختان میوه یا در خاک‌های سنگین کاربرد دارد. مزایای این سیستم عبارتند از بسیار ساده و کاربردی است. نصب و نگهداری آن بسیار آسان می‌باشد. به انرژی برق یا سوخت نیازی ندارد. در این روش می‌توان از کودهای جامد نیز استفاده نمود. معایب آن شامل دقت کود دهی آن بسیار پایین است. بطوریکه غلظت محلول کودی در هر مرحله کود دهی کاهش می‌یابد. همچنین نیاز به افت فشار کافی در خط لوله اصلی دارد. از این روش نمی‌توان برای کود آبیاری تقسیطی استفاده کرد و قابلیت اتوماسیون را نیز ندارد(Boman et al. 2004).

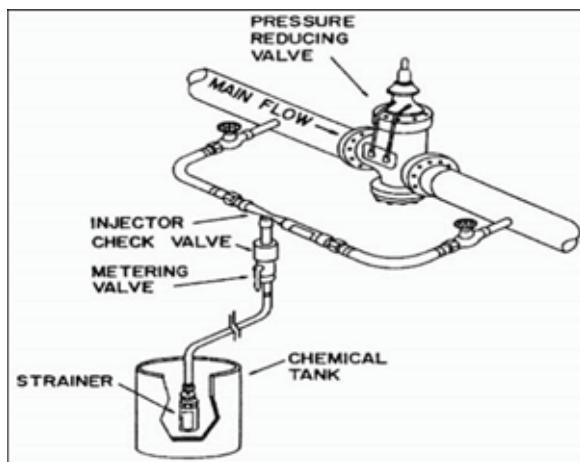


شکل ۲: تزریق کود با استفاده از تانک اختلاف فشار

یکی دیگر از روش‌های تزریق کود انژکتور ونتوری می‌باشد(شکل ۳). مواد شیمیایی را می‌توان بر اساس اصل ونتوری به داخل خط لوله تحت فشار تزریق نمود. در این روش با استفاده از یک ونتوری، فشار کاهش یافته و در نتیجه خلاء ایجاد شده، کود به داخل لوله اصلی مکش می‌شود. مزایای این روش عبارتند از سهولت استفاده، نصب و نگهداری آسان، ارزانی، مناسب برای مقادیر بسیار کم تزریق کود، کنترل مقدار تزریق کود با استفاده از شیر اندازه گیری و برای کود آبیاری مرحله‌ای مناسب می‌باشد. از معایب آن می‌توان به نیاز به افت فشار در خط لوله اصلی که در صورت تأمین نشدن این افت باید از پمپ کمکی استفاده کرد. کود آبیاری کمی با این روش مشکل است. اتوماسیون این روش مشکل می‌باشد(Burt et al. 1998). این نوع انژکتور معمولاً از جنس پلاستیک می‌باشند که در برابر مواد شیمیایی مقاوم باشند. انژکتورهای ونتوری در اندازه‌های مختلف و تحت شرایط فشارهای متفاوتی وجود دارند. ظرفیت مکش (میزان تزریق) افت بار مورد نیاز و فشار کارکرد بسته به نوع مدل متفاوت است و حتماً قبل از استفاده بروشور آن باید مطالعه شود. یک ونتوری کوچک را می‌توان برای تزریق مقادیر کم مواد شیمیایی به داخل لوله اصلی بکار برد. به منظور اطمینان از انحراف جریان آب به انژکتور و سپس لوله اصلی می‌بایستی با استفاده از یک وسیله کاهنده فشار مانند دریچه یا شیر کنترل فشار یا دیگر تجهیزات، اختلاف فشاری برای مکش محلول کودی و تزریق آن به لوله اصلی ایجاد شود (شکل ۴).

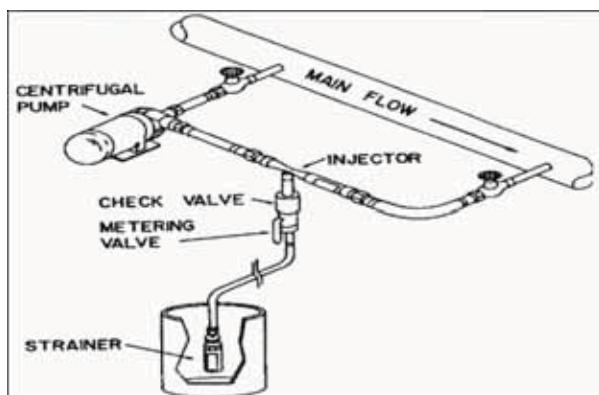


شکل ۳: تزریق کود با استفاده از انژکتور و نتوری

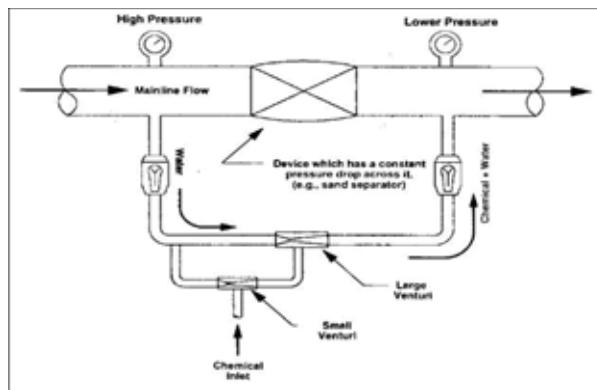


شکل ۴: یک نتوری کوچک که در لوله با پس تعییه شده است همراه با شیر کاهنده فشار

در صورت نیاز می‌توان از یک پمپ کوچک سانتریفیوژ برای تأمین فشار اضافی استفاده کرد (شکل ۵).



شکل ۵: استفاده از یک پمپ کمکی برای ایجاد اختلاف فشار لازم و نتوری،



شکل ۶: کاربرد تؤام دو ونتوری کوچک و بزرگ به منظور تأمین اختلاف فشار لازم برای تزریق کود

البته باید به این نکته توجه نمود که ظرفیت مکش وابسته به ارتفاع محلول غذایی در تانک کود می‌باشد در صورتیکه سطح مایع کودی از حد مشخصی پایین بیاید، جریان مکش کم می‌شود. بنابراین توصیه می‌شود که شیر شناوری برای ثابت نگهداشتن سطح مایع در نظر گرفته شود. در صورتیکه اختلاف فشار مورد نیاز وجود ندارد به جای استفاده از یک پمپ کمکی می‌توان از ترکیب یک ونتوری بزرگ به علاوه ونتوری کوچک نیز برای تأمین اختلاف فشار استفاده کرد (شکل ۵).

تعیین شدت جریان تزریق کود

از آنجایی که عمدتاً سیستم آبیاری گیاهان گلخانه‌ای آبیاری قطره‌ای می‌باشد. کود دهی معمولاً بر اساس تعداد گیاهان مورد نظر انجام می‌شود. به همین دلیل از فرمول زیر برای تعیین میزان جریان کود دهی استفاده می‌کنیم (معادله ۱) (Burt et al. 1998).

$$Q = 3.78 \times \frac{(100 \times A \times F_p \times NP)}{(P \times H \times D)} \quad (1)$$

بطوریکه در این فرمول Q عبارتست از میزان شدت جریان (لیتر بر ساعت)، A مساحت تحت آبیاری(هکتار)، F_p مقدار کود در نظر گرفته شده برای هر گیاه (گرم)، NP تعداد گیاه در هر هکتار مساحت زمین، P درصدی از کود در هر لیتر محلول کودی تزریق شده، H زمان کود دهی (hr) و D چگالی کود در محلول کودی (گرم بر لیتر). فرمول فوق برای آبیاری بارانی به این صورت تصحیح می‌شود که F_p مقدار کود در نظر گرفته شده برای هر هکتار مساحت مورد نظر می‌باشد. مقدار NP در روش آبیاری بارانی ۱ فرض می‌شود. به عنوان مثال برای کود آبیاری یک گلخانه ۱/۶ هکتاری با تعداد ۱۵۱ گیاه در هر هکتار می‌خواهیم میزان ۲۲/۶۷ گرم کود نیتروژن (۸ درصد نیتروژن با چگالی ۱۲۸۴ گرم بر لیتر) برای هر گیاه تزریق کنیم. کل ساعت آبیاری سیستم ۴ ساعت می‌باشد. پس از اینکه ۱ ساعت از شروع آبیاری گذشت، کود آبیاری شروع شده و به مدت ۲ ساعت ادامه می‌یابد. کل حجم تزریق شده محلول کودی با استفاده از فرمول فوق مقدار ۱۳۵۴ لیتر بدست می‌آید.

نتیجه‌گیری

در گلخانه به دلیل جذب بیشتر مواد غذایی توسط گیاه مصرف مواد غذایی در منطقه توسعه ریشه بیشتر از گیاهان پرورش یافته در مزارع می‌باشد. در این رابطه برتری سیستم کودآبیاری در مقایسه با روش‌ای سنتی کودپاشی

در موارد زیادی توسط محققین گزارش شده است. در این سیستم مقدار و درصد ترکیب مواد شیمیایی بطور دقیق تعیین می‌گردد که نتیجه آن افزایش کمی و کیفی محصول با کمترین آلودگی زیست محیطی است. بطورکلی استفاده از کودهای محلول و با حلایت بالا برای استفاده در این روش بسیار مناسب هستند. در تهیه محلول‌های غذایی می‌باشیستی به خلوص مواد شیمیایی و همچنین درجه حلایت نمک‌های شیمیایی و واکنش عناصر غذایی به منظور جلوگیری از رسوب عناصر توجه ویژه‌ای شود. علاوه بر این نسبت عناصر در محلول و غلظت آنها و در نهایت اسیدیته آن باید در محلول غذایی بطور دقیق کنترل گردد. نوع، عملکرد، مرحله رشد، مواد غذایی موجود در منطقه توسعه ریشه گیام، وضعیت شیمیایی خاک، سیستم تزریق کود و ترکیبات شیمیایی آب آبیاری از جمله فاکتورهایی هستند که بر کارایی سیستم کود آبیاری در گلخانه مؤثرند.

منابع

- ۱- اسدی، م. ا. شاهین خسار. پ. ۱۳۸۴. کودآبیاری، یک سیستم مهندسی در جهت افزایش کارایی کودهای ازته. دومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک. ۳ و ۴ اسفند ۱۳۸۴. کرمان.
- ۲- سجادی. ع. ۱۳۶۲. آبکشت (کشاورزی بدون خاک). اشارات طوفان
- ۳- میر عبدالباقي. م. ۱۳۷۹. سیمولاتور سیستم تولید محصولات مختلف کشاورزی در محیط آبی، وزارت کشاورزی. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی. معاونت ترویج
- ۴- تولایی. م. ۱۳۸۰. راهنمای کاشت گیاهان گلخانه‌ای به روش هایدروپونیک نشر آموزش کشاورزی
- 5- Asadi, M.E., 2005. Fertigation as an engineering system to enhance nitrogen fertilizer efficiency. Proceedings of the Second International Congress: Information Technology in Agriculture, Food and Environment, (ITAFE). October 12-14, Adana, Turkey, pp. 525-532.
- 6- Asadi, M.E., Clemente, R.S., Gupta, A.D., Loof, R., and Hansen, G.K. 2002. Impacts of fertigation via sprinkler irrigation on nitrate leaching and corn yield on an acid - sulphate soil in Thailand. Agricultural Water Management 52(3): 197-213.
- 7- Barber, S.A. 1984. Soil Nutrient Availability: A Mechanistic Approach. John Wiley and Sons, Inc., NY
- 8- Bar-Yosef, B. 1996. Root excretions and their environmental effects - Influence on the availability of phosphorus. In: Plant Roots - The Hidden Half. Second Edition. Y. Waisel, A. Eshel and U. Kafkafi (Eds). Marcel Dekker, Inc., New York. pp 529-557
- 9- Boman, B, Shukla, S and Haman, D. 2004. Chemigation Equipment and Techniques for Citrus. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Visit the EDIS Web site at <http://edis.ifas.ufl.edu>
- 10- Bresler, E. 1977. Trickle-drip irrigation. Principles and application to soil-water management. Advances in Agronomy, 29: 343-393. Communication in Soil Science and Plant Analysis 17:893-903.
- 11- Bryan, RH. and RB. Duggins. 1978. Chemical injection through drip irrigation on row crops: Compatibility, crop response and effect of flow. P. 166-171. In Proc. 7* Intern. Agr. Plastics Congr, San Diego, Calif.
- 12- Bucks, D.A. F.S. Nakayama and RG. Gilbert. 1979. Trickle irrigation, water quality and preventive maintenance. Ag. Water Managem. 2: 149-162.

- 13- Burt, C., K. O'Connor, and T. Ruehr. 1998. Fertigation. San Luis Obispo, CA: Irrigation Training and Research Center, California Polytechnic State University
- 14- Chesness, J.S., J.R Dryden and U.E. Brady, JR. 1976. Nematicide application through porous subsurface irrigation tubing. *Trans. Amer. Soc. Agr. Eng.* 19:105-107.
- 15- Elfving, D.C. 1982 . Crop response to trickle irrigation. *Horticultural Reviews*, 4: 1-48.
- 16- Ford, &W. 1976. Controlling slimes of sulfur bacteria in drip irrigation systems. *HortScience* 11: 133-135.
- 17- Ford, H.W. and D.P.H. Tucker. 1975. Blockage of drip irrigation filters and emitters by ironsuk-bacterial products. *HortScience* 10:62-64.
- 18- Ganmore-Neumann, R. and U. Kafkafi. 1980. Root temperature and percentage $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ effect on tomato plants. I Morphology and growth. *Agron. J.* 72:758-761
- 19- Ganmore-Neumann, R. and U. Kafkafi. 1983. Root temperature and percentage $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ effect on strawberry plants. I Growth, flowering and root development. *Agron. J.* 75: 941-947.
- 20- Gerstl, S., S. Sdtzman, L. Kliger and B. Yaron. 1981. Distribution of herbicides in soil in a simulated drip irrigation system. *Irrig. Sci.* 155-166.
- 21- Gheysari, M., Mirlatifi, S. M., Asadi, M.E., Homaee, M., Hoogenboom, G. 2007. The impact of different levels of nitrogen fertigation and irrigation on nitrogen leaching of corn silage. The 2007 ASABE annual international meeting. June 17-20, Minneapolis, Minnesota, USA.
- 22- Goldberg, D. and M Shmueli. 1970. Drip irrigation-method used arid and desert conditions of high water and soil salinity. *Trans. Amer. Soc. Agr. Eng.* 13: 39-41.
- 23- Goldberg, D. and M. Shmueli. 1969. Trickle irrigation-method of increased agricultural production under conditions of saline water and adverse soils. In Proc. Conf. Arid Lands in a Changing World, Tuscon, Arizona
- 24- Goldberg, S.D. and M. Uzrad. 1976. Fumigation of soil strips through a drip irrigation system. *Hort Science* 11: 138- 140.
- 25- Goode, J.E., K.H. Fliggs and KJ. Hyryez. 1978. Trickle irrigation of apple trees and the effects of liquid feeding with NO; and K' compared with normal maturing. *J. Hort. Sci.* 53:307- 316.
- 26- Hairston, J.E., J.S Schepers and W.L. Conville. 1981. A trickle irrigation system for frequent application of nitrogen to experimental plots. *Soil Science Society of America Journal*, 45:880-882.
- 27- Lange, A., F. Aljibury, B. Fischer, W. Humphrey and H. Otto. 1974. Weed control under drip irrigation in orchard and vineyard crops. p. 422-424. In Proc. 2nd Intern. Drip Inig. Congr., San Diego, Calif.
- 28- Lupin, M., H. Magen and Z. Gambash. 1996. Preparation of solid fertilizer based solution fertilizers under grass root field conditions. *Fertiliser News*, The Fertilizer Association of India (FAI) , 41:69-72.
- 29- Martinez. P.F. 1999. An overview of the southern European greenhouse industry. 21st Annual Canada Conference University of Guelph
- 30- Miller, RJ., D.E. Rolston, RS. Rauschkolb and D.W. Wolfe. 1981. Labeled nitrogen uptake by drip-irrigated tomatoes. *Agronomy Journal* 73:265-270.
- 31- Overman. A.J. 1975. Nematicides in linear drip irrigation for fill-bed mulch of tomato. *Proc. Soil and Crop Soc. Fla* 34: 197-200.
- 32- Overman. A.J. 1976. Efficiency of soil fumigants applied via a drip irrigation system. *Proc. Fla.State Hod. Soc.* 89:143-145.
- 33- Overman. A.J. 1978. Crop response to nematicides and drip irrigation on sandy soil.p. 172-179. *Agr. Plastics Congr.* San Diego, Calif.
- 34- Papadopoulos, I. 1985. Constant feeding of field-grown tomatoes irrigated with sulfate water.*Plant and Soil* 88:23 1-23
- 35- Papadopoulos, I. 1986a. Nitrogen fertigation of greenhouse-grown cucumber. *Plant and Soil*,93 ~87-93
- 36- Papadopoulos, I. 1989. Fertigation in Cyprus and some other countries of the Near East region.- In FAO Proceedings .Fertigation/Chemigationll 67-82.

- 37- Papadopoulos, L. 1987a. Effects of residual soil salinity resulting from sulfate water on lettuce Plant and Soil 97: 171-177.
- 38- Papadopoulos. 2000. Fertigation- chemigation in protected agriculture.Cahier option mediterraneenes. Vol 31
- 39- Phene, C.J. and D.W. Beale. 1976. High-frequency irrigation for water nutrient management in humid region. Soil Society of America Journal. 40: 430-436
- 40- Phene, C.J., J.L. Fouss and D.C. Sanders. 1979. Water-nutrient-herbicide management of potatoes with trickle irrigation. Amer. Pot. J. 56-59
- 41- Potter, ES. 1981. Fumigation on vegetables. Proceedings of the National Symposium on Chemigation. Ed. J.R. Young. The University of Georgia, Titton, GA. Pp. 74-81.
- 42- Rhoades, J.D. and J. Loveday. 1990. Salinity in irrigated agriculture. In: Irrigation of Agricultural Crops. B.A. Stewars and D.R.Nielsen (Eds.). ASA-CSAA-SSSA, Madison, WI. pp 1089-1142.
- 43- Schwarz. D and R.Kuchenbuch. 1997. Growth analysis of tomato in a closed recirculating system in relation to the EC value of the nutrient solution. Acta Hort. 450
- 44- Young, J.R. 1980. Suppression of all armyworm populations by incorporation of insecticides into irrigation water. FIA. Entomol. 63: 447-450.

اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای

۱۳۸۶ مهرماه ۲۶

مونیتورینگ و کنترل فرایندهای مختلف در سیستم‌های آبیاری توسط سیستم‌های SCADA

غلامرضا پستانیان، عدنان صادقی‌لاری و مجید بهزاد^۱

چکیده

استفاده از سیستم‌های اتوماسیون و برنامه‌ریزی یکی از ابزارهای مهم مدیریتی در رشته‌های مختلف از جمله مهندسی آبیاری می‌باشد. به کارگیری روش‌های مناسب با هدف بهبود بهره برداری و افزایش بهره‌وری، می‌تواند در کارآیی سیستم موثر باشد. به نحوی که با مدیریت منابع و مصرف کمترین مقدار آب و دیگر نهاده‌ها در واحد سطح بتوان به بازده اقتصادی بهینه دست یافت. سیستم SCADA² می‌باشد، به معنی سیستم‌های کنترل و سرپرستی داده، امروزه به طور گسترده در مدیریت سیستم‌های مختلف از جمله صنایع آب، نفت و گاز، پتروشیمی و برق برای سرپرستی داده‌های صنعتی و غیره صنعتی استفاده می‌شود. سیستم اسکادا، امکان مونیتور کردن و کنترل پروسس‌هایی که در سایت‌های دوردست قرارگرفته اند را به اپراتور می‌دهد. طراحی خوب سیستم اسکادا، با حذف نیاز بازرگی مکرر پرسنل از سایت‌ها، باعث صرفه جویی زیادی در وقت و هزینه می‌گردد. در سال‌های اخیر، این سیستم‌ها از نظر کاربری، قابلیت گسترش و کارایی پیشرفت‌های چشمگیری نموده و حتی برای پیچیده‌ترین سیستم‌های کنترلی، مانند آزمایش‌های فیزیکی، نیز گزینه‌ای بسیار مناسب به شمار می‌روند. هدف این مقاله بررسی و امکان کاربرد سیستم مذکور در اتوماسیون سیستم‌های آبیاری در مجتمع‌های گلخانه‌ای می‌باشد.

کلمات کلیدی: SCADA، مونیتورینگ، سیستم‌های آبیاری، مجتمع‌های گلخانه‌ای.

مقدمه

آنچه از سیستم مکانیزه آبیاری نسبت به روش‌های سنتی آبیاری انتظار می‌رود، کاهش مصرف آب به شرط عدم تنزل عملکرد کمی و کیفی محصول می‌باشد. اما یک سیستم مکانیزه بدون حضور دائمی (شبانه روزی) اپراتور و ناظر دقیق و به موقع در طول فصل کشت، قادر نخواهد بود انتظارات را برابر آورده سازد. حضور دائمی کشاورز در واحدهای گلخانه‌ای برای کنترل دستگاه‌ها و سیستم‌های آبیاری معمولاً محدود و مقرر به صرفه نمی‌باشد.

¹- به ترتیب دانشجویان کارشناسی ارشد و دانشیار آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

²-Supervisory Control and Data Acquisition

باشد، لذا با پیشرفت تکنولوژی و پیدایش پردازنده‌ها و کنترلرهای بحث ارتقاء نقش کشاورز به عنوان یک ناظر در محیطی خارج از مزرعه، مخصوصاً با توسعه و گسترش تعداد سیستم‌های آبیاری جدی‌تر مطرح می‌شود. خطاهای انسانی از عملکرد اشتباه اپراتورها و یا تاخیر در انجام اقدامات لازم، از مواردی هستند که باعث کاهش بهره‌وری سیستم‌های آبیاری می‌شوند. این امر با توسعه شبکه‌های آبرسانی، توزیع و تجهیزات متنوع واحدهای آبیاری تحت فشار، از پیچیدگی‌هایی برخوردار می‌شود که بیشترین حجم منابع را به خود اختصاص می‌دهند. مونیتورینگ (پایش) و مشاهده کلیه پارامترهای هواشناسی و کمیت‌های هیدرولیکی و کیفی آب و کنترل تجهیزات واحدهای آبیاری با دقت کافی به صورت محلی و مرکزی، امکان پیش‌بینی و کنترل رفتارهای غیر طبیعی تاسیسات و اتفاقاتی را که جلوگیری از آنها باعث افزایش بهره‌وری محصولات کشاورزی در واحد سطح می‌شود، فراهم خواهد آورد. بنابراین مدیران و کارشناسان قادر خواهند بود، تصمیمات صحیح و سریعی را بسته به موقعیت‌های مختلف بهره‌برداری از تاسیسات واحدهای آبیاری اتخاذ نمایند و نهایتاً شرایطی فراهم شود که با استفاده از فن آوریهای نوین، امکان بهبود مدیریت بهره‌برداری و افزایش بهره‌وری واحدهای آبیاری فراهم شود.

مواد و روش‌ها

در واحدهای گلخانه‌ای بزرگ با محدودیت منابع آبی مواجه هستیم، برنامه ریزی جهت کارکرد متوالی یا موازی واحدهای آبیاری با توجه به نیاز آبی هریک از گیاهان زیر کشت و توالی شبانه روزی آنها، ضرورت دارد. برنامه کنترلی سیستم اتوماسیون آبیاری می‌بایست، بر مبنای بانک داده‌ها متشکل از اطلاعات لازم برای هر گیاه در طول فصل آبیاری که با دقت روزانه می‌باشد، قادر به ایجاد تعادل در توالی آبیاری باشد. بنابراین محاسبه دقیق و روزانه نیاز آبی هر یک از گیاهان، شناسایی دقیق منابع تامین آب کشاورزی و ظرفیت آنها و...، پارامترهای کنترلی نرم‌افزار جهت به حداقل رساندن میزان آب مصرفی و در عین حال برآورده کردن کامل نیاز آبی گیاه می‌باشند. نرم افزار اتاق کنترل مرکزی قابلیت مرور برای کل فضای فیزیکی تحت آبیاری و مشاهده محل تمام کنترلرهای محلی، ایستگاه پمپاژ، چاه‌ها و واحدهای آبیاری در صفحه نمایشگر دارا می‌باشد، همچنین برای هر پمپ، فشار و مقدار جریان الکتروپمپ و عیره، مقدار حجم آب مصرف شده توسط هر یک از واحدهای آبیاری به صورت لحظه‌ای و تجمعی در نمودارهای روزانه، ماهیانه و سالیانه به صورت گراف و نمودار و جدول قابل مشاهده، ذخیره‌سازی و چاپ می‌باشد. این نرم افزار قادر است توان برق مصرفی هر واحد آبیاری را در صفحه گرافیکال نمایش داده و در صورت اضافه جریان، آن واحد را بصورت اتوماتیک خاموش کند. تعداد دقایق روشن/خاموش بودن سیستم در هر روز / ماه / سال نیز قابل نمایش است. همچنین در قسمت ثبت و قایع نرم افزار، رویدادهای هر یک از واحدهای آبیاری و کنترلرهای محلی و نرم افزار اتاق کنترل مرکزی نیز به صورت لیست نمایش داده می‌شود.

با استفاده از امکان مونیتورینگ و کنترل از راه دور سیستم‌های آبیاری، ایتلرلاک‌های لازم فیما بین تجهیزات مختلف واحدهای آبیاری اعم از چاه‌ها، حوضچه‌ها، ایستگاه‌های پمپاژ و سیستم‌های آبیاری تحت فشار فراهم شده و مثلاً به وسیله اندازه‌گیری تبخیر و تعرق هوا و با توجه به نوع گیاه و اندازه گیری میزان بارندگی، برنامه آبیاری گیاه و در نتیجه واحد آبیاری مشخص می‌شود، الکتروپمپ‌های چاه‌ها و شیرهای برقی مربوط به هر واحد

آبیاری به تناسب فعال یا غیرفعال می‌گردد. به این منظور با نصب تجهیزات کنترل اتوماتیک و کنترل از راه دور و سیگنال‌های فرمان، پارامترهای زراعی مختلفی همراه با اطلاعات هیدرولیکی شبکه و پارامترهای هواشناسی بصورت لحظه‌ای مونیتور(پایش) و بوسیله ایترنال هایی که توسط سیستم فراهم می‌شود، کنترل می‌گردد. کنترل مقدار آب لازم برای گیاه با توجه به نوع گیاه و پارامترهای هواشناسی مانند نم نسبی، سرعت و جهت باد، درجه حرارت، ساعات آفتابی و میزان بارندگی انجام می‌گیرد و همزمان از طریق کنترل دور الکتروپمپ‌ها، دبی و فشار مورد نیاز شبکه در حد مطلوب کنترل می‌شود.

آشنایی با سیستم‌های SCADA

سیستم فوق الذکر دارای کاربردهای بسیار متنوع بوده و بر اساس نیاز، کاربرد متناسب با بودجه اختصاصی، قابل تعریف و گسترش می‌باشد که این کاربردها را به صورت خلاصه می‌توان به این شکل دسته‌بندی کرد:

- ۱- مونیتورینگ و کنترل از راه دور یک مجموعه از طریق یک مرکز کنترل
- ۲- فراهم ساختن اطلاعات عملیاتی برای حالت کارکرد عادی و حالت بروز خطا شامل راه اندازی سیستم آلام را به منظور کاهش تعداد مراجعه به سایت‌ها.
- ۳- گردآوری، ذخیره‌سازی و پردازش اطلاعات سیستم برای اهداف مدیریتی در پروژه‌های تله‌متري و کنترل از راه دور.

هر سه هدف فوق به عنوان اهداف کلی طرح معرفی می‌شوند ولی از آنجا که این اهداف کلی بوده و هر کدام می‌توانند اهداف مستقل متنوعی را دنبال کنند، لذا تعریف دقیق هدف SCADA بسیار حائز اهمیت بوده و چهار چوب اجرایی، هزینه‌ای و زمانی پروژه را تعیین می‌کند. نه تنها این اهداف، تعیین کننده ابعاد پروژه هستند بلکه مشخص ساختن میزان و درجه اهمیت هر کدام از آنها، جهت پیگیری پروژه را تعیین می‌کند. زیر مجموعه‌های یک سیستم SCADA را می‌توان به صورت زیر دسته‌بندی کرد:

- ۱- سیستم کنترل مرکزی(سخت افزار و نرم افزار)
- ۲- سیستم مخابراتی
- ۳- پایانه‌های راه دور
- ۴- (RTU) تجهیزات میدانی

قبل از اینکه به بحث در خصوص این زیر سیستم‌ها بپردازیم به بررسی ارتباط این عناصر با هم می‌پردازیم. این ساختار محل تولید و مصرف اطلاعات تجهیزات میدانی و سیستم کنترل مرکزی می‌باشد. اطلاعات در مزرعه توسط سنسورها، سوئیچ‌ها، رله‌ها و تولید شده، توسط سیستم‌های پردازش (اعم از IED^۱ و RTU) جمع‌آوری شده، و بوسیله سیستم‌های مخابراتی در اختیار سیستم کنترل مرکزی قرار می‌گیرند. این اطلاعات بعد از ذخیره سازی و پردازش در اختیار نرم افزارهای مانیتورینگ قرار داده می‌شوند، همچنین بر اساس نوع استراتژی کنترلی، فرامینی توسط اپراتور یا نرم افزار تولید می‌شود که این فرایندهای از طریق سیستم مخابراتی به

^۱-Inteligent Electronic Devices

نقاط مورد نظر ارسال شده و پس از بازگشایی که آدرس آنها توسط RTU ها و IED ها، از طریق تجهیزات رابط در محل اعمال می شود، ممکن است به صورت دستورات روشن، خاموش، تنظیمات روی یک سری ادوات کنترلی پیوسته و یا تغییر تنظیمات مربوط به این ادوات باشد. پارامترهایی که در تعیین نحوه ارتباط این زیر سیستم ها با هم مؤثرند به صورت زیر خلاصه می شوند:

- ۱- تعداد پایانه های راه دور (تعداد ایستگاهها)
- ۲- نحوه پراکندگی جغرافیایی ایستگاهها
- ۳- حجم نقاط لازم برای مانیتورینگ (دیجیتال و آنالوگ) و کنترل از راه دور
- ۴- سرعت نمونه برداری از نقاط
- ۵- میزان امنیت مورد نیاز در شبکه

بعخش نرم افزار سیستم های SCADA از توانایی های بالایی برخوردار است که به پاره ای از آنها اشاره می گردد:

- نرم افزار اتاق کنترل
- مجموعه وسیعی از امکان نمایش اطلاعات بصورت لحظه ای، تجمعی و گرافیکال
- دارای قابلیت نمایش و کنترل فرآیند
- عملیات سریع براساس اطلاعات طبقه بندی شده
- انتخاب مستقیم و سریع نقاط اندازه گیری
- رسم منحنی
- ثبت اطلاعات
- عیب یابی
- قابلیت طراحی تصاویر المان ها بصورت گرافیکی
- ثبت علائم هشدار دهنده و خطاهای پیش آمده در شبکه تله متري با قيد تاریخ و ساعت وقوع خطا
- صفحه کاملا گرافیکی
- قابلیت تهیه گزارش با فرمت های مختلف به صورت متنابه و یا در ارتباط با وقایع پروسس شده و با استفاده از فاکتورهای نظیر نام اپراتور، زمان و تاریخ در خواستی بصورت نمایش روی مونیتور و یا پرینتر
- امکان افزایش ظرفیتی های پیش بینی نشده
- قابلیت تعیین سطوح دسترسی مختلف برای اپراتور، مسئول تعمیرات و مدیر سایت
- بهره برداری ساده براساس ویندوز های صنعتی بصورت عمل روی فرآیند به کمک موس و صفحه کلید

بدست آوردن مقدار آستانه درجه اتوماسیون به روش تحلیل فازی

تعیین مقدار آستانه درجه اتوماسیون در واقع بدست آوردن عددی است که بر مبنای آن مشخصی شود که کدام یک از تجهیزات آبیاری دارای توجیه فنی، مدیریتی و اقتصادی برای اجرای اجرای اتوماسیون می باشد. فرمول مشخصی برای بدست آوردن این عدد وجود ندارد زیرا متغیرهای بسیاری در به دست آوردن این عدد بدون رابطه دقیق

ریاضی دخیل هستند. تنها می‌توان برای هر منطقه قوانینی با توجه به شرایطی که ذکر خواهد شد، اعمال نمود. بر مبنای این قوانین و رابطه‌های بین شرایط منطقه، نوع گیاه، آب و هوا، تجهیزات مکانیزاسیون و براساس تحلیل فازی می‌توان به عدد مذکور رسید.

بحث و نتیجه‌گیری

اجرای اتوماسیون در سیستم‌های مکانیزه می‌تواند اهداف زیر را محقق نماید:

- فراهم نمودن امکان تسلط کامل نرم افزاری و سخت افزاری بر کارکرد سیستم‌های آبیاری و فرآیند تولید، انتقال و توزیع آب و تجهیزات واحدهای آبیاری به صورت محلی و مرکزی
- تامین به موقع و به اندازه نیاز آبی گیاهان مورد نظر
- کاهش قابل توجه انرژی الکتریکی مصرفی به منظور تولید و انتقال آب
- افزایش قابل توجه محصولات کشاورزی در واحد سطح
- فراهم آمدن امکان مدیریت مصرف انرژی و بهینه سازی مصرف آن
- کاهش هزینه‌های نیروی انسانی و ترابری در اثر حذف بازدیدهای بی مورد
- حذف خطاهای انسانی
- ایجاد برنامه آبیاری انعطاف پذیر نزدیک به آبیاری مطلوب
- کاهش قابل توجه استهلاک تجهیزات و تاسیسات زیربنایی
- کاهش قابل توجه هزینه تعمیرات و اعمال روش‌های مهندسی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه
- امکان گزارش‌گیری مطالعات و بررسی آماری و اقتصادی کوتاه مدت، میان مدت، بلند مدت منابع آب، هزینه‌های تولید، انتقال و توزیع

در ادامه روند پیاده سازی مکانیزاسیون در صنعت آبیاری جهت افزایش راندمان و کاهش تلفات آب و انرژی و هزینه‌های نیروی انسانی، اجرای اتوماسیون تجهیزات آبیاری باعث افزایش کارایی و راندمان بیشتر و دقت بیشتر در مصرف انرژی می‌گردد. لذا اهداف و نیازهایی که از اجرای طرح اتوماسیون در سیستم‌های مکانیزه آبیاری دنبال می‌شود، پریار و دارای ارزش اقتصادی می‌باشد.

منابع

- 1- Implementation of a fully automated greenhouse using SCADA tool like labview. Bhutada, shetty,R.malye,R.sharma,V.menon, S.ramarnoorthy
- 2- Low – Cost Automation And SCADA:A Pacific rim Perspective. R.Hansen,A.Hilton,B.Berger
- 3- Glenn-colusa Irrigation District Flow Monitoring Program. Dennis Perkins, Stuart W.Styles

کنترل هوشمند به کمک منطق فازی برای اتوماسیون سیستم آبیاری گلخانه و ارزیابی آن نسبت به سیستم‌های متداول

پیام جوادی‌کیا، احمد طباطبایی‌فر، محمود امید، رضا علیمردانی و لیلا ندرلو^۱

چکیده

ایده آبیاری جدید نیست. آبیاری در زمان‌های گذشته به مصر، بلکه پیشتر به زمانهای قبل از تاریخ بر می‌گردد. حتی ایده آبیاری اتوماتیک نیز جدید نیست. مانکیند چگونگی آبیاری سطح وسیعی از شاخ و برگ را از طریق استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای و اتوماتیک به تصویر کشیده است. در حال حاضر سیستم آبیاری اتوماتیک کارآمد، که بتواند در سطح مطلوبی گیاهان را آبیاری نموده و در طول مراحل رشد گیاه کمترین آب را استفاده نماید، موجود نمی‌باشد^(۸). کنترل آبیاری که دبی آب و مواد مغذی را کنترل می‌نماید، مغز سیستم آبیاری اتوماتیک است. در نتیجه این کنترل است که با غبان یا کشاورز به آبیاری با ماکریم بازدهی که بدست آوردن محصول مطلوب با استفاده از کمترین مقدار آب و مواد مغذی است، می‌رسد^(۳). امروزه کنترل کامپیوتری برای سیستم‌های آبیاری گلخانه بسیار ضروری است. خیلی از شیوه‌های متداول کنترل، مؤثر نیستند. چرا که بر اساس شیوه کنترل دو وضعیتی (ON/OFF) و یا شیوه‌های کنترل حلقه بسته تناسبی می‌باشند که موجب تلفات انرژی و کاهش بهره وری می‌شوند. منطق فازی مبنای سیستم‌های خبره فازی است. سیستم‌های خبره فازی علاوه بر پرداختن به عدم قطعیت، قادرند استدلال عقل سليم را مدل سازی نمایند که انجام آن برای سیستم‌های معمولی بسیار دشوار است. یکی از محدودیت‌های اساسی منطق سنتی این است که فقط به دو مقدار درست و نادرست محدود می‌شود. اشکال اساسی این منطق آن است که در دنیای واقعی، تعداد موضوعات دو ارزشی بسیار اندک است. دنیای واقعی یک دنیای قیاسی است و نه یک دنیای عددی^(۶). در این مقاله ابتدا مشکلات اصلی آبیاری مورد بحث قرار گرفته است. سپس مدل فیزیکی برای کنترل سیستم آبیاری گلخانه ارائه شده است. در ادامه مراحل طراحی یک سیستم کنترل آبیاری گلخانه به کمک منطق فازی ارائه شده است. این سیستم قادر است با جمع آوری اطلاعات از شرایط محیطی درون گلخانه، خصوصیات خاک موجود در گلخانه، نوع گیاه و با استفاده از مدل‌های معتبر در زمینه آبیاری و تبخیر آب از سطح خاک، مقدار آب مورد نیاز گیاه در عمق مشخص را تعیین نماید. سیستم

^۱- به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد، دانشیار، استاد و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی ماشین های کشاورزی دانشگاه تهران

هوشمند طراحی شده، در محیط MATLAB شبیه سازی و مورد ارزیابی قرار گرفته و خروجی آن نسبت به عملکرد سیستم های متداول مورد مقایسه قرار گرفته است.

كلمات کلیدی: اتو ماسیون، آبیاری، گلخانه و سیستم هوشمند

مقدمه

آب عنصر اصلی همه زندگی های شناخته شده در روی زمین است. آب هم می تواند زندگی را حفظ کند و هم می تواند در صورت کم یا زیاد بودن تهدیدی برای زندگی باشد. در نتیجه آب یک منبع طبیعی خیلی گرانبها است که نباید تلف شود. اگر آب زیادی برای آبیاری بکار رود، مشکلاتی چون آب بردگی، فرسایش، تلفات آب و بیماری گیاه را موجب می شود و اگر آب کمی در آبیاری بکار رود، مشکلات متفاوت دیگری چون کلوخه شدن و... پیش می آید. کلید آبیاری درست به گونه ای است که ابتیم مقدار آب برای طول زندگی مناسب گیاه مصرف شود(۸,۴).

کنترلهای آبیاری به طور کلی به دو گروه اصلی تقسیم می شوند: (۱۱،۲)

کنترلهای حلقه باز: این نوع کنترلهای حلقه باز بر اساس اطلاعات از پیش تعریف شده، بدون هیچ گونه پسخوردی^۳ عمل می کنند. اغلب سیستم های ساده کنترلی در این گروه قرار می گیرند. کاربر زمان شروع به کار، زمان اتمام کار، و قوه ها و دوره آبیاری را تنظیم می نماید. این پارامترها در ابتداء، برای کل دوره سیستم تنظیم می شوند که عبارتند از: دوره آبیاری چه مدت طول می کشد؟ چند بار دوره آبیاری باید تکرار شود؟ چه مقدار آب یا کود مایع در این دوره آبیاری استفاده شود؟

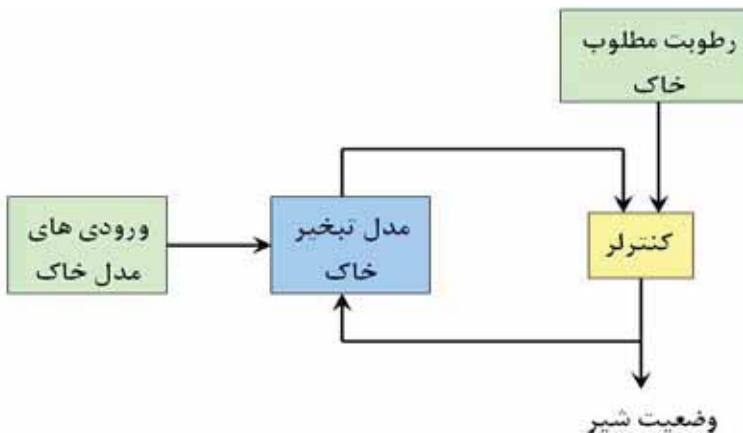
در این روش، مقدار مناسب استفاده از آب کنترل نمی شود. این نوع از کنترلهای حلقه با وجود اینکه نسبتاً ارزان هستند ولی در اغلب موارد بحرانی نمی توانند به خوبی عمل کنند. فاکتور اصلی در عملیات آبیاری، زمان است. بنابراین کنترلهای حلقه باز از شیوه آبیاری متناوب استفاده می کنند(۳). در این شیوه آبیاری، مقادیر مناسبی از آب به طور متناوب به گیاه داده می شود. کارشناسان توصیه می کنند که در آبیاری متناوب آب داده شده کمی بیشتر از نیاز گیاه باشد تا آب اضافی بتواند مواد شیمیایی خاک را شسته و تعادل بهتری در خاک ایجاد نماید(۷).

کنترلهای حلقه بسته: کنترل در این نوع سیستم ها بر اساس ترکیبی از اطلاعات از پیش تعریف شده و پسخوردی از فاکتورهای کنترل شده می باشد. این نوع کنترل دارای پسخوردی از اطلاعات ضروری برای تعیین مقدار آب مورد نیاز آبیاری است. چندین پارامتر وجود دارد که می تواند بر روی مقدار آب مورد استفاده در آبیاری تأثیر بگذارد. برخی از این پارامترها ثابت هستند و جزء خصوصیات کشاورزی می باشند مانند نوع گیاهان، نوع خاک، پوشش برگ، مرحله رشد و ... و برخی دیگر تغییر می کنند و باستی در طول آبیاری اندازه گیری شوند. این پارامترها جزء خصوصیات فیزیکی مانند دما، رطوبت هوا، شدت تابش، رطوبت خاک و ... می باشند. بنابراین وقتی این شرایط تغییر کند، مقدار آب مورد استفاده برای آبیاری باید تغییر نماید(۵).

سیستمی که در این مقاله شرح داده می‌شود، از کنترل حلقه بسته استفاده می‌نماید که به طور پیوسته اطلاعات جدیدی در مورد پارامترهایی که بوسیله سیستم تغییر می‌کنند، به کنترلر منتقل می‌شود مانند رطوبت خاک. بر اساس اندازه گیری‌های انجام شده توسط حسگرها و اطلاعات از پیش تعريف شده مانند نوع گیاه . . . کنترلر تصمیم می‌گیرد که شیر آب چقدر باز شود. پارامترهای اصلی که دوره آبیاری را تعیین می‌کنند، عبارتند از: مرحله رشد، وضعیت رشد (ارتفاع گیاه، عمق ریشه)، پوشش برگ، نوع خاک. بنابراین پارامترهای ورودی که بوسیله سیستم استفاده می‌شود، عبارتند از: رطوبت خاک، دما، تابش خورشید، سرعت باد، رطوبت هوا. پارامترهای خروجی عبارتند از: باز و بسته کردن شیرهای آب یا کود مایع و تنظیم مقدار آنها در ترکیب(۲).

مواد و روش‌ها

شکل ۱ بلوک دیاگرامی از کل سیستم را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌نمایید سیستم کنترل از چهار قسمت اصلی تشکیل شده است.



شکل ۱: بلوک دیاگرام سیستم کنترل آبیاری

۱- رطوبت مطلوب خاک: در این قسمت رطوبتی را که خاک باید داشته باشد تا محصول بتواند به رشد مناسب خود ادامه دهد، مدل می‌شود.

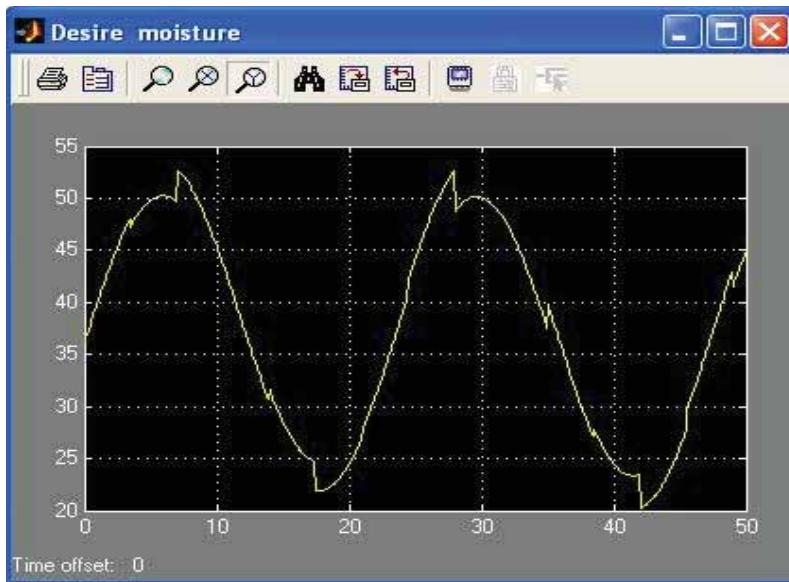
۲- ورودی‌های مدل خاک: در این مرحله تغییرات دما، شدت تابش، سرعت باد و رطوبت هوا مدل می‌گردد.

۳- مدل تبخیر خاک: این مدل با در نظر گرفتن عوامل مؤثر بر رطوبت خاک مانند دما، شدت تابش، سرعت باد و رطوبت هوا و نیز مقدار آب اضافه شده به خاک رطوبت واقعی خاک را به دست می‌آورد.

۴- مرحله کنترل: در این مرحله رطوبت مطلوب خاک با رطوبت واقعی خاک اندازه گیری شده و مقایسه می‌شود. به دنبال این مقایسه یک تصمیم گیری دینامیکی، مقدار آبی را که باید به خاک اضافه شود، محاسبه می‌کند.

رطوبت مطلوب خاک

برای مدل کردن رطوبت مطلوب خاک ابتدا باید با توجه به نوع گیاه و دوره رشد آن مقدار آب مورد نیاز آن را استخراج کرده و سپس با توجه به نوع خاک مقدار رطوبت مطلوب خاک را محاسبه نمود که این کار برای هر گیاه و دوره رشد و نوع خاک متفاوت خواهد بود. شکل زیر نمونه‌ای فرضی از مدل رطوبت مطلوب خاک را نشان می‌دهد.



شکل ۲: نموداری فرضی از رطوبت مطلوب خاک در ۵۰ ساعت

ورودی های مدل خاک

ورودی های مدل خاک به غیر از مقدار آب اضافه شده به خاک توسط سیستم، شامل چهار عامل مؤثر بر تبخیر و تعرق می باشد که عبارتند از:

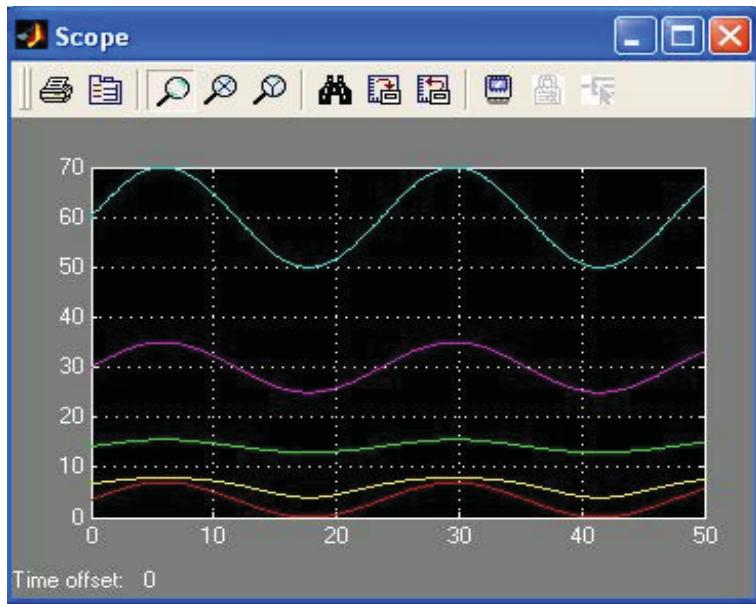
دما: اثر این پارامتر بر روی میزان تبخیر و تعرق مستقیم است. بدین معنی که با افزایش دما میزان تبخیر و تعرق خاک و گیاه افزایش یافته و با کاهش آن کمتر می شود. برای مدل کردن دما از یک سیگنال پیوسته که معمولاً به صورت یک موج سینوسی است، استفاده می شود که تغییرات دمای شب و روز را شبیه سازی می نماید. اما ممکن است در لحظات مشخصی تغییرات ناگهانی نیز وجود داشته باشد. برای این منظور از یک موج سینوسی، با دامنه ۵ درجه سانتیگراد و انحراف ثابت 30° در جه سانتیگراد و با فرکانس 2618 Hz رادیان بر ساعت استفاده شد. این فرکانس برای مدت زمان ۲۴ ساعت اندازه گیری شده است. این مدل موجی، بین مقادیر ماکریم و مینیم $[35\text{--}25]$ ایجاد می نماید. اگرچه می توان با تغییردادن این اعداد دمای هر روز را شبیه سازی نمود (نمودار صورتی رنگ).

رطوبت هوایی: یک موج سینوسی با دامنه 10% و میزان انحراف ثابت 60° و با فرکانس 2618 Hz رادیان بر ساعت (نمودار آبی رنگ).

سرعت باد: یک موج سینوسی با دامنه یک و میزان انحراف ثابت $3/5$ کیلومتر بر ساعت و با فرکانس 2618 Hz رادیان بر ساعت (نمودار زرد رنگ).

تابش خورشید: برای میزان تابش خورشید، نرم افزار، مجهر به امکاناتی برای انتخاب مدل و یا حالت اتوماتیک است. در مدلی که برای خاک طراحی شده است وضعیتی به نام حسگر نور وجود دارد که در صورتی که این وضعیت صفر باشد، از حالت مدل های اتوماتیک بهره می برد و در صورتی که این وضعیت برابر یک باشد، از مدل های درست شده استفاده می کند که برای دیدن پنجره مربوط به خصوصیات مدل خاک کافی است بر روی آن دو بار کلیک چپ کنید. در شکل ۳ نمودار سبز رنگ نشان دهنده مدل شدت تابش خورشید است.

در شکل زیر وضعیت ورودی های شرح داده شده در بالا را مشاهده می نمایید.



شکل ۳: نمودار ورودی های مدل تبخیر خاک

مدل تبخیر خاک (۱،۹)

برای مدل کردن تبخیر خاک از معادله فائو- پنمن- مونتیت استفاده شد. روش فائو- پنمن- مونتیت به عنوان یکی از معتبرترین روش‌ها برای تخمین تبخیر و تعرق مورد استفاده متخصصان قرار دارد. در روش مذکور گیاه مرجع یک پوشش چمن فرضی است که ارتفاع آن ۱۲ سانتی متر و ضریب بازتاب تابش^۱ در آن ۲۳ درصد است. در گیاه چمن فرضی مونتیت، زبری سطح که بستگی به ارتفاع گیاه و سرعت باد دارد و لذا مقاومت آبودینامیک در این مورد با آنچه در معادله پنمن می‌باشد، متفاوت است. لذا تابع باد در معادله پنمن مونتیت نیز متفاوت می‌باشد. علاوه بر مقاومت آبودینامیک که مربوط به خارج شدن بخار آب از سطح پوشش گیاهی به هوای خارج می‌باشد، مقاومت دیگری نیز در نظر گرفته می‌شود و آن مقاومت روزنه‌های برگ در مقابل پخش بخار آب از آن به خارج می‌باشد. در واقع در معادله فائو- پنمن- مونتیت سطح پوشش گیاهی، بر خلاف روش پنمن یک سطح آب در نظر گرفته می‌شود، یک سطح مرطوب است. به عبارت دیگر در روش پنمن- مونتیت فرض می‌شود که کل سطح پوشش گیاهی یک برگ بزرگ با روزنه‌های موجود در آن است. به همین دلیل روش پنمن- مونتیت را روش برگ بزرگ^۲ هم می‌گویند. معادله پنمن- مونتیت به صورت زیر می‌باشد:

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0.34 u_2)} \quad (1)$$

که در آن:

ET_0 = تبخیر و تعرق گیاه مرجع (mm/day)

R_n = تابش خالص در سطح پوشش گیاهی (MJm⁻²d⁻¹)

$T =$ متوسط دمای هوا در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین ($^{\circ}\text{C}$)

$u_2 =$ سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (ms^{-1})

$e_a - e_d =$ فشار بخار در ارتفاع ۲ متری (Kpa)

$\Delta =$ شیب منحنی فشار بخار ($\text{Kpa}^{\circ}\text{C}^{-1}$)

$\gamma =$ ضریب رطوبتی ($\text{Kpa}^{\circ}\text{C}^{-1}$)

$G =$ شار گرما به داخل خاک ($\text{MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$) (در پوشش کامل گیاه برابر صفر است.)

برای بدست آوردن اجزاء معادله پنمن-مونتیت به ترتیب زیر عمل می‌شود.

۱- تعیین گرمای نهان تبخیر:

$$\lambda = 2.501 - (2.361 \times 10^{-3}) T \quad (2)$$

$\lambda =$ گرمای نهان تبخیر (MJkg^{-1})

۲- تعیین شیب منحنی فشار بخار:

$$\Delta = \frac{4098 \left[0.6108 \exp\left(\frac{17.27 T}{T + 237.3}\right) \right]}{(T + 237.3)^2} \quad (3)$$

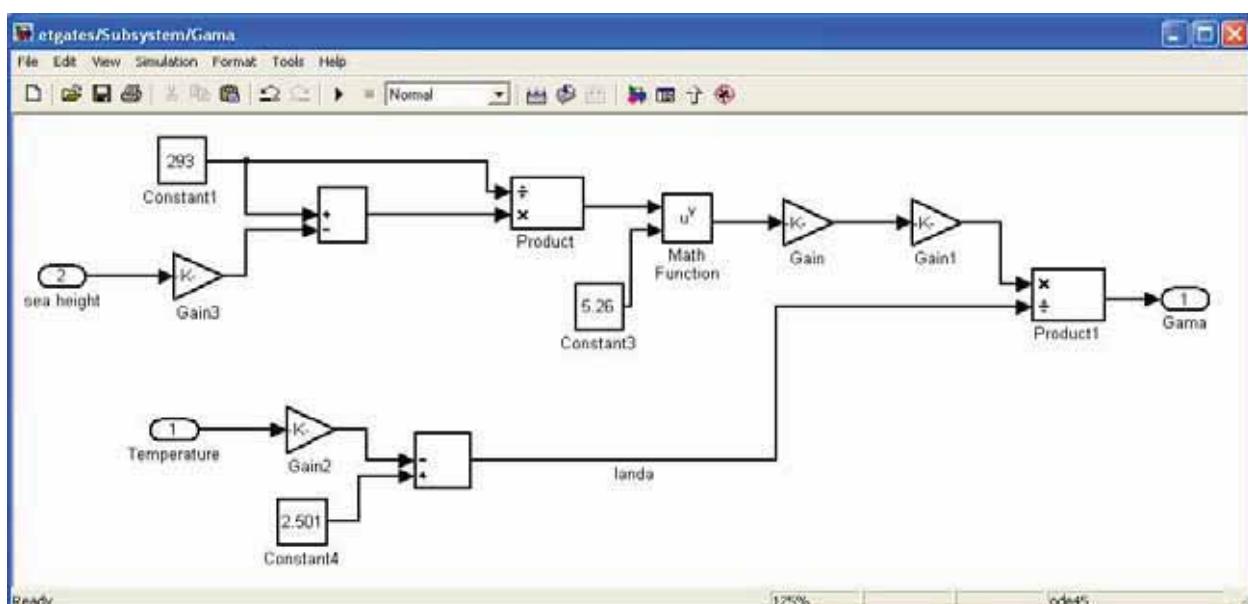
۳- تعیین ضریب رطوبتی

$$\gamma = 0.00163 \frac{P}{\lambda} \quad (4)$$

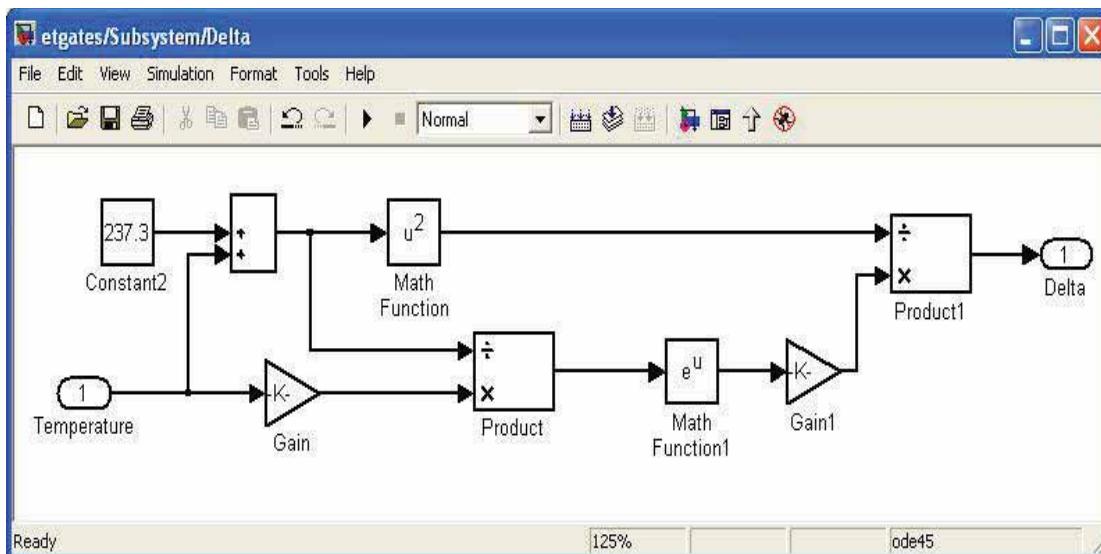
$P =$ فشار هوا (Kpa) ، مقدار آن در صورتی که ارتفاع محل از سطح دریا مشخص باشد از معادله زیر بدست می‌آید.

$$P = 101.3 \left(\frac{293 - 0.0065 z}{293} \right)^{5.26} \quad (5)$$

$z =$ ارتفاع محل از سطح دریا (m)



شکل ۴: مدل تعیین ضریب رطوبتی به کمک فشار هوا و گرمای نهان تبخیر

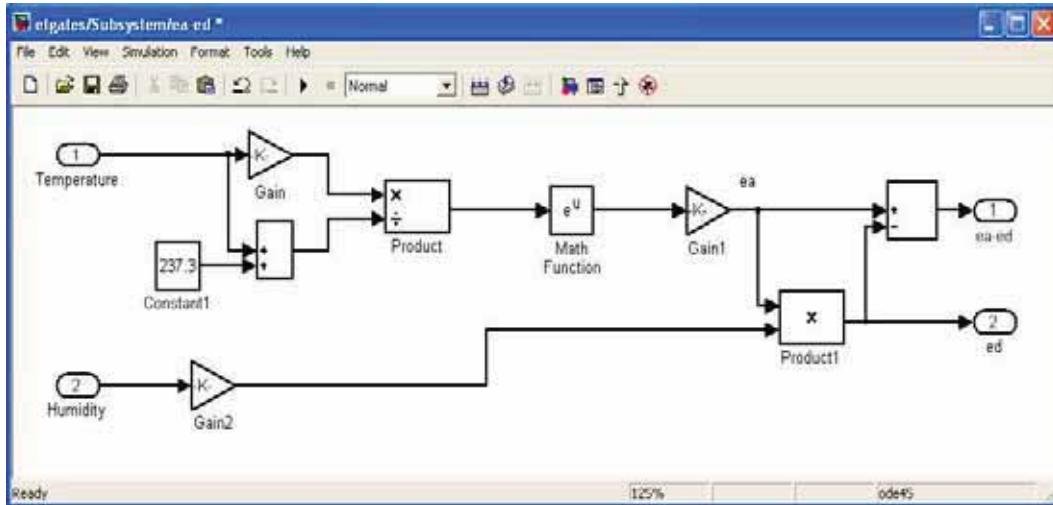


شکل ۵: مدل محاسبه شبیه منحنی فشار بخار

۴- تعیین فشار بخار اشباع:

$$e_a = 0.611 \exp\left[\frac{17.27 T}{T + 237.3}\right] \quad (6)$$

(Kpa) = ea



شکل ۶: مدل فشار بخار در ارتفاع ۲ متری

۵- تعیین مقدار تابش بروز زمینی

برای محاسبه تابش خالص روی سطح گیاه، ابتدا لازم است تابش بروز زمینی که به آن تابش فرازیمینی هم گفته می شود، از معادلات زیر محاسبه شود.

$$R_a = 37.6 dr(W_s \sin \phi \cdot \sin \delta + \cos \phi \cdot \cos \delta \sin W_s) \quad (7)$$

$$W_s = \arccos(-\tan \phi \tan \delta) \quad (8)$$

$$dr = 1 + 0.033 \cos(0.0172 J) \quad (9)$$

$$\delta = 0.409 \sin(0.0172 J - 1.39) \quad (10)$$

$$J = \text{integer}(275M/9 - 30 + D) - 2 \quad (11)$$

$$N = 7.64 W_s \quad (12)$$

$$R_a = 0.77(0.25 + 0.50 n/N)R_a - 2.45 \times 10^{-9} (0.9 n/N + 0.1)(0.34 - 0.14(e_d)^{0.5})(T_{kx}^4 + T_{kn}^4) \quad (13)$$

R_a = تابش بروز زمینی ($\text{MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$)

dr = فاصله نسبی زمین تا خورشید

δ = زاویه میل خورشید (رادیان)

ϕ = عرض جغرافیایی (رادیان)

W_s = زاویه ساعتی غروب خورشید (رادیان)

M = شماره ماه میلادی که تبخیر و تعرق برای آن محاسبه می‌شود

J = شماره روز ژولیوسی از ابتدای سال مسیحی

D = شماره روز از ماه

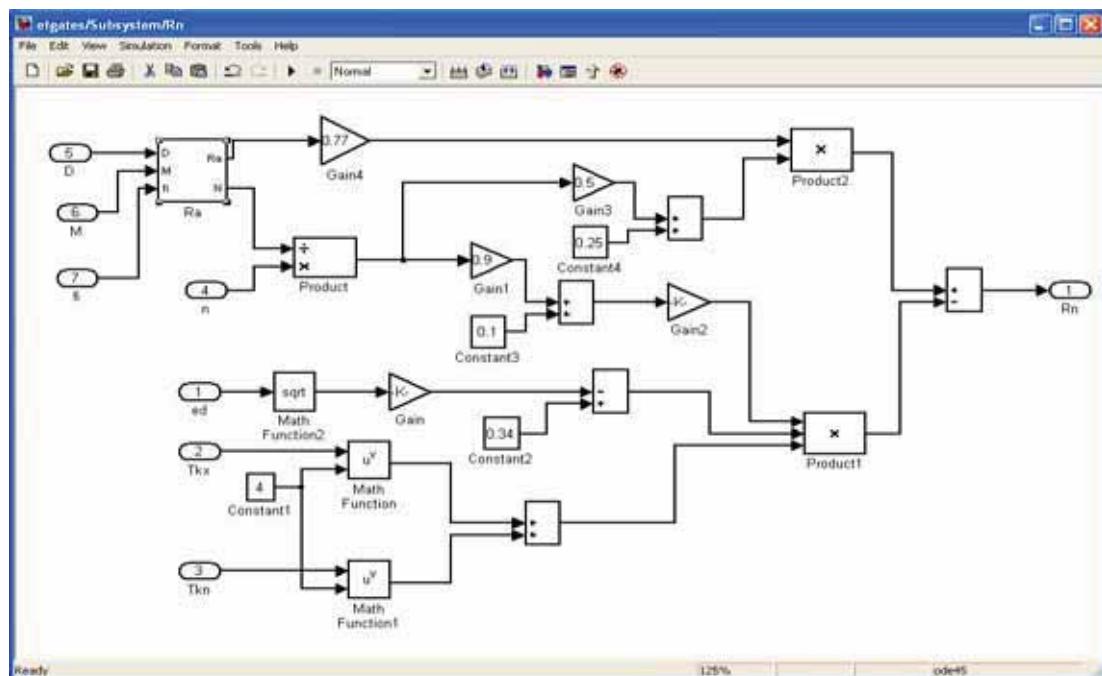
N = حداکثر ساعت روشناختی در روز (ساعت)

n = تعداد ساعت واقعی آفتاب (ساعت)

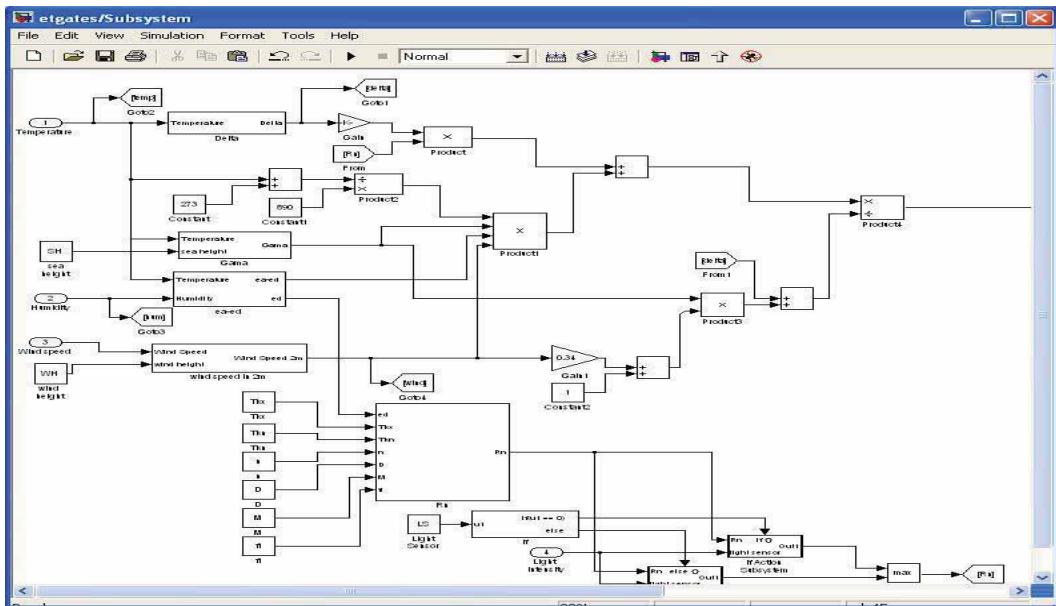
T_{kx} = حداکثر دمای روزانه بر حسب درجه کلوین

T_{kn} = حداقل دمای روزانه بر حسب درجه کلوین

R_n = تابش خالص ($\text{MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$)



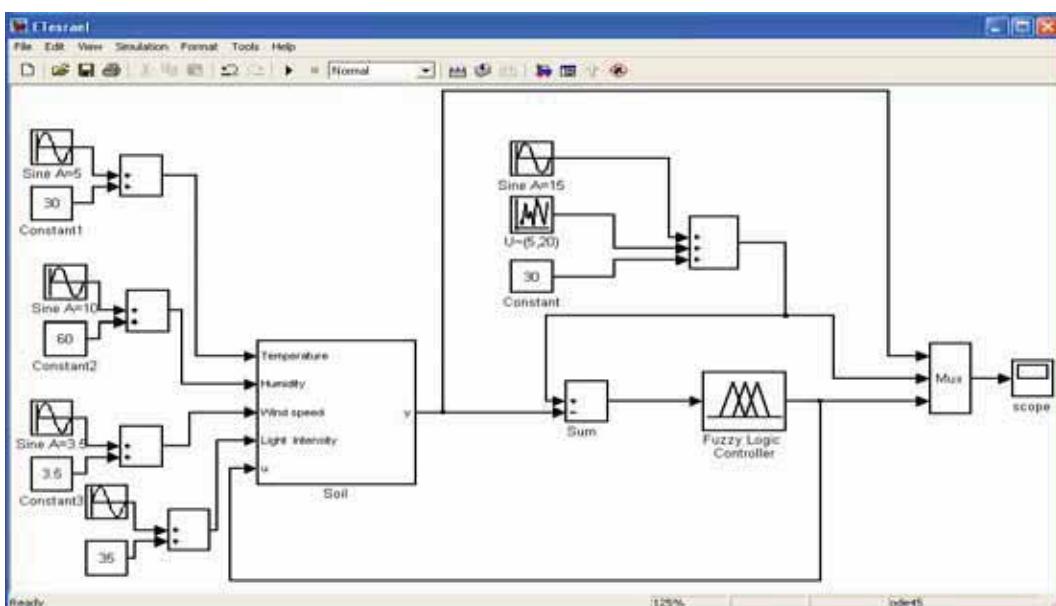
شکل ۷: مدل محاسبه تابش خالص



شکل ۸: مدل تبخیر خاک

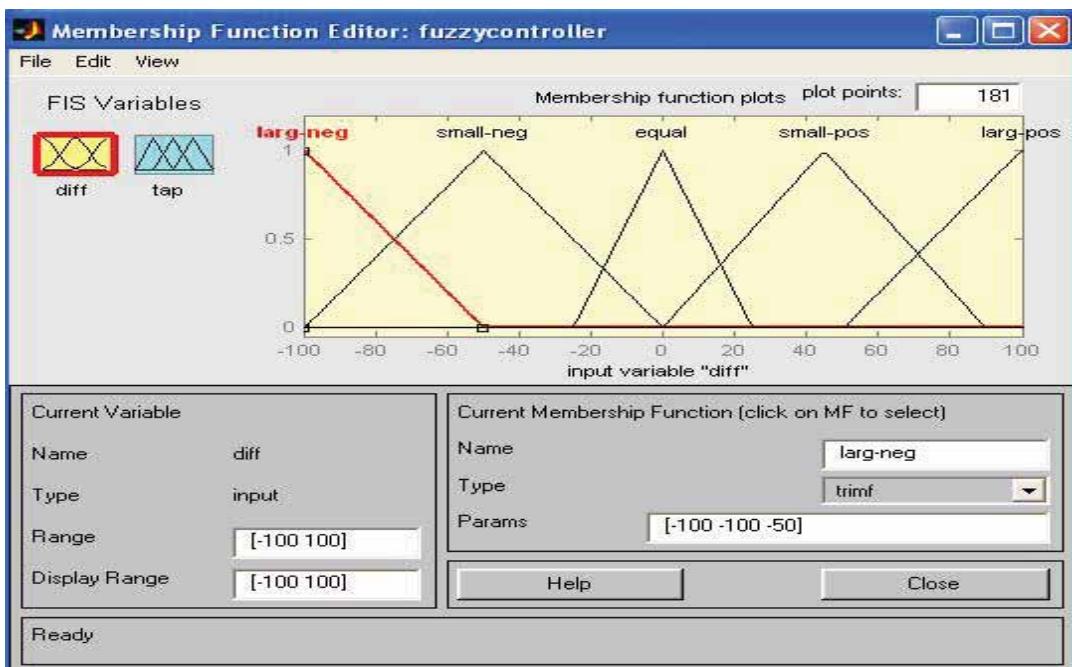
مرحله کنترل

در این مرحله رطوبت واقعی خاک از رطوبت مطلوب خاک کم می شود. به عبارتی اختلاف این دو مقدار را بدست آورده و سعی می شود این اختلاف تا حد امکان به صفر میل کند. خروجی این مرحله وضعیت شیر کنترل آب است و مقدار آبی را که به طور پیوسته باید به خاک اضافه شود تا مقدار خطا به صفر میل کند. بلوک دیاگرام کنترلر فازی در شکل ۹ نشان داده شده است. همانطور که از شکل پیدا است، کنترلر فقط یک سیگنال ورودی (اختلاف بین مقادیر رطوبت واقعی و مطلوب خاک) و یک سیگنال خروجی (شیر کنترل) دارد. این موجب می شود که سیستم بسیار ساده باشد. مقادیر ورودی در محدوده [۱۰۰ و -۱۰۰] و مقادیر خروجی در محدوده [۰ و ۱۰۰] تعریف شده اند. کنترلر می تواند محدوده مطلوب عملکرد شیر را تعیین نماید.

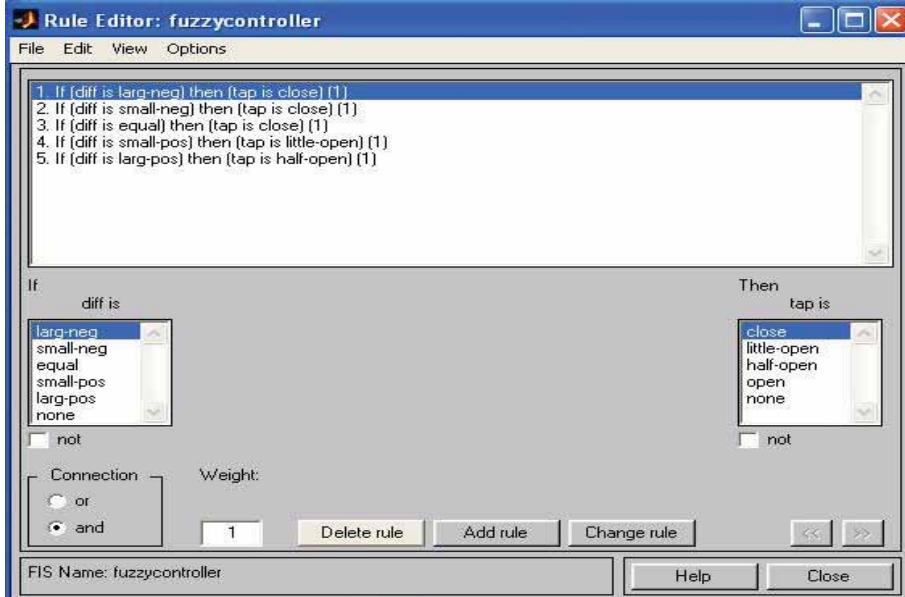


شکل ۹: دیاگرامی از سیستم کنترل فازی

تابع عضویت ورودی کنترلر فازی که در واقع اختلاف رطوبت مطلوب و واقعی خاک است، در شکل ۱۰ نشان داده شده است. قوانین کنترلر خیلی ساده هستند و تنها ۵ قانون وجود دارد. این قوانین در شکل ۱۱ نشان داده شده است.

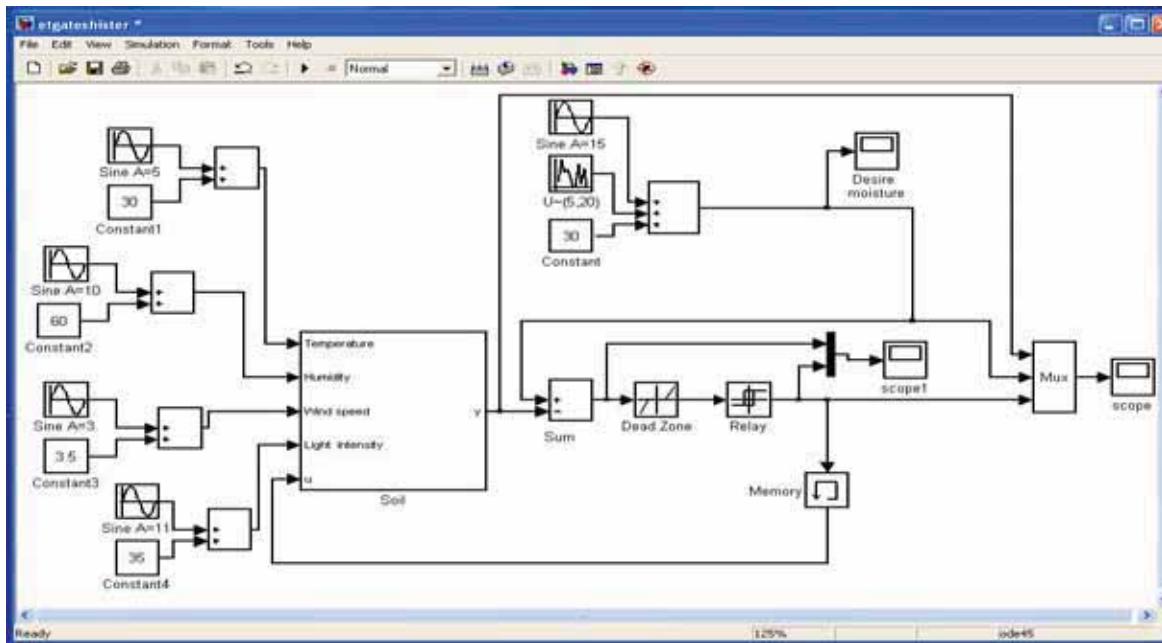


شکل ۱۰: تابع عضویت متغیر متغیر ورودی کنترلر فازی



شکل ۱۱: پنجره قوانین کنترلر فازی

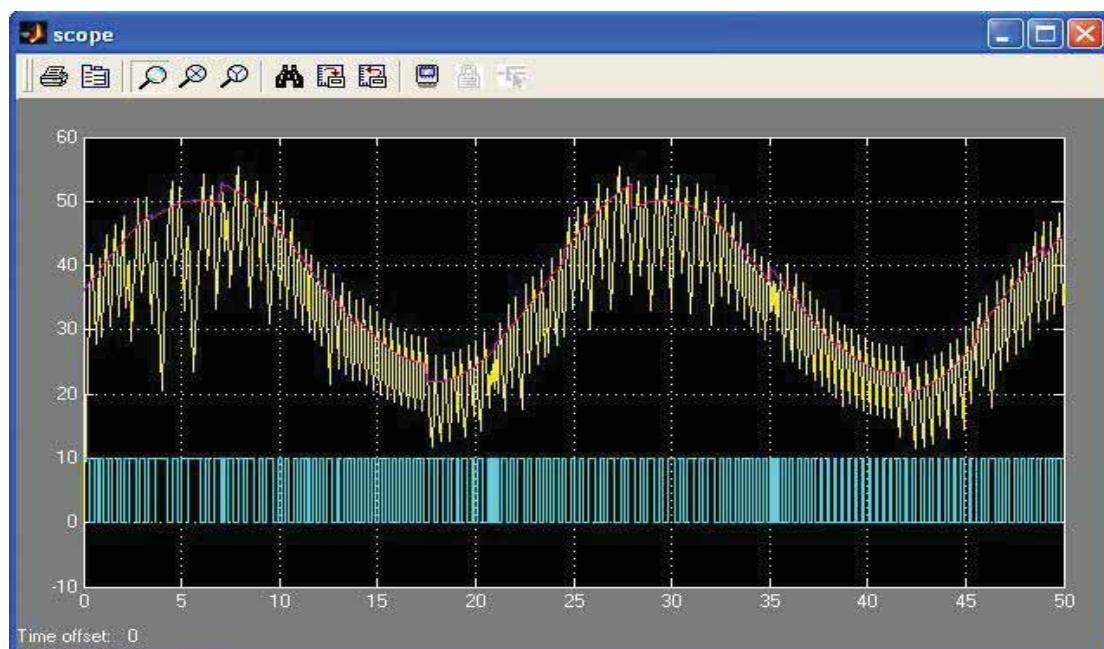
بلوک دیاگرام کنترل ON/OFF با هیسترزیس و بدون آن نیز در شکل ۱۲ نشان داده شده است. کنترلری که هیسترزیس ندارد در صورتی که رطوبت مطلوب از رطوبت واقعی خاک بیشتر باشد، شیر آب را باز و در غیر این صورت آن را می بندد. در صورتی که کنترلری که مجهز به هیسترزیس است، زمانی شیر آب را باز می کند که رطوبت مطلوب، حداقل به اندازه مقدار هیسترزیس از رطوبت واقعی بیشتر باشد.



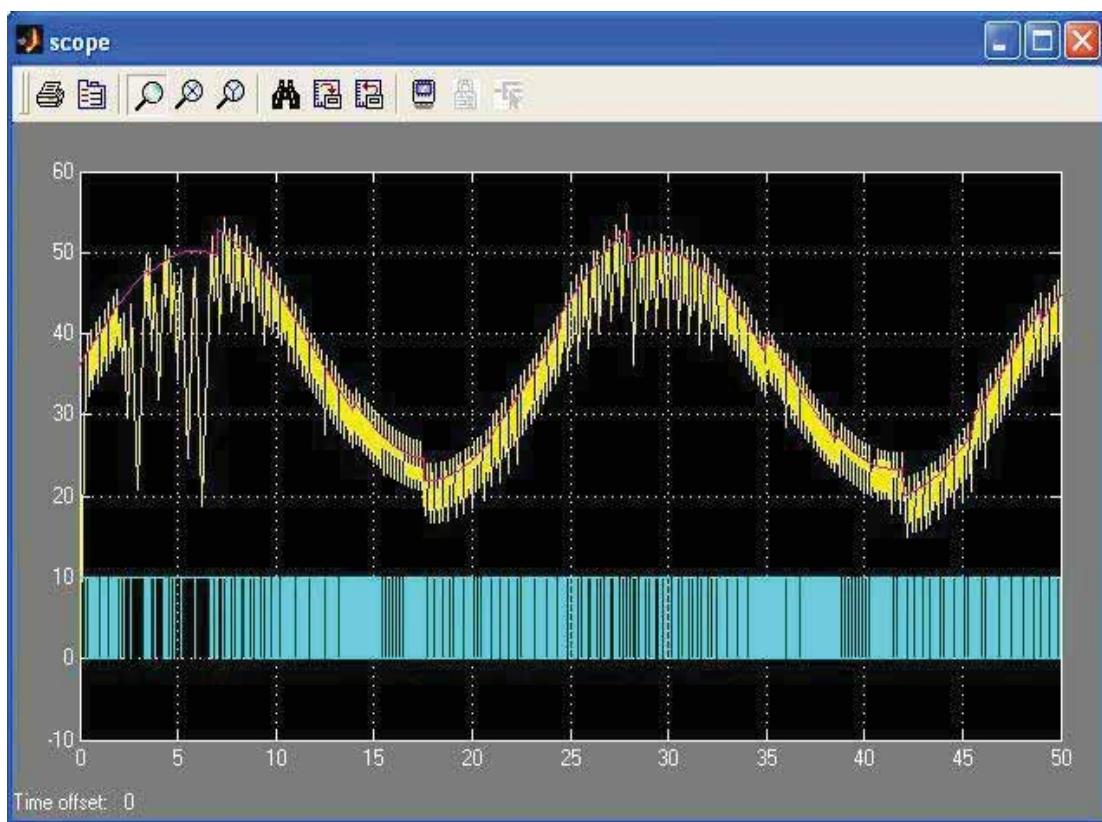
شکل ۱۲: دیاگرامی از سیستم کنترل ON/OFF با هیسترزیس و بدون آن

نتایج و بحث

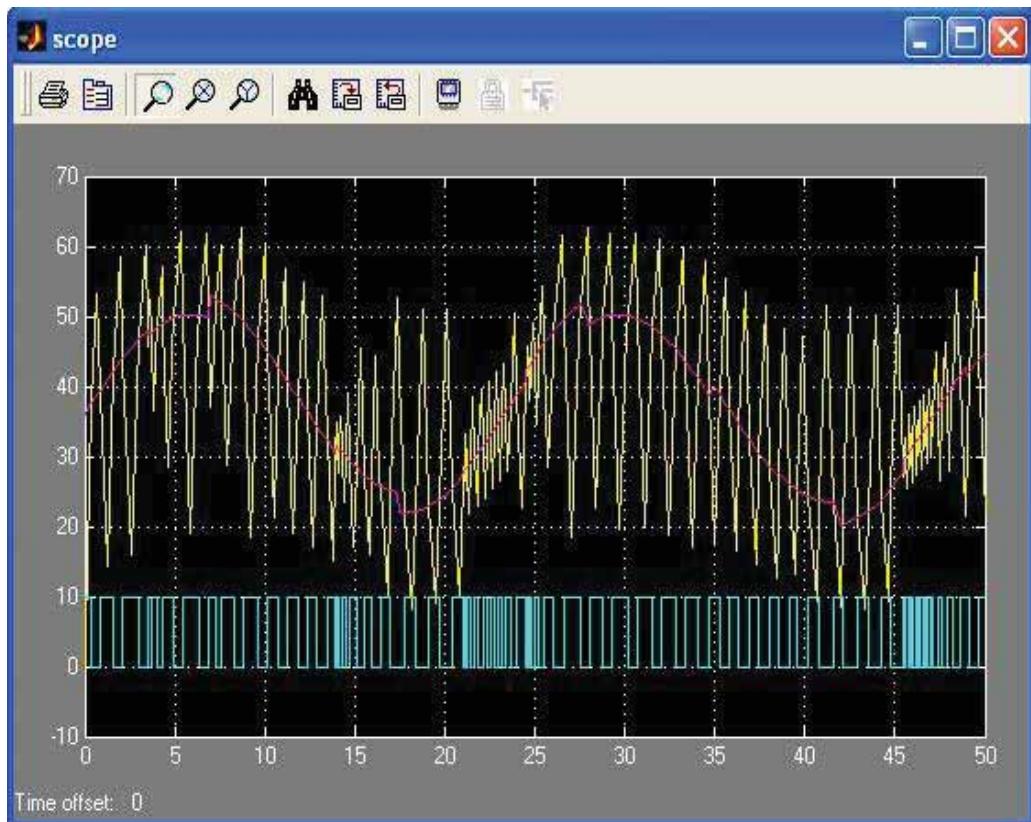
شکل های ۱۳ و ۱۴ و ۱۵ و ۱۶ نتایج شبیه‌سازی را به طور گرافیکی نشان می‌دهد. در این شکل‌ها نمودار مشخص شده با رنگ صورتی مقدار رطوبت مطلوب خاک و نمودار مشخص شده با رنگ زرد رطوبت واقعی خاک را نشان می‌دهد. در ضمن باز یا بسته شدن شیر آب و میزان بازشدگی دریچه توسط نمودارهای آبی رنگ نشان داده شده است.



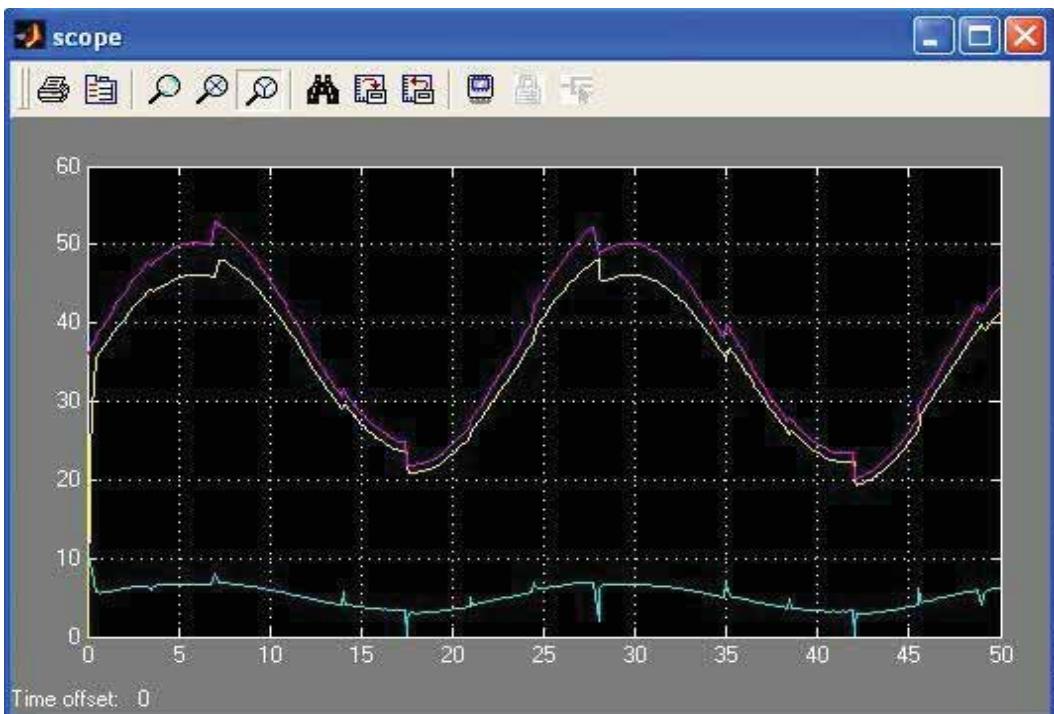
شکل ۱۳: نتایج شبیه سازی سیستم کنترل ON/OFF با هیسترزیس ۴



شکل ۱۴: نتایج شبیه سازی سیستم کنترل ON/OFF با هیسترزیس ± 2



شکل ۱۵: نتایج شبیه سازی سیستم کنترل ON/OFF بدون هیسترزیس



شکل ۱۶: نتایج شبیه سازی سیستم کنترل فازی

چندین نکته خوبی مهم قابل استخراج از شکل های ۱۳-۱۶ وجود دارد:

- ۱- در سیستم های کنترل ON/OFF اگرچه رطوبت واقعی، رطوبت مطلوب خاک را دنبال می کند ولی با نوسانات پیوسته ای حول مقادیر مطلوب همراه است و به عبارتی سیستم کاملاً پایا نیست.
- ۲- در سیستم های کنترل ON/OFF با هیسترزیس هرچه مقدار هیسترزیس کمتر می شود، نوسانات رطوبت واقعی خاک افزایش یافته، به دنبال آن باز و بسته شدن شیر آب بیشتر و میزان استهلاک و مصرف انرژی افزایش می یابد.
- ۳- در سیستم های کنترل ON/OFF بدون هیسترزیس اگرچه میزان نوسانات رطوبت واقعی خاک، باز و بسته شدن شیر آب، استهلاک و مصرف انرژی نسبت به حالت مجهر به هیسترزیس کاهش می یابد ولی تلفات آب و تنفس های آبی در خاک و گیاه افزایش می یابد.
- ۴- در سیستم کنترل فازی در طول مدت شبیه سازی رطوبت واقعی خاک رطوبت مطلوب را دنبال می کند و مانند سیستم های ON/OFF دارای نوسان نیست.
- ۵- در سیستم کنترل فازی اختلاف بین رطوبت واقعی و مطلوب خاک (خطا) منطقی است و کاملاً یکنواخت و ثابت است (حدود $\frac{2}{3}$ -۲٪) این نشان می دهد که کنترل آبیاری پایا است.
- ۶- در سیستم کنترل فازی میزان باز و بسته شدن شیر آب بسیار کمتر از سیستم ON/OFF می باشد و در نتیجه مصرف انرژی و میزان استهلاک کمتر می باشد. اگرچه ضمن صرفه جویی در مصرف آب از ایجاد تنفس های آبی در خاک و گیاه هم جلوگیری می نماید.
- ۷- در هر سه سیستم کنترل، مدل های تولید و رویدی به کاربر اجازه می دهند که ورودی های بسیار مختلفی را ایجاد کند. بنابراین کنترلر می تواند در هر نوع شرایط آب و هوایی عمل کند.

۸- در نتیجه هدف اصلی که طراحی سیستم کنترل ارزان قیمت و انعطاف پذیر است توسط سیستم‌های کنترل فازی تأمین می‌شود.

نتیجه‌گیری

در این مقاله سه سیستم کنترل آبیاری مجهز به کنترلر فازی، کنترلر ON/OFF با هیسترزیس و بدون آن تشریح شده است، در ابتدا ساختار کلی و عناصر آن را توضیح داده، سپس مثال‌هایی عنوان شده که سیستم در طی محدوده‌های مناسب عمل می‌کند و پایدار است. در نهایت سیستم‌های کنترل فازی نسبت به دیگر سیستم‌ها قابلیت بیشتری از خود نشان دادند که توانایی صرفه جویی در مصرف آب، کاهش مصرف انرژی، کاهش استهلاک قطعات سیستم کنترل، جلوگیری از ایجاد تنش‌های آبی در خاک و گیاه را دارند و در ضمن بسیار ارزان قیمت هستند. بنابراین استفاده از این نوع سیستم کنترل برای همه نوع فعالیت‌های کشاورزی بسیار مفید است.

منابع

- ۱- علیزاده، امین. ۱۳۸۵. رابطه آب و خاک و گیاه (تألیف)، انتشارات دانشگاه امام رضا(ع)-مشهد، ۴۷۲ صفحه.
- 2- Bahat M., Inbar G., Yaniv O. and M. Schneider, 2000. A fuzzy irrigation controller system. Engineering Applications of Artificial Intelligence 13: 137-145.
- 3- Burman R. and L.O. Pochop, 2004. Evaporation evapotranspiration and climatic data. Elsevier, Amsterdam.
- 4- Evans R., Sneed R.E. and D.K. Cassel, 2006. Irrigation scheduling to improve water and energy use efficiencies, North Carolina Cooperative extension Service (AG 452-4).
- 5- Ioslovich I., Gutman P. and I. Seginer, 2006. A non linear optimal greenhouse control problem with heating and ventilation, Optimal Control applications and methods, 17: 157-169.
- 6- Klir G.J. and B. Yuan, 2005. Fuzysets and fuzzy logic. Prentice Hall, Englewood Cliff, NJ.
- 7- Or D., 2005. Soil water sensors placement and interpretation for drip irrigation management in heterogeneous soils. In: Proceeding of 5th International Microirrigation Congress, 214-222.
- 8- Reuter D. C. and R. S. Everett, 2000, Control theory and applications: neural-fuzzy controller for lawn irrigation.
- 9- Richard G. A., Luis S. P., Dirk R. and S. Martin, 2006, FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 56: Crop Evapotranspiration.
- 10- Schneider M., Kandel A., Langholz G. and G. Chew, 2006. Fuzzy expert system tools. Wiley, New York.
- 11- Zazueta F.S., Smajstrla A.G. and G.A. Clark, 2004. Irrigation system controllers. Institute of Food and Agriculture Science, University of Florida (AGE-32).

اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای

۱۳۸۶ مهرماه ۲۶

تعیین آب مصرفی خیار گلخانه‌ای تحت روش‌های آبیاری میکرو (قطره‌ای، تیپ و تیپ زیرسطحی)

عباس ملایی و حمید ریاحی^۱

چکیده

درباره‌های توسعه کشاورزی کشور افزایش تولید محصولات مورد توجه سیاستگذاران، محققان و کارشناسان می‌باشد. یکی از راهکارهای افزایش تولید، کشت محصولات گلخانه‌ای در محیط‌های تحت کنترل (گلخانه‌ها) است که بارعایت شرایط استاندارد می‌توان افزایش تولید بسیار چشمگیری را داشت. در این تحقیق در سال ۱۳۸۳ نیاز آبی خیار گلخانه‌ای در طرحی به صورت اسپلیت پلات (کرتاهای خرد شده) و در قالب بلوهای کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه بررسی شد. سه روش آبیاری میکرو (قطره‌ای، تیپ سطحی و تیپ زیرسطحی) در کرتاهای اصلی و سه عمق آب آبیاری بر مبنای٪۴۰٪۶۰٪ تغییر از سطح تشت کلاس A در کرتاهای فرعی پیاده شد، مقدار آب مصرفی به هر یک از تیمارها بر اساس محاسبه و با استفاده از کتور حجمی در اختیار گیاه قرار داده شد، تیمار روش آبیاری تیپ سطحی با عمق آب مصرفی٪۴۰٪ تغییر از سطح طشتک مناسب‌ترین روش و میزان آب مصرفی در آبیاری خیار گلخانه‌ای از لحاظ میزان مصرف آب با توجه به عملکرد محصول بود. بررسی آماری نتایج نشان داد اثر روش آبیاری بر عملکرد محصول در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. همچنین تاثیر میزان آب مصرفی بر روی عملکرد در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. با استفاده از پارامترهای هواشناسی استان و بر اساس روش پنمن مونتیث میزان آب مصرفی برای خیار گلخانه‌ای در حدود ۵۶۰۰ متر مکعب در هکتار برآورد گردید که در مقایسه با آب مصرفی در این تحقیق(۵۱۰۸) متر مکعب حدود ۹ درصد بیشتر است

کلمات کلیدی: خیار گلخانه‌ای، آبیاری میکرو، نیاز آبی، روش پنمن مانتیث

مقدمه

امروزه رشد روزافزون جمعیت و نیاز به تولید بیشتر محصولات کشاورزی به صورت پایدار، ضرورت استفاده بهینه از منابع تولید را آشکار نموده است. یکی از منابع مهم در تولید محصولات کشاورزی آب می‌باشد، در شیوه‌های کشت در محیط باز، معمولاً آبیاری به روش سنتی (غرقابی) انجام می‌شود. در این روش بدليل اینکه تمام

^۱- به ترتیب عضو هیات علمی و کارشناس مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمان

سطح خاک خیس می‌گردد تلفات آب زیاد می‌باشد، مقدارقابل ملاحظه‌ای از این میزان تلفات در اثر تبخیر از سطح خاک یا نفوذ عمقی می‌باشد و گارائی مصرف آب پائین است با این شیوه کشت، در بعضی از فصول سال بدليل اینکه دما افت نموده، شرایط لازم جهت روئیدن و رشد و نمو محصولات کشاورزی از بین می‌رود، و آب موجود، بدون استفاده هدر می‌رود که می‌تواند این مشکل را تا حدودی حل نماید، علاوه بر این چون محیط کاملاً قابل کنترل می‌باشد، می‌توان با مصرف آب کمتر، تولید در واحد سطح را افزایش داد که این افزایش در تولید گاه به چندین برابر کشت در مزرعه می‌باشد گرچه تولید محصولات کشاورزی در محیط کنترل شده دارای هزینه اولیه بیشتری نسبت به سایر روشها است. اما چنانچه شرایط استاندارد تولید رعایت و بازاریابی مناسب انجام شود، علاوه بر جبران هزینه‌های کاری، تولید این نوع کشت می‌تواند نسبت به کشت در مزرعه اقتصادی‌تر باشد، همچنین در گلخانه، شرایط لازم برای کنترل آفات و بیماری‌های روشها بیو لوژیکی و مکانیکی وجود وجود و می‌توان استفاده از سموم شیمیایی که برای بشر خطرزاء است کاهش داد و محصولات ارگانیک با حداقل استفاده از کود و سموم شیمیایی تولید نمود که علاوه بر مرغوبیت تولید در سلامت جامعه موثر است با توجه به توسعه کشت‌های گلخانه‌ای تحقیقات متعددی در زمینه‌های روش آبیاری و میزان آب مصرفی انجام شده است.

چارتز اولاکیس و میکلاکیس (۱۹۹۰) اثر سیستم‌های مختلف آبیاری شیاری، قطره‌ای، کوزه‌ای و لوله‌های پلاستیکی متخلخل را بر روی خیار گلخانه‌ای بررسی نمودند. میزان آب مصرفی در طول سه و نیم ماه به ترتیب ۳۶۶، ۵۰۷، ۳۴۲ و ۲۹۲ میلی‌متر در هکتار گزارش شده است (۱). کامورا و همکاران (۱۹۹۰) نیاز آبی خیار گلخانه‌ای را با دو روش آبیاری قطره‌ای و لوله‌ای سوراخ دار مورد ارزیابی قرار دادند. در تحقیق آنها آب مصرفی در خیار ۱/۵ - ۲/۸ میلی‌متر در روزو تقریباً برابر با میزان تبخیر بود (۲). الیادس (۱۹۹۸) در یک تحقیق اثر سیستم آبیاری قطره‌ای را بر عملکرد خیار گلخانه‌ای مورد بررسی قرار داد. متوسط تبخیر و تعرق گیاه در ماه نوامبر ۰/۲ تبخیر از سطح تشت و در ماه مه ۱/۱ تبخیر از سطح تشت مستقر در گلخانه و متوسط میزان آب مصرفی برابر ۰/۷ تبخیر از سطح تشت به میزان ۵۰۴۰ مترمکعب در هکتار بود (۳). الیس و همکاران (۱۹۸۹) برنامه آبیاری خیار را در طی سال‌های ۱۹۸۶ - ۱۹۸۳ مورد مطالعه قرار دادند. در سال اول، زمان آبیاری با استفاده از تانسیو مترا و مقدار آب براساس استاندارد وزارت کشاورزی ایالات متحده امریکا (USDA) تعیین شدند. نتایج نشان داد با برنامه آبیاری اعمال شد هیچ نوع تنفس آبی به گیاه وارد نشده است. لذا در سال‌های بعد حجم آبیاری که بر اساس استاندارد (USDA) تعیین می‌گردید به صورت درصدهایی از آب قابل استفاده به گیاه مورد مطالعه عرضه شد. بعد از چهار سال بررسی، نتایج نشان داد بهترین ترکیب افزایش عملکرد، کارآبی مصرف آب و حداقل تعداد آبیاری، زمانی حاصل می‌شود که آبیاری در موقع تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده انجام شود و در این فاصله زمانی فقط ۷۰ درصد آب محاسبه شده به گیاه داده شود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق سه روش آبیاری میکرو (قطره‌ای، تیپ سطحی و زیر سطحی) برای تعیین نیاز آبی خیار گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. برای هر یک از روش‌های مذکور سه ردیف خیار گلخانه‌ای کاشته شد، طول هر ردیف

کاشت ۱۰ متر، فواصل کاشت روی و بین خطوط کشت ۴۰ سانتی متر و فواصل بین ردیف‌ها ۹۰ سانتی متر بود، آزمایش بصورت اسپلیت پلات در قالب بلوك کامل تصادفی با سه تکرار (در مجموع ۲۷ پلات) اجرا شد. روی هر خط کشت ۲۵ عدد نشاء خیار مستقر شد به این ترتیب که ابتدا بذرهای خیار در ظروف پلاستیکی در خزانه کاشته شدند و بعد از ۳ تا ۵ برگی شدن به گلخانه منتقل شدند. سیستم آبیاری میکرو قبل از نشاء کاری در فضای گلخانه اجرا شد. نیاز آبی گیاه با توجه به شرایط طرح محاسبه و از طریق کنورهای حجمی در اختیار گیاه قرار گرفت گلخانه ایجاد شده است سیستمهای آبیاری میکرو در روی ردیفها اجرا گردید در روش آبیاری قطره‌ای از لاترهای ۱۶ میلیمتری پلی اتیلن استفاده شد و فواصل بین قطره چکانها ۸۰ سانتی در نظر گرفته شد شکل شماره ۱ همچنین قطره چکان میکرو فلاور امریکایی با دبی ۴ لیتر در ساعت بر روی خط استفاده شد، در روش آبیاری تیپ از نوارهای تی تیپ که فواصل روزنه‌ها ۳۰ سانتی متر از همدیگر بود به دو طریق تیپ روی سطحی و زیرسطحی استفاده شد شکل شماره ۳ و ۴، کشت روی ردیفها بصورت زیگزاگ انجام شد در زمینه تهیه خاک بستر، مخلوطی از خاک رس و ماسه بادی همراه با کود حیوانی در نظر گرفته شد. برای مبارزه با تخمر و لارو حشرات مضر در خاک عملیات گازدهی و ضد عفونی خاک انجام گردید، برای تامین حرارت مورد نیاز از یکدستگاه گرمایش مشعل دار گازوئیلی در گلخانه استفاده گردید. همچنین از یک سیستم لوله شکل مستقر در وسط گلخانه که از قسمت بالا به پایین حرارت را پخش می‌نمود و در زیر سقف قرار گرفته بود استفاده شد در زیر لوله و تونل پخش حرارت سوراخ‌ها با توجه از فاصله گرفتن از منبع گرما گشادتر شده بطوری که حرارت بطور یکنواخت در تمام سطح گلخانه پخش گردد، کلیه عوامل بهزروعی از قبیل هرس برگ، مبارزه با علفهای هرز، کوددهی و غیره با توجه به نیاز گیاه در کلیه تیمارها به صورت یکسان انجام شد.



شکل ۱: آبیاری به روش قطره‌ای در گلخانه محل آزمایش

پس از سبز شدن بذرها تیمارهای آبیاری در سه سطح میزان آب که براساس تبخیر از سطح طشتک کلاس A برای ۲۰٪، ۴۰٪، ۶۰٪ اعمال گردید. کوددهی با توجه به نتایج تجزیه خاک در آزمایشگاه در هر یک از روش‌های مذکور به طور یکسان به دو روش کود آبیاری و محلول پاشی انجام می‌شد، با توجه به اینکه خیار گلخانه‌ای به

صرف کود حساس می‌باشد و عملکرد آن تحت تاثیر کوددهی مناسب و به موقع می‌باشد، در هر زمان مورد نیاز از کودهای میکرو و ماکرو استفاده شد، در طول دوره رشد فقط یکبار سمپاشی جهت از بین بردن مگس جالیز بدليل هجوم از محیط باز که همزمان دارای کشست خیاریود، انجام شد، محصول پس از میوه‌دهی هر سه روز یکبار چیده شده و در هر یک از تیمارها میزان محصول اندازه‌گیری و یادداشت گردید. تجزیه و تحلیل آماری داده‌های خام با استفاده از نرم‌افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت.



شکل ۲: آبیاری به روش تیپ زیر سطحی در گلخانه محل آزمایش



شکل ۳: آبیاری به روش تیپ سطحی در گلخانه محل آزمایش

بحث و نتیجه‌گیری

روش آبیاری اثر معنی‌داری بر عملکرد محصول داشته است. بطوریکه روش آبیاری تیپ سطحی با عملکرد ۱۹۶/۸ تن در هکتار برتر از دو روش آبیاری دیگر بوده است. اما بین روش آبیاری قطره‌ای و روش تیپ زیرسطحی تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری در سطح ۱ درصد وجود ندارد. در روش آبیاری قطره‌ای آبیاری براساس ۲۰ درصد تبخیر از تشت آب مصرفی تقریباً یک سوم تیمار آبیاری براساس ۶۰ درصد تبخیر از تشت می‌باشد ولی عملکرد محصول

این تیمار بسیار پایین می‌باشد (۸۴/۰۷ تن در هکتار) نسبت به عملکرد ۱۹۵/۳ تن در هکتار در تیمار ۶۰ درصد تبخیر از سطح طشتک قابل توصیه نمی‌باشد. ولی در شرایطی که با کمبود شدید منابع آب مواجه باشیم و یا قیمت هر مترمکعب آب مصرفی بالا باشد (باایستی نسبت به قیمت محصول مقایسه شود) می‌توان در شرایط خاص آب آبیاری براساس این تیمار را با توجه مسائل اقتصادی و قیمت بازار خیار سبز توصیه نمود. چرا که با یک سوم کاهش مصرف آب عملکرد درحدود ۵۰ درصد کاهش نشان می‌دهد. اثر عمق آبیاری بر عملکرد محصول نیز معنی دار گردید. بطوريکه بیشترین محصول در میزان آب بر اساس ۶۰ درصد تبخیر ازثبت حاصل گردید. اثر متقابل تیمارها نیز بر عملکرد محصول در سطح ۱ درصد معنی دار گردید. جدول شماره ۳- بطوريکه در تیمار آبیاری براساس ۲۰ درصد تبخیر از طشتک کلاس کمترین حجم آب مصرفی را به مقدار ۲۵۵۵/۵ مترمکعب در هکتار داشته است و بیشترین حجم آب مصرفی نیز با ۷۶۶۶ مترمکعب تیمار ۶۰ درصد تبخیر از طشتک بود. اثر روش آبیاری نیز بر عمق آب آبیاری معنی دار گردید.

جدول ۱: میانگین عملکرد محصول و آب مصرفی در هر یک از تیمارها برای دو سال اجرا

روش آبیاری	میزان آب آبیاری (براساس تبخیر از طشتک کلاس A)	عملکرد محصول (تن در هکتار)	حجم آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)
قطرهای	۲۰ درصد	۸۳/۹	۲۵۵۵/۵
قطرهای	۴۰ درصد	۱۹۱/۸۳	۵۱۱۱
قطرهای	۶۰ درصد	۱۹۵	۷۶۶۶
تیپ سطحی	۲۰ درصد	۱۱۶/۲	۲۵۵۷
تیپ سطحی	۴۰ درصد	۱۹۷	۵۱۱۳
تیپ سطحی	۶۰ درصد	۲۰۶/۲۵	۷۶۶۶
تیپ زیر سطحی	۲۰ درصد	۹۶/۱۷	۲۵۵۶
تیپ زیر سطحی	۴۰ درصد	۱۶۷/۵	۵۱۱۲
تیپ زیر سطحی	۶۰ درصد	۱۸۱/۶۷	۷۶۶۷/۵

جدول ۲: تجزیه واریانس مرکب عملکرد و حجم آب مصرفی

عملکرد	درجه آزادی	منابع تغییرات
۷۸n.s	۱	(L) سال
۲۸۹۶/۶۳۴**	۲	(A) روش آبیاری
۶۰/۰۹۳	۴	(A) خطأ
۵۰۰۲۰/۰۱۱**	۲	(B) عمق آب مصرفی
۵۳۸/۳۶۱**	۴	Bx A
۳۴/۹۹۵	۱۲	(ab) خطأ

* اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد n.s: عدم وجود اختلاف معنی دار

پیشنهادات

- ۱- در شرایط آزمایش مناسب‌ترین تیمار ۴۰ درصد تبخیر از تشتک با روش آبیاری تیپ سطحی است. لذا به منظور استفاده بهینه و مطلوب از آب این تیمار به کشاورزان قابل پیشنهاد است.
- ۲- از آنجایی که بین روش‌های آبیاری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، استفاده از روش آبیاری تیپ سطحی به دلیل مزایای آن نظری توزیع یکنواخت رطوبت در پروفیل خاک یا ناحیه توسعه ریشه گیاه در داخل خاک، کاهش مشکلات ناشی از پاره شدن گیاه در زیر سطح خاک و کاهش خسارات وارد به گیاه در موقع رفع عیب و قابلیت اجرایی بودن آسان روش آبیاری تیپ سطحی، جهت استفاده بهره‌برداران توصیه می‌شود.
- ۳- در روش آبیاری قطره‌ای مشاهده گردید که پس از مدتی گرفتگی در قطره چکانها باعث کاهش آبدهی و مسدود شدن تعدادی از قطره چکانها شد که بدلیل شوری آب آبیاری است و برای جلوگیری از این عمل بایستی اسید شوئی انجام شود چنانچه این مشکل برطرف گردد می‌تواند کارائی خوبی در گلخانه داشته باشد
- ۴- از آنجا که در روش تیپ زیرسطحی شرایط برای رشد مطلوب نامناسب می‌شود، بنابراین روش تیپ زیر سطحی چندان مناسب بنظر نمی‌رسد
- ۵- مناسب‌ترین روش آبیاری میکرو در گلخانه روش تیپ سطحی می‌باشد که علاوه بر عملکرد خوب محصول در این روش مشکلات ناشی از پاره شدن لوله و همچنین تجمع ریشه برطرف شده از طرفی چنانچه مشکلی در خط مسیر پیش آید براحتی می‌توان نوار تیپ را از اتصال فرعی جدا نموده و از نوار جدیدی دیگر استفاده نمود.

منابع

- ۱- عالمزاده، محمدحسین. ۱۳۷۱. طراحی سیستمهای آبیاری انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- علیزاده، امین. ۱۳۷۶. آبیاری قطره‌ای انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۳- طباطبایی، محمد. ۱۳۶۵. گیاهشناسی کاربردی برای کشاورزی و منابع طبیعی جلد اول
- 4- Chartz oulakis and N. Mickelakis. 1990. Effects of different irrigation systems on growth and yield of greenhouse cucumber.
- 5- Komoura- M, A- K arimata, A. Mizuta, T. Takasu and A. Yonegasd. 1990. fundamental studies on the water irrigation method, water requirement and effect of irrigation for greenhouse cucumber. Journal of agricultural.
- 6- Elides. 1998. Irrigation of greenhouse growth cucumber. Journal of horticultural sience 63: 2, 235 – 239, 14 ref
- 7- Elies, J. E., G. Kruse and A. E. Mcsay. 1989. Scheduling irrigation for cucumber. Hort science HJHSAR, 24 (3): pp. 448 – 452.

اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای
۱۳۸۶ مهرماه ۲۶

استفاده از تشت تبخیر برای تعیین تبخیر - تعرق سطح مرجع در شرایط گلخانه‌ای

مهدی شهابی‌فر، مصطفی عصاری، مهدی کوچک‌زاده و علی‌اکبر عزیزی زهان^۱

چکیده

یکی از روش‌های تعیین تبخیر - تعرق سطح مرجع استفاده از تشت تبخیر کلاس A می‌باشد اما در گلخانه به دلیل سطح زیادی که این تشت اشغال می‌نماید، کاربرد چندانی ندارد. در این تحقیق به منظور تعیین تبخیر - تعرق سطح مرجع از یک دستگاه میکرولاسیمتر و یک تشت تبخیر کوچک (قطر ۶۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر) در داخل گلخانه و یک تشت تبخیر کلاس A در خارج گلخانه استفاده شد. نتایج نشان داد که میزان تبخیر - تعرق سطح مرجع اندازه‌گیری شده توسط میکرولاسیمتر به ترتیب برابر $62/2$ و $45/6$ درصد تبخیر از تشت کلاس A و تشت کاهنده بوده است. ضریب همبستگی بین داده‌های میکرولاسیمتر با تشت تبخیر کلاس A و تشت کاهنده به ترتیب برابر $0/72$ و $0/83$ بود. با توجه به نتایج بدست آمده کاربرد تشت تبخیر کوچک در مطالعات گلخانه‌ای با توجه به محدودیت مکانی توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: تبخیر - تعرق، تشت تبخیر کلاس A و گلخانه

مقدمه

اصلی‌ترین پارامتر در برنامه‌ریزی آبیاری تبخیر-تعرق است که یکی از اجزای اصلی گردش آب در طبیعت است و تقریباً در تمام مطالعات هیدرولوژی تا حدی مطرح می‌شود. تبخیر-تعرق در برنامه‌ریزی و توسعه حوضه آبخیز یا منابع ملی آب، اهمیت خاصی دارد. تبخیر-تعرق به عنوان اطلاعات اساسی در گفتگوهای قراردادهای مربوط به آب و احقة حق در اختلافات مربوط به حقابه به کار می‌رود. در سراسر دنیا وسائل متعددی نیز برای اندازه‌گیری تبخیر-تعرق درون گلخانه مورد استفاده قرار گرفته است که عبارتند از میکرولاسیمتر، تشت تبخیر کلاس A، تشت تبخیر کوچک، اتمومتر و غیره. هر کدام از این وسائل برای شرایط خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند و محققان زیادی رابطه بین تبخیر اندازه‌گیری شده از این وسائل و تبخیر-تعرق را بدست آورده‌اند که این روابط را به صورت یک مدل ریاضی بیان کرده‌اند.

^۱- به ترتیب عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب، دانشجوی کارشناسی ارشد، عضو هیئت علمی دانشگاه تربیت مدرس و محقق مؤسسه تحقیقات خاک و آب

تبخیر-تعرق سطح مرجع (ET₀) به روش‌های مختلفی قابل تخمین است اما تشت کلاس A یکی از مهمترین روش‌های استفاده شده در دنیاست که به دلیل سادگی و ارزان بودن برای تخمین روزانه تبخیر-تعرق مقبول می‌باشد و در دوره‌های زمانی بیشتر از ۵ روز از دقت بالاتری برخوردار است، اما استفاده از تشت درون گلخانه هنوز موضوع بحث می‌باشد. زیرا اگر چه ضریب تشت (kp) بر اساس سرعت باد، رطوبت نسبی و پارامترهایی محاسبه می‌شود که به راحتی درون گلخانه قابل اندازه‌گیری می‌باشد، تحقیقات نشان داده است که ضریب تشت قابل استفاده در گلخانه قطعی نیست. به هر حال Pradas (۱۹۸۶) در حالی که روی گیاه گوجه‌فرنگی درون گلخانه‌ای که با پلی اتیلن سبک پوشیده شده بود کار می‌کرد شباهتی را بین ضریب تشت (K_p) و ضریب گیاهی (K_c) به دست آمده مشاهده کرد، مقدار ضریب گیاهی (K_c) را از روش‌های تجربی تعیین کرد و به این نتیجه رسید که ضریب تشت (K_p) باید به یک خیلی نزدیک باشد.

Chartzoulakis و همکاران (۱۹۹۷) میزان آب مصرفی فلفل را در گلخانه با استفاده از تانسیومتر تعیین کردند. گیاهان با استفاده از روش قطره‌ای آبیاری شده و تبخیر-تعرق گیاهی بین دو آبیاری کامل به وسیله فرمول $ET_m = I_w - D_w$ محاسبه شد، که I_w میزان آب آبیاری (برای رساندن رطوبت خاک به حد FC) و D_w میزان آب خارج شده از عمق ۴۰ cm خاک بوده است. میزان آب آبیاری مورد نیاز در طول فصل ۳۴۸ میلیمتر گزارش شد. تبخیر-تعرق گیاهی در ماه اکتبر ۲۰ درصد تبخیر از تشت کلاس A (E_{pan}) نصب شده در خارج گلخانه بود، این مقدار تا ماه فوریه ثابت بوده و در ماه‌های آخر آزمایش تا به $7/E_{pan}$ در ماه می افزایش یافت.

Orphanos در سال ۱۹۸۶ سرعت تبخیر-تعرق پتانسیل (ET_p) اندازه‌گیری شده توسط لایسمیتر را با تبخیر از تشت یا با سرعت تبخیر-تعرقی که از روش‌های بلانسی کریدل و پنمن که در سال ۱۹۷۷ توسط Doorenbos و Pruitt اصلاح شد مقایسه کرد. نتایج نشان داد تبخیر از تشت مشاهده شده در خارج گلخانه تخمینی از مقدار واقعی تبخیر-تعرق گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه‌ای بود و ضریب نسبت آن با تبخیر-تعرق پتانسیل (ET_p) نسبت به فصل رشد به صورت خطی از $0/26$ تا $1/0$ افزایش یافت.

Harmanto و همکاران (2005) به دلیل سطح زیاد اشغال شده توسط تشت کلاس A، روش‌های جایگزین برای تخمین تبخیر-تعرق سطح مرجع (ET₀) در داخل گلخانه را مطالعه نمودند. موضوع این کار مقایسه بین روش‌های مختلف درون و بیرون گلخانه بوده است. یک تشت کلاس A و یک تشت کوچک و یک اتمومتر درون گلخانه و یک تشت کلاس A بیرون گلخانه نصب شد. تبخیر-تعرق سطح مرجع (ET₀) تخمین زده شده به وسیله تشت کلاس A نصب شده درون گلخانه و تشت کوچک و اتمومتر به ترتیب $56/6$ ، $63/6$ و $63/6$ درصد از میزان اندازه‌گیری شده برای تشت کلاس A نصب شده در خارج از گلخانه شده بود. یک رگرسیون ساده خطی، ضریب همبستگی برابر با $R=0/97$ را برای تشت کوچک و تشت کلاس A نصب شده در درون گلخانه و $R=0/91$ برای اتمومتر و تشت نصب شده در داخل گلخانه و $R=0/7$ بین تشت کلاس A نصب شده در داخل و خارج گلخانه نشان داد. لذا برای تخمین تبخیر-تعرق سطح مرجع (ET₀) درون گلخانه می‌توان از تشت کوچک و اتمومتر با توجه به ضرایب بدست آمده استفاده کرد که باعث می‌شود فضای کمتری از گلخانه اشغال شود. در این تحقیق، ابتدا تبخیر-تعرق استاندارد گیاه مرجع چمن درون گلخانه توسط میکرو لایسمیتر اندازه‌گیری شد و تبخیر از تشت

تبخیر کوچک درون گلخانه نیز اندازه‌گیری شد. در ادامه تبخیر از تشت تبخیر کلاس A خارج از گلخانه نیز بدست آمد و در پایان مقادیر اندازه‌گیری شده با استفاده از آنالیز واریانس، آزمون فرض و آزمون دانکن با هم مقایسه شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ابتدا به مدت ۳ ماه از روز اول اسفند ۱۳۸۵ تا روز ۳۱ اردیبهشت ۱۳۸۶ پارامترهای تبخیر از تشت کاهنده و وزن لایسیمتر چمن درون گلخانه‌ای در موسسه تحقیقات گیاه‌پژوهشی کشور، که در منطقه ولنجک تهران واقع شده است، اندازه‌گیری شد و داده‌های تبخیر از تشت تبخیر کلاس A نیز از ایستگاه هواشناسی مهرآباد به عنوان نزدیکترین ایستگاه به محل آزمایش، بدست آمد.

لایسیمتر

لایسیمتر یا جعبه کشت یک تانک با ابعاد مشخص است که در داخل خاک قرار گرفته و لذا امکان اعمال معادله بیلان جرمی آب که به صورت زیر بیان می‌شود، در آن وجود دارد.

$$ET = I + P + SFI + LI + GW - RO - LO - L - DP - D_{rz}(\theta_f - \theta_i) \quad (1)$$

ET: تبخیر-تعرق (سانتی‌متر)

I: آبیاری (سانتی‌متر)

P: بارندگی (سانتی‌متر)

SFI: جریان سطحی ورودی به سطح خاک (سانتی‌متر)

LI: جریان زیر سطحی که وارد حجم خاک می‌شود (سانتی‌متر)

GW: مقدار آبی که از زیر زمین ممکن است وارد خاک شود (سانتی‌متر)

RO: رواناب سطحی که از زمین خارج می‌شود (سانتی‌متر)

LO: جریان آب زیر سطحی که از زمین خارج می‌شود (سانتی‌متر)

L: نیاز آب‌شونی که عبارت است از مقدار آبی که باید از زمین خارج شود تا شوری خاک از درصد مورد نظر افزایش پیدا نکند (سانتی‌متر)

DP: نفوذ عمقی (جریان خروجی آب از خاک که مازاد بر نیاز آب‌شونی صورت می‌گیرد (سانتی‌متر)

D_{rz} : عمق توسعه ریشه‌ها

θ_f : رطوبت حجمی خاک در شروع دوره مورد نظر (اعشار)

θ_i : رطوبت حجمی خاک در انتهای دوره مورد نظر (اعشار)

لایسیمتر از نظر هیدرولوژی بخش مجزا و کنترل شده‌ای از خاک است که پارامترهای LI، SFI، RO و LO در آن حذف شده و GW، L، RO و DP یا قابل اندازه‌گیری بوده یا حذف می‌شوند. بنابراین با اندازه‌گیری I، P، D، θ_f و θ_i می‌توان ET را با دقت خیلی بالا بدست آورد.

اما درون گلخانه علاوه بر مشکلات گفته شده در بالا فضای زیاد اشغال شده توسط لایسیمتر هم یک مشکل بزرگ است که Boast و همکاران (1986) با ارائه نوعی از لایسیمتر با نام micro lysimeter این مشکل را حل کرد.

این لایسیمترها که مخصوص گلخانه است به ارتفاع ۳۰ سانتیمتر و قطر ۳۰ سانتیمتر است و دارای شیر تخلیه زهاب و صفحه مکش برای تخلیه کامل آب است، که در تحقیق حاضر از این نوع لایسیمتر برای تعیین دقیق تبخیر-تعرق استفاده شده است که ساخت شرکت UMS آلمان می‌باشد. همچنین برای دقت بیشتر از روش وزنی برای تعیین تغییرات رطوبت درون لایسیمتر استفاده شد.

تشت تبخیر

تشت تبخیر ساده‌ترین وسیله‌ای است که با آن می‌توان مقدار تبخیر را از یک سطح آزاد بدست آورد. در ایستگاه‌های هواشناسی معمولاً از تشت استاندارد کلاس A که ظرفی استوانه‌ای از جنس آهن گالوانیزه با قطر ۱۲۱ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۵/۴ سانتی‌متر می‌باشد استفاده می‌شود. در صورتی که مقدار تبخیر از تشت در یک دوره زمانی مشخص (روز یا ماه) برابر Ep باشد تبخیر-تعرق سطح مرجع (ET_0) در همان دوره برابر خواهد بود با:

$$ET_0 = K_p (Ep) \quad (2)$$

ضریب K_p بنام ضریب تشت معروف است و بستگی به وضعیت استقرار تشت و محیط اطراف آن داشته و مقدار آن برای فضای بیرون ۸۵-۰/۵٪ متغیر است. سرعت باد، رطوبت هوا و ارتفاع محل از سطح دریا نیز بر ضریب تشت مؤثرند. به دلیل وجود داده‌های تبخیر در اکثر ایستگاه‌های هواشناسی و اندازه‌گیری ساده آن، در این تحقیق سعی بر آن شده است که با استفاده از داده‌های تبخیر از تشت یک رابطه ساده برای تخمین تبخیر-تعرق استاندارد سطح مرجع درون گلخانه بدست آوریم.

درون گلخانه، به دلیل فضای زیاد اشغال شده توسط تشت کلاس A و عدم دقت این وسیله برای مقادیر خیلی کم تبخیر، نوع دیگری از تشت تبخیر به نام Reduced Pan که برای اولین بار توسط Jhan و همکاران (۱۹۹۸) ارائه شد، استفاده می‌شود. این نوع تشت تبخیر ظرفی استوانه‌ای از جنس آهن گالوانیزه با قطر ۶۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر می‌باشد، که در این تحقیق از آن برای تعیین تبخیر از تشت استفاده شد.

بحث و نتیجه‌گیری

برای مقایسه بین داده‌های اندازه‌گیری شده توسط تشت تبخیر کوچک در داخل گلخانه، داده‌های اندازه‌گیری شده توسط تشت تبخیر کلاس A در خارج گلخانه و داده‌های لایسیمتری، از آنالیز واریانس در مرحله اول و بررسی وجود همبستگی معنی‌دار بین مقادیر تبخیر در داخل و خارج گلخانه و داده‌های لایسیمتری با استفاده از آزمون فرض، در مرحله بعد استفاده کردیم. برای تعیین وجود همبستگی بین مقادیر تبخیر در داخل و خارج گلخانه و داده‌های لایسیمتری از آزمون فرض صفر و روابط زیر استفاده شد.

$$H_0 : r = 0 \quad (3)$$

$$H_1 : r \neq 0 \quad (3)$$

$$t_0 = \frac{r \sqrt{n - 2}}{1 - r^2} \quad (4)$$

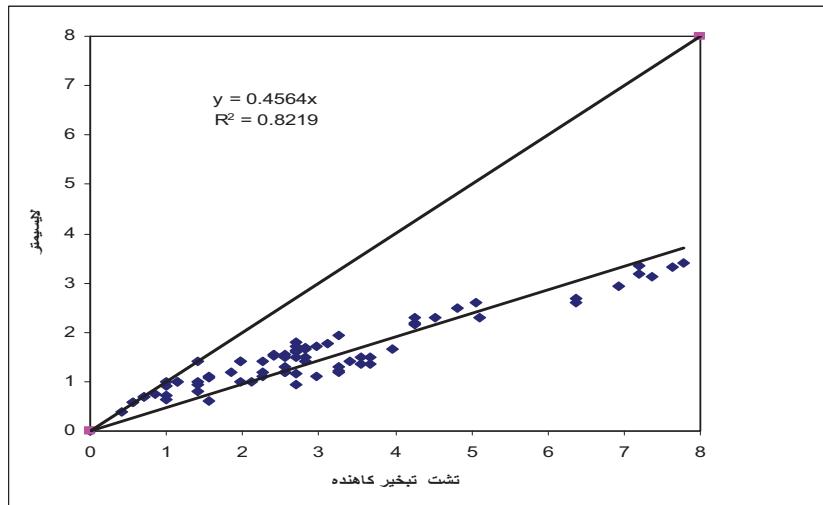
در این روابط H_0 فرض صفر، H_1 ادعا، t_0 آماره آزمون، r ضریب همبستگی خطی است و n تعداد زوج داده‌های مورد بررسی است. این آزمون t را مورد بررسی قرار می‌دهد که قابل تعمیم برای r^2 است.

برای ساده تر شدن محاسبات ابتدا از جدول $t_{student}$ مقدار بحرانی t استخراج شد. بر اساس این جدول $t_{0/025,72} = 1/76$ است. سپس این مقدار به جای t_0 و در رابطه فوق قرار گرفت و مقدار بحرانی t در سطح احتمال ۹۵ درصد برابر $0.38/0$ محاسبه شد.

ضریب همبستگی در همه معادلات تبخیر-تعرق در تمام مدل‌ها بزرگتر از مقدار بحرانی بود. بنابراین می‌توان پذیرفت در سطح احتمال ۹۵ درصد بین تمام مقادیر مشاهده‌ای و مقادیر برآورد شده همبستگی وجود دارد.

مقایسه داده‌های لایسیمتری و داده‌های تشت تبخیر کوچک در داخل گلخانه

برای این تحقیق در طول دوره کشت میزان تبخیر از تشت تبخیر کاهنده اندازه‌گیری شد و در ادامه با استفاده از داده‌های لایسیمتری یک رابطه خطی برای تبخیر-تعرق استاندارد گیاه مرجع چمن درون گلخانه بدست آمد که در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: رابطه بین داده‌های لایسیمتری و تشت تبخیر کوچک (کاهنده)

با استفاده از یک رگرسیون خطی بین داده‌های لایسیمتری و تشت تبخیر کوچک یک معادله ساده بدست آمد که عبارت است از:

$$ETo = 0.4564 \times Ep \quad (5)$$

که در آن

ETo : تبخیر-تعرق استاندارد گیاه مرجع چمن

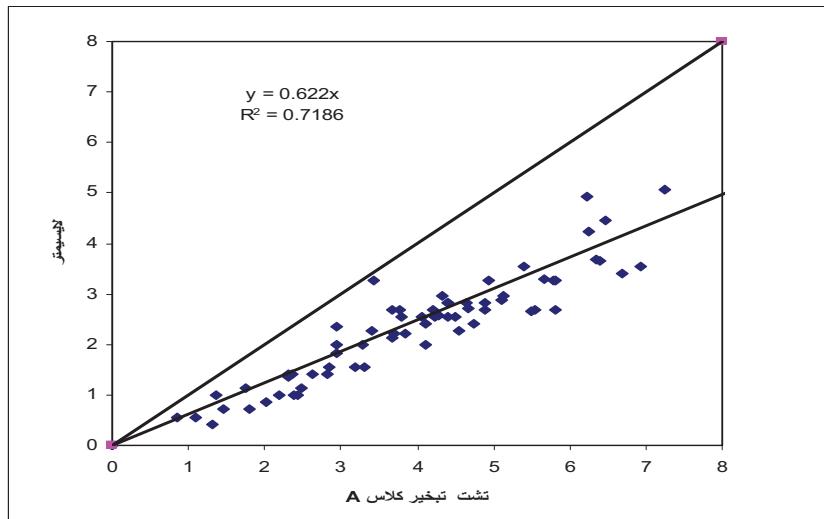
Ep : تبخیر از تشت تبخیر کاهنده

در ادامه تبخیر-تعرق استاندارد گیاه مرجع چمن که از معادله (۵-۱) محاسبه شده بود با داده‌های لایسیمتری مقایسه شد و نتایج مقایسه به شرح زیر بود.

جذر مربع خطاهای (RMSE) برابر $1/402$ ، مربع خطاهای سیستماتیک (MSE_s) برابر $1/98$ و ضریب همبستگی (R^2) برابر 0.8219 شد. علاوه بر این با استفاده از آزمون دانکن هیچ اختلاف معنی‌داری بین میانگین داده‌های محاسباتی از فرمول (۵) و داده‌های لایسیمتری وجود نداشت.

مقایسه داده‌های لایسیمتری و داده‌های تشت تبخیر کلاس A خارج گلخانه

برای این تحقیق در طول دوره کشت میزان تبخیر از تشت تبخیر کلاس A اندازه‌گیری شد و در ادامه با استفاده از داده‌های لایسیمتری یک رابطه خطی برای تبخیر-تعرق استاندارد گیاه مرجع چمن درون گلخانه بدست آمد که در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲: رابطه بین داده‌های لایسیمتری و تشت تبخیر کلاس A

با استفاده از یک رگرسیون خطی بین داده‌های لایسیمتری و تشت تبخیر کلاس A یک معادله ساده بدست آمد که عبارت است از:

$$ETo = 0.622 \times Ep \quad (6)$$

که در آن

ETo : تبخیر-تعرق استاندارد گیاه مرجع چمن

Ep : تبخیر از تشت تبخیر کلاس A

در ادامه تبخیر-تعرق استاندارد گیاه مرجع چمن که از معادله (۶) محاسبه شده بود با داده‌های لایسیمتری مقایسه شد و نتایج مقایسه به شرح زیر بود.

جذر مربع خطاهای (RMSE) برابر $2/38$ ، مربع خطاهای سیستماتیک (MSE_s) برابر $5/69$ و ضریب همبستگی (R^2) برابر $7186/0$ شد. علاوه بر این با استفاده از آزمون دانکن هیچ اختلاف معنی‌داری بین میانگین داده‌های محاسباتی از فرمول (۶) و داده‌های لایسیمتری وجود نداشت.

با توجه به نتایج بالا و معادلات (۵) و (۶) ضریب تشت تبخیر کوچک که در داخل نصب شده بود، برابر $4564/0$ و ضریب تشت تبخیر کلاس A که در بیرون گلخانه نصب شده بود، برابر $622/0$ ، بدست آمد. با توجه به آنالیز آماری و آزمون دانکن روش تشت تبخیر کوچک که در گلخانه نصب شده بود، نتایج بهتری نسبت به تشت تبخیر کلاس A نصب شده در بیرون گلخانه داشت، اما به دلیل وجود داده‌های تبخیر تشت تبخیر کلاس A می‌توان از آن برای تخمین تبخیر-تعرق استاندارد گیاه مرجع با دقت مناسب استفاده کرد.

منابع

- ۱- ابراهیمی بیرنگ، نادر(۱۳۸۴)، برآورد نیاز آبی گیاهان گلخانه‌ای، کارگاه فنی- آموزشی روش‌های آبیاری میکرو، کمیته ملی آبیاری و زهکشی
- 2- Doorenbos, J. and Pruitt, W. O. (1977). Crop water requirements. FAO irrigation and drainage paper No. 24, FAO, Rome.
- 3- Chartzolakis.K, N.Drosos (1997). Water requirement of Greenhouse Grown Pepper under Drip irrigation. *Acta Horticulturae* 449(1), 175-181
- 4- Jhan,-L-P; Gil,-J-A; Acosta,-R. (1998). Design and performance of a hydraulic lysimeter for measurement of potential evapotranspiration. *Bioagro* 10(1): 11-17
- 5- Orphanos.p.I, Eliades.G (1986). Irrigation of tomatoes Grown in Unheated Greenhouse. *J.Hort.Sci.* 61(1), 95-101
- 6- Harmanto, V.M.Solokhe, M.S.Babel, H.J.Tantau (2005) Water requirement of dirip irrigated tomato grown in greenhouse in tropical environment. *Agriculture water management* 71.225-242

اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای
۱۳۸۶ مهرماه ۲۶

بررسی دقت مدل تجربی Kirda در تعیین تبخیر - تعرق درون گلخانه

مصطفی عصاری، مهدی کوچک‌زاده، مهدی شهابی‌فر و سید مجید میرلطیفی^۱

چکیده

اصلی‌ترین پارامتر در برنامه‌ریزی آبیاری تبخیر-تعرق است، در درون گلخانه به دلیل اهمیت ویژه مدیریت مصرف آب برای حداکثر رشد و همچنین جلوگیری از بیماری‌های مختلف تخمین دقیق تبخیر-تعرق بیشتر نمایان می‌شود. در این مقاله روشی ساده و کاربردی به منظور برآورد تبخیر-تعرق مرجع و گیاه خیار درون گلخانه ذکر شده است. این روش، مدلی تجربی است که در سال ۱۹۹۴ توسط Kirda و همکاران بسط داده شده و از سال ۱۹۹۸ به شکل کاملتری مورد استفاده قرار گرفته است. در این تحقیق داده‌های تخمینی توسط مدل Kirda با داده‌های اندازه گیری شده توسط میکرولاپسیمتر درون گلخانه مقایسه شد و نتایج نشان داد که مدل ارائه شده نتایج خوبی برای تخمین تبخیر-تعرق مرجع و تبخیر-تعرق گیاه خیار می‌دهد. همچنین در این روش میانگین معادل تشبع تبخیر-تعرق^۲ برای گیاه مرجع چمن ۰/۱۸۵ و برای خیار ۰/۱۳۶ بدست آمد. این روش به دلیل نیاز به داده‌های کم (تبخیر از تشت، دمای روزانه و تشبع در داخل گلخانه) یکی از روش‌های مناسب و ساده برای تعیین تبخیر-تعرق است.

کلمات کلیدی: تبخیر-تعرق، گلخانه و مدل Kirda

مقدمه

امروزه استفاده از مدل‌های تخمین تبخیر-تعرق به دلیل در نظر گرفتن تمامی شرایط برای گلخانه بسیار مورد توجه قرار گرفته است، اما مدل‌هایی که کاربردی تر بوده و ساده‌تر می‌باشند بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند، در این راستا تحقیقات زیادی برای ارائه مدل‌های ساده و در عین حال کاربردی برای تعیین تبخیر-تعرق درون گلخانه انجام شده است. Holder و همکاران (۱۹۹۰) مدل Hortitrans را به عنوان یک مدل ساده و کاربردی، با دقت بالا تابعی از پارامترهای جو بیرونی است ارائه کردند. این مدل قادر است مقدار بخار آب و انرژی را که با سیستم تبادل می‌شود (مقداری که از گلخانه گرفته می‌شود یا به آن اضافه می‌گردد) در رابطه با رطوبت و تعرق تعیین کند.

^۱- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، اعضاء هیئت علمی دانشگاه تربیت مدرس، مؤسسه تحقیقات خاک و آب و دانشگاه تربیت مدرس

² Radiation equivalence of evapotranspiration

Bailey و Babtista (۲۰۰۵) درون گلخانه‌ای غیر گرمایی در لیسبون پرتوغال برای گیاه گوجه‌فرنگی که در خاک کشت شده بود تحقیقی را انجام دادند. در این تحقیق پارامترهای هواشناسی، از قبیل دمای تر و خشک، دمای هوا و برگ گیاه و تشعشع خورشیدی توسط یک data logger ثبت شد. برای اندازه‌گیری تبخیر-تعرق یک لایسیمتر مورد استفاده قرار گرفت و داده‌های مربوط به آبیاری، زهکشی و محتوی رطوبت خاک اندازه‌گیری شد. برای تخمین تبخیر-تعرق نیز از فرمول $ET = \alpha * SR_i + \beta * VPD$ استفاده کردند که در آن SRI تشعشع خورشیدی درون گلخانه و VPD کمبود فشار بخار اشباع می‌باشد. از آنجایی که تاثیر VPD خیلی مشهود نبود از آن صرف نظر شد و بر اساس تبخیر-تعرق اندازه‌گیری شده و تابش خورشیدی درون گلخانه فرمول زیر را بدست آوردند که نتایج نزدیکی با مقادیر اندازه‌گیری شده داشت.

$$ET = 5.5 + 0.179 * SR_i \quad R^2=0.72 \quad (1)$$

Ciolkosz و همکاران (۱۹۹۸) در دانشگاه کرنل یک مدل رگرسیونی برای تبخیر-تعرق روزانه گیاه کاهو که درون محیط (NFT) Nutrient film technique رشد می‌کرد بدست آوردند که تابعی از سرعت رشد و نور روزانه و میزان CO_2 گلخانه بود و داده‌های آن را با داده‌های اندازه‌گیری شده با لایسیمتر مقایسه کردند. شدت تبخیر-تعرق رابطه نزدیکی با شدت رشد داشت ($R^2=0.63$) ولی افزایش میزان CO_2 باعث کاهش شبیب این رابطه می‌شد. حتی زمانی که داده‌های رطوبت وارد مدل نمی‌شد هم رابطه خوبی بین داده‌های محاسبه شده و اندازه‌گیری شده وجود داشت.

معادله استخراج شده از داده‌ها توسط مولفان به صورت زیر بود.

$$ETc = A(T-H) + B(Mct-Mch) \quad (2)$$

ETc : تبخیر-تعرق تجمعی که از روز Hام شروع می‌شود

A و B : ضرائب رگرسیون

T : روزهای بعد از نشا کردن

Mct : وزن خشک نشا در روز T (گرم)

$$Mct = \exp(a+bT+cT^2) \quad (3)$$

Mch : وزن خشک نشا در روز H (گرم)

c : ضرائب رگرسیون

Bakher (۱۹۸۶) به وسیله یک مدل ساده از تعادل بخار، تعرق گیاهی را درون گلخانه‌ای در هلن تخمین زد. این مدل بر اساس تهویه و تراکم بخار آب بود که کاهش بخار توسط تهویه از روی رطوبت گلخانه و فلاکس هوای ورودی و خروجی از گلخانه و کاهش بخار از طریق تراکم (میعان) از روی رطوبت هوای گلخانه و دمای درون گلخانه و پوشش آن محاسبه می‌شد. از مقادیر اندازه‌گیری شده و مقادیر محاسبه شده تعرق گیاهی در گلخانه، مولف به این نتیجه رسید که مدل ارائه شده برای دوره‌های روزانه به خوبی دوره‌های ساعتی عمل می‌کند. به هر حال در محدوده شدت تعرق کمتر از $kg.m^{-2}.h^{-1} / 1^{\circ}$ دقت پائین می‌آید و شاید با یک مدل دقیق‌تر برای شدت تهویه نتایج بهبود یابد.

(Kirda ۱۹۹۸) مدل معروف به نام خود را در مورد گوجه فرنگی، خیار و خربزه مورد استفاده قرار داد. این مدل تبخیر-تعرق را با استفاده از دمای روزانه(T)، تبخیر از تشت (Ep) و تشعشع درون گلخانه (R) تخمین می‌زند. وی درون گلخانه طرح آزمایش بلوکهای کامل تصادفی شامل دو برنامه ریزی آبیاری و چهار تکرار، در نظر گرفت. در این آزمایش ۳۲ کرت وجود داشت و در هر کدام ۱۶ بوته کاشته شد. داده‌های اقلیمی مانند دما، رطوبت و تشعشع به صورت میانگین ساعتی به طور اتوماتیک ثبت می‌شد. با توجه به معادله شماره ۴ برای هر گیاه یک نمودار رسم شد و نتایج بدست آمده به مقادیر واقعی بسیار نزدیک بود ($R^2=0.92$). در این تحقیق سعی شده است که مدل Kirda برای شرایط گلخانه‌ای در ایران مورد بررسی قرار گیرد و ضرایب رگرسیونی و معادل تشعشعی تبخیر-تعرق با توجه به داده‌های لایسیمتری و تبخیر از تشت تعیین گردد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق درون گلخانه‌ای در موسسه تحقیقات کشاورزی از اول اسفند ماه تا اول خرداد به صورت روزانه انجام شد که، میزان تبخیر-تعرق واقعی چمن و خیار با استفاده از میکرولایسیمتر بدست آمد. همچنین داده‌های هواشناسی از قبیل دما و تشعشع درون گلخانه اندازه‌گیری شد و میزان تبخیر از تشت نیز برداشت شد. در این تحقیق مدل Kirda به عنوان یک روش کارآمد و در عین حال ساده برای تعیین تبخیر-تعرق درون گلخانه معرفی شده است. این مدل در سال ۱۹۹۴ توسط آقای Kirda ارائه شد و در سال ۱۹۹۸ به شکل کاملتری بیان گردید. در این مدل اگر تبخیر از تشت (Ep) تابعی از میانگین دمای روزانه (T) و تشعشع (R) در داخل گلخانه در نظر گرفته شود می‌توان رابطه‌ای به صورت معادله زیر برای آن فرض کرد.

$$Ep=a_1+a_2.T+a_3.R \quad (4)$$

a_1, a_2, a_3 ضرایب رگرسیون هستند که از رابطه رگرسیون دو متغیره بین Ep و T و R بدست می‌آیند. بخشی از تشعشع که صرف تبخیر-تعرق می‌شود تحت عنوان "معادل تشعشع تبخیر-تعرق" خوانده شده و به صورت رابطه زیر قابل ذکر است:

$$f = 58.5 * ETa/R \quad (5)$$

که در آن ETa عبارت است از تبخیر-تعرق واقعی گیاه بر حسب mm. با جایگذاری R از رابطه (5) در رابطه (4) و پس از مرتب سازی رابطه زیر حاصل می‌شود.

$$ETa=f.(Ep-a_1-a_2T)/58.5a_3 \quad (6)$$

با توجه به اندازه‌گیری داده‌های تبخیر-تعرق، دمای روزانه، تشعشع و تبخیر از تشت در این تحقیق می‌توان مدل ساده Kirda را برای این شرایط بسط داد.

بحث و نتایج

در این تحقیق با استفاده از آنالیز رگرسیون دو متغیره مقادیر a_1, a_2 و a_3 در معادله (4) با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده برای دما، تشعشع و تبخیر از تشت به ترتیب برابر $0/2183$ ، $0/0729$ و $-0/0077$ به دست آمد، که ضریب همبستگی (r^2) برای این داده‌ها برابر $0/86$ بدست آمد. لذا معادله به صورت زیر بیان شد.

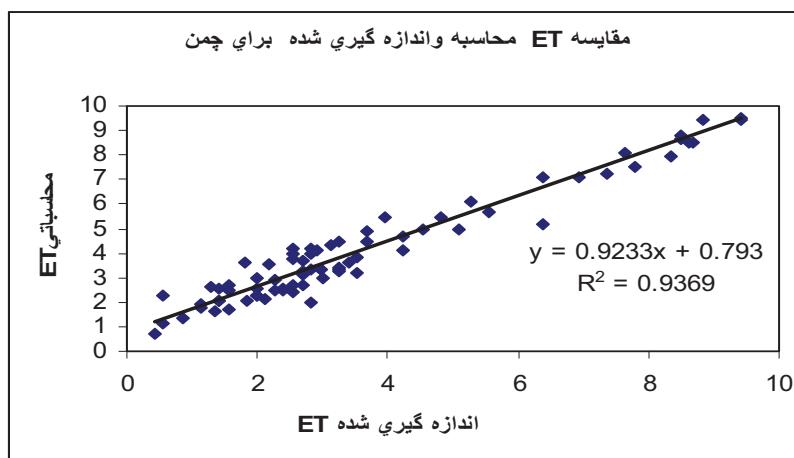
$$Ep = 0.2183 + 0.0729 \cdot T - 0.0077 \cdot R \quad (7)$$

با توجه به معادله (5) معادل تشبع تبخیر-تعرق (f) بدست آمد، که به طور متوسط برای چمن ۰/۱۸۵ و برای خیار ۰/۱۳۶ تعیین شد. لذا با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده و مقادیر تبخیر-تعرق برای چمن (معادله ۸) و خیار (معادله ۹) به صورت زیر بیان شد.

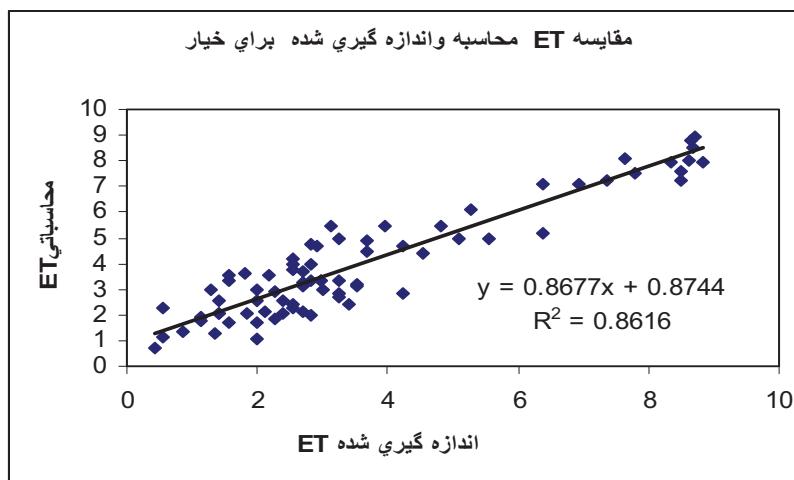
$$ET_{To} = -0.41 + 0.2183 \cdot T \quad (8)$$

$$ET_{c} = -0.3 + 0.2183 \cdot T \quad (9)$$

میزان تبخیر-تعرق محاسبه شده در مقایسه با میزان اندازه‌گیری شده همبستگی خوبی نشان داد به طوری که ضریب همبستگی آنها برابر ۰/۹۴ برای چمن و ۰/۸۶ برای خیار شد.



شکل ۱: مقایسه ET محاسبه و اندازه گیری شده برای چمن



شکل ۲: مقایسه ET محاسبه و اندازه گیری شده برای خیار

همانطور که مشاهده شد روش Kirda یک روش مطمئن و در عین حال ساده برای تخمین تبخیر-تعرق است که نیاز به داده‌های هواشناسی زیادی ندارد و می‌توان با کالیبره کردن آن یک مدل ساده تخمین تبخیر-تعرق گیاهی و مرجع برای شرایط گلخانه بدست آورد.

منابع

- 1- Babbista, J. F., B. J. Bailey, and J. F. Meneses 2005. Measuring and Modeling Transpiration Versus Evapotranspiration of a Tomato Crop Grown On Soil in a Mediterranean Greenhouse. *Acta Horticulturae* 691, 313-319
- 2- Backer, J. C. 1986. Measurement of Canopy Transpiration or Evapotranspiration in Greenhouses by Means of a Simple Vapor Balance Model. *Agric. For. Meteor.* 37, 133-141
- 3- Ciolkosz, D. E., L. D. Albright, and A. J. Both, 1998. Characterizing Evapotranspiration In a Greenhouse Lettuce crop. *Acta Horticulturae* 456, 255-259
- 4- Kirda, C. et al. 1998. Evapotranspiration Measurements of Greenhouse Grown Tomato, Melon and Cucumber. International Symposium on Arid Region Soils. 21-24sep, Izmir-Turkey

اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای

۱۳۸۶ مهرماه ۲۶

مدیریت آبیاری در گلخانه با استفاده از روش‌های نوین اندازه‌گیری رطوبت

مرتضی دوستی^۱

چکیده

رطوبت خاک به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم اندازه‌گیری می‌شود. برخی از روشها در مزرعه (محل آزمایش) انجام می‌شوند، اما در بعضی دیگر باید از خاک نمونه برداری کرده و مقدار رطوبت را در آزمایشگاه اندازه‌گیری نمود. در روش‌های مستقیم مقادیر جرمی یا حجمی رطوبت بطور مشخص اندازه‌گیری می‌شوند. اما در روش‌های غیرمستقیم ابتدا باید یک عامل دیگر (مانند: زمان، مقاومت، فرکانس) که درصد رطوبت بر آن مؤثر است اندازه‌گیری شده و سپس از روی آن مقدار رطوبت خاک تخمین زده شود. اکثر دستگاههای ساخته شده برای اندازه‌گیری رطوبت خاک، غیرمستقیم هستند. در این مقاله چندین روش نوین اندازه‌گیری رطوبت و مزایا و معایب هر کدام ارایه شده است. انتخاب و به کارگیری این روشها، از ابزار کاربردی مدیریت آب آبیاری در گلخانه می‌باشد. بدین ترتیب که بخش اعظم رطوبت مورد نیاز در گلخانه توسط آبیاری تامین می‌شود و کنترل آبیاری در گرو تخمین میزان آب در منطقه توسعه ریشه‌ها در هر مرحله از رشد می‌باشد. به منظور ارایه راهکاری در زمینه انتخاب ابزار مناسب مدیریت گلخانه، جدولی برای انتخاب رطوبت‌سنج ارایه شده است. با استفاده از این جدول امکان مقایسه چندین روش و انتخاب مناسب‌ترین روش وجود دارد، و با کمی تغییر می‌توان آنرا در انتخاب سایر گزینه‌های مدیریتی نیز بکار برد. بدین ترتیب می‌توان مدیریت بهتر و دقیق‌تری برای آبیاری گلخانه ارایه کرد.

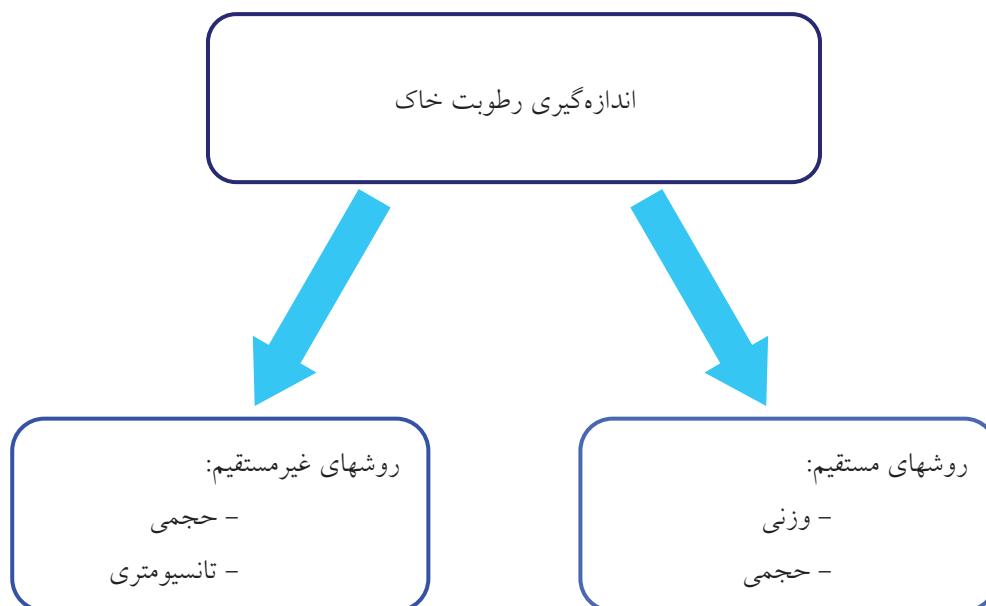
کلمات کلیدی: گلخانه، مدیریت آبیاری، رطوبت‌سنج، ابزارهای مدیریتی گلخانه

مقدمه

در مبحث مدیریت آبیاری، اندازه‌گیری و کنترل رطوبت خاک از مولفه‌های ضروری برای اعمال روش‌های مدیریتی بهینه به منظور کاهش مصرف آب و بهبود کیفیت محصول است. رطوبت موجود در خاک را می‌توان بطور مستقیم از طریق اندازه‌گیری اختلاف وزنی، قبل و بعد از خشک کردن نمونه خاک، بدست آورد که به آن روش وزنی می‌گویند. این روش، رطوبت وزنی خاک را بر حسب وزن آب بر وزن خاک خشک بیان می‌کند. نسبت حجم

^۱- دانشجوی کارشناسی مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه

آب موجود در نمونه به حجم نمونه خاک پس از خشک شدن در آون در دمای $110-100$ درجه سانتی گراد بیانگر رطوبت حجمی خاک است. رطوبت حجمی بیانگر حجم آب موجود در حجم نمونه خاک دست نخورده است. با اینکه روش‌های مستقیم از دقت بالایی برخوردار بوده ($\pm 1\%$) و با هزینه کم قابل اندازه‌گیری است، خسته کننده، وقت‌گیر و کاربری هستند. حداقل زمان مورد نیاز برای انجام این روشها ۲ روز بوده، و بعلت بهم خوردن خاک قابلیت تکرار در محل اولیه را ندارند. روش‌های غیرمستقیم بسیاری برای اندازه‌گیری رطوبت خاک وجود دارد. این روشها رطوبت را توسط روابط واسنجی موجود با سایر متغیرهای قابل اندازه‌گیری برآورد می‌کنند. انتخاب هر یک از روش‌های غیرمستقیم بستگی به هزینه، دقت، زمان پاسخ، نصب، کاربرد مدنظر، مدیریت و دوام آن دارد. بسته به کمیت اندازه‌گیری، روش‌های غیرمستقیم به دو دسته حجمی و تانسیومتری طبقه‌بندی می‌شوند (شکل ۱). دسته اول رطوبت حجمی خاک را می‌دهد، و دسته دوم مکش خاک یا پتانسیل آب خاک را نشان می‌دهد. هر دو دسته وابسته به منحنی خصوصیات رطوبتی خاک می‌باشد. منحنی خصوصیات رطوبتی رابطه‌ای است بین پتانسیل آب خاک و درصد رطوبت آن، اگر در یک دستگاه محورهای مختصات مقادیر رطوبت و پتانسیل را نسبت به یکدیگر رسم کنیم منحنی خصوصیات رطوبتی حاصل می‌شود.



شکل ۱: روش‌های اندازه‌گیری رطوبت خاک

لازم به ذکر است که هر خاک بسته به بافت، ساختمان و میزان مواد آلی موجود در آن دارای منحنی خصوصیات رطوبتی متفاوتی است. بعلاوه، این رابطه ممکن است برای یک نوع خاک ثابت نباشد و در دوره‌های مختلف رطوبت‌گیری و رطوبت‌زدایی خاک تغییر کند [۱]. با توجه به خصوصیات فیزیکی خاک و هدف از اندازه‌گیری رطوبت، دستگاههای اندازه‌گیری انتخاب می‌شوند. رطوبت حجمی خاک کمیت کاربردی‌تری است. در خاکهای با بافت ریز، آب با نیروی زیادی توسط ذرات خاک نگهداشته می‌شود، بنابراین حتی اگر رطوبت حجمی خاک نیز نسبتاً زیاد باشد، آب مورد نیاز گیاهان تامین نخواهد شد. در مطالعه روابط گیاه - خاک، اندازه‌گیری مکش خاک با

توجه قدرت مکش گیاه در جذب آب از خاک می‌تواند کمیت مناسب‌تری باشد. مکش خاک می‌تواند عامل مناسبی در محاسبه تنش آبی گیاه نیز باشد. خصوصیات فیزیکی خاک (بافت، تورم، ترک) می‌تواند بر روی عملکرد روش انتخاب شده برای اندازه‌گیری رطوبت تاثیر گذارد باشد زیرا برخی از حسگرها نیازمند تماس کامل با ذرات خاک می‌باشند. علاوه بر آن تابع نوع خاک، بارش، تبخیر و تعرق بعضی ابزار اندازه‌گیری نیازمند حفاظت و نگهداری خاصی می‌باشند. مدیریت آب آبیاری بر اساس اندازه‌گیری رطوبت موجود در خاک روش متداولی در تولیدات کشاورزی است. آگاهی از رطوبت خاک در هر مرحله به مدیر مزرعه این امکان را می‌دهد تا رطوبت موجود در خاک را در حد مورد نظر نگه دارد. این کار باعث کاهش هرزآب و آبشویی املاح شده، اما نیازمند انتخاب روش مناسبی برای آبیاری است[۲]. برای محاسبه حجم آبیاری، اعداد بدست آمده از روش تانسیومتری باید از طریق منحنی مشخصه خاک به رطوبت حجمی و یا وزنی تبدیل شوند.

روشهای غیرمستقیم اندازه‌گیری رطوبت

بیشتر روشهای اندازه‌گیری رطوبت خاک در مزرعه و گلخانه غیرمستقیم هستند. مرور کلی بر روشهای موجود با توجه به روش کار، مزایا و معایب هر کدام در ذیل ارایه شده است.

روش حجمی

تمام روشهای موجود در این زمینه به بیان حجم آب موجود در حجم نمونه خاک دست نخورده [$m^3 m^{-3}$] می‌پردازند. این کمیت به بیان میزان رطوبت خاک بر اساس حجمی از خاک که توسط آب پر شده می‌پردازد. اگر بخواهیم این کمیت را بر حسب عمق بیان کنیم، حجم آب موجود در خاک نسبت به عمق مورد نظر در واحد سطح (میلی‌متر آب)، این کمیت با متغیرهای هیدرولوژیکی بارش، تبخیر، تعرق و زه‌آب می‌تواند مقایسه شود و نتایج حاصله در ارایه برنامه آبیاری در مزرعه بکار رود[۳].

تانسیومتر

اندازه‌گیری پتانسیل ماتریک خاک با وسایل ساده‌ای بنام تانسیومتر انجام می‌شود. همه انواع تانسیومترها شامل جسم متخلفلی هستند که در تماس با خاک قرار می‌گیرند بطوریکه آب به راحتی می‌تواند از آن عبور کند. در خاک خشک آب از جسم متخلفل خارج می‌شود و در خاک مطبوب آب از محیط خاک وارد جسم متخلفل می‌شود. تانسیومترها نیازمند واسنجی نیستند ولی بعد از نصب تانسیومتر در محل مورد نظر باید مدت زمانی اجازه داد تا بین تانسیومتر و خاک تعادل برقرار گردد[۳].

مواد و روش‌ها

انتخاب و بکارگیری ابزارهای مدیریتی در گلخانه نیازمند شناخت دقیق دستگاهها و آشنایی کامل با روش کار آنها می‌باشد. بدین ترتیب که با شناخت ابزارهای مختلف و اصول بکارگیری آنها و بر اساس نیازسنجی انجام شده در محل مورد نظر چند گزینه مناسب برگزیده می‌شود. انتخاب زمانی امکان‌پذیر می‌شود که منظورمان از بهترین را

تعريف کنیم. برای به وجود آمدن وضعیت تصمیم‌گیری دست کم دو گزینه باید موجود باشد. مرحله دوم انتخاب بهترین گزینه از جنبه‌های اقتصادی و امکانات موجود می‌باشد. در شرایطی که فقط یک گزینه موجود باشد، در این حالت تنها روش یا جواب دسترسی‌پذیر را می‌توان انتخاب کرد^[۴]. رطوبت یکی از مولفه‌های مهم در گلخانه است که تاثیر مستقیم در میزان آب آبیاری در گلخانه دارد. اندازه‌گیری میزان رطوبت در گلخانه از دو منظر مورد توجه است: ۱- رطوبت خاک یا محیط کشت ۲- رطوبت هوای گلخانه (از این پس در مقاله به آن رطوبت می‌گوییم). در این مقاله سعی شده تا بطور کامل به هر دو موضوع پرداخته شود.

اسپر بسیاری از قارچ‌ها برای جوانه زدن احتیاج به رطوبت دارد. رطوبت زیاد باعث عرق کردن پوشش گلخانه شده و قطرات آب حاصله روی شاخ و برگ گیاه می‌ریزد. قارچ‌های بیماری‌زا در این محیط مناسب به سرعت رشد می‌کند و گیاه را مبتلا می‌سازد. نصب گرماسنج مناسب که درجه حرارت صحیح را نشان دهد، نیز در گلخانه ضروری است^[۵]. در صورت امکان بهتر است چند رطوبتسنج و گرماسنج در نقاط مختلف گلخانه نصب شود تا درجه حرارت و رطوبت در همه جای گلخانه معلوم باشد.

همانگونه که در ابتداء نیز بیان شد در شرایطی که فقط یک گزینه موجود باشد تنها روش یا جواب دسترسی‌پذیر را می‌توان انتخاب کرد. بدین ترتیب به معرفی بهترین و ارزانترین ابزارهای اندازه‌گیری رطوبت و دما در محیط گلخانه می‌پردازیم. لازم به ذکر است که این عوامل نیز تاثیر به سزایی در تبخیر و تعرق گیاه داشته و بر زمان و میزان آب آبیاری نیز تاثیر دارد.

سیستم‌های اندازه‌گیری رطوبت و دمای محیط گلخانه

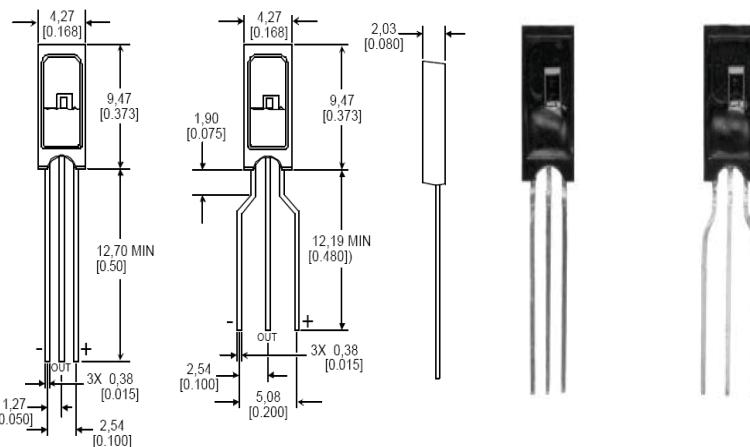
از بهترین و ارزانترین حسگرها می‌توان HIH4000 را برای اندازه‌گیری رطوبت و LM335 را برای اندازه‌گیری دما نام برد. بکارگیری این حسگرها بسیار آسان و ساده بوده و تنها نیازمند یک مدار ساده الکترونیکی هستند.

اندازه‌گیری رطوبت با (HIH4000)

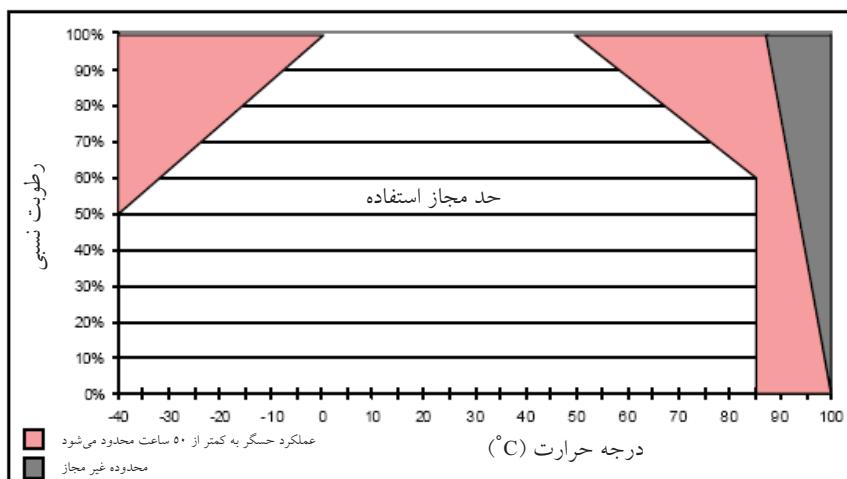
این حسگر از جدیدترین حسگرهای موجود در ایران است که دارای قابلیت اتوکالیبراسیون رطوبت نسبت به دماهای مختلف می‌باشد. رابطه ولتاژ پاسخ حسگر با رطوبت نسبی هوا نیز خطی می‌باشد. این ویژگیها سبب شده تا این حسگر بطور گسترده‌ای در رطوبتسنج‌های ساخته شده توسط شرکتهای مختلف برای اندازه‌گیری رطوبت محیطی مورد استفاده قرار گیرد. اغلب این دستگاهها نیز قیمت‌های بسیار بالایی دارند. بدین ترتیب با بهره‌گیری از این حسگرها می‌توان هزینه‌های مدیریتی گلخانه را تا حدود زیادی کاهش داد و تعداد حسگرهای نصب شده را افزایش داد تا تخمین جامعی از رطوبت نسبی هوای گلخانه حاصل شود. این حسگر ساخت شرکت Honeywell می‌باشد که مشخصات کامل آن در شکل ۲ ارایه شده است.

حسگر نسبت به نور حساس است و برای انجام قرائت‌های مطمئن حتماً باید پوشش داشته باشد. البته باید توجه کرد که کاور دارای منافذی برای حرکت جریان هوا باشد. ارتباط مکرر حسگر با رطوبت بیش از ۹۰٪ باعث می‌شود تا حسگر بطور معکوس عمل کند و رطوبت نسبی را بسیار پایین تر از حد موجود نمایش دهد. همچنین حسگر

مذکور نسبت به ضربه نیز حساس است و منجر به قرائتهای غلط و با اطمینان پایین می‌شود. حد مجاز استفاده از حسگر در شکل ۳ ارایه شده است.



شکل ۲: حسگر HIH4000 و ابعاد آن

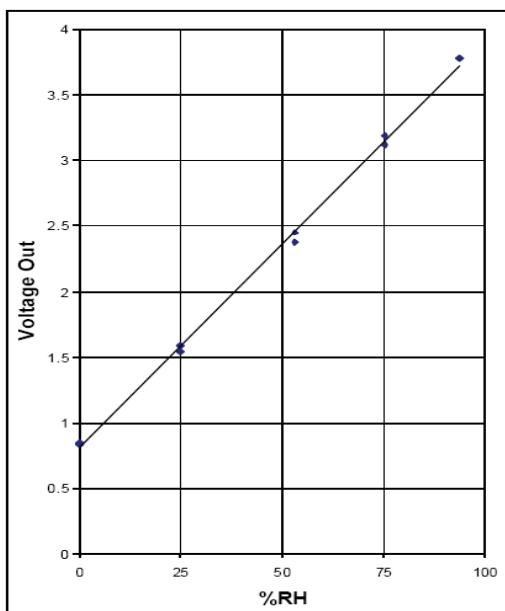


شکل ۳: شرایط مجاز استفاده از حسگر، پیشنهاد شده توسط شرکت سازنده

رابطه خطی رطوبت نسبی و ولتاژ در شکل ۴ ارایه شده، و ارتباط بین داده‌ها توسط خط بهترین برازش (Best Fit Line) بهم مرتبط شده است. با استفاده از این رابطه می‌توان با قرائت ولتاژ خروجی حسگر توسط مولتی‌متر، میزان رطوبت نسبی را از نمودار استخراج کرد [۶].

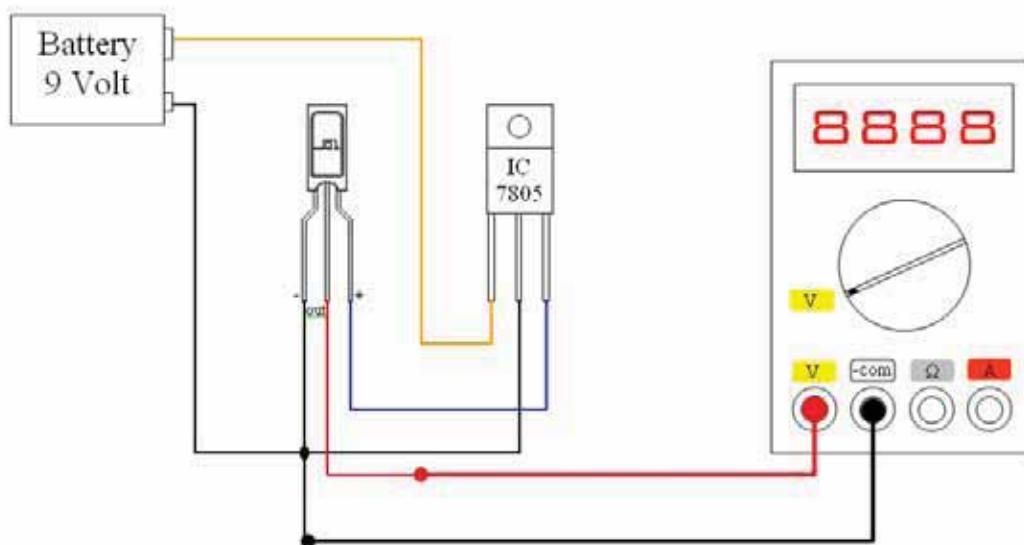
نحوه راهاندازی حسگر نیز در شکل ۵ بطور کامل تشریح شده است. مطابق شکل از یک باتری ۹ ولت به عنوان منبع تغذیه استفاده شده، آی‌سی ۷۸۰۵ با استفاده از باتری یک ولتاژ ثابت ۵ ولت برای حسگر مد نظر تولید می‌کند. مولتی‌متر بکار رفته نیز مقدار ولتاژ خروجی از حسگر را، برای تعیین درصد رطوبت نسبی با استفاده از معادله بیان

شده، نشان می‌دهد. این سیستم را می‌توان بطور ساده‌تر و توسط یک ولت‌متر کوچک که دارای صفحه نمایش کریستالی است در ابعاد 10×12 ساخت و در محل نظر در گلخانه نصب کرد.



$$RH = (V_{OUT} - 0.829) / 0.0295$$

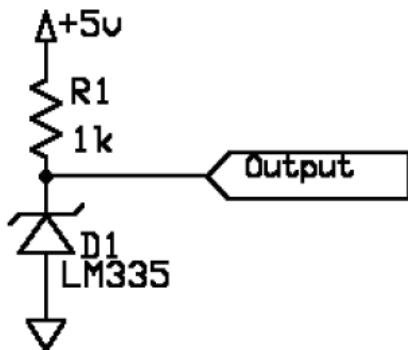
شکل ۴: معادله واسنجه، ارایه شده توسط شرکت سازنده (راست)، نمودار واسنجه، ولتاژ خروجی، و رطوبت نسبی، (یح)



شکل ۵: شماتیک از طریقه بکارگیری حسگر HIH4000

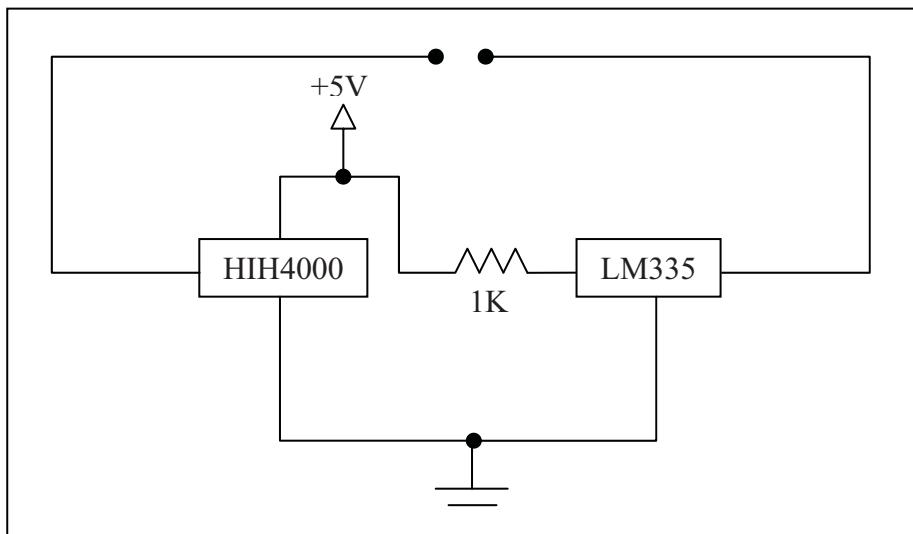
اندازه‌گیری دما با (LM335)

حسگر مد نظر دیود زنری است که برای ضریب حرارتی بهینه‌سازی شده است. این حسگر مطابق شماتیک موجود در شکل ۶ عمل می‌کند.



شکل ۶: شماتیک حسگر LM335

برای ساخت یک سیستم اندازه‌گیری توان رطوبت و دما می‌توان هر دو حسگر را در یک قاب پلاستیکی جا داد.



شکل ۷: طریقه ساخت سیستم رطوبت‌سنجد و دما‌سنجد در یک قاب

جهت بررسی سیستم‌های اندازه‌گیری رطوبت خاک لازم است تا روش‌های مختلف در این زمینه معرفی گردد. بیشتر این روش‌ها به طور غیرمستقیم رطوبت خاک را اندازه‌گیری می‌کنند و در دو مبحث: ۱- حجمی ۲- تانسیومتری قابل بررسی هستند که در قسمت مقدمه بطور جداگانه تشریح شده و در اینجا به معرفی چند روش برگزیده از هر مبحث پرداخته شده است..

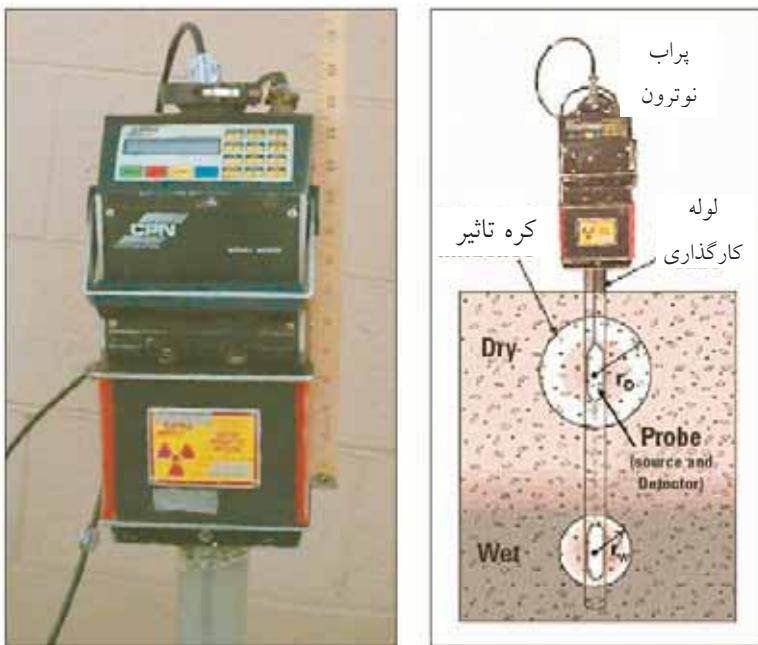
روش حجمی

نوترون متر.

روش کار: نوترونهای سریع از چشمۀ رادیواکتیو (^{241}Am , $^{9}\text{Be}^{(2)}$) به داخل خاک ساعت می‌شود. وقتی آنها با ذراتی با جرم مساوی خودشان تصادم می‌کنند (H^+), سرعتشان به شدت کاهش می‌یابد و توده‌ای از نوترونهای کند شده را

تشکیل می‌دهند. تا زمانی که آب به عنوان منبع اصلی هیدروژن در خاک باشد، تراکم نوترونهای کند شده در اطراف میله تا اندازه زیادی بستگی به میزان آب موجود در خاک خواهد داشت.

شرح دستگاه: پیکربندی پراب (Probe) به شکل یک سیلندر باریک و طولانی است که شامل منبع نوترон و حسگر می‌باشد. اندازه‌گیری توسط جاگذاری پраб در داخل لوله‌ای که قبلاً در خاک جاگذاری شده صورت می‌گیرد. رطوبت خاک را می‌توان در عمق‌های مختلف اندازه‌گیری کرد [۸]. رطوبت خاک توسط نمودار واسنجی حاصله از تعداد نوترونهای کند شده و نمونه‌های برداشت شده از منطقه کره تاثیر پраб بدست می‌آید (شکل ۸).



شکل ۸: دستگاه نوترون‌متر و اجزای تشکیل دهنده آن

مزایا: مزیت این روش نسبت به روش‌های مستقیم آن است که اولاً به سرعت انجام شده و نیازی به صرف وقت ۱ تا ۲ روزه ندارد و ثانیاً اندازه‌گیری بطور مستقیم در صحرا و در شرایط طبیعی صورت می‌گیرد، علاوه بر آن می‌توان یک آزمایش را چندین بار تکرار نمود تا از نتایج حاصله اطمینان حاصل شود.

معایب: گران بودن دستگاه، نیاز به نیروی متخصص برای کار با دستگاه، خطرات ناشی از تابش نوترون و عدم امکان اندازه‌گیری رطوبت در لایه سطحی خاک، و در خاکهای محتوی مواد آلی نیازمند توجه و دقت زیاد در واسنجی می‌باشد، چون این خاکها حاوی مقادیر زیادی اتم هیدروژن هستند.

دی‌الکتریک

یکی دیگر از روش‌های اندازه‌گیری حجمی رطوبت فن دی‌الکتریکی است. این فن رطوبت موجود در خاک را با اندازه‌گیری ثابت دی‌الکتریک خاک (K_a)، که سرعت حرکت امواج یا تپ‌های الکترومغناطیسی در خاک است، نشان می‌دهد. در خاکهای مرکب مانند خاک متخلخل از مواد معدنی، آب و هوا، ثابت دی‌الکتریک با در نظر گرفتن سهم هر کدام از اجزای تشکیل دهنده حاصل می‌شود. بطوریکه ثابت دی‌الکتریک آب (۸۱) بسیار بزرگ‌تر از ثابت سایر

اجزای تشکیل دهنده می‌باشد ($K = 2 - 5$ برای مواد تشکیل دهنده خاک و ۱ برای هوا)، در حالت کلی ثابت دیالکتریک خاک بیشتر تحت تاثیر میزان آب موجود است.

یک رابطه تجربی توسط Topp در سال ۱۹۸۰ برای محاسبه رطوبت حجمی بر اساس ثابت دیالکتریک بصورت زیر ارایه شده است [۹]:

$$\theta_v = -5.3 \times 10^{-2} + 2.92 \times 10^{-2} \kappa - 5.5 \times 10^{-4} \kappa^2 + 4.3 \times 10^{-6} \kappa^3 \quad (1)$$

این رابطه برای اکثر خاکها مستقل از ساختمان و بافت بوده، و تا رطوبت حجمی٪ ۵۰ قابل استفاده است. در رطوبتهای بالاتر مانند خاکهای آلی، خاکهای با منشا آتشفسانی، نیازمند واسنجی خواهد بود. رابطه فوق تحت تاثیر امواج الکترومغناطیسی ارسال شده می‌باشد، و در فرکانس‌های پایین‌تر از ۱۰۰ مگاهرتز ثابت دیالکتریک از مواد تشکیل دهنده خاک نیز تا حد قابل توجهی تاثیر می‌پذیرد.

روشهای دیالکتریکی که در زیر به بیان آنها می‌پردازیم عموماً از یک رابطه خاص بین رطوبت حجمی و سیگنال خروجی حسگر (زمان، فرکانس، امپدانس) تبعیت می‌کند. امروزه این تکنیک‌ها بدليل سرعت در اندازه‌گیری، حداقل نیاز به حفاظت و نگهداری ملزومات و قابلیت ارایه چندین قرائت بطور اتوماتیک، بطور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند.

انعکاس سنجی حوزه زمانی (TDR)

روش کار: ثابت دیالکتریک خاک توسط اندازه‌گیری زمان لازم برای عبور پالس الکترومغناطیسی (موج) در طول خط انتقال که توسط ذرات خاک احاطه شده بدست می‌آید. از آنجایی که سرعت انتشار تابعی از ثابت دیالکتریک می‌باشد بنابراین رابطه زیر برای بیان ارتباط این دو پارامتر ارایه شده است:

$$\kappa = \kappa(\theta) = \left(\frac{c}{v} \right)^2 = \left(\frac{c \times t}{2 \times L} \right)^2 \quad (2)$$

بطوریکه سرعت انتشار امواج الکترومغناطیسی در خلا (3×10^8 متر بر ثانیه)، L طول خط انتقال امواج در خاک بر حسب متر می‌باشد.

شرح دستگاه: دستگاه TDR مطابق شکل ۹ نیازمند ابزاری برای تولید امواج الکتریکی در بازه زمانی ثابت و در محدوده فرکانسی (GHz ۳ - ۰.۰۲)، برای عبور در طول کابل کواکسیال و پراب می‌باشد. این امواج، بدون ارتباط با مشخصات فیزیکی خاک نظری ساختمان، بافت و دما، فرکانس پاسخی را تولید می‌کنند. پраб TDR عموماً شامل ۲ یا ۳ میله موازی فلزی است که به داخل خاک فرو برده می‌شود و همانند آنتن تلویزیون برای دریافت امواج و هدایت آنها بکار می‌رود. از سوی دیگر TDR ابزار دیگری را برای اندازه‌گیری انرژی (ولتاژ) خطوط انتقال در فواصل ۱۰۰ پیکو ثانیه بکار می‌گیرد. زمانیکه موج الکترومغناطیسی در طول خطوط انتقال منتقل می‌شود، یک ناپیوستگی پیدا می‌کند، قسمتی از پالس که بازتابیده شده، در سطح انرژی خط انتقال تغییر ایجاد می‌کند. زمان انتقال (t) توسط آنالیز عددی سطوح انرژی تعیین می‌شود.

شوری خاک و یا رسانایی بالای خاکهای رسی می‌تواند بر اندازه‌گیری TDR موثر باشد، بطوریکه این عوامل باعث تضعیف امواج برگشتی به سیستم می‌شوند. در خاکهای خیلی شور، از پраб روکش شده با پلاستیک اپوکسی

بهره می‌گیریم. بهر حال مسئله شوری باعث کاهش دقت اندازه‌گیری و واسنجی می‌شود. علاوه بر زمان انتقال، سایر مشخصات پالس‌های بازتابیده شده از خاک (نظیر بسامد و طول) نیز می‌تواند تحت تاثیر هدایت الکتریکی خاک قرار گیرد. در بعضی از ابزارآلات اندازه‌گیری تجاری نیز افت پالس برای اندازه‌گیری همزمان رطوبت و هدایت الکتریکی خاک بکار می‌رود.^[۱۰]



شکل ۹: دستگاه انعکاس سنجی حوزه زمانی (TDR) شامل انواع پراب و دستگاه اندازه‌گیری

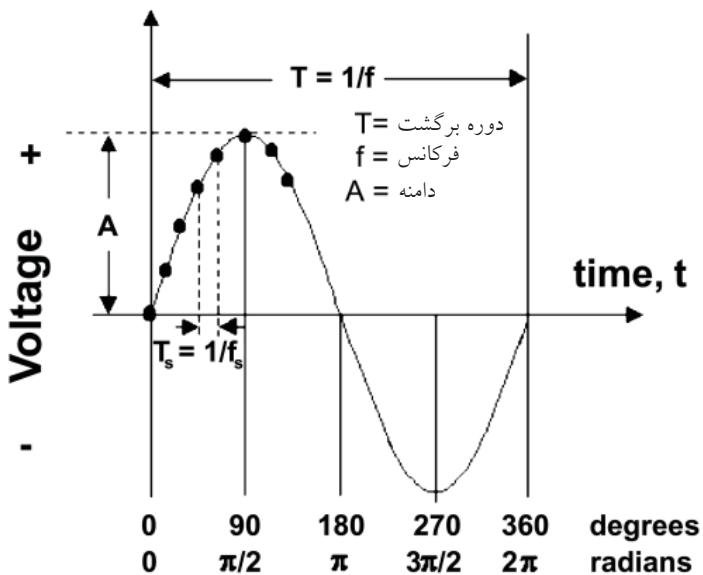
مزایا: خطای پایین این سیستم در اندازه‌گیری رطوبت ($\pm 1\%$ بجز خاکهای شور)، نیاز به واسنجی ویژه در خاکهای مختلف ندارد، قابلیت اندازه‌گیری در اعمق مختلف، حداقل تخریب خاک، حساسیت کم نسبت به خاکهای با شوری نرمال، قابلیت اندازه‌گیری همزمان رطوبت و هدایت الکتریکی خاک.

معایب: گران‌بها بودن سیستم به علت پیچیدگی آن، اختلال در اندازه‌گیری در خاکهای خیلی شور و خاکهای رسی با هدایت الکتریکی بالا، نیاز به کالیبراسیون ویژه برای خاکهای شامل مقادیر زیاد مواد آلی، کره تاثیر کوچک.

انعکاس سنجی دامنه امپدانس (ADR)

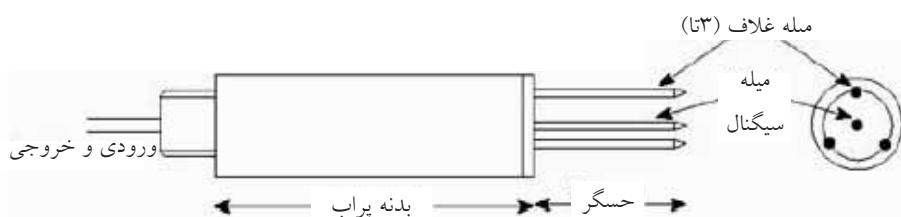
روش کار: زمانیکه یک موج الکترومغناطیسی (انرژی) در امتداد خطوط انتقال ارسال می‌شود مقطعی با امپدانس‌های مختلف حاصل می‌شود که شامل دو جز هدایت الکتریکی و ثابت دی‌الکتریک است، قسمتی از انرژی ارسال شده به فرستنده برگشت داده می‌شود. موج انعکاس یافته با موج تابشی تداخل یافته و باعث تولید ولتاژ ثابتی در طول خط انتقال می‌شود، دامنه موج در طول خطوط انتقال تغییر می‌کند. اگر مجموعه خاک – پراب باعث تغییر در امپدانس در خطوط انتقال شود، اندازه‌گیری اختلاف دامنه، امپدانس موجود در پраб را به ما خواهد داد. تاثیر هدایت الکتریکی خاک با انتخاب مناسب بسامد سیگنال ارسالی کاهش می‌یابد. بنابراین رطوبت موجود در خاک با اندازه‌گیری امپدانس پраб تعیین می‌شود.

شرح دستگاه: حسگرهای امپدانس از یک اوسیلاتور برای تولید سیگنال سینوسی مطابق شکل ۱۰ (موج الکترومغناطیسی با فرکانس ثابت معادل 100MHz) استفاده می‌کنند که به یک کابل کواکسیال بعنوان خط انتقال تزریق می‌شود.



شکل ۱۰: مشخصات موج سینوسی

خط انتقال توسط دو میله فلزی موازی تا داخل خاک نیز امتداد می‌یابد، میله بیرونی غلاف الکتریکی را اطراف میله سیگنال مرکزی تشکیل می‌دهد (شکل ۱۱). طرح میله‌ها همانند مقطع افروده شده به خط انتقال عمل می‌کند، و دارای امپدانسی است که تحت تاثیر ثابت دیالکتریک خاک موجود در فاصله بین میله‌ها قرار می‌گیرد [۱۱].



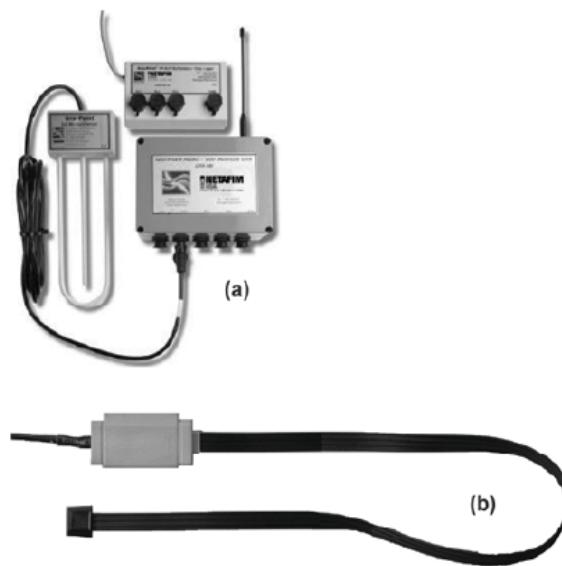
شکل ۱۱: پراب انعکاس سنجی دامنه

مزایا: خطای $\pm 1\%$ برای خاک با واسنجی ویژه و $\pm 5\%$ بدون واسنجی، امکان اندازه‌گیری رطوبت در خاکهای شور تا غلظت ۲۰ دسی‌زیمنس در متر، کمترین تخریب ذرات خاک، غیر حساس به دما، اندازه‌گیری رطوبت در محل.
معایب: نیاز به واسنجی سیستم برای اندازه‌گیری با اطمینان رطوبت، تاثیر بر اندازه‌گیری توسعه شکافهای هوا، سنگها و ارتباط مستقیم پراب با آب، محدوده کم تاثیر دستگاه.

انتقال سنجی حوزه زمانی (TDT)

روش کار: این متذ زمان عبور پالس الکترومغناطیسی را از یکسوی خط انتقال به سوی دیگر اندازه‌گیری می‌کند. بنابراین این روش نیز همانند TDR عمل می‌کند با این تفاوت که نیازمند ارتباط الکتریکی بین ابتداء و انتهای خط انتقال هست. با این حال سیستم مذکور بسیار ساده‌تر از TDR می‌باشد [۳].

شرح دستگاه: پراب شامل میله خمیده است، بنابراین ابتدا و انتهای خط انتقال وارد یک مدار الکترونیکی می‌شود. همچنین حسگر شامل باند طولانی و یک مدار الکترونیکی در دو سر می‌باشد.



شکل ۱۲: پراب اندازه‌گیری زمان انتقال (TDT)

مزایا: خطای $\pm 2\%$ محدوده تاثیر وسیع‌تر نسبت به سایر روش‌های دیالکتریکی، ارزانتر از سایر سیستمهای دیالکتریکی.

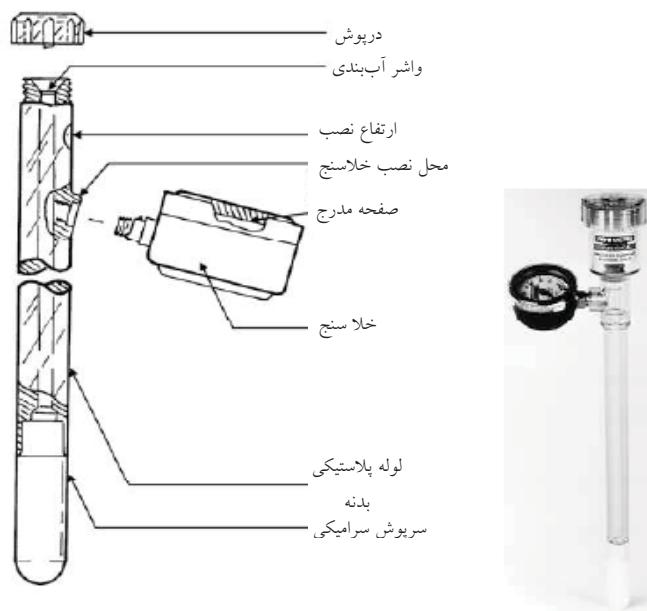
معایب: کاهش دقیق در زمان ایجاد اختشاش در پالس منتشر شده در طول خط انتقال، تخریب خاک در زمان نصب، ثابت بودن حسگر نصب شده در محل مورد نظر.

تانسیومتر

تانسیومتر فلزی

روش کار: کلاهک سرامیکی در داخل خاک قرار می‌گیرد و با ورود آب به تانسیومتر تعادل پتانسیلی بین آب داخل و خارج تانسیومتر برقرار می‌شود. بنابراین با تعادل پتانسیل رطوبتی بین آب داخل و خارج کلاهک ممکن است مقداری آب از لوله تانسیومتر خارج شود که این عمل باعث ایجاد خلا و کاهش فشار در لوله می‌شود [۱].

شرح دستگاه: تانسیومتر مشکل از لوله‌ای است که در یک انتهای آن کلاهک سرامیکی و در قسمت فوقانی آن خلاسنجد نصب شده است (شکل ۱۳). کلاهک سرامیکی بر حسب نوع استفاده در شکل و اندازه‌های مختلفی ساخته می‌شود و درصد خطای آن وابسته به دقیق خلاسنجد می‌باشد (حدود ± 1 سانتی‌بار). بطور معمول دامنه عمل تانسیومترها $0 - 80$ سانتی‌بار است، البته تانسیومترهای با دامنه $40 - 0$ سانتی‌بار برای استفاده در خاکهای با بافت درشت نیز ساخته می‌شود.



شکل ۱۳: تانسیومتر فلزی

مزایا: امکان انجام چندین قرائت متوالی (تانسیومتر فلزی)، عدم نیاز به جریان الکتریکی، ابزار بسیار مناسب برای برنامه‌ریزی آبیاری، عدم نیاز به آموزش ویژه توسط کاربر، غیرحساس به شوری.

معایب: دامنه اندازه‌گیری محدود (کمتر از ۱۰۰ سانتی‌بار)، نیاز به زمان برای اندازه‌گیری، تماس کامل سرامیک و خاک برای قرائت دقیق، تماس ناقص سرامیک با خاک در حاکهای دانه درشت، نیاز به نگهداری ویژه و تامین آب لوله تانسیومتر.

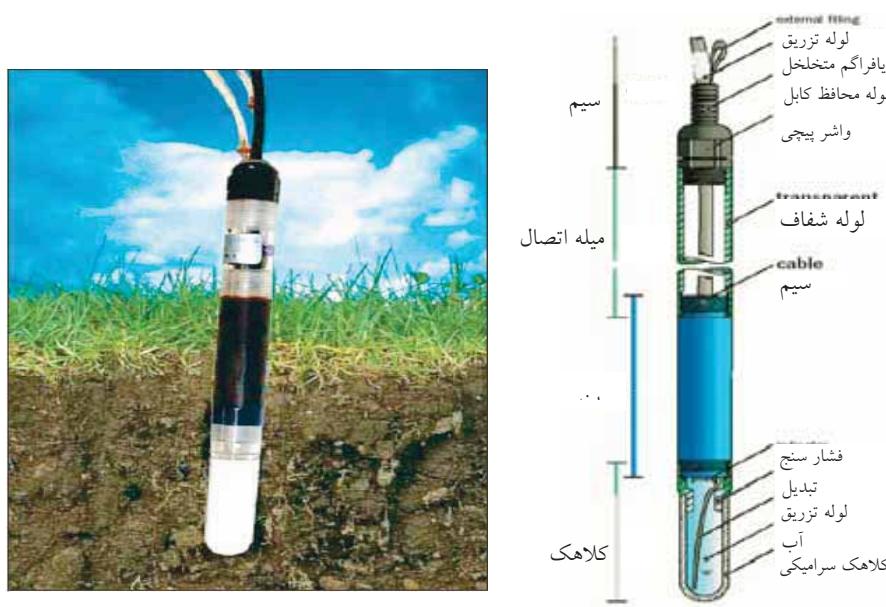
تانسیومتر UMS

روش کار: عملکرد این تانسیومتر مشابه سایر انواع آن می‌باشد. تانسیومتر UMS برای نصب بطور ثابت در مزرعه ساخته شده است. حسگر فشار زمان نیاز به پر کردن مجدد لوله و حسگر IR زمان پیدایش حبابها را در تانسیومتر نشان می‌دهد. UMS از لوله‌های نصب شده بر روی آن برای پر کردن لوله داخلی بهره می‌گیرد و در عین حال دمای خاک را نیز نشان می‌دهد (شکل ۱۴).

شرح دستگاه: قسمتهای مختلف تشکیل دهنده UMS در شکل نشان داده شده است. این سیستم از چند بخش مجرزا بترتیب: سیم و لوله تزریق آب، میله اتصال، بدنه فلزی، کلاهک سرامیکی تشکیل شده است. لوله تزریق در موقعی که حسگر فشار نیاز به پر کردن دوباره را حس کند اقدام به تزریق آب به داخل دستگاه می‌کند[۳].

مزایا: کنترل اتوماتیک سیستم هنگام نیاز به تزریق آب به داخل تانسیومتر و تشکیل حباب، حداقل نیاز به نگهداری و حفاظت نسبت به سایر انواع تانسیومتر، نمایش همزمان پتانسیل ماتریک و دما.

معایب: دامنه اندازه‌گیری محدود (کمتر از ۱۰۰ سانتی‌بار)، تماس کامل سرامیک و خاک برای قرائت دقیق، تماس ناقص سرامیک با خاک در حاکهای دانه درشت، نیاز به جریان الکتریکی، مختل شدن سیستم در صورت اختلال در هر کدام از اجزا.



شکل ۱۴: تانسیومتر UMS

مقایسه گزینه‌ها و انتخاب بهترین گزینه

پس از معرفی سیستم‌های اندازه‌گیری نوبت به انتخاب بهترین، با توجه به شرایط موجود از نظر کارگر ورزیده، نو و فرسوده بودن گلخانه، و سایر موارد، از میان گزینه‌های ذکر شده می‌باشد. واضح است که انتخاب یک متند اندازه‌گیری رطوبت تا حد زیادی وابسته به ارزیابی اقتصادی متدهای انتخاب شده می‌باشد. بدین منظور روشی ارایه شده که بر حسب سلیقه کارفرما می‌تواند تغییر کند. بنابراین جا برای یک تحقیق جامع در این زمینه وجود دارد تا یک راهکار کلی برای انتخاب گزینه‌های مدیریتی ارایه شود.

مراحل زیر در فرآیند ارزیابی استفاده شده است:

- ۱- در ستون «ب» برای هر جواب بله امتیاز «۱» و هر جواب نه امتیاز «۰» منظور می‌شود. در قسمت راهاندازی و نگهداری، تا زمانیکه از چهار منظر بررسی شود، برای هر جواب امتیاز «۲۵،۰» منظور می‌کنیم.
- ۲- برای هر ویژگی مورد بررسی امتیاز ستون «ب» را با نسبت وزنی منظور شده در ستون «الف» ضرب می‌کنیم تا اعتبار نسبی ویژگی مورد مطالعه در ستون «پ» حاصل شود.
- ۳- جمع تمام امتیازهای بدست آمده در ستون «پ»، اعتبار نسبی کل (T) نامیده می‌شود.
- ۴- محاسبه هزینه‌ها توسط برآورد سرمایه مورد نیاز، هزینه نصب، هزینه‌های راهاندازی و نگهداری سیستم در طول عمر مفیدش و محاسبه عمر مفید سیستم مورد نظر.
- ۵- برای محاسبه هزینه سالانه سیستم، هزینه‌ها را بر عمر مفید سیستم تقسیم می‌کنیم.

$$\text{Annual cost} = \frac{\text{COST}}{\text{LIFE(YEAR)}}$$

- ۶- برای محاسبه ارزش سیستم (V)، اعتبار نسبی کلی را بر هزینه سالانه تقسیم می‌کنیم.
- ۷- $V = \frac{T}{A}$ سیستمی که دارای کمترین V محاسبه شده باشد، بهترین گزینه برای ارزیابی تعیین شده خواهد بود.

جدول ۱ شامل نمونه سوالات و امتیازهای وزنی داده شده به هر سوال می‌باشد. و جدول ۲ یک مثال حل شده برای گزینش رطوبت‌سنج است. مقایسه صورت گرفته بین دو سیستم A و B بیانگر این نیست که گزینه برگزیده شده در حالت کلی و برای هر شرایطی مناسب‌ترین است. بلکه برای انتخاب مناسب‌ترین گزینه باید شرایط بطور کامل مورد بررسی قرار گیرند [۱۲].

جدول ارایه شده بر اساس سلیقه و نیاز کارفرما نیز می‌تواند تنظیم شود و اعتبارهای وزنی متفاوتی به هر ویژگی داده شود و یا ویژگیهای دیگری جایگزین ویژگیهای ذکر شده شود. بهر حال همانطور که بیان شد زمینه برای اجرای یک تحقیق جامع در مورد ویژگیهای مدیریتی گلخانه و مزرعه بطور جامع وجود دارد و نیازمند بحث‌های تحقیقاتی متعددی است.

ویژگی مورد مطالعه	نمره کل (پ)	درجه وزنی (الف)	امتیاز (ب)
دامنه موثر اندازه‌گیری	۸		
آیا سیستم مورد نظر قابلیت اندازه‌گیری محدوده رطوبتی مدنظر شما را دارد؟ (بله «۱» خیر «۰»)	.		
خطا	۱۴		
آیا خطای سیستم قابل قبول هست؟ (بله «۱» خیر «۰»)	.		
بافت خاک	۱۱		
آیا سیستم مورد نظر تحت تاثیر بافت خاک قرار می‌گیرد؟ (بله «۰» خیر «۱»)	.		
قابلیت اطمینان	۱۳		
آیا اطلاعات کافی در زمینه عملکرد سیستم و سوابق آن دارید، و آیا آنها برای شما قابل قبول هستند؟ (بله «۱» خیر «۰»)	.		
تناوب عمل و تکرار/بهمنزدن خاک	۸		
آیا سیستم قابلیت قرائت سریع و متناوب را بدون بهمنزدن خاک در محل مورد نظر دارد؟ (بله «۱» خیر «۰»)	.		
ذخیره و انتقال اطلاعات	۸		
آیا قرائت داده‌ها و تفسیر آنها برای شما دشوار هست؟ (بله «۰» خیر «۱»)	.		
امکان مخابره اطلاعات	۱۰		
آیا سیستم دارای ثبات اطلاعات هست و یا نرم‌افزاری برای تحلیل و تفسیر داده‌ها دارد؟ (بله «۱» خیر «۰»)	.		
راه‌اندازی و نگهداری	۱۰		
آیا سیستم دارای روابط واسنجی جامع هست؟	.		
آیا سیستم دارای عمر مفید طولانی هست؟ (بیش از ۵ سال)	.		
آیا نگهداری از سیستم رایگان است؟	.		
آیا نصب و راه‌اندازی سیستم آسان هست؟	.		
برای هر جواب بله «۱»، خیر «۰» منظور کنید.	.		
جمع کل	۸		
ایمنی سیستم			
آیا بکارگیری سیستم خطری در بردارد؟ (بله «۰» خیر «۱»)	.		
جمع کل	.		

اولین کارگاه فنی ارتقاء کارآبی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای

۱۶

مسیستم		(A)		(B)		درجه وزنی (الف)		امتیاز (ب)		نمره کل (ب)	
و زنگی مورد مطالعه	دادنه موثر اندازه‌گیری					۸					
آیا مسیستم مورد نظر قابلیت اندازه‌گیری محدود رطوبتی مدترن شمارا دارد؟ (بله (۱) نیزه (۰))	خطا					۱۴					
آیا خطای مسیستم قابل قبول هست؟ (بله (۱) نیزه (۰))	بافت خاک					۱۱					
آیا مسیستم مورد نظر تاثیر بافت خاک قرار می‌گیرد؟ (بله (۱) نیزه (۰))	قابلیت اطمینان					۱۳					
آیا اطلاعات کافی در زمینه علایکرده مسیستم و سوابق آن در زمینه آنها برای شما قابل قبول هستند؟ (بله (۱) نیزه (۰))	تاباب عمل و تکرار نهادن خاک					۸					
آیا مسیستم قابلیت فرانت سریع و مناسب را بلوغ بهتران خاک در محل مورد نظر دارد؟ (بله (۱) نیزه (۰))	ذخیره و انتقال اطلاعات					۸					
آیا فروخت دادها و تفسیر آنها برای شما دشوار هست؟ (بله (۱) نیزه (۰))	امکان مخابره اطلاعات					۱۰					
آیا مسیستم ثبات اطلاعات هست و یا نمایه‌گزین برای تحلیل و تفسیر دادها دارد؟ (بله (۱) نیزه (۰))	راه‌اندازی و نگهداری					۱۰					
آیا مسیستم درازی روایاط و استثنی جامع هست؟ (پیش از ۵ میل)						۱/۴					
آیا مسیستم درازی عمر مفید طولانی هست؟ (پیش از ۵ میل)						۱/۴					
آیا گهاره از مسیستم راگان ااست؟						۱/۴					
آیا نسبت راه‌اندازی مسیستم آسان هست؟						۱/۴					
برای هو جواب بد (۱) منظور کنید.	جمع کل					۲۴					
یعنی مسیستم						۸					
آیا بکارگیری مسیستم مخفطی در بردارد؟ (بله (۱) نیزه (۰))						۱					

بحث و نتیجه‌گیری

اندازه‌گیری رطوبت در گلخانه یکی از مهمترین گزینه‌های مدیریتی است که می‌تواند باعث صرفه‌جویی زیاد در هزینه‌ها و انرژی مصرفی شود. اتماسیون گلخانه نیز سبب کاهش نیاز به نیروی کار و افزایش دقت در کنترل گلخانه می‌شود. انتخاب سیستم‌های مورد نیاز در گلخانه نیز نیاز به بررسی دقیق توسط کارفرما و یا مهندس مشاور دارد. متدهای متعددی برای ارزیابی رطوبت خاک وجود دارد بنابراین انتخاب یک متد مناسب نیازمند شناخت دقیق ابزار و مزايا و معایب آن است. بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که بهترین روش کنترل دما و رطوبت محیط گلخانه استفاده از حسگرهای HIH4000 و LM335 می‌باشد. سیستم‌های تعیین رطوبت خاک نیز بسته به سلیقه و نیاز کارفرما داشته و با تشکیل جدول امتیاز وزنی ویژگیها نیز می‌توان تا حدود زیادی فرآیند انتخاب را ساده‌تر کرد. بر اساس تحقیقات صورت گرفته تعیین پتانسیل ماتریک خاک با استفاده از روش‌های الکترونیکی موثرتر و مفیدتر از سایر روش‌های اندازه‌گیری است. بدین ترتیب باید حرکت در جهت تولید ابزارهای ارزان و قابل اطمینان اندازه‌گیری رطوبت با این متد ادامه یابد.

ایجاد استاندارد وارداتی برای سیستمهای اندازه‌گیری بدلیل عدم تولید آنها در داخل می‌تواند باعث کاهش هزینه‌های وارداتی شده و مانع از ورود سیستمهای نامناسب با شرایط داخل نیز شود. این استاندارد می‌تواند راهنمایی برای خریداران داخلی نیز باشد. و تولید کنندگان خارجی را در مسیر تولید مطابق با این استانداردها وادارد. البته خرید قطعات خام و مونتاژ آنها مطابق نیاز داخلی نیز می‌تواند بهترین و با کفایت‌ترین حالت باشد. در این حالت می‌توان از بروزترین قطعات بهره گرفته و کیفیت محصولات تولید شده را نیز بالا برد. در این راستا وجود موسسات تحقیقاتی و تولیدی الزاماً خواهد بود.

منابع

- ۱- بیدریخ سیروس ۱۳۷۷. کشت گلخانه‌ای خیار، گوجه فرنگی و توت فرنگی، ۱۰۰ ص.
- ۲- علیزاده، امین. ۱۳۸۳. رابطه آب و خاک و گیاه، انتشارات دانشگاه امام رضا(ع)، ۴۷۲ ص.
- ۳- غیور ژوین، کثیرزاده مجتبی. ۱۳۸۲. اقتصاد مهندسی، موسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، ۱۹۹ ص.
- 4- Cape J., 1997. Development of value selection method for choosing between alternative soil moisture sensors. Land and water resources research and development corporation project No.AIT2, Canberra, ACT. 4p.
- 5- Charlesworth, P. 2005. Soil water monitoring. National program for irrigation research and development. CSIRO land and water. 101 p.
- 6- Honeywell. 2003. Humidity/Moisture sensor HIH4000 series. 4p.
- 7- Munoz-Carpena R., Li Y. & Olczyk T. 2002. Alternatives for low cost soil moisture monitoring devices for vegetable production in the south Miami-Dade County agricultural area. Fact Sheet ABE 333, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 6 p.
- 8- MunozCarpena R., Shukla S. and Morgan K. 2004. Field devices for monitoring soil water content, 24p.
- 9- Nakashima, M., M. Inoue, K. Sawada and C. Nicholl. 1998. Measurement of soil water content by amplitude domain reflectometry (ADR) method and its calibrations. Chikasui Gakkaishi (Bulletin of the Japanese Association of Groundwater Hydrology) 40: 509-519.
- 10- Paulson D. 2006. Chapter 8. Near space experiments parallax inc. rev 1.1, <http://parallaxinc.com/dl/docs/cusapps/NearSpaceCh8-v1.1.pdf>

- 11- Topp G.C., Davis J.L. & Annan A.P. 1980. Electromagnetic determination of soil water content: measurements in coaxial transmission lines. Water Resources Research 16: 574-582.
- 12- Topp G.c., Davis, J.L. 1985. Time Domain Reflectometry (TDR) and it's application to irrigation scheduling, Advances in irrigation, Vol.3: 127-197.

اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای

۱۳۸۶ مهرماه ۲۶

مروری بر روش‌های برآورد نیاز آبی گیاهان گلخانه‌ای و مقایسه آن با فضای باز مطالعه موردی: استان خوزستان

یاسر حسینی، مجید بهزاد، سید عطا...حسینی و علیرضا حسینی^۱

چکیده

به طور کلی کشت گلخانه‌ای به دلیل امکان کنترل کیفی و کمی محصول از اهمیت بالایی برخوردار است. عدم مدیریت صحیح سیستم آبیاری در گلخانه مشکلاتی را به همراه خواهد داشت به عنوان مثال کاربرد بیش از حد آب باعث افزایش رطوبت و در نتیجه باعث افزایش غلظت زیر پوشش گلخانه شده و عبور نور به داخل گلخانه را محدود می‌سازد، از سوی دیگر تجمع آب روی برگها باعث گسترش آفات و بیماریها می‌گردد. به همین منظور تعیین دقیق نیاز آبی گیاهان گلخانه‌ای به دلیل داشتن شرایط بهینه رشد و نمو گیاه از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. لذا در این مقاله سعی شده است روش‌های مختلف برآورد تبخیر- تعرق گیاهان گلخانه‌ای از جمله روش‌های مستقیم و تحلیلی و تجربی بررسی شده و با روش‌های تعیین تبخیر و تعرق مبتنی بر فضای باز مقایسه شوند.

کلمات کلیدی: گلخانه، شرایط محیطی، سیستم گرمایش و سرمایش

مقدمه

جهت تامین آب مورد نیاز مجتمع‌های گلخانه‌ای در مرحله اول، بایستی میزان نیاز آبی واحدهای گلخانه‌ای درون هر شهرک (مجتمع) محاسبه شده و سپس منابع تامین آب هر مجتمع به تفکیک بررسی شود. مجتمع‌های گلخانه‌ای در سطح استان خوزستان در شهرهای اهواز، ایذه، مسجد سلیمان، هفتگل، ماشهر، بهبهان، باغ ملک و دزفول احداث خواهند شد. در هر کدام از مجتمع‌های گلخانه‌ای، نوع سیستم آبیاری می‌بایست با توجه به نوع گیاهان مورد کشت، هماهنگی داشته باشد. بطور کلی امروزه سیستم‌های آبیاری تحت فشار با توجه به مزایای مختلف مورد توجه قرار گرفته‌اند. برای برخی محصولات خاص (نظیر برخی گیاهان زیستی یا سبزی‌های برگی)

^۱- به ترتیب کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی و کارشناس شرکت مهندسی مشاور آب و خاک خوزستان، استاد دانشگاه شهید چمران اهواز، کارشناس عمران و مدیر شرکت مهندسی مشاور آب و خاک خوزستان(مطالعات کرخه) و کارشناس ارشد سازمان آب و برق خوزستان

سیستم آبیاری بارانی کاربرد دارد . اما در اغلب موارد ، سیستم آبیاری گلخانه ها از نوع قطره ای است که مجهرز به پمپ ، لوله های اصلی و فرعی ، فیلتر ، مخازن ذخیره و تزریق کود و سایر متعلقات لازم مجهرز باشد.

مواد و روش ها

میزان مصرف آب

جهت طراحی سیستم آبیاری قطره ای درون گلخانه ها ، مرحله اول ، تعیین نیاز آبی محصولات کاشته شده می باشد بطور کلی قدم اصلی تعیین نیاز آبی ، دانستن مقدار تبخیر و تعرق گیاهی است . تبخیر و تعرق گیاهان از رابطه $ET_C = K_C \times ET_0$ بدست می آید .

در رابطه فوق ، پارامتر K_C ضریب گیاهی است که مقادیر آن برای گیاهان مختلف گلخانه ای در نمودارهای ۱ تا ۵ تا ارائه شده اند . با توجه به این نمودارها ، مقادیر ضریب حداکثر برای گیاهان مختلف در جدول شماره ۱ آورده شده است :

جدول ۱: مقادیر حداکثر ضریب گیاهی برای گیاهان مختلف

K_C	درصد کشت	گیاه
۱/۰۵	۱۵	فلفل سبز
۱/۲	۱۵	گوجه فرنگی
۰/۹۵	۱۰	خیار
۰/۶۰	۲۵	توت فرنگی
۱/۱	۳۵	کلم بروکلی

همچنین در رابطه فوق ، پارامتر دوم ET_0 (حداکثر تبخیر و تعرق پتانسیل بر حسب میلیمتر در روز) می باشد . مقادیر این پارامتر برای شهرهای مختلف استان خوزستان محاسبه و تغییرات ماهانه آنها در نمودارهای شماره (۶) تا (۱۳) ارائه شده اند . با توجه به اینکه حداکثر تراکم و همپوشانی کشت در شهریور ماه است ، مقادیر حداکثر تبخیر و تعرق پتانسیل مربوط به شهریور ماه در جدول ۲ آورده شده است . پس از تعیین مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل و ضریب گیاهی گیاهان مختلف ، میزان مصرف آب ، به ۳ روش طبق جدول ۳ ، محاسبه شده است . با توجه به اینکه هر ۳ روش ، تقریباً تجربی می باشند بنابر این ، مقدار نهایی دبی مصرف آب با استناد به این روشها در جدول ۴ گنجانده شده است .

توضیح اینکه چون در گلخانه ها ، فضای کشت ، دارای شرایط مختلفی با کشت رو باز بوده و نیز سیستم آبیاری در گلخانه به طور عمده روش قطره ای می باشد مقدار تبخیر بین ۱۰ تا ۲۰ درصد (بطور متوسط ۱۵ درصد) کاهش یافته و در محاسبه نیاز آبی لحاظ خواهد شد .

بنابراین بطور متوسط ، مقدار نیاز آبی برابر است با :

$$d = ET_C = 1/02 \times 10/8 \times 0/85 = 9/3 \text{ mm/day}$$

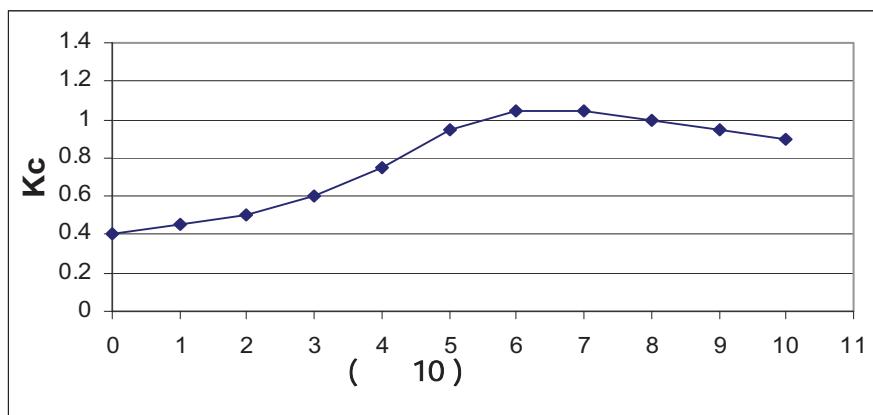
در نتیجه هیدرومدل متوسط ، برابر خواهد بود با :

براساس هیدرودمول محاسبه شده، دبی مورد نیاز در یک واحد گلخانه ای ۴۰۰۰ متر مربعی (۴ هکتاری) برابر

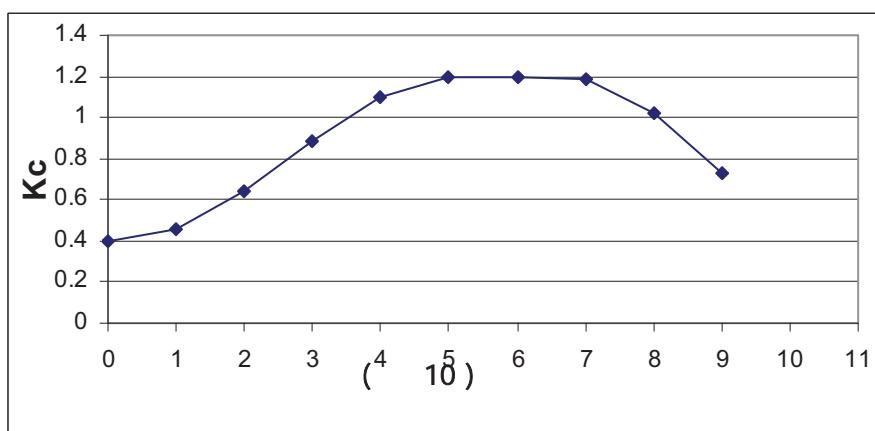
$$Q = 1/0.8 \times 0.4 = 0.43 \text{ Lit/s}$$

جدول ۲: مقادیر میانگین حداقل تبخیر و تعرق پانسیل (در شهریور ماه)

$ET_0 (\text{mm/day})$	شهر
۹/۰۱	اهواز
۷/۵۲	دزفول
۶/۸۷	مسجد سلیمان
۴/۵۸	باغملک
۶/۲۹	ایذه
۹/۳۱	ماهشهر
۸/۷۵	بهبهان
۶/۸۷	هفتگل



نمودارشماره ۱: تغییرات K_c مربوط به گیاه فلفل



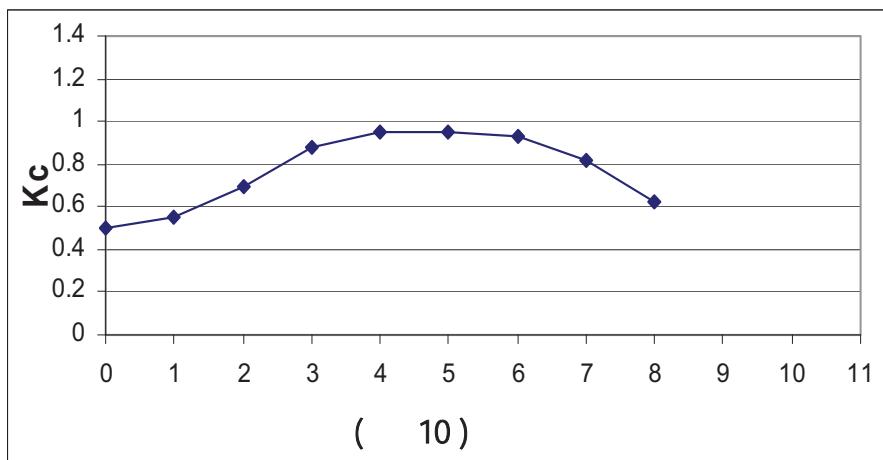
نمودارشماره ۲: تغییرات K_c مربوط به گیاه گوجه فرنگی

جدول ۳: دبی مصرف آرب در مجتمعهای گلخانه‌ای استان خوزستان با روشهای مختلف

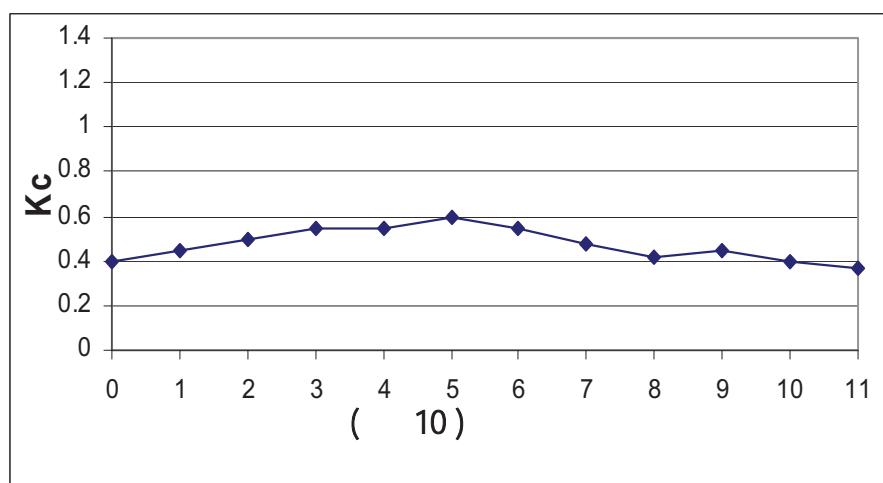
شهرستان	مساحت گلخانه	دبی گلخانه	دبی کل	مصارف جانبی	دبی کل	بر مبنای ۱۳-۸ متر مکعب	بر مبنای ۲ بوته در متر مربع	دبی به بر مبنای ۲ بوته در متر مربع	روش با ۸-۵ لیتر در شبانه روز	ETC
	(مترا مربع)	(پیش برو ثانیه)	(پیش برو ثانیه)	(پیش برو ثانیه)						
اهواز	۱۰۰۰۰۰۰	۱۰۰	۱۰۰۰۰۰	۱۰۰	۱۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰	۲۱۰.۰	۱۰۰۰۰	۲۱۰.۰
مسجد سليمان	۱۲۰۰۰۰	۱۲	۱۰	۰	۱۰	۱۰.۰	۱۰.۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
بغملک	۲۰۰۰۰۰	.	۲۰۰	۰۰۱	۲۰۰	۲۰.۰	۰۱۰	۲۰۰	۲۰۰	۱۰۰۱
ایذه	۰۰۲۱۲	۱۰۱	۰۰۰	۰۰۰	۱۰۰	۰.۰	۰.۰	۱۰۰۲	۰۰۰	۱۰۰۲
ماهشهر	۰۰۱۰۰۰	۱۰۰	۰۰۰۰۰	۰۰۰۰۰	۱۱.۰	۰۰.۰	۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰	۰۰۰۰
هفتکل	۱۰۰۰۰۰	۱۰۲	۱۲۰۱	۲.۰	۱۰.۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۲۰۲

جدول ۴: دبی نهایی در مجتمعهای گلخانه‌ای استان خوزستان بالحظ ز روشهای مختلف

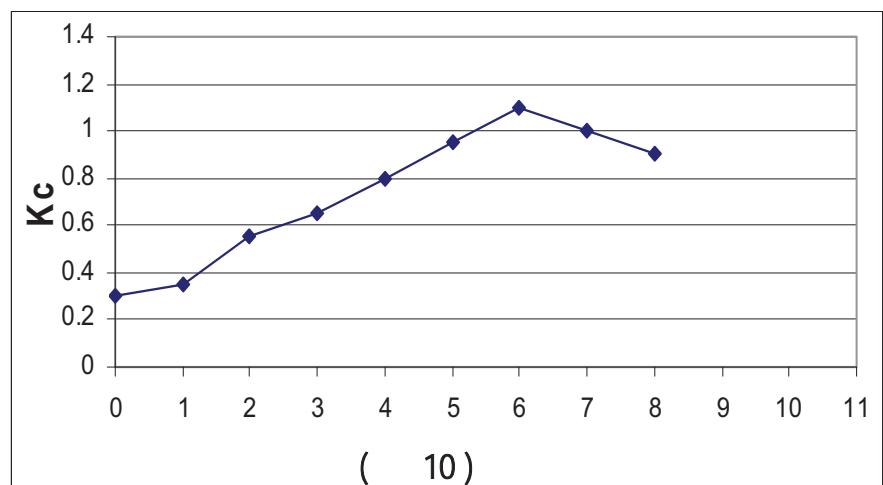
شهرستان	مساحت گلخانه (متر مربع)	دبی نهایی (پیش برو ثانیه)	دبی نهایی (متر مکعب در روز)
اهواز	۱۰۰۰۰۰۰	۲۰۰	۱۰۰۰۰
مسجد سليمان	۱۲۰۰۰۰۰	۲۰	۱۰۰۰
بغملک	۲۰۰۰۰۰۰	۰۰	۲۰۰۰
ایذه	۰۰۲۱۲	۱۲	۰۰۰
ماهشهر	۰۰۱۰۰۰	۰۰	۰۰۰۰
هفتکل	۱۰۰۰۰۰	۱۰	۱۲۰۰



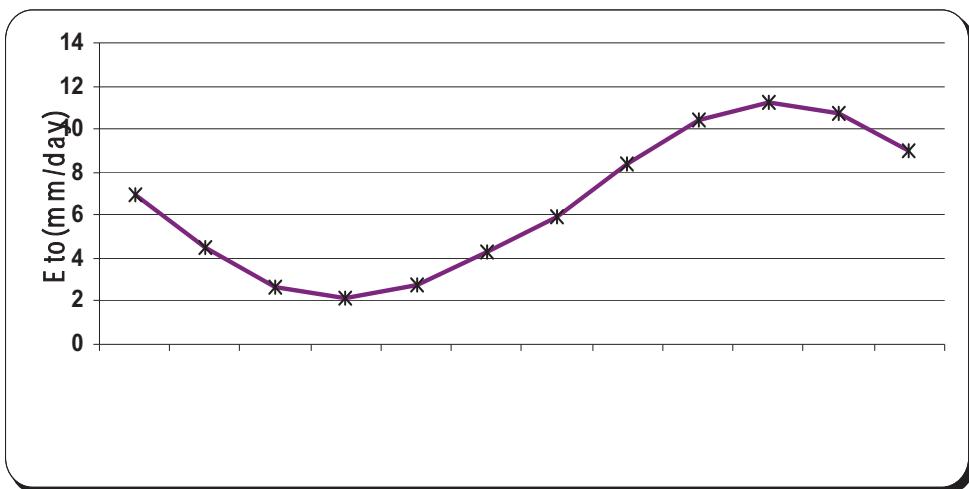
نمودار شماره ۳: تغییرات K_c مربوط به گیاه خیار



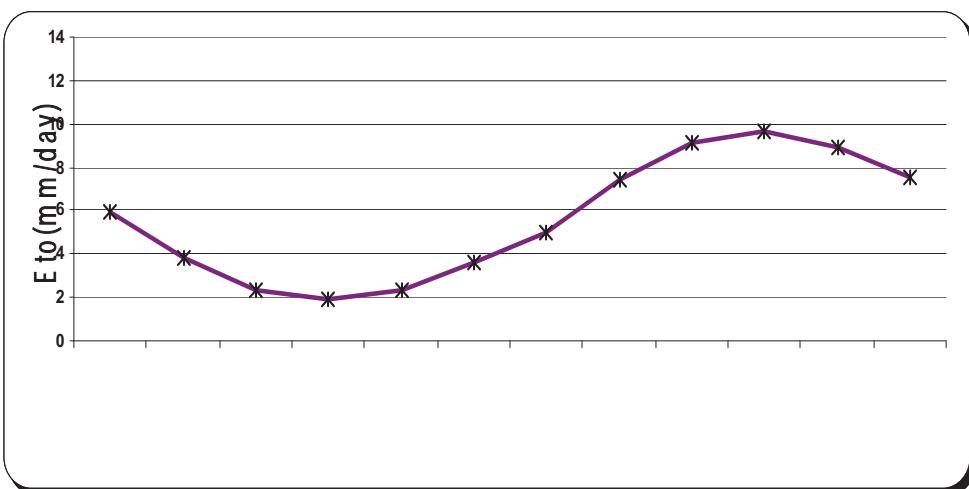
نمودار شماره ۴: تغییرات K_c مربوط به گیاه توت فرنگی



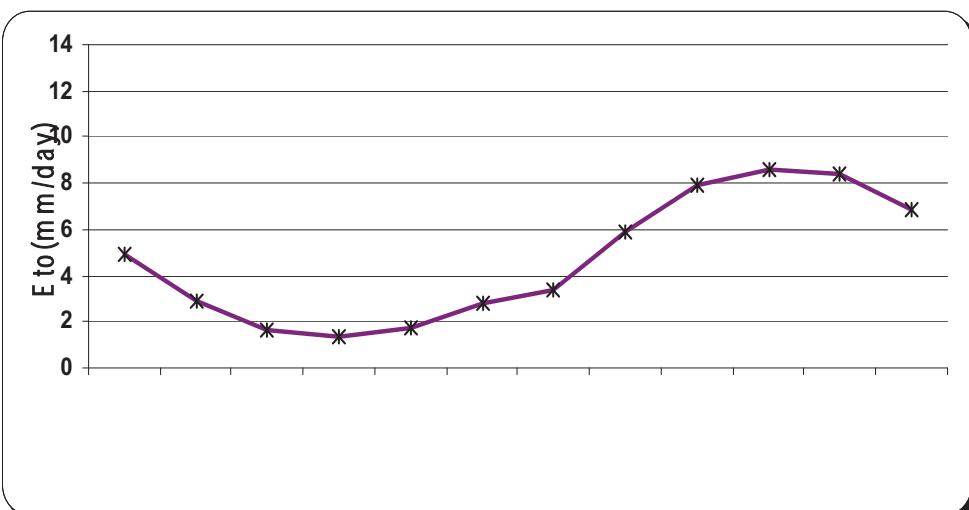
نمودار شماره ۵: تغییرات K_c مربوط به گیاه کلم بروکلی



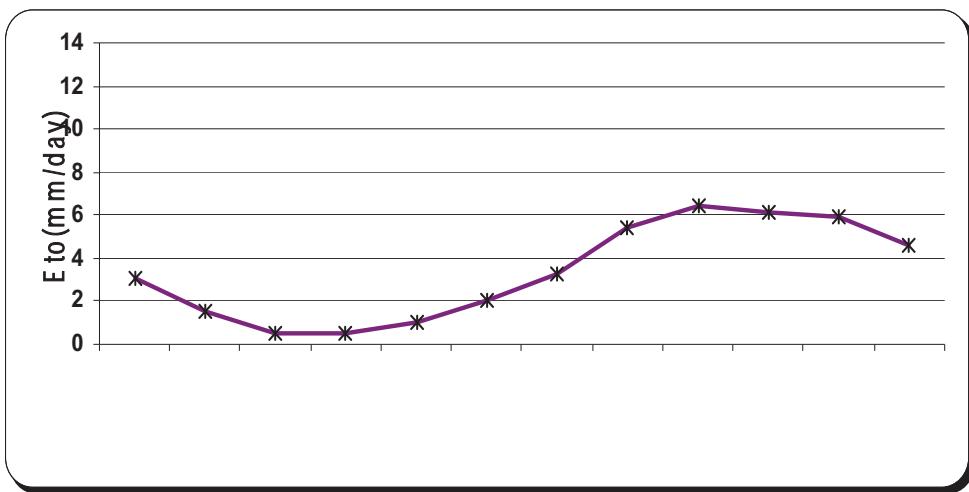
نمودار شماره ۶: تغییرات ماهانه تبخیر و تعرق پتانسیل (ET₀)- هوزار



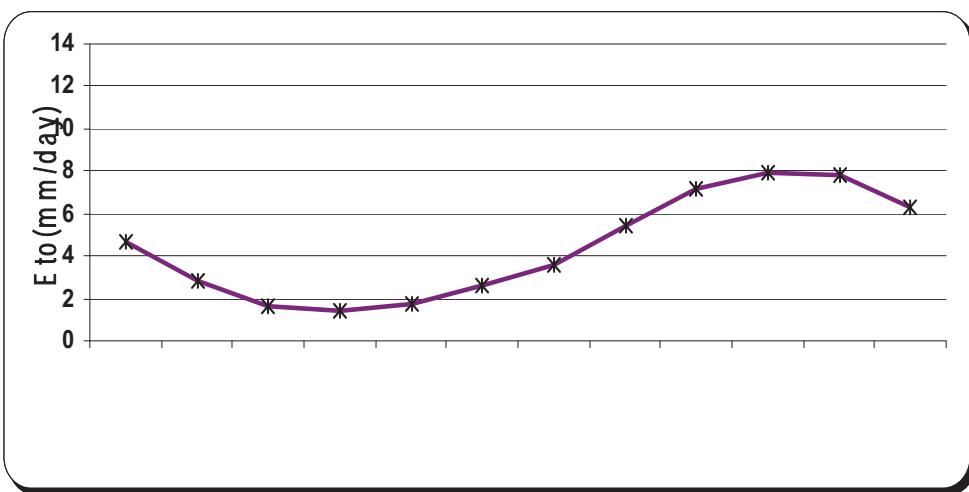
نمودار شماره ۷: تغییرات ماهانه تبخیر و تعرق پتانسیل (ET₀)- دزگول



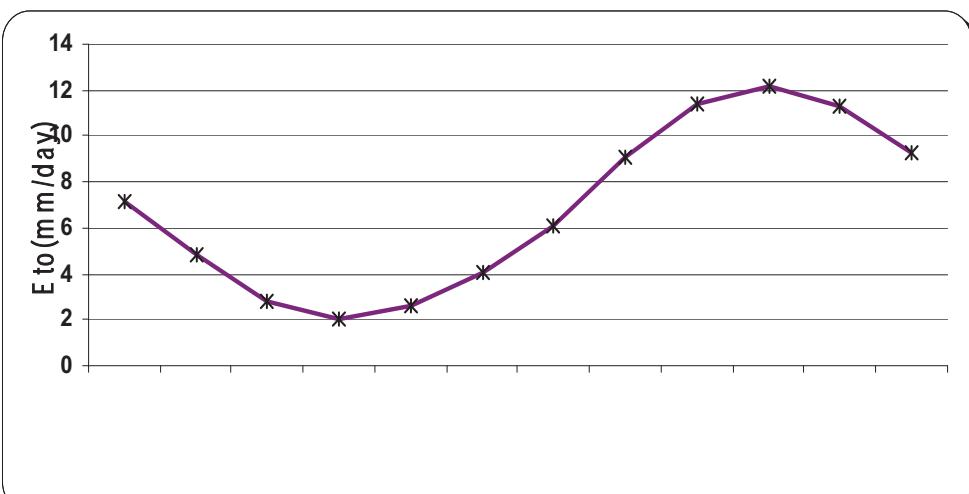
نمودار شماره ۸: تغییرات ماهانه تبخیر و تعرق پتانسیل (ET₀)- مسجد سلیمان



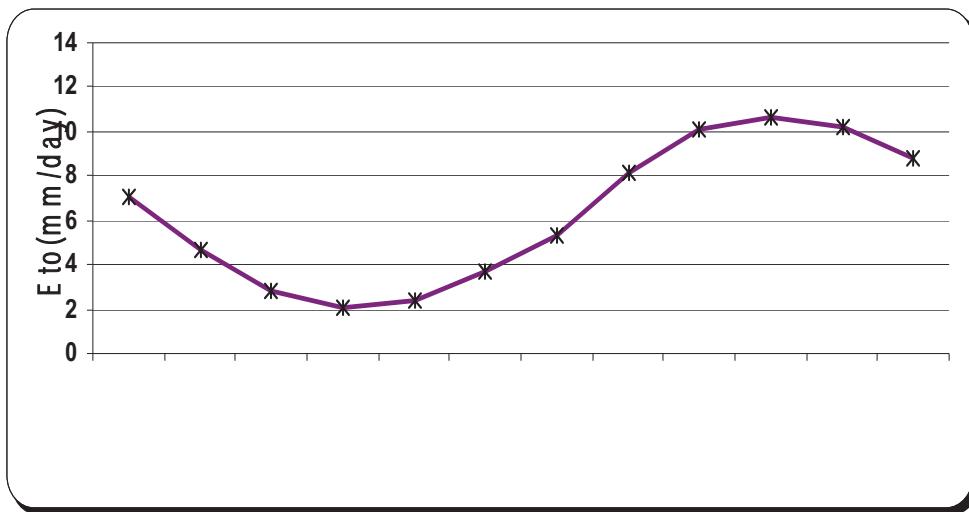
نمودار شماره ۹: تغییرات ماهانه تبخیر و تعرق پتانسیل (E_{To})-با غلک



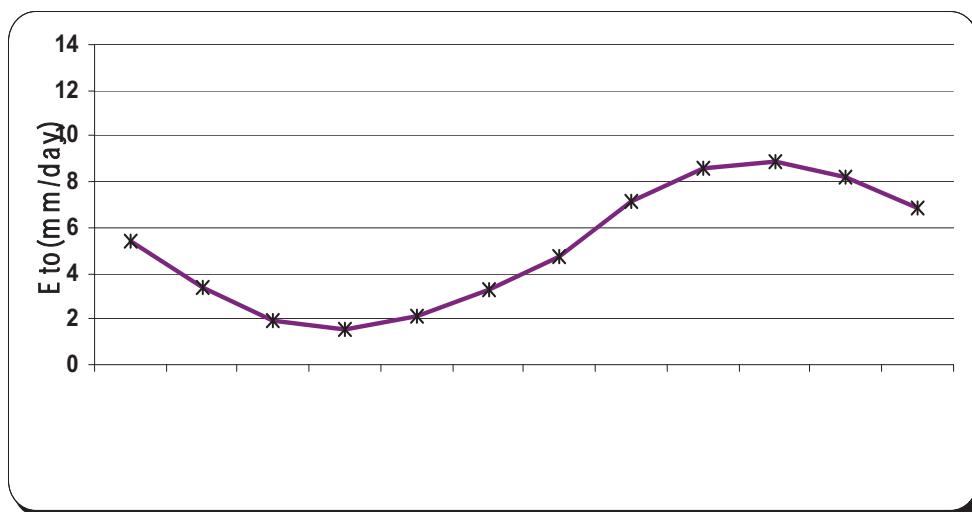
نمودار شماره ۱۰: تغییرات ماهانه تبخیر و تعرق پتانسیل (E_{To})-پندہ



نمودار شماره ۱۱: تغییرات ماهانه تبخیر و تعرق پتانسیل (E_{To})-ماهشهر



نمودار شماره ۱۲: تغییرات ماهانه تبخیر و تعرق پتانسیل (ETo)- بهبهان



نمودار شماره ۱۳: تغییرات ماهانه تبخیر و تعرق پتانسیل (ETo)- هفتگل

منابع

- 1-Baille,M. 1994.Microclimate and transpiration of green house rose crops.Agric and Forest Meteor,71:83-97
- 2-Kirda,C. 1994.A simple method to estimate the irrigation water requirement of greenhouse grown tomato.Hort.356:376-380
- 3-Post,C. 1998,Green house crop transpiration:An implement to soilless irrigation management.
- 4-Rothwell, j. B. and jones, D. A. 1961.The water requirement of tomato in relation to solar radiation.Exp.Hort.5:25-30
- 5-Stanghellini,C,1987.Transpiration of greenhouse crops:an aid to climate management PHD dissertation.Wageningen Agricultural University. Netherlands 150pp.

مزایای استفاده از استاکوسورب و زئولایت در آمیخته‌های خاکی گلخانه‌ها

حسین نورافکن^۱

چکیده

تولید گل و گیاهان زیستی به صورت گلدانی نیاز به آمیخته‌های خاکی مناسب دارد و رویکرد جامعه کشاورزی به سمت استفاده از این آمیخته‌های خاکی به دلیل توانایی آنها در جلوگیری از هدر رفتن آب و آبشویی عناصر غذایی می‌باشد. مقدار آب قابل دسترس برای کیفیت و رشد مناسب گیاه از اهمیت حیاتی برخوردار است. با این وجود ظرفیت حفظ آب و مواد غذایی بسترها کشت در گلخانه‌ها متفاوت است. در نتیجه پیدا کردن راهی برای جلوگیری از هزینه‌های فراوان آبیاری‌های مکرر به دلیل قیمت رو به رشد آب، محدودیت منابع آبی و نیروی کار، غیر قابل اجتناب به نظر می‌رسد. از جمله مواد افزودنی به آمیخته‌های خاک جهت حفظ آب و مواد غذایی، رشد گیاه و استفاده موثر از آب می‌توان به استاکوسورب و زئولایت اشاره کرد. این مواد امروزه در اغلب کشت‌های وسیع جنگل‌کاری، باغبانی، زراعی و گلخانه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد و به طور برگشت‌پذیری آب را جذب و آزاد می‌کنند. استاکوسورب آب و مواد غذایی را جذب و حفظ کرده و باعث کاهش آب و مواد غذایی از طریق شسته شدن و تبخیر می‌شود و به این ترتیب به رشد مطلوب گیاه کمک می‌کند. همچنین کاهش دفعات آبیاری به میزان ۵۰٪، مصرف یکنواخت آب در گیاهان، افزایش رشد مطلوب ریشه، کاهش شسته شدن مواد غذایی خاک با آب و هزینه‌های آبیاری را به دنبال دارد. و در نهایت استرس گیاهی را بخصوص طی دوره‌های خشکسالی به طور محسوس کاهش می‌دهد. از سوی دیگر مصرف زئولایت با توجه به ارزانی، کاربرد آسان و وجود منابع زیاد آن در کشور به سرعت در حال افزایش است. زئولایت علاوه بر جذب آب می‌تواند موجب افزایش بازده مصرف نیتروژن با کاهش اتلاف آمونیاک و کاهش شستشوی نیترات، آزاد سازی تدریجی کودهایی مانند پتاسیم و نیتروژن، اصلاح خاک‌های اسیدی و آلوده، افزایش عملکرد، کاهش بیماری فیزیولوژیکی پوسیدگی انتهایی، کاهش مصرف کودهای شیمیایی و آلودگی محیط زیست، کاهش جذب عناصر سنگین و مضر مانند مس، کادمیوم، سرب و روی توسط گیاهان گردد. همچنین افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، استفاده در کشت‌های زئوپونیک، جدا کردن یون‌های رادیواکتیو از فاضلاب‌ها از مزایای دیگر زئولایت می‌باشد.

کلمات کلیدی: استاکوسورب، زئولایت، گلخانه، زئوپونیک، حفظ آب.

مقدمه

هر چند آب، سه‌چهارم سطح کره زمین را پوشانیده، ولی فقط ۳٪ از آب‌های جهان شیرین و قابل مصرف در بخش کشاورزی می‌باشد. بر اساس مطالعات انجام شده توسط سازمان خواروبار و کشاورزی جهانی در ۹۳ کشور در حال توسعه، استحصال بی‌رویه آب، موجب کاهش منابع آبی و در نتیجه به خطر افتادن امنیت غذایی گردیده و پیش‌بینی می‌شود در هزاره سوم میلادی چالش اصلی جهان مساله آب خواهد بود. بر اساس تحلیل موسسه بین‌المللی مدیریت آب دو نظریه در مورد تخصیص آب برای کشاورزان وجود دارد:

۱- تامین مواد غذایی جمعیت فراینده کره زمین با برداشت آب از منابع سطحی و زیرزمینی با رشد ۱۲-۱۱ درصدی.

۲- بهره‌وری بهینه از منابع آب با افزایش کارایی مصرف آب در بخش کشاورزی.
در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند اکثر نقاط ایران، آب مهمترین عامل محدود کننده توسعه کشاورزی می‌باشد. بنابراین مهمترین مساله در مدیریت آب، ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای آب است و از آنجایی که مقدار عرضه اقتصادی آب همیشه محدود بوده و مقدار تقاضا نیز با افزایش جمعیت دائمًا بالا می‌رود برنامه‌ریزی در جهت استفاده بهینه از منابع آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در نتیجه ضرورت استفاده از مکانیزم‌های مناسب‌تر و کاراتر، جهت تخصیص و بهره‌برداری از منابع آب بیشتر احساس می‌شود. از سوی دیگر با وجود اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک ایران، امروزه احداث گلخانه یکی از مناسب‌ترین روش‌ها در استفاده از زمین‌های کشور و استغال‌زایی محسوب می‌شود. هدف از احداث گلخانه ایجاد محیطی است که در آن تغییرات دما، رطوبت و نور در محدوده مورد نیاز گیاه کنترل شده و محصولی با کمیت و کیفیت مطلوب تولید گردد. کشت گلخانه‌ای نسبت به تولید مزرعه‌ای دارای محسن ذیل می‌باشد:

۱- در مساحت کم، درآمد مناسبی به دست می‌آید.

۲- امکان تولید خارج از فصل وجود دارد.

۳- شرایط نامساعد جوی، اثرات نامطلوب کمتری بر روی تولید خواهد داشت.

در کشت‌های سنتی دسترسی گیاه به عناصر غذایی بستگی به حاصل خیزی خاک و مقدار مواد آلی و معدنی آن، عوامل محیطی و جمعیت میکروارگانیزم‌های مورد نیاز برای تبدیل فرم آلی عناصر غذایی به معدنی دارد. ولی در کشت‌های بدون خاک، عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به صورت معدنی در اختیار ریشه گیاه قرار می‌گیرد. همچنین رشد، کیفیت و عملکرد بسیاری از محصولات تحت تاثیر کمبود آب و مواد غذایی خاک است و افزودن موادی به خاک جهت افزایش کارایی مصرف آب و خواص فیزیکی خاک از مهم‌ترین مسائل کشاورزی به شمار می‌رود. تولید گل و گیاهان زیستی به صورت گلستانی نیاز به آمیخته‌های خاکی مناسب دارد و رویکرد جامعه کشاورزی به سمت استفاده از این آمیخته‌های خاکی به دلیل توانایی آن‌ها در جلوگیری از هدر رفتن آب و آب‌شویی عناصر غذایی می‌باشد. مقدار آب قابل دسترس برای کیفیت و رشد مناسب گیاه از اهمیت حیاتی برخوردار است. با این وجود ظرفیت حفظ آب و مواد غذایی بسترهای کشت در گلخانه‌ها متفاوت است. در نتیجه پیدا کردن راهی برای کاهش هزینه‌های فراوان آبیاری‌های مکرر به دلیل قیمت رو به رشد آب، محدودیت منابع آبی و نیروی کار،

غیر قابل اجتناب به نظر می‌رسد. از جمله این مواد افزودنی می‌توان به پلیمرهای سوپر جاذب^۲ (SAP) و کانی‌های معدنی زئولایت اشاره کرد.

زئولایت

زئولایتها گروهی از آلومینوسیلیکات‌های هیدراته متببور با خلل و فرج‌های ریز هستند که حاوی کاتیون‌های قابل تبادلی از گروه فلزات قلیایی و قلیایی خاکی یعنی Ca, Na, Mg, K بوده و به طور برگشت‌پذیر آب را جذب و آزاد می‌کنند. از ویژگی‌های آن‌ها این است که قادرند بدون تغییر عمدۀ در ساختمان‌شان به طور برگشت‌پذیر آب را به خود جذب و مجددآزاد کرده و بعضی از کاتیون‌های ساختمانی خودشان را مبادله کنند. زئولایتها اولین بار در سال ۱۷۵۶ توسط یک معدن‌شناس سوئدی به نام بارون اکسل فردیک کشف شد که نام آن را از دو کلمه یونانی zein (جوشان) و lithos (سنگ) به معنی سنگ‌های جوشان اقتباس نمود که نشان‌دهنده این خاصیت منحصر به فرد آن‌هاست. زئولایتها وقتی حرارت داده می‌شوند در زمان رسیدن به نقطه ذوب به صورت خاصی کف کرده و غلغل می‌کنند که به خاطر آزاد شدن مولکول‌های آب از حفرات زئولایتها طبیعی است. اولین زئولایت کشف شده استیلیت بود که در سال ۱۷۵۶ کشف شد. معروف‌ترین و فراوان‌ترین زئولایت طبیعی نیز کلینوپیتولایت است که در سال ۱۸۹۰ کشف شد. کلینوپیتولایت با زئولایتی بین ۷۵ تا ۹۵ درصد فراوان‌ترین زئولایت طبیعی در ایران است. تا به حال بیش از ۸۵ نوع زئولایت طبیعی کشف شده و بیش از صدها نوع زئولایت مصنوعی سنتز شده‌اند. از بین زئولایتها طبیعی فقط ۹ نوع به مقدار زیادی در طبیعت یافت می‌شوند. خواص فیزیکوشیمیایی زئولایتها طبیعی متفاوت بوده و در بین نمونه‌های مختلف یک زئولایت، نیز تفاوت‌هایی در خواص فیزیکی (اندازه منافذ، اندازه بلور، ظرفیت تبادل یونی و ظرفیت جذبی) و ترکیب شیمیایی وجود دارد. موارد استفاده زئولایتها مصنوعی و طبیعی از خواص فیزیکی و شیمیایی آن‌ها منشا می‌گیرد که خود آن هم به نوعه خود تابعی از ساختمان بلوری و ترکیب شیمیایی زئولایتها است. همراه با کوارتز^۳ و فلدسپار^۴، زئولایتها از نوع تکتوسیلیکات هستند. یعنی آن‌ها از چارچوب‌های ساختمانی سه بعدی متشکل از چهاروجهی‌های SiO₄ ساخته شده‌اند که در آن تمام اتم‌های اکسیژن هر چهار وجهی، با چهار وجهی‌های مجاور به اشتراک گذاشته شده‌اند. چنانچه در ساختمان زئولایت تعدادی از یون‌های Si چهار ظرفیتی توسط Al سه ظرفیتی جایگزین شود، این جایگزینی باعث می‌شود تا چهارچوب زئولایت دچار کمبود یک بار مثبت و یا در حقیقت دارای یک بار منفی گردد. این بار منفی از طریق قرار گرفتن کاتیون‌های یک ظرفیتی یا دو ظرفیتی ("عمدتاً" K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺) در ساختمان زئولایت متوازن می‌گردد. و مجموع بارهای مثبت کاتیون‌های قابل تبادل، برابر با تعداد یون‌های Al موجود در چهاروجهی‌های زئولایت است. در شرایط معمولی حفره‌های بزرگ و کanal‌های ورودی زئولایتها با مولکول‌های آب پر شده‌اند که به صورت کره‌های آب اطراف کا تیون‌های قابل تبادل را فرا گرفته‌اند. این ملکول‌های آب به صورت سستی درون حفرات و کanal‌ها نگهداری شده و به طور مداوم می‌توانند از طریق حرارت دادن زئولایت به مدت چند ساعت در درجه حرارت ۴۰۰ تا ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد از ساختمان زئولایت تبخیر شوند، که

2 - Super absorbance polymer

3 - Quartz

4 - Feldspar

در این صورت درون ساختمان زئولایت‌ها فضای خالی زیادی قابل دسترس شده و کاتیون‌ها در سطح داخلی حفره‌ها و کanal‌ها در موقعیت‌هایی قرار می‌گیرند که قابل تبادل هستند.

تقسیم‌بندی زئولایت‌ها

طبقه‌بندی زئولایت‌ها براساس شکل بلور، منشا شکل‌گیری و اسیدی و بازی‌بودن آن‌ها متفاوت است. از نظر منشا شکل‌گیری زئولایت‌های ایران از نوع رسوبی بوده و همچنین بالا بودن نسبت Al به Si (بیش از ۰/۸) نشانه اسیدی بودن زئولایت است.

زئولایت‌ها با خواص زیر مشخص می‌گردند:

- ۱) درجه بالای آب‌دار (دهیدراته) شدن.
- ۲) موقع بی‌آب (دهیدراته) شدن، تراکم پائین و فضای خالی زیادی دارند.
- ۳) ساختمان بلوری اغلب زئولایت‌ها موقع بی‌آب شدن پایدار می‌ماند.
- ۴) دارای خاصیت تبادل کاتیونی هستند.
- ۵) بلور دهیدراته، دارای کanal‌های یکنواختی از نظر مولکولی و اندازه می‌باشد.
- ۶) خواص فیزیکی متنوعی از قبیل هدایت الکتریکی دارند.
- ۷) ضریب گازها و بخارها
- ۸) خواص کاتالیتیکی
- ۹) جذب و شبکه یونی

خاصیت تبادل کاتیونی

کاتیون‌های قابل تبادل یک زئولایت، کاتیون‌هایی هستند که به طور سستی با چارچوب چهارچوب چهاروجهی پیوند شده و حفظ می‌گردند و به آسانی می‌توانند توسط شستن زئولایت با محلولی قوی‌تر، از کاتیون دیگر برداشته شده و مبادله گردند. در هر حال، زئولایت‌های بلوری از جمله موثرترین و شناخته‌شده‌ترین مبادله کننده‌های کاتیونی بوده و ظرفیت آن‌ها به طور معمولی ۳ تا ۴ میلی‌اکی‌والان در گرم است. ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) یک زئولایت، اساساً تابعی از درجه جایگزینی Fe و Al به جای Si در چند وجهی‌های چهارچوب آن زئولایت است. زئولایت‌های بلوری خاصیت انتخاب کننده‌گی بالایی برای یون‌های رقابت کننده نشان می‌دهند. زئولایت طبیعی کلینوپیتیولایت به دلیل تعداد AL کم (نسبت Si به Al حدود ۴/۵ تا ۵) در ساختمان خود دارای ظرفیت تبادل یونی حدود ۲,۳ میلی‌اکی‌والان در گرم است. از خاصیت انتخاب کننده‌گی کلینوپیتیولایت برای Cs و NH4 در توسعه فرآیندهای برای حذف Cs رادیواکتیو از فاضلاب‌های تسهیلات هسته‌ای و حذف NH4 از فاضلاب شهری استفاده شده است. همچنین CO2 به طور ترجیحی توسط زئولایت‌های خاصی بیشتر از CH4 جذب شده و بدین طریق جریان‌های خالصی از گاز متان مهیا می‌شود. عموماً "ساختمان زئولایت‌ها باز است و در نتیجه سطح ویژه‌ای شبیه به کانی‌های سیلیکاتی ۱:۲ قابل انبساط از خود نشان می‌دهند. جذب آب در هر واحد سلولی زئولایت نسبتاً" زیاد است. البته میزان جذب آب بستگی به نوع زئولایت و همچنین نوع کاتیون‌های موجود در کanal‌های آن دارد. به طور کلی

عرض کanal‌ها، اندازه کاتیون‌ها و انرژی هیدراتاسیون، تعیین کننده میزان آب جذب شده به وسیله این کانی‌ها هستند. و ظرفیت تبادل کاتیونی زئولايت‌ها از ۱۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم آن گزارش شده است.

پیشرفت‌های اخیر در استفاده از زئولايت‌های طبیعی در باغبانی

خصوصیات فیزیکوشیمیایی منحصر به فرد زئولايت‌های طبیعی آن‌ها را در بسیاری از کاربردهای کشاورزی و باغبانی سودمند نموده است. تکنولوژی‌های وابسته به زئولايت در کشاورزی و باغبانی شامل آزادسازی تدریجی کودها، زئوپونیک و اصلاح و بهبود خاک است. این کاربردها میزان تقاضای زئولايت‌ها را در طیف تکنولوژیکی (از کاربردهای آنها در کشورهای درحال توسعه گرفته تا کاربرد آن‌ها در سیارات دیگر) افزایش می‌دهد. تحقیقات نشانگر این است که آزاد کردن تدریجی کودها توسط زئولايت‌ها، می‌تواند در خاک‌های طبیعی و مصنوعی به واسطه واکنش‌های تبادل یونی و یا ترکیب واکنش‌های تبادل یونی و تجزیه مواد کانی انجام گیرد. در روش دوم، زئولايت‌ها در ترکیب با کانی‌ها با درجه انحلال پایین، مانند فسفات آپاتیت به کار می‌روند. تحت شرایط مناسب، زئولايت‌ها راندمان استفاده از کودها را افزایش خواهد داد. توانایی کلینوپیتیولیت در پایین آوردن نیتریفیکاسیون تا ۱۱٪، پایین آوردن شستشوی نیترات تا ۳۰٪، افزایش میزان جذب آمونیم و پتاسیم، کاهش تبخیر آمونیاک و آزادسازی تدریجی NH_4^+ و K^+ و سایر مواد غذایی مورد مطالعه قرار گرفته است.

سیستم‌های زئوپونیک به طور موقتی آمیزی در کوبا و بلغارستان توسعه یافته‌اند ولی این گونه سیستم‌ها برای تامین مواد مغذی به تیمارهای دوره‌ای با کودهای شیمیایی یا محلول‌های مغذی بیشتر از زئولايت ترکیب شده با مواد کانی نیازمندند. مطلوب‌ترین سیستم‌های زئوپونیک، آنهایی هستند که خصوصیات جالب توجه زئولايتی (منجمله ساختمان سخت و متخلخل، چگالی حجم متوسط، زهکشی خوب، قابلیت تبادل کاتیونی بالا و ثبات شیمیایی در قبال تغییرات pH) را دارا باشد و تغذیه متعادل گیاه را برای خیلی از چرخه‌های تولید بدون اضافه نمودن کودها تامین نماید. سیستم‌های زئوپونیکی با دارا بودن این خصوصیات می‌توانند در بخش‌های عظیم تجاری و فروشگاه‌های مصرف کننده، بعنوان واسطه‌های رشد گیاه مورد توجه قرار گیرند. زئولايت‌ها می‌توانند CEC خاک و رطوبت را افزایش دهنند و هدایت آب را توسعه بخشنند. همچنین میزان محصولات را در زمین‌های اسیدی افزایش داده و میزان جذب عناصر سنگین و مضر مانند مس، کادمیوم، سرب و روی توسط گیاه، در خاک‌های آلوده را کاهش دهنند. وسعت تاثیر این خصوصیات بستگی به مقدار زئولايت اضافه شده دارد. زئولايت‌ها اغلب دارای توانائی‌هایی در افزایش راندمان استفاده از کود به وسیله پایین آوردن اتلاف از طریق شستشو بوده و با آزاد کردن تدریجی یون‌های پتاسیم و آمونیوم و سایر کاتیون‌های غذایی آثار مفید خود را ظاهر می‌نماید. به علاوه زئولايت در خاک‌هایی با بافت درشت و خشن که از غلاظت بالایی برخوردار باشند، موثرتر است. زئولايت‌های بلوری، مواد معدنی جاذب و منحصر به فردی هستند که هر کیلوگرم آن‌ها دارای حجم فضای خالی ۲۰ تا ۵۰٪ و مساحت سطح داخلی دهها متر مربع در هر گرم است. بعضی از زئولايت‌ها قادرند تا حدود ۳۰٪ وزن خشک خود، گاز جذب کنند. ساختمان زئولايت دهیدراته به طور قطع آب‌دost بوده و در اغلب کاربردهای جذبی، در ابتدا لازم است که با حرارت دادن، دهیدراته گردد. خاصیت انتخابی بودن جذب، به قطبی بودن مولکول جذب شونده و همچنین به میدان بار درون چارچوب‌ها بستگی دارد. ملکول‌های قطبی‌تر نسبت به مولکول‌های با قطبیت کمتر

ارجحیت دارند. به هر صورت زئولایت‌ها جاذب موثری برای H_2S , NO_2 , SO_2 , CO_2 , H_2O هستند که در بین آنها H_2O بالاترین ارجحیت را برای جذب شدن دارد. از بین بردن پوسیدگی انتهایی^۵ ویژگی دیگر زئولایت می‌باشد و زمانی که گیاهان گوجه‌فرنگی در محلول هیدروپونیک، حاوی مقادیر زیادی یون‌های مس، رشد داده شدند. یون‌های مس اضافی از رشد گیاهان گوجه‌فرنگی جلوگیری کردند، ولی هنگامی که زئولایت کلسیم دار به محلول هیدروپونیک اضافه شد، بهبود رشد مشاهده گردید و نیز مشخص شد که زئولایت کلسیم دار می‌تواند عنوان یک عامل بافر کننده، هنگامی که یون‌های مضر، در محلول هیدروپونیک وجود دارند، استفاده شود. هنگامی که زئولایت کلسیم دار به محلول اضافه شد، پوسیدگی انتهایی بطور جدی کاهش پیدا کرد و مشخص شد که زئولایت کلسیم دار می‌تواند به محلول هیدروپونیک اضافه شده و از شروع اختلالات فیزیولوژیکی، همراه با شوری خاک جلوگیری شود.

پلیمرهای سوپرجاذب

ماده افزودنی خاک برای حفظ آب و مواد غذایی، رشد گیاه و استفاده موثر از آب می‌باشد. ظرفیت حفظ آب و مواد غذایی خاک بخصوص در خاک‌هایی با بافت شنی بسیار پایین است. مقادیر زیادی آب باران و آب آبیاری از طریق شستشو و تبخیر به هدر رفته و مواد غذایی خاک در محدوده ریشه با آب شسته می‌شوند. طی دوره‌های طولانی خشکسالی میزان رطوبت خاک به کمتر از حداقل نیاز، کاهش یافته و باعث ضعف یا نابودی گیاه می‌شود. پلیمرهای سوپرجاذب، ژلهای پلیمری آب‌دوست یا هیدروژل‌هایی هستند که می‌توانند مقادیر زیادی آب یا محلول‌های نمکی فیزیولوژیکی را جذب کنند. از لحاظ علمی یک سوپرجاذب به ماده خشکی اطلاق می‌شود که چندین برابر وزن خود، محلول آبی جذب می‌کند. ذرات هیدروژل سوپرجاذب بدون حل شدن تا رسیدن به حجم تعادلی خود متورم می‌شوند. پلیمر متورم شده به علت وجود اتصالات عرضی حل نمی‌شود. سوپرجاذب‌ها شامل سه نوع کاتیونی، آنیونی و خنثی هستند که در کشاورزی نوع آنیونی آن به علت داشتن بار منفی مورد توجه است. سوپرجاذب‌های آنیونی با دارا بودن قابلیت‌های بالای ظرفیت تبادل کاتیونی^۶ (CEC) قادرند علاوه بر جذب مقادیر قابل توجه آب، کاتیون‌های موثر و مفید در رشد گیاه را در خود جذب نموده و ضمن جلوگیری از هدررفتن آن‌ها، در موقع لزوم آن‌ها در اختیار گیاه قرار دهند. در کشاورزی از سوپرجاذب‌ها به عنوان یک ماده افزودنی به خاک به منظور مخزن عناصر غذایی و نیز به عنوان یک ماده ذخیره کننده آب در خاک به منظور مقابله با شرایط کم آبی و کاهش تنش خشکی و کنترل فرسایش خاک و بهبود خصوصیات فیزیکی خاک استفاده می‌شود. خواص سوپرجاذب‌ها بستگی به عوامل زیادی از جمله خصوصیات ترکیبی آن‌ها، بافت خاک و نیز عوامل محیطی دارد. استفاده از این مواد در طرح‌های درخت‌کاری آفریقای جنوبی میزان آسیب به درختان در اثر تنش خشکی، تا حدود ۹۲ تا ۹۵ درصد کاهش یافته و از هزینه‌های آبیاری تا حدود ۳۰ درصد کاسته شد. در تولید محصولات کشاورزی ارتباط کاملی بین خاک ماسه‌ای و تولید ضعیف وجود دارد. ظرفیت پایین نگهداری آب در خاک‌های ماسه‌ای، نیاز به آبیاری مکرر و محدودیت مصرف آب به وسیله گیاه دارد. و در اثر حرکت آب به لایه‌های زیرین خاک، مواد

غذایی از لایه‌های بالایی خاک شسته می‌شود. بنابراین در حین آماده‌سازی آمیخته‌های خاکی گلخانه‌ها بایستی موادی جهت افزایش کارایی جذب آب و مواد غذایی به آنها افزود و به این ترتیب مقاومت به خشکی را نیز افزایش داد. از پلیمرهای افزودنی متداول به آمیخته‌های خاکی را می‌توان استاکوسورب^۷ نام برد.

استاکوسورب

استاکوسورب مانند زئولایت یک ماده افزودنی به خاک است که آب و مواد غذایی را جذب و حفظ می‌کند. استاکوسورب با آمیخته‌های خاکی گلدانی یا زمین کشت مخلوط می‌شود و اتلاف آب و مواد غذایی از طریق شسته‌شدن و تبخیر را به حداقل می‌رساند و به این ترتیب به رشد مطلوب گیاه کمک می‌کند. آب و مواد غذایی محلول در ناحیه ریشه، برای مصرف گیاه ذخیره می‌شوند. از مزایای استفاده از استاکوسورب می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱- ظرفیت حفظ آب و مواد غذایی خاک را برای مدت طولانی افزایش داده و موجب رشد یکنواخت گیاهان می‌شود.
- ۲- دفعات آبیاری را حداقل به میزان ۵۰٪ کاهش می‌دهد.
- ۳- مصرف یکنواخت آب را برای گیاهان فراهم می‌کند.
- ۴- هزینه‌های کارگری و مدیریت هزینه‌های مربوط به آبیاری را به حداقل می‌رساند.
- ۵- رشد سریع و مطلوب ریشه را ارتقا می‌بخشد.
- ۶- شسته شدن مواد غذایی خاک با آب را کاهش می‌دهد.
- ۷- هزینه‌های تولید را کاهش داده و زهکشی را با جذب و پس دادن آب بهبود می‌بخشد.
- ۸- به گیاهان اجازه رشد در شرایط خشک و گرم را می‌دهد.
- ۹- اثرهای آن برای سال‌های زیادی پس از مصرف، در خاک باقی می‌ماند.
- ۱۰- عملکرد و کیفیت را در گیاهی مانند کاهو افزایش می‌دهد.

استاکوسورب یک پلیمر جاذب مخصوصی است که برای بالا بردن ظرفیت نگهداری آب و مواد غذایی در خاک طراحی شده است. استاکوسورب شرایط استرس گیاهی را بخصوص طی دوره‌های خشک‌سالی به طور محسوس کاهش داده و اجازه کاشت گیاهان را حتی در خاک‌های حاشیه‌ای و شرایط آب و هوایی مختلف می‌دهد. استاکوسورب از نظر pH خشی بوده، گیاهان و میکروارگانیزم‌های زنده خاک یا آب سطحی را آلوده نمی‌سازد. استاکوسورب در تماس با آب بصورت یک ژله متورم در آمده، آب و مواد غذایی محلول را در خود نگه می‌دارند. اگر استاکوسورب بصورت یکنواخت در عمق ۳۰ سانتی‌متر زمین‌های شنی مخلوط شود می‌تواند بالاترین ظرفیت جذب آب را علی‌رغم فشارهای موجود در خاک ایجاد کند. یک ژل پلیمر تا ۱۰۰ برابر وزن خود آب را برای دسترسی گیاه ذخیره می‌کند. ریشه‌ها نیز بر اساس نیاز گیاه، آب و مواد غذایی محلول ذخیره شده را از ذرات ژله مانند با قدرت کشش خود جذب می‌کنند. ذرات ژله گونه استاکوسورب یک منبع دائمی آب را در محوطه ریشه‌ها و منطقه نیاز گیاه فراهم می‌آورد که حتی از گیاه در مقابل خشک‌سالی محافظت می‌کنند. طول عمر استاکوسورب

چندین ساله است و ظرفیت جذب آب و قابلیت پس دادن سریع آب حتی پس از دوره‌های متعدد جذب و دفع حفظ می‌شود و می‌توان از تاثیر طولانی مدت استاکوسورب به دلیل ثبات بالای مکانیکی و بیولوژیکی ذرات شنی اطمینان خاطر داشت. بنابرین این ماده به خصوص برای مناطق حاره‌ای، شبه حاره‌ای، خشک و نیمه خشک بسیار مناسب است. استاکوسورب مقدار آب در دسترس گیاه را به میزان ۵۰٪ در خاک شنی افزایش می‌دهد. حساس‌ترین قسمت یک نهال پرزهای ریشه آن هستند که در عرض چند دقیقه با تابش خورشید و وزش باد از هر گونه رطوبت تهی می‌شوند. در این زمان ریشه در اثر خشکی آسیب دیده و نتیجه‌ای غیر از تضعیف یا نابودی گیاه نخواهد داشت. استاکوسورب ریشه‌های واقع در معرض هوا را از خشک شدن در زمان حمل و نقل و انبار شدن حفظ نموده و به دلیل آبرسانی مطلوب پس از کشت رشد سالم و پرپشت ریشه تضمین می‌گردد. به این ترتیب رشد گیاه تازه کشت شده و نهال را افزایش می‌دهد. یک صد لیتر محلول یا یک کیلوگرم ژل محافظ ریشه، برای ۸۰ بوته تزیینی کافی است. در گوجه‌فرنگی نابسامانی‌های فیزیولوژیکی مانند ترکیدگی میوه و پوسیدگی گلگاه با مصرف استاکوسورب کاهش یافت. از زمینه‌های دیگر کاربرد استاکوسورب می‌توان به استفاده آن در زراعت، فضاهای سبز شهری، کناره‌های جاده‌ها، زمین‌های چمن، درخت‌کاری و جنگل‌داری، بیابان زدایی، باغبانی، گل‌کاری و پرورش قارچ اشاره نمود. در پرورش قارچ موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب در مواد پوششی تا ۳۰-۱۰ درصد می‌گردد.

نتیجه‌گیری

پژوهش‌گران به طور گسترده‌ای با مصرف ژل‌پلیمرها و افروزنده به محیط‌های کشت گلدانی، کارایی مصرف آب را بالا برده و ظرفیت نگهداری آب را افزایش داده‌اند. کاهش نیاز به آبیاری و مصرف آب، افزایش تندش^۸ (جوانه زنی بذر) و استقرار، افزایش بقاء و زنده مانی دان‌نهال^۹، افزایش طول عمر قفسه‌ای^{۱۰} گیاهان گلدانی و افزایش بازیابی مواد غذایی از کودهای افزوده شده از جمله دیگر موارد می‌باشد. به عقیده بیشتر محققان، پلیمرهای مصنوعی زمانی مفیدند که مقدار کمی مواد غذایی به آن‌ها افزوده شود.

منابع

- ۱- پیوست، غ. ۱۳۸۴. کشت خاکی یا کشت بدون خاک در گلخانه‌ها؟. مجموعه مقالات اولین همایش ملی تکنولوژی تولیدات گلخانه‌ای، سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی واحد گیلان، ص ۴۷-۳۳.
- ۲- حمید اوغلی، ی. شفیعی حاجی آباد، م. وح. آذربایجان. ۱۳۸۴. اثر کاربرد سوپرجاذب و بسترهای گلدانی در سازگار کردن گیاهچه‌های درون شیشه‌ای سرخس بوستونی به شرایط گلخانه‌ای. مجموعه مقالات اولین همایش ملی تکنولوژی تولیدات گلخانه‌ای. سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی واحد گیلان، ص ۱۴۰-۱۲۹.
- ۳- تاتاری، م. فتوحی قزوینی، ر. ۱۳۸۲. بررسی پژوهش‌هایی در مورد کاربرد زئولیت‌ها در باغبانی. اولین همایش علمی و پژوهشی دانشجویان علوم کشاورزی سراسر کشور، دانشگاه گیلان.

8 - Germination

9 - Seedling

10 - Shelf life

- ۴- شایان‌فر، ح. ۱۳۸۲. بررسی بهره‌وری آب کشاورزی در تولید اقتصادی محصولات. مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ص ۱-۱۶.
- ۵- محجوبی، ه. ۱۳۸۲. ضرورت بازنگری الگوی کشت محصولات زراعی در شبکه‌های آبیاری به منظور افزایش کارایی و ارزش آب (مطالعه موردنی در شبکه آبیاری و زهکشی مغان). مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ص ۳۸-۱۷.
- ۶- مومنی، د. ۱۳۸۵. سیستم‌های مناسب در طراحی و ساخت گلخانه‌های گل و گیاهان زیستی. مجموعه مقالات سمپوزیوم ملی راهکارهای بهبود تولید و توسعه صادرات گل و گیاهان زیستی ایران، ستاد برگزاری ششمین جشنواره و نمایشگاه گل و گیاه محلات، ص ۱۱۲-۱۱۹.
- ۷- نظری، ف. خوشخوی، م. و ه. فرهمند. ۱۳۸۵. اثر زئولایت طبیعی بر ویژگی‌های رویشی و زایشی گل جعفری آفریقایی. مجموعه مقالات سمپوزیوم ملی راهکارهای بهبود تولید و توسعه صادرات گل و گیاهان زیستی ایران، ستاد برگزاری ششمین جشنواره و نمایشگاه گل و گیاه محلات، ص ۵۳-۴۷.
- ۸- پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه

- 9- Gilman, F. 2004. EFFECTS OF AMENDMENTS, SOIL ADDITIVES, AND IRRIGATION ON TREE SURVIVAL AND GROWTH. *J. Arboriculture* 30(5). 301- 305.
- 10- Ferguson, G.A. and Pepper, L.L. 1987. Ammonium retention in sand amended with clinoptiolite: *Soil Sci. Soc. Amer. J.* vol.:51, pp 231-234.
- 11- Sarvas, M. 2003. Effect of desiccation on the root system of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) Seedlings and a possibility of using hydrogel STOCKOSORB for its protection. *J. FOR. SCI.*, 49 (11): 531–536.
- 12- Maboko, M.M. 2005. GROWTH, YIELD AND QUALITY OF TOMATOES (*LYCOPERSICON ESCULENTUM*) and *lactuca sativa*
- 13- Ming, D.W. and Mumpton, F.A. 1989. Zeolite in soils. (in: minerals in soil environments. Dixon J. B. and weed S. B. 1992. Wisconsin, USA.) pp 873- 911.

اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای
۱۳۸۶ مهرماه ۲۶

مصرف بهینه عناصر ماکرو در کشت هیدرопونیک ژربرا

ح. ملاحسینی، ا. بنایی، م. عبدالباقي و م. سیل سپور^۱

چکیده

مطالعه حاضر به منظور بررسی چگونگی تغذیه بهینه در کشت هیدرопونیک ژربرا در قالب طرح آماری اسپلیت پلات با سه تکرار در گلخانه تجاری واقع در فیلستان پاکدشت انجام شد. فاکتور اصلی غلظت محلول غذایی در چهار سطح شامل غلظت پایه عناصر ماکرو در محلول جانسون ($C_1=1433.8 \text{ mg/lit}$)، ۱/۱ برابر غلظت محلول جانسون ($C_2=1577.2 \text{ mg/lit}$)، ۱/۳ برابر غلظت جانسون ($C_3=1864 \text{ mg/lit}$) و ۱/۵ برابر غلظت محلول جانسون ($C_4=2150.7 \text{ mg/lit}$) و فاکتور فرعی در سه سطح شامل رقم زرد (Casmo=Ca) و رقم صورتی (QueenVictoria=Qu) و رقم بنفس (Treazer=Tr) بود. تجزیه و تحلیل آماری نتایج نشان داد که صفات تعداد گل و زمان ماندگاری در بین تیمارهای غلظت، رقم و اثرات متقابل آنها در سطح احتمال ۰.۱٪ معنی‌دار بود و صفات طول دمگل، قطر گل و شروع گلدهی ما بین تیمارهای غلظت و اثر متقابل غلظت و رقم از لحاظ آماری معنی‌دار نشد ولی ما بین تیمارهای رقم در سطح احتمال ۰.۱٪ معنی‌دار شد. رتبه بندی میانگین مقادیر صفات بر اساس آزمون دانکن نشان داد که ما بین تیمارهای غلظت بیشترین مقدار صفات تعداد گل و زمان ماندگاری به ترتیب معادل ۶/۱۳، ۹/۴ روز مربوط به تیمارهای C_4 و C_3 بود و در بین تیمارهای رقم بیشترین مقدار صفات تعداد گل، طول دمگل، قطر گل، زمان ماندگاری و شروع گلدهی به ترتیب ۲/۹، ۴۰/۱۳، ۱۱/۱ سانتی متر، ۷/۶ روز و ۵۵/۶ روز به ترتیب مربوط به ارقام زرد، زرد، بنفس، بنفس و همچنین در بین اثرات متقابل غلظت و رقم بیشترین مقدار صفات تعداد گل و زمان ماندگاری به ترتیب معادل ۸/۳ و ۱۸ روز به ترتیب مربوط به تیمارهای C_3 و C_4 بود. لذا با توجه به تاثیر متقابل رقم و غلظت روی صفات تعداد گل و زمان ماندگاری نتیجه می‌شود که در شرایط مشابه این آزمایش، جهت دستیابی به تعداد گل بیشتر از غلظت C_4 همراه با ارقام با پتانسیل بالا از نظر تولید گل مانند ارقام صورتی (Qu) یا زرد (Ca) استفاده شود، همچنین به منظور افزایش زمان ماندگاری از غلظت C_3 همراه با ارقام با پتانسیل بالا از نظر زمان ماندگاری مانند رقم بنفس (Tr) استفاده شود.

کلمات کلیدی: ژربرا، هیدرопونیک، تغذیه

^۱- به ترتیب عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، دانشجوی کارشناسی ارشد، عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی ورامین

مقدمه

Dufalt و همکاران (۱۹۹۱) تاثیر نیتروژن و پتاسیم را بر روی گل ژربرا و تولید محصول بررسی نموده و نتیجه گرفتند که ترکیب نیتروژن (N) و پتاسیم (K) بر روی تولید گل و زمان ماندگاری گل تاثیر دارد. برخلاف نیتروژن، پتاسیم به تنها در تولید گل و زمان ماندگاری هیچگونه تاثیری ندارد. Warmenhoren (۱۹۹۱) بر روی کشت بافت ژربرا تحقیقاتی انجام داده و نتیجه گرفت که عنصرهای Fe, Mn, Zn, Mg, K, P, N تاثیر مستقیم بر روی رشد برگ گل ژربرا دارند. Kreig و همکاران (۱۹۹۱) نسبت غلظت پتاسیم به کلسیم را در برگ ژربرا بررسی و به این نتیجه رسیدند که اگر مقدار غلظت پتاسیم به کلسیم کم باشد کمی عنصر پتاسیم موجب کوتاهی ساقه‌ها و پوسیدگی برگهای ژربرا می‌شود اما نسبت بالای غلظت پتاسیم به کلسیم موجب افزایش کیفیت گل می‌شود. Ashwat و همکاران (۱۹۹۶) مقادیر مختلف نیتروژن را در گل ژربرا بررسی و به این نتیجه رسیدند که کم و زیاد بودن نیتروژن در کیفیت و طول عمر گل ژربرا اثر دارد اما در رقم‌های مختلف مقدار نیتروژن و تاثیر پذیری آن متفاوت است. Klossowski and Strojng (۱۹۸۳) اعلام کردند که برای دستیابی به گل ژربرا با کیفیت خوب باید مقادیر Mg, Ca, K, P, N در برگهای ژربرا به ترتیب معادل $0.3-0.4/1, 48/66-2/3, 18/0.6-3/0, 64/19-0/2, 35/7-3/13$ باشد. Kamel و همکاران (۱۹۷۷) مطالعه تاثیر نسبتهای مختلف NPK بر روی گل ژربرا رقم Superbu به این نتیجه رسیدند که NPK در نسبت‌های ۱:۴:۲ گرم در هر گیاه بالاترین تولید (تعداد گل) را داشته است. Amariuta و همکاران (۱۹۹۸) تغییرات فیزیولوژیکی و شیمیایی گل شاخه بریده ژربرا را در آب مقطمر و محلول نگهدارنده بررسی و نتیجه گرفتند که مقدار تنفس، وزن و طول عمر گلدان در محلول نگه دارنده، بیشتر از آب مقطمر بوده است. Kacperska (۱۹۷۷) اثر مقادیر NPK را بر روی ژربرا بررسی و مشاهده نمود که بالاترین محصول شاخه بریده ژربرا در تیمار کودی ۱-۲ گرم در لیتر NPK بوده است. Thangarag و همکاران (۱۹۹۲) گل شاخه بریده ژربرا را در لوله‌های پلاستیکی بدون آب در دمای معمولی اطاقد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده و نتیجه گرفتند که این روش باعث کاهش وزن گل، خمیدگی در دمگل، ریزش گلبرگ، زرد شدن گلبرگها و کوتاهی عمر گل شاخه بریده شد. Hunmili و همکاران (۲۰۰۳) با بررسی نسبتهای NPK بر روی رشد و گلدهی ژربرا اعلام کردند که در نسبتهای ۲۰:۱۰:۳۰ گرم در متر مربع، صفات بلندی گل (۵۰۶۹)، مساحت هر برگ (۳۴۳۵/۶)، تعداد گل در هر گیاه (۶۷)، اندازه گل (۱۲/۱۵)، اندازه دم گل (۲/۷۹) و طول عمر گل (۲۶/۴ روز) بیشترین مقدار بودند.

روش کار

مطالعه حاضر جهت بررسی چگونگی تغذیه بهینه کشت هیدرопونیک ژربرا در قالب طرح آماری اسپلیت پلات با سه تکرار در گلخانه تجاری واقع در فیلستان پاکدشت اجرا شد. فاکتور اصلی غلظت محلول غذائی در چهار سطح شامل غلظت پایه عناصر ماکرو در محلول جا نسون ($C_1=1433.8\text{mg/lit}$)، $1/1$ برابر غلظت محلول جانسون ($C_2=1577.2\text{mg/lit}$)، $1/3$ برابر غلظت جانسون ($C_3=1864\text{mg/lit}$) $1/5$ برابر غلظت جانسون ($C_4=2150.7\text{mg/lit}$) و فاکتور فرعی رقم ژربرا شامل سه رقم زرد (Casmo=Ca)، رقم صورتی (Treazer=Tr) و رقم بنفش (QueenVictoria=Qu) بود. این ارقام از طریق کشت بافت تکثیر یافته و از شرکت

هلند در شرایط کاملاً قرنطینه وارد شدند. بستر گلدانهای کشت حاوی ۱۵٪ کوکوپیت، ۳۰٪ پرلیت و ۵٪ پوکه صنعتی بودند. در طول آزمایش گیاهان تحت شرایط حرارت بالای ۱۶ درجه سانتی گراد، رطوبت بالا و نور فراوان قرار داشتند. آبیاری و محلول رسانی گیاهان روزانه در پنج نوبت و در هر نوبت ۷۵ میلی لیتر توسط کارگر در اختیار گیاهان قرار می‌گرفت در ضمن گلدانها در ارتفاع ۸۰ سانتی متر از سطح زمین قرار داشتند.

جدول ۱: غلظت پایه عناصر ماکرو در محلول خلایی جانسون بر حسب مول

عنصر	تیمار غلظت						
	غلوگرد نمک mg/l	گوگرد mmol/l	منیزیم mmol/l	کلسیم mmol/l	پتاس mmol/l	فسفر mmol/l	ازت mmol/l
۶۰۷/۶	-	-	-	۶	-	۶	KNO ₃ (MW=101.1 g)
۹۸	-	-	-	-	۱	-	H ₃ PO ₄ (MW=98 g)
۴۹۳	۲	۲	-	-	-	-	MgSO ₄ ,7H ₂ O(MW=246.5 g)
۲۳۶/۲	-	-	۱	-	-	۲	Ca(NO ₃) ₂ ,4H ₂ O(MW=236.2 g)
۱۴۳۳/۸	۲	۲	۱	۶	۱	۸	غلظت

نتایج

تجزیه و تحلیل آماری صفات مطابق جدول ۲ نشان می‌دهد که در تیمارهای غلظت، صفات تعداد گل و زمان ماندگاری در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی دار دارند و در تیمارهای رقم صفات تعداد گل، طول دمگل، قطر گل، زمان ماندگاری و شروع گلدهی در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی دار دارند، همچنین در بین اثرات متقابل تیمارهای غلظت و رقم صفات تعداد گل و زمان ماندگاری در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی دار دارند.

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه

منابع S.O.V	درجه آزادی D.F	میانگین مربعات صفات MSS						
		تعداد گل	طول دمگل	قطر برگ	سطح برگ	زمان ماندگاری	شروع گلدهی	ns
تکرار	۲	۹/۱***	۲۵/۳ ns	۰/۱۰۲ ns	۶۰۷/۲ ns	۵/۴***	۲۱ ns	
غلظت	۳	۱۷/۲***	۷/۵ ns	۰/۰۰۹ ns	۶۸۹/۰۳ ns	۰/۵***	۱۲/۵ ns	
خطا	۶	۰/۰۶۹	۹/۱	۰/۰۶	۲۲۳۸/۹	۰/۰۵	۱۸/۷	
رقم	۲	۱۷۶/۵***	۱۴۴/۱***	۰/۸۹۵***	۲۶۹/۵ ns	۷/۹***	۹۱/۱***	
رقم*غلظت	۶	۸/۴***	۱۳/۹ ns	۰/۲۸۹ ns	۱۷۱۹/ ns	۴/۶***	۸/۵ ns	
خطا	۱۶	۰/۸۴۷	۹/۲	۰/۲۲۱	۷۴۱/۳	۰/۰۹	۱۱/۹	
درصد ضریب تغییرات (%) C.V		۸/۰۶	۸/۴	۴/۴	۹/۸	۴/۶	۷/۶	

n: به ترتیب بیانگر اختلاف معنی دار در سطح ۵ و یک درصد و بدون اختلاف معنی دار

نتایج مقایسه میانگین صفات تعداد گل و زمان ماندگاری بین تیمارهای غلظت (آزمون دانکن) در جدول ۳ نشان می‌دهد که تاثیر افزایش غلظت عناصر ماکرو در محلول غذایی روی این صفات متفاوت می‌باشد، بطوريکه بیشترین مقدار صفات تعداد گل و زمان ماندگاری به ترتیب معادل $13\frac{1}{4}$ و $6\frac{9}{9}$ روز مربوط به تیمارهای C_4 و C_3 می‌باشد.

جدول ۳: مقایسه میانگین صفات تعداد گل و زمان ماندگاری در سطح تیمارهای غلظت

زمان ماندگاری (روز)	تعداد گل	صفت	غلظت
۷/۶BC	۱۰/۹ BC	غلظت پایه عناصر ماکرو در محلول جانسون (C_1)	
۷/۸AB	۱۰/۳ C	۱/۱ برابر غلظت محلول جانسون (C_2)	
۷/۹A	۱۱ B	۱/۳ برابر غلظت محلول جانسون (C_3)	
۷/۴C	۱۳/۴ A	۱/۵ برابر غلظت محلول جانسون (C_4)	

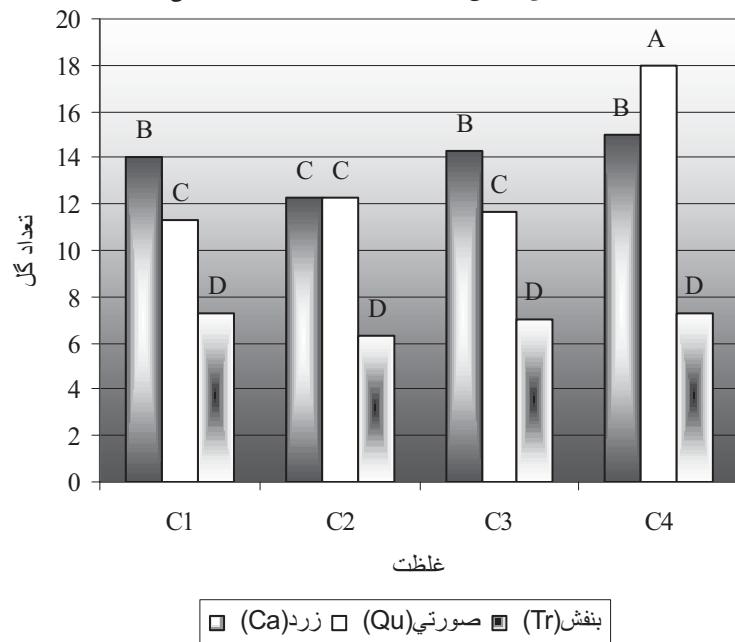
نتایج مقایسه میانگین صفات تعداد گل، طول دمگل، قطر گل، زمان ماندگاری و شروع گلدهی ما بین تیمار ارقام براساس آزمون دانکن در جدول ۴ نشان می‌دهد که مقادیر صفات مذکور در بین ارقام مختلف متفاوت می‌باشد بطوريکه در رقم زرد صفات تعداد گل و طول دمگل به ترتیب با مقادیر $13\frac{1}{9}$ و $40\frac{2}{2}$ سانتیمتر، در رقم صورتی صفات تعداد گل و قطر گل به ترتیب با مقادیر $10\frac{9}{9}$ و $13\frac{3}{9}$ سانتیمتر و در رقم بنفس صفات قطر گل، زمان ماندگاری و شروع گلدهی به ترتیب با مقادیر $11\frac{1}{1}$ سانتیمتر، $7\frac{7}{6}$ و $55\frac{6}{6}$ روز بیشترین مقدار می‌باشند.

جدول ۴: مقایسه صفات تعداد گل، طول دمگل، قطر گل، زمان ماندگاری و شروع گلدهی در ارقام

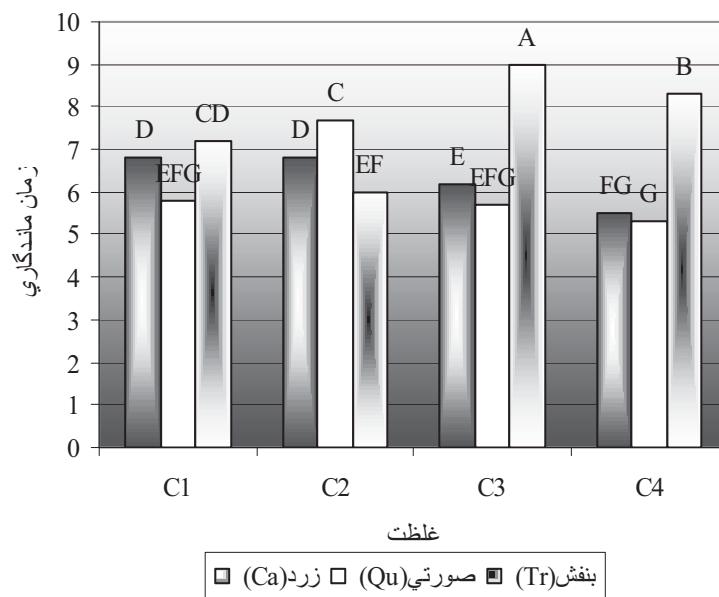
شروع گلدهی (روز)	زمان ماندگاری (روز)	قطر گل (سانتیمتر)	طول دمگل (سانتیمتر)	تعداد گل	صفت	رقم
۵۲B	۶/۳B	۹/۹B	۴۰/۲A	۱۳/۹A	رقم زرد (Ca)	
۵۰/۲B	۷/۱B	۱۰/۹A	۳۵B	۱۳/۳A	رقم صورتی (Qu)	
۵۵/۶A	۷/۶A	۱۱/۱A	۳۳/۵B	۷B	رقم بنفس (Tr)	

نتایج مقایسه میانگین صفت تعداد گل ما بین اثرات متقابل غلظت و رقم در شکل ۱ نشان می‌دهد که با افزایش غلظت عناصر ماکرو به میزان $1/5$ برابر در تیمار C_4 ، صفت تعداد گل در ارقام زرد و بنفس از نظر آماری افزایش معنی‌داری نداشته ولی در رقم صورتی با تعداد 18 به بیشترین مقدار رسیده و از نظر آماری افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد داشته است. نتایج مقایسه میانگین صفت زمان ماندگاری ما بین اثرات متقابل غلظت و رقم در شکل ۲ نشان می‌دهد که عکسل العمل صفت زمان ماندگاری نسبت به افزایش غلظت عناصر ماکرو در ارقام مختلف متفاوت می‌باشد بطوريکه در رقم بنفس افزایش غلظت عناصر ماکرو در تیمار $1/3$ برابر (C_3) باعث افزایش زمان ماندگاری و در تیمار $1/5$ برابر (C_4) باعث کاهش زمان ماندگاری گل شده است، در رقم صورتی در تیمار $1/1$

برابر (C₂) زمان ماندگاری افزایش و در تیمارهای بالاتر کاهش معنی داری یافته و نهایتاً در رقم زرد افزایش غلظت عناصر ماکرو تا تیمار های C₃ و C₄ باعث کاهش معنی داری در زمان ماندگاری گل شده است.

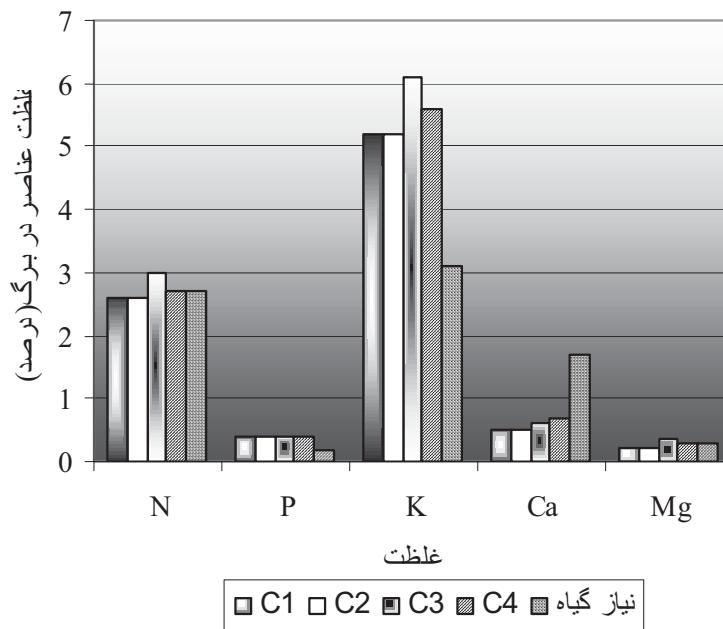


شکل ۱: مقایسه میانگین تعداد گل ما بین اثرات متقابل غلظت و رقم بر اساس آزمون دانکن



شکل ۲: مقایسه میانگین زمان ماندگاری ما بین اثرات متقابل غلظت و رقم بر اساس آزمون دانکن

نتایج غلظت عناصر ازت، فسفر، پتاس، کلسیم و منیزیم در برگ‌های گیاهان ژربرا تحت تیمارهای مختلف غلظت در شکل ۳ نشان می‌دهد که غلظت اکثر عناصر به جز کلسیم در تیمارهای C₃ و C₄ بیشتر یا معادل نیاز گیاه بوده‌اند و حتی غلظت عناصر فسفر و پتاسیم در تیمار شاهد بیشتر از نیاز گیاه بوده است



شکل ۳: غلظت عناصر مacro در برگ گیاهان ژربرا تحت تیمارهای مختلف غلظت

بحث

مقایسه نتایج تحقیق حاضر با نتایج سایر محققین در دیگر نقاط جهان همخوانی دارد بطوریکه در آزمایش حاضر صفات تعداد گل و زمان ماندگاری مطابق نتایج Dufalt و همکاران (۱۹۹۱)، Warmenhoren (۱۹۹۱) و Ashwat و همکاران (۱۹۹۶) تحت تاثیر غلظت قرار گرفت، از طرفی افزایش غلظت عناصر ازت، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و گوگرد در محلول غذایی، باعث تامین غلظت مورد نیاز عناصر در برگ‌های گیاه و بدنبال آن تولید گل با کیفیت بهتر در تیمارهای غلظت گردید که با نتایج Klossows Ki and Strojng (۱۹۸۳) همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج صفات کمی و کیفی سه رقم ژربرا نسبت به افزایش غلظت عناصر ازت، فسفر، پتاس، کلسیم، منیزیم و گوگرد در محلول غذایی هیدروپونیک نتیجه شد که افزایش غلظت این عناصر در کشت‌های هیدروپونیک ژربرا باعث افزایش عملکرد و زمان ماندگاری گل می‌شود ولی میزان تاثیر افزایش روی این صفات متفاوت می‌باشد، لذا با توجه به تاثیر متقابل رقم و غلظت و همچنین بیشترین عملکرد تعداد گل و زمان ماندگاری به ترتیب در تیمارهای C₃Tr و C₄Qu نتیجه می‌شود که در شرایط مشابه این آزمایش، جهت دستیابی به تعداد گل بیشتر از غلظت C₄ همراه با ارقام با پتانسیل بالا از نظر تولید گل مانند ارقام صورتی (Qu) یا زرد (Ca) استفاده شود و

همچنین به منظور افزایش زمان ماندگاری از غلظت C_3 همراه با ارقام با پتانسیل بالا از نظر زمان ماندگاری مانند رقم بنتش (Tr) استفاده شود.

منابع

- 1- Amariutei, A., I.Burzo, T.Fyeld ,(ed), E.Stromme, 1998.Physiological and biochemical changes of cut gerbera in flores cences during vase life. Acta Horticulture, No 405:373-380.
- 2- Ashwat, C. and V. Porthasarthy. 1996. Stability analysis in gerbera under varging nitrogen regimes.Crop Research Hisar ,12:342-352.
- 3- Dufalt, R.J., T.L. Philips, and G. W.Kelly. 1991. Nitrogen and potassium fertility and plant populations in fluence field production of gerbera. Hort science,25:12,1599-1602.
- 4- Hunmili,T.and L.Paswan.2003.Effect of NPK and growth or flowering of jerbera .Journal of Ornamental Horticulture (New Series)6(1),71-72.
- 5- Kacperska, L. 1985. The effect of quantity of NPK fertilizer does on the yield of gerbera CV.Retes.Prace instytutu sadownictwa i kwiaciarnstwa w skierniewicach, B, (Ronling ozdobne)10:105-114.
- 6- Kamel, H.A., A.A. Ibrapim, A.P. Bispara, and A.K.Nade. 1977. Studies on the effect of different of NPK on the flower of gerbera .Technical Bulletin,Gubba Botanic gerbera (1),P.78.
- 7- Klassowski, W. and Z. Strojny. 1983. Analysis of leaf blade in status nutrient. Prace instytutu sadownictwa i kwiaciarnstwa w skierniewicach,B,8:111-121.
- 8- Kreig, C.D. 1991. Low potassium level lea uses seriael defficiency in gerbera. Vokblad-Voor-De-Bloemiteriy,44:46-47.
- 9- Thanyaray, T., K. Raygmani, and Thamburej. 1992. A study on the rax life of gerbera (gerbera gamesonil Bolav).Sout -Indian-Horticulture,38:5,265-267.
- 10- Warmenhoren, M. 1991. Crops on substrate responded differently oxygen shortage in the root environment has lawye effectly .Vokblad-Voor-De-Bloemistriy,45:50,54-55.

اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای
۱۳۸۶ مهرماه ۲۶

مدیریت آب و کود در گلخانه و مزرعه برای گوجه‌فرنگی

مسعود فرزامنیا، نادر کوهی و هادی اصغری^۱

چکیده

میزان تأثیر عناصر مختلف در مدیریت صحیح آب و کود علی‌رغم اینکه در کشت‌های بدون خاک دقیق‌تر و قابل کنترل‌تر می‌باشد لیکن با استفاده از اطلاعات از قبیل عناصر ضروری، pH و شوری می‌توانند در مزرعه هم کاربرد داشته باشند. در این مطالعه احتیاجات کودی و آبی گیاه گوجه‌فرنگی در مراحل مختلف رشد، تقابل بین مواد غذائی و تقابل بین رژیم آب و کود و ارتباط آنها با نابسامانی‌های فیزیولوژیکی شامل: پوسیدگی گل‌گاه، لکه زرد، آب گز شدن، زنگار و ترک‌خوردگی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد گوجه‌فرنگی در pH ۴/۵ تا ۵ بدست می‌آید. آستانه شوری برای کاهش محصول در مزرعه ۲/۵ dS/m بود. به ازای افزایش هر واحد شوری با ۱۰ درصد کاهش محصول روبرو می‌شویم. در کشت بدون خاک افزایش شوری باعث بهبود کیفیت میوه می‌شود و دامنه تغییرات شوری می‌تواند بین (۳ تا ۱۷) dS/m باشد. افزایش رطوبت نسبی، استفاده بیش از حد نیترات آمونیم، افزایش شوری و نوسانات زیاد در کمبود رطوبت خاک باعث کاهش جذب کلسیم، کاهش رشد و در نهایت نابسامانی پوسیدگی گل‌گاه می‌شود. راههای کنترل این نابسامانی اطمینان از غلظت کافی کلسیم در منطقه ریشه و کاتیونهای رقیب آن (منیزیم و پتاسیم)، مناسب بودن آب از نظر کمی و کیفی، کنترل دما و رطوبت می‌باشد. وجود لکه‌های زرد در اطراف کاسه گل در میوه یکی دیگر از نابسامانی‌های فیزیولوژیکی است که علت آن کلسیم اضافی و دمای زیادتر از حد معمول می‌باشد. پایین نگه داشتن کلسیم، دما و جلوگیری از تخلیه فسفر از راهکارهای مقابله با این نابسامانی است. نابسامانی ترک‌خوردگی میوه در اثر تغییرات افزایش رطوبت خاک ایجاد می‌شود که هم در گلخانه و هم در مزرعه با برداشت قبل از مرحله رسیدن میوه و انتخاب رقم‌های مقاوم می‌توان با این پدیده مقابله کرد. نابسامانی زنگار یا ترک خوردگی بشره در گیاهانی که بعد از مرحله بلوغ دارای رشد زیاد هستند یعنی نسبت میوه به برگ کم است، بوجود می‌آید. جهت کنترل آن باستی در مزرعه، از شاخ و برگ گیاه به خوبی محافظت کنیم تا میوه در معرض مستقیم خورشید قرار نگیرد. در گلخانه، انتخاب رقم مقاوم، کنترل نوسانات دمایی و رطوبت نسبی در شب و روز و جلوگیری از تغییرات زیاد شوری، راهکارهای مقابله با این پدیده می‌باشد.

۱- اعضای هیات علمی بخش‌های فنی و مهندسی و اصلاح و تهیه نهال و بذر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمان

کلمات کلیدی: آب، کود، گلخانه، گوجه فرنگی، نابسامانی فیزیولوژیکی

مقدمه

آبیاری نامناسب در گلخانه غالباً عامل کاهش کیفیت محصول می‌شود. کم آبی باعث پژمردگی گیاه و کاهش فتوستز و رشد گیاه می‌شود. در حالت کلی وضع ظاهری گیاه بد شکل شده و در حالت حاد سوختگی‌هائی از کنار برگ شروع و به داخل پخش می‌شود تا کل برگ را فرا گیرد. آب اضافی باعث بلندتر شدن گیاه و ایجاد ساقه‌های آبدار و نرم و شکننده می‌شود. پرآبی باعث کاهش میزان اکسیژن خاک و در نتیجه کمبود آن در محیط ریشه می‌شود و در این شرایط گیاه قادر به جذب مواد غذایی نبوده، پژمرده و رشدش متوقف می‌شود. به هم خوردن تعادل مصرف مواد غذایی در محیط ریشه معمولاً مسائل و مشکلاتی را در روند رشد گیاه پدید می‌آورد، یکی از مهمترین عوامل به هم خوردن این تعادل، شیستشوی مواد غذائی قابل حل در آب، به ویژه میکروالمنت‌ها است که این امر موجب بروز نشانه‌های کمبود برخی از عناصر می‌شود (۱).

در این مطالعه اصول مدیریت آب و کود برای محصولات گلخانه‌ای و مزرعه‌ای توضیح تشریح می‌گردد. علی‌رغم اینکه اطلاعات موجود در مورد احتیاجات آبی و کودی در کشت بدون خاک دقیق‌تر و قابل کنترل‌تر از اطلاعات موجود در مزرعه می‌باشد استفاده برخی از این اطلاعات مانند عناصر ضروری، شوری و pH که از خصوصیات ویژه خاک به حساب می‌آیند در مزرعه هم قابل قبول است. تا حدی عملیات کودی در کشت بدون خاک و مزرعه از هنگامی که روش آبیاری قطره‌ای و کوددهی مناسب و دقیق در مزارع رایج شده، مشابه یکدیگرند. نکات برجسته این مطالعه شامل احتیاجات آبی و کودی گیاه گوجه فرنگی در مراحل مختلف رشد، تقابل بین مواد غذایی، تقابل بین رژیم‌های کود دهنده و آبدهی که باعث اختلالات فیزیولوژیکی از قبیل پوسیدگی گل‌گاه، لکه زرد، آب‌گزیدگی، شکاف (ترک) و قهوه‌ای شدن پوست میوه می‌شوند.

الف- معیارهای کیفی و کمی آب و عناصر ضروری در ارتباط با آبیاری و کوددهی

کیفیت آب

کیفیت بالای آب (جدول ۱) هم در مورد کشت با خاک و کشت بدون خاک لازم است، در کشت بدون خاک الکالیته، شوری یا pH بالا ایجاد مشکل می‌کند و در این شرایط باستی آب تیمار و یا در صورت امکان منبع آبی عرض شود.

pH

pH منطقه ریشه بر قابلیت دستری بی به مواد غذایی تأثیر می‌گذارد. در خاکهای اسیدی با کمبود کلسیم، فسفر، منیزیم و مولیبدنوم (MO) مواجه هستیم. pH مناسب برای بیشتر محصولات در حدود ۶ می‌باشد اما گوجه تولیدی در مزرعه تا حدی به خاکهای اسیدی مقاوم است و محدوده تغییرات pH می‌تواند از ۵/۵ تا ۶/۸ باشد. گوجه‌های تولیدی در کشت بدون خاک نسبت به pH کمتر مقاوم‌ترند و بیشترین محصول در pH بین ۴/۵ تا ۵ بدست می‌آید و در pH برابر با ۷ حدود ۲۵ درصد کاهش محصول داریم (۲).

جدول ۱: راهنمای کیفیت آب آبیاری

مشکل			درجه مشکل
مشدید	افزایش	بدون مسئله	
بیشتر از ۳	۰/۷۵ -۳	کمتر از ۰/۷۵	شوری dS/m
-	۰/۵ -۰	بزرگتر از ۰/۵	نفوذپذیری EC(dS/m)
بزرگتر از ۹	۶ -۹	کمتر از ۶	SAR
سمیت یونهای ویژه جذب ریشه			
بیشتر از ۹	۳ -۹	کمتر از ۳	سدیم
بیشتر از ۱۰	۲ -۱۰	کمتر از ۲	کلر (meq/lit)
۲ -۱۰	۱ -۲	۱	بر (ppm)
جذب اندام هوایی (آبیاری بارانی)			
-	بیشتر از ۳	کمتر از ۳	سدیم (meq/lit)
-	بیشتر از ۳	کمتر از ۳	کلرید (meq/lit)
متفرقه			
بیشتر از ۳۰	۵ -۳۰	کمتر از ۵	(ppm)NO ₃ -N و NGF ₄
بزرگتر از ۸/۵	۱/۵ -۸/۵	کمتر از ۱/۵	(meq/lit) HCO ₃

شوری

شوری بالا باعث کاهش جذب آب و مواد غذایی می‌شود، همچنین اگر با گرما و خشکی همراه شود باعث پژمردگی و صدمه دائمی گیاه می‌شود. شوری بالا همچنین باعث افزایش سمیت یونها می‌شود. گوجه فرنگی در مزرعه در مقایسه با بقیه سبزیجات، کمتر به شوری خاک حساس است آستانه کاهش محصول ۰/۵ dS/m می‌باشد، و بازای افزایش هر واحد شوری، با ۱۰٪ کاهش محصول مواجه می‌شویم (۱۷). شوری در کشت بدون خاک می‌تواند بخاطر بھبود کیفیت میوه از مقادیر توصیه شده بیشتر درنظر گرفته شود. این مهم به چند روش می‌تواند رخداد، ساده‌ترین آن افزایش غلظت تمام مواد غذایی در محلول کودی می‌باشد. ولی این کار نسبتاً گران است و باعث آزاد شدن بیشتر ازت و فسفر در محیط می‌شود. بجای این کار می‌توان کلرید سدیم به محلول کود اضافه کرد و در همان زمان محلول مواد غذایی را به دقت بالانس کنیم و مقدار آب را ثابت نگهداشیم. در روش NFT^۱، کلرید سدیم با غلظت‌های ۵۰۰ گرم در لیتر سدیم و ۷۵۰ گرم در لیتر کلر، بیشترین عملکرد را در گوجه فرنگی زودرس می‌دهد (۲). از شوری زیاد در کشت rockwool نیز می‌توان استفاده کرد در صورتی که محیط ریشه به طور متناوب جهت جلوگیری از تجمع نمک شستشو داده شود. در کشت بدون خاک، شوری‌های بین ۳ تا ۱۷ dS/m به نظر نمی‌رسد که باعث پدیده پوسیدگی گل‌گاه (BER) شوند اگر چه از دلایل اصلی این نابسامانی شوری است هنگامی که با تنشهای دیگری مانند دمای بالا همراه شود (۲).

^۱ Nutrient film technique

رژیم‌های آبیاری

دورهای کاربردی وابسته به حجم ریشه، تشعشع، دما و کاهش فشار بخار (VPD) در مراحل مختلف رشد می‌باشد. کاربرد آب اضافه در مزرعه و گلخانه به واسطه جابجایی مواد غذایی و سموم به خارج از محیط کشت باعث آلودگی منابع آبهای سطحی و زیرزمینی می‌شود. آب ناکافی هم باعث کاهش رشد گیاه و صدمه دائمی به گیاه می‌شود. مصرف آب در گوجه‌فرنگی از یک منحنی سیگموئیدی پیروی می‌کند(۲۲). از مقدار کم در مرحله جوانه‌زنی شروع، سپس به تدریج تا شروع گلدهی زیاد می‌شود و در طول رسیدن به ماکریم خود می‌رسد، در این زمان سطح برگ آنها ماکریم است، از آن نقطه به بعد مصرف آب تا شروع اولین رسیدگی ثابت می‌ماند بعد از این زمان در گونه‌های محدود‌الرشد آنهایی که اغلب در مزارع کشت می‌شوند شدت مصرف آب کاهش می‌یابد. گونه‌هایی که از لحاظ رشد محدود نیستند معمولاً در گلخانه کشت می‌شوند و الگوی مصرف آب این گونه‌ها هم شبیه گونه‌های محدود‌الرشد می‌باشد. آبیاری اضافه هوای محیط ریشه را هم در مزرعه و هم در گلخانه کاهش می‌دهد اگر چه این روش در کشت بدون خاک به واسطه حجم کوچک ریشه و کاهش زهکشی متداول است. در هر سیستم سطوح کم اکسیژن (کمتر از ۳ گرم در لیتر) نه تنها جذب مواد غذایی را مشکل بلکه جلوگیری از رشد و عملکرد مناسب می‌کند(۲). در مزرعه زهکشی ضعیف خاک به واسطه وجود لایه‌های سخت امری متداول است. در کشت بی‌خاک در آب و هوای گرم با کمبود اکسیژن مواجه هستیم چون که اکسیژن قابل دسترس در محلول هنگامی که درجه حرارت منطقه ریشه زیاد می‌شود، کاهش می‌یابد. این موضوع در لایه‌های پیت نسبت به rockwool و پرلایت بیشتر اتفاق می‌افتد. چون که لایه‌های پیت ظرفیت نگهداشت آب بالا و در نتیجه زهکشی ضعیف دارند. در پیت آب اضافی متوجه به کمبود آهن می‌شود که یا باید آب را کاهش دهیم و یا آهن به تغذیه گیاه اضافه کنیم (۲).

مسئله دیگر در ارتباط با آبیاری گلخانه غلظت محلول کود می‌باشد. هنگامی که دمای گلخانه زیاد می‌شود جذب آب بیشتر از جذب مواد غذایی می‌شود. بنابراین غلظت مواد غذایی بالا می‌رود و شوری افزایش می‌یابد اگر این مسئله کنترل نشود هم جذب آب و هم جذب مواد غذایی کاهش می‌یابد و پژمردگی و کاهش رشد را به دنبال دارد. برای رفع این مشکل در زمستان هنگامی که درجه حرارت و نور منطقه ریشه کم است و جذب مواد غذایی کاهش می‌یابد بایستی محلول کودی غلظت بیشتر و بر عکس در تابستان آبکنی تر تهیه شود. رطوبت نسبی نیز بر جذب آب تأثیر می‌گذارد، در رطوبت نسبی بالا تعرق کاهش پیدا می‌کند، جذب آب کم و متعاقباً جذب کلسیم کاهش پیدا می‌کند به طوری که کلسیم فقط در بافت چوبی جابجا می‌شود و انتقال آن به اندامهای گیاه مختل می‌شود. فقدان کلسیم باعث پوسیدگی گل‌گاه می‌شود مخصوصاً هنگامی که با فاکتورهای تنفسی زیاد دیگر استرس همراه شود.

کود دهی (اصول کلی)

کشاورزان از ازت و فسفر به حد وفور استفاده می‌کنند تا آبشویی آن از محیط ریشه ممانعت جبران نمایند. این کار با اضافه کردن کود به زمین قبل از کاشت در مزرعه و یا نگهداری محلول مواد غذایی در حد بالا در کشت بدون خاک (ازت بیشتر از ppm ۲۰۰ و فسفر بیشتر از ppm ۲۰) انجام می‌شود. لذا به کشاورزان کاهش مصرف

ازت و فسفر توصیه می‌شود. مخصوصاً که آبشویی این عناصر سبب آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی می‌شود. در جداول زیر مقادیر توصیه شده برخی از عناصر اصلی غذایی در مراحل مختلف رشد ذکر شده است.

جدول ۲: راهنمای آزمون پتابسیم و نیترات ازت شیره خام موجود در دمبرگ گوجه‌فرنگی

غلظت در شیره خام دمبرگ (میلی گرم در لیتر)

پتابسیم	نیترات ازت	مراحل توسعه
۳۵۰۰ - ۴۰۰۰	۱۰۰۰ - ۱۲۰۰	مراحل اولیه رشد جوانه
۳۵۰۰ - ۴۰۰۰	۶۰۰ - ۸۰۰	اوایل باز شدن گل
۳۰۰۰ - ۳۵۰۰	۴۰۰ - ۶۰۰	میوه با قطر ۱ اینچ
۳۰۰۰ - ۳۵۰۰	۴۰۰ - ۶۰۰	میوه با قطر ۲ اینچ
۲۵۰۰ - ۳۰۰۰	۳۰۰ - ۴۰۰	برداشت اول
۲۵۰۰ - ۳۰۰۰	۲۰۰ - ۴۰۰	برداشت دوم

جدول ۳: برنامه کودی پیشنهادی برای محصول گوجه‌فرنگی

روزهای بعد از کاشت	کاشت	ازت روزانه پتابسیم روزانه	ازت فصلی پتابسیم فصلی	پوند بر واحد سطح
قبل از کاشت		-	-	۵۰
۰-۷	۰/۵	۰/۵	۱۲۸/۵	۵۳/۵
۸-۱۴	۰/۵	۰/۵	۱۳۲	۵۷
۱۵-۲۱	۰/۷	۰/۷	۱۳۶/۹	۶۱/۹
۲۲-۲۸	۰/۷	۱/۴	۱۴۶/۷	۶۶/۸
۲۹-۳۵	۱	۲	۱۶۰	۷۱/۷
۳۶-۴۲	۱	۲	۱۷۴	۷۸/۷
۴۳-۴۹	۱/۲	۲/۴	۱۹۰/۸	۸۷/۱
۵۰-۵۶	۱/۵	۳	۲۱۱/۸	۹۷/۶
۵۷-۶۳	۲	۴	۲۲۹/۸	۱۱۱/۶
۶۴-۷۰	۲/۵	۵	۲۷۴/۸	۱۲۹/۱
۷۱-۷۷	۲/۵	۵	۳۰۹/۸	۱۴۶/۶
۷۸-۸۴	۳	۶	۳۵۱/۸	۱۶۷/۶
۸۵-۹۱	۳	۶	۳۹۳/۸	۱۸۸/۶
۹۲-۹۸	۳	۶	۴۳۵/۸	۲۰۹/۶

در کشت بدون خاک جهت گردش آب در سیستم به ۲۰ تا ۳۰ درصد آب اضافه نیاز است. در سیستم مذکور pH و سطوح مواد غذایی کنترل شده و مواد به مقدار لازم به محلول اضافه می‌شود. با جایگزینی مواد غذایی و کنترل pH، یونها به مقدار مساوی جذب نمی‌شوند و با گذشت زمان مواد غذایی در محلول تجمع پیدا می‌کنند. به

این دلیل است که EC نمی‌تواند معیاری برای تعیین زمان تخلیه مواد غذایی باشد. اگر چه سیستم استفاده مجدد ضدغونی توسط اشعه ماوراء بنسش یا ازن در صورت می‌گیرد ولی مواد غذایی به واسطه انتقال امراض، به هم خوردن بالانس مواد غذایی و فشار ریشه، دیگر قابل استفاده نمی‌باشند. از سال ۲۰۰۰ تمام تولیدکنندگان گلخانه در هلند در صدد بهره‌برداری از سیستم استفاده مجدد برای کاهش رواناب می‌باشند. (۷)

جدول ۴: مقادیر محدود کننده، کافی، زیاد و سمی عناصر غذایی در برگ‌های بالغ همراه با دمیرگ در گوجه‌فرنگی

Mo	Cu	B	Zn	Mn	Fe	S	Mg	Ca	K	P	N	وضعیت	درصد
													میلی گرم در لیتر
۰/۲	۵	۲۰	۲۵	۳۰	۴۰	۰/۳	۰/۳	۱	۳	۰/۳	<۳	کمبود	۹۰
۰/۳-۰/۶	۵-۱۵	۲۰-۴۰	۲۵-۴۰	۳۰-۱۰۰	۴۰-۱۰۰	۰/۳-۰/۸	۰/۳-۰/۶	۱-۲	۳-۵	۰/۳-۰/۶	۳-۵	نرمال	۷۰
۰/۶	۱۵	۴۰	۴۰	۱۰۰	۱۰۰	۰/۸	۰/۵	۲	۵	۰/۶	>۵	زیاد	۵۰
۰/۲	۵	۲۰	۲۵	۳۰	۴۰	۰/۳	۰/۳	۱	۲/۵	۰/۲	<۲/۸	کمبود	۷۰
۰/۲-۰/۶	۵-۱۵	۲۰-۴۰	۲۵-۴۰	۳۰-۱۰۰	۴۰-۱۰۰	۰/۳-۰/۸	۰/۳-۰/۵	۱-۲	۲/۵-۴	۰/۲-۰/۴	۲/۸-۴	نرمال	۷۰
۰/۶	۱۵	۴۰	۴۰	۱۰۰	۱۰۰	۰/۸	۰/۵	۲	۴	۰/۴	>۴	زیاد	۵۰
-	-	۲۵۰	۳۰۰	۱۵۰۰	-	-	-	-	-	-	-	سمیت (<)	۵۰
۰/۲	۵	۲۰	۲۰	۳۰	۴۰	۰/۳	۰/۲۵	۱	۲/۵	۰/۲	<۲/۵	کمبود	۹۰
۰/۲-۰/۶	۵-۱۰	۲۰-۴۰	۲۰-۴۰	۳۰-۱۰۰	۴۰-۱۰۰	۰/۳-۰/۶	۰/۲۵-۰/۵	۱-۲	۲/۵-۴	۰/۲-۰/۴	۲/۵-۴	نرمال	۷۰
۰/۶	۱۰	۴۰	۴۰	۱۰۰	۱۰۰	۰/۶	۰/۵	۲	۴	۰/۴	>۴	زیاد	۵۰
-	-	۲۵۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	سمیت (<)	۵۰
۰/۲	۵	۲۰	۲۰	۳۰	۴۰	۰/۳	۰/۲۵	۱	۲	۰/۲	<۲	کمبود	۹۰
۰/۲-۰/۶	۵-۱۰	۲۰-۴۰	۲۰-۴۰	۳۰-۱۰۰	۴۰-۱۰۰	۰/۳-۰/۶	۰/۲۵-۰/۵	۱-۲	۲-۴	۰/۲-۰/۴	۲-۳/۵	نرمال	۷۰
۰/۶	۱۰	۴۰	۴۰	۱۰۰	۱۰۰	۰/۶	۰/۵	۲	۴	۰/۴	۳/۵	زیاد	۵۰
۰/۲	۵	۲۰	۲۰	۳۰	۴۰	۰/۳	۰/۲۵	۱	۱/۵	۰/۲	<۲	کمبود	۹۰
۰/۲-۰/۶	۵-۱۰	۲۰-۴۰	۲۰-۴۰	۳۰-۱۰۰	۴۰-۱۰۰	۰/۳-۰/۶	۰/۲۵-۰/۵	۱-۲	۱/۵-۲/۵	۰/۲-۰/۴	۲-۳	نرمال	۷۰
۰/۶	۱۰	۴۰	۴۰	۱۰۰	۱۰۰	۰/۶	۰/۵	۲	۲/۵	۰/۴	۳	زیاد	۵۰

مشکلات موجود در روند رشد گیاه گوجه‌فرنگی در اثر عدم تعادل عناصر غذایی مختلف

کمبود ازت

تشخیص کمبود ازت گاهی اوقات اگر شاهدی برای مقایسه نداشته باشیم مشکل است. رشد کلی ممکن است کاهش پیدا کرده باشد در حالی که برگ‌ها سالم به نظر می‌رسند ولی رنگشان کمی از حالت معمول کمرنگ‌تر است. علائم، ابتدا در برگ‌های پائین‌تر (مسن‌تر) ظاهر می‌شوند و سپس به بقیه جاها انتقال می‌یابد، چون که ازت یک عنصر محرك و در حال حرکت از بافت‌های پیرتر به بافت‌های جوانتر است. در قسمت بالای گیاه عالیم عبارت از گلهای رنگ پریده‌تر به جای گلهای زرد و لاغری ساقه اصلی می‌باشد. در کل ظاهر گیاه لاغر است و به جای اینکه شاخ و برگ شاداب و پرآب باشند (پرشیره)، برگ‌ها کوچک، ایستاده و خسبی‌اند و در طول زمان شاهد زرد شدن

کل گیاه، ریزش گل و کوچک ماندن میوه می‌باشیم. در خاکهای سنگین و یا خاکهای شنی پس از آبشویی سنگین، نیز می‌توان به خاطر آب ماندگی شاهد کمبود ازت بود. کاربرد زیاد کاه و کلش و یا مواد آلی که دارای نسبت کربن به ازت زیاد هستند نیز باعث کمبود ازت می‌شود (۱۸).

سمیت ازت

ازت اضافی باعث تیرگی رنگ برگ، ضخیمی و شکنندگی برگ می‌شود و در بالای گیاه، ساقه قطور می‌شود و برگهای تازه به هم می‌پیچند و توب مانند می‌شوند. تشکیل میوه ضعیف است لیکن خوشها و گلهای بزرگ‌اند. در ابتدا رشد برگ جهشی و در نهایت دراثر ازت اضافی، محدود می‌شود. گوجه در شرایط نورکم به ازت به فرم آمونیم بیشتر از فرم نیترات آن حساس می‌باشد نشانه‌های ناشی از صدمه آمونیم، لکه‌های سبز رنگ کوچک روی برگهای است که بعداً قهوه‌ای می‌شوند و برگ از بین می‌رود. این لکه‌ها بزرگ می‌شوند و سطح بین رگبرگها را کاملاً می‌پوشانند و باعث سوختگی و لوله شدن حاشیه برگ‌ها می‌شوند.

کمبود فسفر

آثار کمبود فسفر اول در برگهای پایین‌تر و ساقه نمایان می‌شود (حرکت فسفر نیز مانند ازت از بافت‌های مسن به سمت بافت‌های جوان است). کمبود فسفر رشد گیاه را به تعویق می‌اندازد، برگها سبز تیره و سپس قرمز یا بنفش رنگ می‌شوند و به مرور زمان آثار کمبود در ساقه و گلبرگها دیده می‌شود، به طوری که برگ‌ها کوچک و به سمت زیر خم می‌شوند. در موارد کمبود شدید، برگ‌ها زرد و در پی آن قهوه‌ای، گیاه باریک و ضعیف، روند تکامل خوشها ضعیف و ریشه‌ها قهوه‌ای و انشعابات آنها کم می‌شود.

سمیت فسفر

سمیت فسفر غیر معمول است اما فسفر اضافی ممکن است به کاهش عناصر میکرو منجر شود.

کمبود پتاسیم

در صورتی افزایش پتاسیم باعث افزایش عملکرد می‌شود که محدودیت ازت نداشته باشیم. اولین نشانه کمبود پتاسیم رنگ سبز تیره شاخ و برگ می‌باشد که بعداً قهوه‌ای ارغوانی می‌شود. زرد و قهوه‌ای شدن حاشیه‌ها در ابتدا در برگهای پایین ظاهر می‌شود و سپس تا بالای گیاه برگهای جوان توسعه پیدا می‌کند. پتاسیم هم مانند فسفر و ازت در آوندهای آبکش حرکت می‌کند. زرد شدن اول در حاشیه برگهای مسن اتفاق می‌افتد و برگها به طرف پایین خم می‌شوند. این زردی از رگبرگها شروع سپس مرکز برگ و متعاقباً حاشیه‌های برگ را در بر می‌گیرد. در مرحله توسعه، رگبرگهای کوچک رنگشان را از دست می‌دهند و آثار سوختگی به سادگی در برگهای مسن نمایان است. برگهای جوان زرد می‌شوند و کوچک می‌مانند، رشد گیاه محدود و رسیدن میوه غیریکنواخت می‌شود. زرد شدن رگبرگها نشان از کمبود منیزیم نیز می‌تواند باشد، گاهی این دو کمبود با هم همراهند. در مقایسه با کمبود منیزیم، کمبود پتاسیم احتمال دارد در امتداد حاشیه‌های برگ و همچنین همراه با لکه‌های قهوه‌ای باشد.

سمیت پتاسیم

سمیت پتاسیم به خودی خود کمتر اتفاق می‌افتد ولی مقدار زیاد پتاسیم ممکن است باعث کاهش کلسیم یا منزیزیم و یا خطر نمک اضافی شود. کمبود کلسیم باعث پوسیدگی گل گاه می‌شود. کاهش عملکرد در سطوح بالای پتاسیم اتفاق می‌افتد هنگامی که نسبت K/N در محلول غذایی خیلی زیاد و یا هر دو زیاد باشند در این مورد کاهش محصول به شوری نسبت داده می‌شود. سطوح بالای پتاسیم حتی در شرایطی که با کاهش عملکرد مواجه باشیم شکل میوه را بهتر، اندازه و نسبت پوکی میوه را کم می‌کند.

کمبود کلسیم

کمبود کلسیم به صورت خشکیدگی نوک برگها و پوسیدگی گل گاه نمایان می‌شود. رایج‌ترین آثار کمبود کلسیم در گیاه شامل: محدودیت رشد، کاهش آماس سلولی، رنگ سبز تیره برگهای کوچک که بعداً زرد یا نارنجی یا ارغوانی می‌شود، میانگرهای کوچک، پیچیدن برگها و تا شدن آنها، سوختن حاشیه برگها و سرخشکیدگی برگها می‌باشد. در شرایط کمبود کلسیم توسعه ریشه ضعیف و ریشه‌های جانبی کم می‌شوند، خوشه ضعیف و مراحل تشکیل و رسیدن میوه کند پیش می‌رود. در بیشتر حالات کمبود کلسیم از خاک نیست و ناشی از عوامل محیطی و کشت است. یکی دیگر از فاکتورهایی که باعث کمبود کلسیم می‌شود تنفس آبی گیاه می‌باشد که متنج از توزیع ناکافی و نامناسب آب، تغییرات زیاد رطوبت نسبی و یا بالا بودن سطح نمک می‌باشد.

سمیت کلسیم

همواره کلسیم، منزیزیم و پتاسیم برای جذب توسط گیاه با یکدیگر در رقابتند بنابراین افزایش یکی کاهش دیگری را به دنبال دارد.

کمبود منزیزیم

در مراحل ابتدایی کمبود منزیزیوم حاشیه برگهای پایین زرد می‌شود. این زردی به سرعت در رگبرگهای فرعی برگهای پایین، توسعه پیدا می‌کند در حالی که رگبرگهای بزرگ سبز باقی می‌مانند. کمبود منزیزیم ابتدا در برگهای پایین و وسط ظاهر می‌شود در حالی که کمبود آهن و منگنز ابتدا در برگهای پایین ظاهر می‌شود. زردی بعداً به بالای گیاه منتقل می‌شود و این در حالی است که برگهای پایین را لکه‌های قهوه‌ای فرا گرفته است. در وضعیت شدیدتر برگهای پایین کاملاً خشکیده و تمام گیاه زرد و پژمرده می‌شود. کمبود منزیزیم کمترین تأثیر را در تولید میوه دارد، هنگامی در تولید میوه تأثیرگذار است که عمل فتوستتر گیاه به طور جدی محدود شود. اثر کمبود منزیزیم به واسطه pH و پتاسیم بالا و غلظت کم ازت در مرحله میانی رشد تشدید می‌شود.

سمیت منزیزیم

سطوح بالای منزیزیم باعث کمبود کلسیم و منزیزیم می‌شود و این به خاطر رقابتی است که این عناصر در جذب توسط گیاه با هم دیگر دارند.

روشهای کوددهی

۱- کاربرد قبل از کاشت و اعمال کود اضافی بر اساس مرحله رشد گیاه

جدالوں ۵ و ۶ چگونگی استفاده از کود قبل و بعد از کاشت را نشان می‌دهد.

جدول ۵: مواد غذایی توصیه شده بر اساس آزمایش خاک برای نشاکاری در زمینهای آماده کاشت.

توضیحات	K ₂ O (lbs/A)			P ₂ O ₅ (lbs/A)			N(lbs/A)	
	سطح پتابسیم خاک			سطح فسفر خاک			کم	متوسط
	زیاد	متوسط	کم	زیاد	متوسط	کم		
مقدار کل توصیه شده	۶۰	۱۲۰	۱۸۰	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۱۰۰	۱۰۰
توزیع و دیسک کردن قبل از کاشت	۶۰	۱۲۰	۱۸۰	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۵۰	
کاربرد هنگامی که یک خوش داد	۰	۰	۰	۰	۰	۰		۵۰

جدول ۶: مواد غذایی توصیه شده بر اساس آزمایش خاک برای نشاکاری زیر پوشش پلاستیک.

توضیحات	K ₂ O (lbs/A)			P ₂ O ₅ (lbs/A)			N(lb/A)	
	سطح پتابسیم خاک			سطح فسفر خاک			کم	متوسط
	زیاد	متوسط	کم	زیاد	متوسط	کم		
مقدار کل توصیه شده	۶۰	۱۲۰	۱۸۰	۶۰	۱۰۰	۱۵۰	۱۰۰	۱۰۰
توزیع و دیسک کردن قبل از کاشت	۰	۶۰	۱۲۰	۰	۴۰	۹۰	۴۰	
کاربرد یک هفته بعد از نشاکاری	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
کاربرد هنگامی که اولین میوه قطری به اندازه ۱ اینچ داشته باشد	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	
کاربرد وقتی که اولین میوه تغییر رنگ داد	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰

۲- کود دهی قبل از کاشت به همراه کود آبیاری عموماً در مزرعه برای تعیین سطوح مواد غذایی اصلی گیاه آزمون خاک انجام می‌گیرد. جداول ۵، ۶، ۷، و ۸ بر همین اساس تهییه شده‌اند.

۳- محلول پاشی برگی

از محلول پاشی روی شاخه و برگ به علت عدم جذب مناسب و احتمال صدمه گیاه توصیه نمی‌گردد. به هر حال در شرایط اضطراری اسپری شاخ و برگ گاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای کمبود شدید ازت کافی است از اوره با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر استفاده کنیم. کمبود فسفر را از طریق پتابسیم و یا فسفات آمونیم می‌توان جبران کرد ولی اگر باعث وارد شدن خسارت جدی به برگ شود، توصیه نمی‌شود. برای کمبود پتابسیم از محلول سولفات پتابسیم با غلظت ۲۰ گرم در لیتر می‌توان استفاده کرد. کمبود کلسیم را با نیترات کلسیم ۷ تا ۲ گرم در لیتر و یا محلول کلرید کلسیم ۰/۳٪ می‌توان جبران کرد. هنگامی که با نابسامانی پوسیدگی گل‌گاه مواجه هستیم محلول پاشی روی برگ نمی‌تواند کلسیم را به میوه منتقل کند. بنابراین در این شرایط کلسیم را بایستی به سطح میوه اضافه کنیم (۲).

جدول ۷: توصیه کودی بر اساس آزمون خاک.

		نتایج آزمون خاک	فسفر
(lbs/A)		نتایج آزمون خاک	
۱۸۱-۲۴۰	کم (< ۳۰ lbs/A)		
۶۱-۱۸۰	متوسط (۳۱-۶۰ lbs/A)		
۱-۶۰	زیاد (۶۱-۸۰ lbs/A)		
.	خیلی زیاد (> ۸۰ lbs/A)		
	پتابسیم		
پتابس مورد نیاز بر حسب (lbs/A)		نتایج آزمون خاک	
۱۲۱-۲۵۰	کم (< ۲۰۰ lbs/A)		
۶۱-۱۲۰	متوسط (۲۰۱-۳۰۰ lbs/A)		
۱-۶۰	زیاد (۳۰۱-۴۵۰ lbs/A)		
.	خیلی زیاد (> ۴۵۰ lbs/A)		
ازت مورد نیاز بر حسب (lbs/A)		ازت پایه جائیکه گوجه فرنگی	
۳۰	۱- بعد از بقولات کشت می شود		
۵۰	۲- بعد از گیاهان چمنی کشت می شود		
۶۰	۳- در ادامه محصولات دیگر کشت می شود		

جدول ۸: توصیه های کودی برای گوجه فرنگی داربستی.

کل ازت مورد نیاز	ازت خالص در هفته (lbs/A)	نیترات آمونیم (lbs/A)	نیترات کلسیم (lbs/A)
۷۵lbs/A	۵۱Lbs.120Z	۱۷	۳۷
۱۰۰lbs/A	۷۱Lbs.120Z	۲۳	۵۰

۴- روش مواد آلی

هنگامی که با مواد آلی کار می کنیم پیش‌بینی احتیاجات ازت مشکل است . مواد آلی در مقایسه با مواد غیر آلی تا تجزیه نشوند ازت را آزاد نمی کنند. بنابراین در اوایل فصل که به ازت زیادتری احتیاج داریم ممکن است مواد آلی آن را تامین نکنند. خاکهای آلی در اواخر فصل ازتشان را آزاد می کنند و ترکیب مناسبی برای گیاه فراهم می کنند.

ب- نابسامانی های فیزیولوژیکی در ارتباط با آبیاری و کوددهی

عارضه پوسیدگی گل گاه^۱ (BER)

اولین علائم پوسیدگی گل گاه، سفید یا قهوه‌ای شدن قسمت‌هایی از بافت میوه می باشد. سپس آثار داخلی آن در جفت میوه و آثار خارجی آن در فرابر قسمت گل گاه ظاهر می شود. ظاهراً اختلالات به صورت لکه‌های کوچک،

^۱ - Blossom- end rot

آبکی و نزدیک زخم شکوفه در گوجه سبز، شروع و به محض بزرگ شدن لکه، بافتها تحت تأثیر قرار می‌گیرند، لکه‌ها خشک و از روشنی به قهوه‌ای تیره تبدیل و به تدریج عمیق می‌شوند^(۳).

دلایل بروز نابسامانی

طی سالیان گذشته دلیل پوسیدگی گل‌گاه را به خاطر کمبود آب و کلسیم در منطقه ریشه می‌دانسته‌اند. ولی اخیراً Adams و Ho (۱۹۹۳) اظهار داشته‌اند این اختلال از تأثیر مرکب آناتومی، ژنتیک و فاکتورهای محیطی بروز می‌کند. بر اساس نظریات ایشان دلیل پوسیدگی گل‌گاه، فقدان تطبیق بین انتقال مواد پرورده (مواد حاصل از فرآیند کربن گیری) به وسیله آوند آبکش و کلسیم به وسیله آوند چوبی، در طول بزرگ شدن سریع سلول در بافت جفت می‌باشد. به‌طور مثال تقابل بین آهنگ رشد میوه و تحصیل کلسیم در انتهای میوه و شرایط محیطی، تأثیر قابل توجهی بر وجود پوسیدگی گل‌گاه دارند، حساسیت ژنتیکی هم از موجبات اصلی این اختلال است. از نظر آناتومی فقدان کلسیم به صورت فوری (لحظه‌ای) باعث خرابی بافتها می‌شود و باعث پیشرفت این بی‌نظمی (اختلال) می‌شود. این مشکل ممکن است حتی در موقعی که در منطقه ریشه کلسیم نسبتاً زیاد است اتفاق بیفتد. هنگامی که کلسیم میوه کاهش پیدا می‌کند احتیاجات دیواره سلولی و غشاء سلولی برآورده نمی‌شود. کمبود مواد سلولی به خاطر ضعیف شدن دیواره سلولی و از دست رفتن خاصیت تراوایی غشاء سلولی دلایل اصلی نشانه‌های پوسیدگی گل‌گاه می‌باشد. تنگی بافت آوندی مخصوصاً در موقعی که میوه در حال رشد است باعث حساسیت بیشتر مناطق انتهائی میوه به کمبود کلسیم می‌شود. تعداد غلافهای آوندی از تنہ کاهش پیدا می‌کند (۶) و در طول دو هفته بعد از گل شکفتگی، نمو سریع میوه نشان می‌دهد که تراکم غلافها کاهش پیدا کرده است. این مسائل همه باعث کاهش سریع غلظت کلسیم در بافت میوه می‌شود (۱۰). تنش آبی، رطوبت نسبی روزانه کم، نور و درجه حرارت زیاد باعث پوسیدگی گل‌گاه می‌شود (۲۱ و ۲۶). به نظر می‌رسد تمام این تنشها انتقال کلسیم به میوه را کاهش می‌دهد. رطوبت روزانه پائین و درجه حرارت زیاد، تعرق را زیاد می‌کند و بنابراین کلسیم بیشتر جذب برگ و کمر جذب میوه می‌شود. بر عکس رطوبت زیاد تعرق را کاهش داده و بنابراین تجمع کلسیم در برگ کم و در میوه افزایش می‌یابد (۴). سرعت بزرگ شدن میوه تقاضا را برای کلسیم جهت ساخته شدن غشاء سلولی بیشتر می‌کند و این به خاطر بزرگ شدن سلولها می‌باشد (Dekock ۱۳). همکاران مشاهده کردند گوجه‌های تنک شده (یک یا دو میوه به هر خوشی) دارای اندازه بزرگتری‌اند ولی متعاقباً بیشتر تحت تأثیر پوسیدگی گل‌گاه قرار می‌گیرند. نابسامانی پوسیدگی گل‌گاه در شرایط شوری شدت می‌یابد. شوری به علت کاهش جذب آب، جذب کلسیم و مقدار کلسیم میوه را کاهش می‌دهد (۴). افزایش شوری با عناصری مثل منیزیم و پتاسیم به خاطر اینکه با کلسیم رقابت می‌کند نسبت به کلرید سدیم، بیشتر باعث پوسیدگی گل‌گاه می‌شود (۴). به طور مشابه ازت به شکل آمونیم در مقابل ازت نیتراته نیز پدیده مذکور را بیشتر شدت می‌بخشد (۸ و ۲۱). توسعه آوند چوبی در داخل میوه هم با شوری محدود می‌شود (۶) و باعث کاهش حرکت کلسیم به قسمت انتهای میوه می‌شود. شوری بالا باعث بالا بردن کیفیت میوه از نظر مقدار ماده خشک، مقدار قند، اسیدیته و عمر ماندگاری می‌شود علی‌رغم اینکه عملکرد را کم و خطر پدیده پوسیدگی گل‌گاه را زیادتر می‌کند. از دید کلی نابسامانی پوسیدگی گل‌گاه به صورتهای زیر اتفاق می‌افتد. هنگامی که یک دوره رشد همراه شود با کم و زیادی نور (آفتابی و ابری)، روزهای طوفانی (گرد و خاکی)، درجه حرارتی

اضافیکه باعث کاهش رطوبت نسبی می‌شود و در نتیجه تعرق افزایش یافته و بنابراین آب بیشتری به برگها رانده می‌شود و از میوه دور می‌ماند. بنابراین در گلخانه جهت کاهش دما تهویه کافی لازم است. تا کاهش دما می‌تواند از کاهش رطوبت جلوگیری کند و حرکت کلسیم به سمت میوه بیشتر شود. افزایش نور باعث افزایش پدیده فتوستتر شده و اگر با افزایش دما همراه شود تقاضا برای کلسیم را افزایش می‌دهد. همچنین اگر شوری متأثر از سطوح زیاد نیترات آمونیم باشد شناسن به وجود آمدن این نابسامانی بیشتر می‌شود.

کنترل

پدیده پوسیدگی گل‌گاه نسبتاً شناخته شده است اما کنترل آن در عمل همیشه میسر نیست برای مثال نوسانات کمبود آب خاک این پدیده را افزایش می‌دهد (۲۱ و ۲۴) بنابراین پوشش (مالچ) ممکن است این پدیده را به واسطه کاهش دادن تلفات آب، کاهش دهد. در کنترل پدیده پوسیدگی گل‌گاه دستورالعمل زیر می‌تواند مفید باشد:

- در ابتدا باید مطمئن شد که منطقه ریشه کلسیم کافی وجود دارد و غلظت کاتیونهای رقیب مانند پتاسیم و کلسیم از حد مجاز بیشتر نباشد. پتاسیم و منیزیم به ترتیب نباید از ۴۰۰ و ۸۰ میلی گرم در لیتر بیشتر شوند. لیکن وجود بیشتر از ۵۰۰ میلی گرم در لیتر سدیم تأثیر کمی بر جذب کلسیم و نابسامانی پوسیدگی گل‌گاه دارد (۲).

- دوم شوری منبع آب نباید بیشتر از ۴ تا $5 \frac{dS}{m}$ باشد (۲).

- سوم از دمای زیاد در موقع روز و رطوبت کم باقیتی پرهیز کرد. مه پاشی داخل گلخانه باعث کاهش پدیده پوسیدگی گل‌گاه می‌شود. بالاخره در تمام نابسامانی‌های فیزیولوژیکی رقمهای مختلف دارای حساسیتهاي مختلف‌اند.

عارضه لکه و خال زرد^۱

حالها یا لکه‌های زرد مخصوصاً در تابستان بیشتر در اطراف کاسه گل و شاخه‌های میوه بالغ دیده می‌شوند. در میوه سبز خالها سفیدند و تعدادشان کمتر است. این خالها جذابیت و عمر ماندگاری میوه را کاهش می‌دهند (۱۶). سلولهایی که در منطقه خالهای طلائی‌اند حاوی مقادیر زیاد نمکهای کلسیم به صورت توده‌ای (کریستال) هستند.

دلایل

این خالها نشانه کلسیم اضافی در میوه می‌باشد. Dekreij و همکاران به این نتیجه رسیدند که تحت شرایط رطوبت زیاد هوا و نسبت Ca/K زیاد، کلسیم بیشتری به میوه انتقال پیدا می‌کند و باعث افزایش خالهای زرد می‌شود. اضافه شدن فسفر باعث اضافه شدن شدت جذب کلسیم و افزایش خالها می‌شود. بر اساس نتایج تحقیق اگر نیترات اضافه و یا CL, K, NH_4 و یا EC در تغذیه کاهش یابد سطح لکه‌های زرد کاهش می‌یابد، دلیل آن این است که با کاهش جذب کلسیم خالهای زرد کاهش می‌یابد. وقتی که دما در طول فصل رشد اضافه می‌شود، لکه‌های زرد زیاد می‌شوند مخصوصاً هنگامی که متوسط دمای گلخانه بیشتر از معمول می‌شود. تا وقتی که مقدار کلسیم میوه اضافه نشده دمای بالا ممکن است باعث رسوب کلسیم به صورت اکسالات در میوه شود (۱۴).

^۱ - Gold spot, gold speck

کتیرل

یکی از روش‌های کاهش این نابسامانی جلوگیری استفاده از ارقام حساس می‌باشد (۱۵). مقاومت ارقام به پوسیدگی گل‌گاه حساسیت آنها را به لکه‌های زرد بیشتر می‌کند (۱۴). Voogt و Sonneveld (۱۹۹۰) نتیجه گرفتند افزایش EC در محلول مواد غذائی ایجاد لکه‌های زرد را کاهش می‌دهد همان‌طور که اضافه شدن K/Ca و منیزیم این کار را انجام می‌دهد. در هر ۳ مورد مکانیزم طوری است که از جذب کلسیم اضافی جلوگیری شود. Ho و همکاران (۱۹۹۹) توصیه کردند در محلول‌های هیدروپونیک : غلظت کلسیم را از ۲۰۰ ppm به ۱۲۰ ppm کاهش دهید، دمای میوه را کاهش و ازت کم ولی کافی ۱۸۰ ppm، پتانسیم کافی نه خیلی زیاد (۴۰۰ ppm) و بالاخره از تخلیه کامل فسفر ($>5\text{ppm}$) جلوگیری به عمل آورید . بر اساس این دستورالعمل لکه‌های زرد کاهش می‌یابد در حالی که از پوسیدگی گل‌گاه هم جلوگیری می‌شود.

عارضهٔ ترک خوردنگی میوه^۱

ترک‌ها به صورت دوازیری متعددالمرکز و یا به صورت شعاعی در اطراف محل جدا شدن میوه از ساقه ایجاد می‌شوند.

دلایل

ترک‌خوردنگی میوه یک نابسامانی پیچیده می‌باشد. در جاهانی که در زمان رسیدن میوه، بارندگی داریم مشکلات و تلفات در این ارتباط بیشترند. میوه ترک خورده به آفات و امراض حساس می‌شود. Peet (۱۹۹۲) با تلفیق تمام عوامل زراعی و محیطی، این نابسامانی را به صورت زیر توضیح داده است :

ترک میوه هنگامی که جریانی از محلول غذایی و به خصوص آب، در زمان رسیدن میوه، وارد آن شود و یا دیگر عواملی که باعث کاهش مقاومت پوست گوجه شوند، اتفاق می‌افتد. افزایش دمای میوه فشار گوشت میوه به پوست را زیاد می‌کند که نتیجه آن مشاهده ترک در میوه رسیده می‌باشد. در میوه سبز، عمل ترک خوردن بعد از مرحله رسیدن اتفاق می‌افتد، هنگامی که ترکهای کوچکی که قبلاً به وجود آمده بودند بزرگ و قابل رویت می‌شوند. در شرایط نور زیاد مخصوصاً بر روی میوه‌هایی که در معرض سایه قرار ندارند شدت ترک خوردنگی زیادتر است. نور زیاد، دمای میوه را زیاد می‌کند، آهنگ رشد میوه را سریع‌تر و بنابراین ممکن است ایجاد ترک‌خورگی کند. رطوبت زیاد خاک الاستیسیتیه پوست میوه گوجه را کاهش می‌دهد. کم بودن الاستیسیتیه باعث رشد سریع میوه می‌شود و بنابراین شکاف‌های کوچک، بزرگتر و قابل رویت می‌شوند. گیاهانی که در رطوبت خاک کمتر قرار گرفتند دارای رشد کندر و ترکهای کمتر هستند. تغییرات در رطوبت خاک در طول مرحله رشد میوه بر مقاومت پوست میوه گوجه تأثیر می‌گذارد. هرچه مقدار رطوبت خاک کاهش یابد مقاومت پوست گوجه فرنگی زیادتر می‌شود. در حقیقت تغییرات رطوبت خاک از کم تا زیاد در مقایسه با هر رژیم رطوبتی ثابت دیگر در دوره رشد بیشتر باعث کاهش استحکام پوست میوه می‌شود. این تغییرات معمولاً هنگامی اتفاق می‌افتد که خشکی به وسیله آبیاری یا باران قطع می‌شود. ترک در اثر رطوبت هوا و یا آبیاری بارانی هم ایجاد می‌شود. زیرا آب از طریق این ترکها وارد میوه

^۱ - Fruit Craking

می‌شود. در گلخانه آب اضافی ایجاد شکاف به صورت شعاعی را افزایش می‌دهد. این در حالی است که در کشت گوجه فرنگی در مزرعه، پدیده ترک در سطوح بالای رطوبت گزارش نشده است (۲۰). خصوصیات اندامی گونه‌های حساس به ترک‌خوردگی عبارتند از:

اندازه بزرگ میوه، مقاومت و قابلیت کم‌انعطاف‌پذیری پوست هنگام صورتی شدن میوه در مرحله رسیدن، پوست نازک، فرابر نازک، قطر کم کوتین، تعداد کم میوه در هر گیاه و میوه‌هایی که در معرض سایه‌انداز شاخ و برگ نباشند (۱۹).

اگر چه اصلاح پدیده ترک‌خوردگی به خودی خود مشکل است لیکن ارقام تجاری گوجه فرنگی به گونه‌ای اصلاح شده‌اند که هم دارای پوست سخت بوده به ترک‌خوردگی مقاوم‌نم هستند. بنابراین تلفات ناشی از حمل و نقل گوجه فرنگی در مزرعه کاهش یافته است. علاوه بر این بیشتر محصولات در زمانی که حساسیت کمتری به ترک‌خوردگی وجود دارد (مرحله بلوغ سبز) برداشت می‌شوند. در مناطق دارای بارندگی زیاد پدیده ترک‌خوردگی بیشترین معضل برای تولید گوجه فرنگی تجاری می‌باشد.

کنترل

عملیات زراعی که باعث رشد نسبتاً آهسته و یکنواخت گیاه و همراه با رطوبت کم خاک باشد مشکل ترک‌خوردگی میوه را کمتر می‌کند (۱۹). در مزرعه، عامل پدیده ترک‌خوردگی را مربوط به نوسانات منبع آب می‌دانند. به عنوان نمونه هنگامی که دوره طولانی خشکسالی با یک بارندگی سنگین همراه شود پدیده ترک‌خوردگی اتفاق می‌افتد. عملیاتی که دمای روزانه میوه را کاهش دهد باعث کاهش ترک در میوه می‌شود، برای رسیدن به این مهم در مزرعه بایستی پوشش سبزینگی را حفظ کنیم و در گلخانه باید اختلاف دمای شب و روز را به حداقل برسانیم و دمای شب را به تدریج اضافه کنیم تا به دمای روز برسد. هم در گلخانه و هم در مزرعه بایستی برداشت در مرحله رسیدگی صورتی انجام گیرد و از گونه‌های مقاوم به ترک‌خوردگی استفاده کرد.

عارضه زنگار - ترک خوردگی کوتیکول^۱

زنگار یک نابسامانی در پوست گوجه فرنگی است که با ایجاد شکافهای موئی شکل غیرقابل روئیت، ۲۵ درصد سطح میوه را می‌پوشانند (۵). میوه زبر است و هنگامی که لمس می‌شود ترکها بیشتر از قسمتهاي صاف است. بعضی اوقات پوست میوه از بین رفته و به طور معنی‌داری عمر ماندگاری میوه‌های برداشت شده کم می‌شود (۱۲). هنگامی که میوه نزدیک به بلوغ است شکافها ظاهر می‌شوند. تقریباً شروع این نابسامانی از ۶ یا ۷ هفته پس از تشکیل میوه شروع می‌شود. در اول و آخر فصل تولید شیوع آن بیشتر است (۵).

دلایل

شناخت درستی از زنگار نه در مزرعه و نه در گلخانه وجود ندارد. زنگار در کشت‌های بی‌خاک در مقایسه با نابسامانی ترک‌خوردگی رایج‌تر است ولی شرایطی که برای ترک‌خوردگی مناسب باشد برای زنگار هم مناسب است. احتمال می‌رود در هر دو حالت توسعه لایه محافظ پوست نمی‌تواند با بزرگ شدن میوه هماهنگ باشد. رقمهای با

^۱ - Russetting/ Cuticle cracking

حساسیت بالا نسبت به زنگار دارای یک محافظ پوست به همراه دیواره سلولی هستند که 80° درصد ضخیمتر از میوه‌های بدون ترک است (۹). این ممکن است نمایانگر یک اپیدرم با قابلیت انعطاف کم و سخت باشد (همان شرایطی که برای ترک خوردنگی پیش می‌آید). میوه‌ها با روند رشد زیاد در مرحله بلوغ بیشتر تحت تأثیر زنگار قرار می‌گیرند (۵). نسبت کم میوه به برگ باعث افزایش زنگار می‌شود که این مهم احتمالاً به خاطر افزایش شدت رشد میوه صورت می‌گیرد. این حالات ممکن است در اوایل برداشت نمایانگر شود چون هم مقدار و تراکم میوه کم شده است. Emmons و Scott (۱۹۹۶) نتیجه گرفتند مقدار زنگار با مقدار بارندگی در طول ۲ هفته قبل از برداشت بستگی دارد.

کنترل

برای کنترل زنگار در سیستمهای بدون خاک، موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

انتخاب رقم مقاوم، دوری از نوسان زیاد بین دما و رطوبت نسبی روز و شب، جلوگیری از تغییرات زیاد در هدایت الکتریکی محلول مواد غذایی و نگهداشتن حداقل $Ec = \frac{3ds}{cm}$ برای لایه‌های rockwool و کمترین برگ‌زدائی (۱۲). زمانی که نسبت سطح برگ به میوه ثابت و شدت رشد میوه کاهش یابد زنگار بهتر کنترل می‌شود. Emmons و Scott مقابله با این نابسامانی در مزرعه پیشنهاد کردند: از گیاهان داربستی استفاده شود، از شاخ و برگ در مقابل بیماریها و امراض در طول برداشت محافظت شود تا میوه در مقابل نور مستقیم قرار نگیرد، از رقم‌های مقاوم استفاده و در نهایت اگر ممکن است میوه را قبل از زمان بارندگی برداشت گردد.

عارضه آماس^۱

این نابسامانی اغلب با بیماری‌های باکتریایی و قارچی اشتباه می‌شود. در مراحل اول این نابسامانی لکه‌های آبله‌ای شکل بر روی برگ ظاهر می‌شود که شبیه پینه‌های تمایز نیافته است. ظاهر دانه مانند که در لکه‌های آبله‌ای شکل تازه مشاهده می‌شود به دلیل ترک خوردنگی بشره (اپیدرم) می‌باشد که این موضوع به دلیل فشار درونی است که به بشره وارد می‌شود. این نمایانگر متورم شدن سلولهای پارانشیمی است این سلولهای پارانشیمی باد کرده عاقبت می‌ترکند. پارگی این سلولها بعد از دوره مشخصی باعث پیچیدگی برگها می‌شود و موقعی که سلولها خشک شدند ناحیه قهقهه‌ای مانند پیدا می‌شود.

دلایل

این نابسامانی در تعدادی از گیاهان دیگر مثل سیب زمینی شیرین و کلم هم دیده می‌شود. در تمام حالات این پدیده به خاطر ورود آب اضافه‌تر از تعرق به برگ طی یک دوره چند روزه تعرق، اتفاق می‌افتد. Rylski و Sagi (۱۹۷۸) مشاهده کردند تحت رطوبت و آب اضافی علائم افزایش می‌یابد که احتمالاً، دلیل کاهش تراکم نور و کم شدن توانایی گیاه در تعرق می‌باشد. ایشان همچنین اظهار کرده‌اند حساسیت به این بیماری در ارقام مزرعه‌ای اسرائیلی بیشتر از نمونه آن در اروپای شمالی می‌باشد.

^۱ - Edema

کتترل

در گلخانه یا اطاقک‌های رشد می‌توان این نابسامانی را کتترل کرد. کاهش آبیاری و تحریک تعرق به وسیله پارامترهای نظیر زیاد کردن تهویه، دمای زیاد و نور زیادتر، می‌تواند مؤثر باشد در مزرعه این نابسامانی فقط در صورتی ظاهر می‌شود که در یک دوره طولانی، آب، اضافه و تعرق، کم باشد. در مزرعه می‌توان با توقف آبیاری این نابسامانی را کتترل کنیم به جز در مواردی که در مورد مقدار آب ارقام مختلف تحقیق می‌کنیم.

منابع

- ۱- نلسون، پاول وی. ۱۳۷۴. مدیریت گلخانه. ترجمه سازمان پارکها و فضای سبز تهران، جلد اول، انتشارات سازمان پارکها و فضای سبز تهران، ۴۸۳ص.
- 2- Adams, P. 1999. Plant nutrition demystified. Proc. Int. Sym. Growing Media and Hydroponics. Ed. A.P. Papadopoulos. *Acta Horticulturae* 481, p 341-344.
- 3- Adams, P. and Ho, L.C. (1992) The susceptibility of modern tomato cultivars to blossom-end rot in relation to salinity. *Journal of Horticultural Science* 67, 827-839.
- 4- Adams, P. and Ho, L.C. (1993) Effects of environment on the uptake and distribution of calcium in tomato and on the incidence of blossom-end rot. *Plant and Soil* 154, 127-132.
- 5- Bakker, J.C. 1988. Russetting (cuticle cracking) in glasshouse tomatoes in relation to fruit growth. *Journal of Horticultural Science* 63:459-463.
- 6- Belda, R.M. and Ho, L.C. (1993) Salinity effects on the network of vascular bundles during tomato fruit development. *Journal of Horticultural Science* 68, 557-564.
- 7- De Kreij, C. (1995) Latest insights into water and nutrient control in soilless cultivation. *Acta Horticulturae* 408, 1995. P. 47-61.
- 8- DeKock, P.C., Inkson, R.H.E. and Hall, A. (1982b) Blossom-end rot of tomato as influenced by truss size. *Journal of Plant Nutrition* 5, 57-62.
- 9- Den Outer, R.W. and van Veenendaal, W.L.H. (1987) Anatomisch onderzoek van tomaten met zwelscheurtjes. *Groenten en Fruit* 42, 40-2.
- 10- Ehret, D. and Ho, L.C. (1986) Translocation of calcium in relation to tomato fruit growth. *Annals of Botany* 58, 679-88.
- 11- Emmons, C.L.W. and J.W. Scott. (1997) Environmental and physiological effects on cuticle cracking in tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 122, 797-801.
- 12- Hayman, G. (1987) The hair-like cracking of last season. *Grower* 107. Jan. 8, 1987. pp. 3-5.
- 13- Ho, L.C., Belda, R., Brown, M., Andrews, J. and Adams, P. (1993) Uptake and transport of calcium and the possible causes of blossom-end rot in tomato. *Journal of Experimental Botany* 44, 509-518.
- 14- Ho, L.C., D.J. Hand and M. Fussell. 1999. Improvement of tomato fruit quality by calcium nutrition. Proc. Int. Sym. Growing Media and Hydroponics. Ed. A.P. Papadopoulos. *Acta Horticulturae* 481 p. 463-468.
- 15- Ilker, R., Kader, A.A. and Morris, L.L. (1977) Anatomical changes associated with the development of gold fleck and fruit pox symptoms on tomato fruit. *Phytopathology* 67, 1227-1231.
- 16- Janse, J. (1988) Goudspikkels bij tomaat: een oplosbaar probleem. *Groenten en Fruit* 43, 30-31.
- 17- Maas, E.V. (1984) Crop Tolerance. *California Agriculture*. October, 1984.
- 18- Papadopoulos, A.P. (1991) Growing greenhouse tomatoes in soil and in soilless media. Agriculture Canada Publication 1865/E Ottawa, Ontario.
- 19- Peet, M.M. (1992) Fruit cracking in tomato. *HortTechnology* 2, 216-223.
- 20- Peet, M.M. and Willits, D.H. (1995) Role of excess water in tomato fruit cracking. *HortScience* 30, 65-68.
- 21- Pill, W.G. and Lambeth, V.N. (1980) Effects of soil water regime and nitrogen form on blossom-end rot, yield, water relations and elemental composition of tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 105, 730-734.

- 22- Rudich, J. and Luchinshky, U. (1986) Water economy. In The tomato crop. Ed. J.G. Atherton and J. Rudich. Chapman and Hall, London. P. 335-368.
- 23- Sagi, A. and Rylski, I. (1978) Differences in susceptibility to oedema in two tomato cultivars growing under various light intensities. Phytoparasitica 6, 151-153.
- 24- Shaykevitch, C.F., Yamaguchi, M. and Campbell, J.D. (1971) Nutrition and blossom-end rot of tomatoes as influenced by soil water regime. Canadian Journal of Plant Science 51, 505-511.
- 25- Sonneveld, C. and Voogt, W. (1990) Response of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) to a unequal distribution of nutrients in the root environment. Plant and Soil 124, 251-256.
- 26- Tan, C.S. and Dhanvantari, B.N. (1985) Effect of irrigation and plant population on yield, fruit speck and blossom-end rot of processing tomatoes. Canadian Journal of Plant Science 65, 1011-1018.

اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کاشت محصولات گلخانه‌ای

۱۳۸۶ مهرماه ۲۶

شرایط بستر کاشت مناسب و بررسی معضلات تولید صیفی جات در محیط‌های گلخانه‌ای

سمیه حسنی و صدیقه فاضل اشرفی^۱

چکیده

یکی از شروط موافقیت تولید محصولات گلخانه‌ای، آماده‌سازی بستر کاشت ایده‌آل می‌باشد. اگر چه تولید گیاهان گلخانه‌ای در اکثر خاک‌های زراعی امکان‌پذیر می‌باشد ولی برای حصول حداکثر بهره‌وری قبل از ساخت سازه گلخانه، لازم است خاکی با بافت بسیار سبک، عمیق، نفوذپذیری مناسب، سطح آب زیرزمینی پایین، pH مناسب (۷/۵-۶/۵) و مواد معدنی و آلی کافی در اختیار باشد. خاک‌های منطقه شرق مازندران (بهشهر) غالباً دارای بافت خاک شنی رسی با هسته لومی، EC=۷/۲-۷/۸ و PH=۷/۲-۷/۸ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. در ترکیب خاک گلخانه در شرق استان، معمولاً از کودهای حیوانی کاملاً پوسیده به‌منظور افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک، نفوذ بهتر هوا، جذب عناصر غذایی و ازدیاد باکتری‌های مفید خاک استفاده می‌شود و بر اساس آزمون خاک یا برگ، میزان کودهای شیمیایی لازم برای تامین عناصر غذایی ماکرو و میکرو مورد نیاز گیاه تعیین می‌شود. همچنین از ماسه یا شن یا سبوس برنج برای سبک نمودن خاک استفاده می‌شود. خاک‌های منطقه فوق عمدتاً دارای کمبود روی، منگنز و آهن می‌باشند که مصرف کودهای حاوی عناصر میکرو در بین گلخانه‌داران چندان مرسوم نیست. با توجه به شرایط اقلیمی منطقه مازندران (روزهای ابری، بارندگی زیاد، کمبود نور آفتاب و رطوبت نسبی بالا)، تولید کنندگان مجبوب به تهییه وسایل مناسب برای ایجاد نور، گرما و تهویه مناسب در محیط می‌شوند که این امر خود هزینه تولید محصول را در این منطقه افزایش می‌دهد. تهویه نامطلوب، آبیاری جویچه‌ای با مصرف آب بالا و کارایی مصرف آب پایین در مقایسه با سیستم آبیاری تحت فشار (قطرهای)، نبود میزان مناسب خاک‌های جنگلی و خاکبرگ، عدم استفاده گلخانه‌داران از کودهای سبز، سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی غیرمدرن و هزینه بالای تولید از دیگر مسایل تولید پایین صیفی‌جات در شرق استان می‌باشند. با فراگیر شدن اصول مدیریت صحیح در گلخانه و اعطای تسهیلات کافی جهت احداث گلخانه‌های مدرن با سیستم آبیاری تحت فشار به تولید کنندگان، به میزان زیادی از مشکلات تولید پایین در منطقه شرق مازندران کاسته خواهد شد.

کلمات کلیدی: گلخانه، بستر کاشت، خاک

۱- به ترتیب کارشناس ارشد زراعت و کارشناس باغبانی

مقدمه

محدودیت آب و خاک و افزایش جمعیت جهان، همواره توجه دانشمندان را به خود معطوف داشته تا راه حلی برای تأمین هرچه بیشتر مواد غذایی از واحد سطح را مورد پژوهش و عرضه قرار دهند تا کمبود غذا که به صورت معضل جهانی درآمده است تا حدودی کاهش و به بشریت خدمت بسزایی را ارائه نمایند. پرداختن منطقی به تکنولوژی نوین کشت و تولید محصولات گلخانه‌ای (به خصوص سبزی و صیفی) از جمله روش‌هایی است که می‌تواند در رفع نیاز جمعیت جهان به این مواد غذایی ارزشمند پاسخ دهد. در ایران نیز تولید محصولات گلخانه‌ای سابقه‌ای دیرینه دارد، ولی نقش فعال اقتصادی صنعت گلخانه در طول دو دهه اخیر شروع و با آهنگی پرشتاب رو به توسعه گذارده است. زودرسی و کیفیت بالای محصولات گلخانه‌ای، صرفه‌جویی در مصرف آب با وجود سیستم‌های تحت فشار، بهره‌برداری فشرده و استفاده از تکنیک‌های جدید (حتی در اراضی کوچک با آب محدود)، نرخ بازدهی بالای سرمایه، نیروی انسانی کمتر در مقایسه با هوای آزاد، زیبایی و نظارت بر کار و امکان کنترل عوامل نامساعد جوی، آفات و بیماری‌ها در رشد و نمو گیاهی در محیط گلخانه از مهم‌ترین دلایل فراوانی تقاضا برای تولید محصولات گلخانه‌ای و رویکرد سریع مسئولان و برنامه ریزان کشور در چند سال اخیر می‌باشد.

با توجه به نیازهای اساسی و مشکلات موجود در تولید گیاهان گلخانه‌ای در داخل کشور (به خصوص در شرق مازندران) که شامل بسترسازی مناسب توزیع و بازاریابی داخلی و خصوصاً برون مرزی محصولات گلخانه‌ای، دانش فنی بالا و مدیریت صحیح و کاملاً تخصصی و حمایت همه جانبی از تولیدکنندگان برای احداث گلخانه‌های مدرن با اعطای تسهیلات مناسب می‌باشد، لازم است مسئولان امر جهت مرتفع کردن معضلات موجود، شیوه‌های مناسبی را اعمال نمایند. هدف از این تحقیق، بیان چالش‌های موجود بر سرراه تولید و پرورش محصولات گلخانه‌ای در شرق استان و یافتن راهکارهای اجرایی و مناسب می‌باشد. لازم به ذکر است که این پژوهش براساس پرسش‌های میدانی از تولیدکنندگان منطقه و مسئولان ذیربیط انجام شده است.

خاک مناسب گلخانه

یکی از عوامل موثر در تولید بالای محصولات گلخانه‌ای، آماده‌سازی بستر کاشت ایده‌آل می‌باشد، زیرا که بعد از احداث اسکلت گلخانه، ورود ماشین آلات غیرممکن خواهد شد. از سویی دیگر، برای احداث و آماده نمودن خاک گلخانه‌ها و یا خزانه‌های تولید نشاء سرمایه‌گذاری هنگفتی انجام پذیرد. از آنجا که در گلخانه تقریباً بدون رعایت تناوب کشت صورت می‌گیرد، برای حداکثر بهره‌وری لازم است خاکی بسیار سبک با pH حدود ۷/۵-۶/۵ و EC بین ۱-۲ دسی زیمنس بر متر در اختیار باشد. خاک گلخانه باید عمیق، با نفوذپذیری مناسب و سطح آب زیرزمینی در آن پایین باشد. براساس آزمون خاک یا برگ، عناصر غذایی (میکرو و ماکرو) مورد نیاز گیاه با افزودن کودهای حیوانی (گاوی و گوسفندی)، سبز و شیمیایی به خاک گلخانه تامین می‌شود. همچنین در خاک ترکیبی از شن، ماسه، یا سبوس برنج برای سبک نمودن خاک استفاده می‌شود. برای جلوگیری از آلودگی بستر کاشت به انواع آفات و بیماری‌ها، ضدغذوی خاک با مواد شیمیایی یا غیرشیمیایی به خصوص برای گلخانه‌هایی که هر ساله مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند، امری ضروری به نظر می‌رسد.

خصوصیات خاک‌های شرق مازندران (بهشهر)

خاک‌های منطقه شرق استان (بهشهر) غالباً دارای بافت شنی- رسی با هسته لومی، EC^{2/5} دسی‌زیمنس بر متر و pH حدود ۷/۸-۷/۲ می‌باشند. سطح آب زیرزمینی در مکان‌های احداث گلخانه در این منطقه حدود یک متر پایین‌تر از سطح زمین می‌باشد. معمولاً کمبود عناصر منگنز، روی و آهن در خاک‌های این منطقه، به‌دلیل وجود اسیدیته نسبتاً قلیایی، مصرف بیش از حد کودهای فسفاتی و در نتیجه تثیت فسفر مشاهده می‌شود، اما مصرف کودهای حاوی عناصر میکرو برای رفع این مشکل در بین گلخانه‌داران چندان متداول نیست. در ترکیب خاک گلخانه معمولاً از کودهای گاوی کاملاً پوسیده به منظور ازدیاد جمعیت میکرووارگانیسم‌ها، نفوذ بهتر هوا و افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک و جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه استفاده می‌شود.

چالش‌ها و راهکارها

طی تحقیقات میدانی، مهم‌ترین مشکلات و عوامل بازدارنده و کاهش تولید در گلخانه‌های شرق مازندران (بهشهر) به شرح ذیل می‌باشند:

در سطح این منطقه گلخانه‌های تولید محصولات صیفی، هم به تعداد اندک و هم در مساحت کوچک و محدودی (۱۰۰۰-۲۰۰۰ متر مربع) وجود دارند که غالب آنها به صورت سنتی و بدون استفاده از سیستم‌های مدرن تولید اداره می‌شوند. با توجه به شرایط اقلیمی منطقه (روزهای ابری، باران زیاد، کمبود آفتاب و رطوبت نسبی بالا)، تهیه وسایل مناسب و کافی برای ایجاد نور، گرما و تهویه از ضروریات اصلی گلخانه در این محیط‌ها است که این امر خود هزینه‌های تولید را افزایش خواهد داد. نبود میزان مناسب خاک‌های جنگلی و خاکبرگ و مرسوم نبودن استفاده از کودهای سبز، تهیه بستر کاشت ایده‌آل را با مشکل مواجه ساخته است.

علی‌رغم نیاز آبی بالای محصولات صیفی، تولیدکنندگان محصولات گلخانه‌ای در شرق استان از سیستم آبیاری جویچه‌ای استفاده می‌کنند، در حالیکه سیستم‌های آبیاری تحت فشار (قطره‌ای) از کارایی مصرف آب بالاتری برخوردارند.

عدم استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای، دستگاه‌های تهویه، گرمایشی و سرمایشی مدرن به دلیل افزایش هزینه‌های تولید از جمله عوامل تولید پایین صیفی‌جات در شرق استان می‌باشند، زیرا برای راهاندازی سیستم آبیاری، دستگاه‌های گرمایشی در فصل زمستان، سرمایش در تابستان، تهویه‌های خودکار، سردخانه و روشنایی، از نهاده الکتریستیک (برق) استفاده می‌شود و از سویی دیگر، تعریف برق مصرفی گلخانه‌ها در حال حاضر به صورت واحدهای صنعتی محاسبه می‌شود، لذا این مهم باید به گونه‌ای حل شود که برق مصرفی گلخانه‌ها مطابق تعریفهای کشاورزی برآورد شود تا رغبت تولیدکنندگان به استفاده از سیستم‌های مدرن افزایش یابد. لازم به ذکر است، در نقاطی که از نظر خاک یا آب محدودیت دارند، امکان بهره‌گیری از روش‌های بستر کشت هیدرопونیک یا تولید بستر کشت زئوپونیک در جهت افزایش عملکرد محصولات گلخانه‌ای و صیفی میسر است.

از دیگر مشکلات این صنعت، نبود تخصص، دانش فنی و تجربه بالا برای مدیریت صحیح و برتر در بین تولیدکنندگان منطقه می‌باشد که برگزاری دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی داخلی و خارجی به منظور ارتقای دانش و مهارت‌های فنی و کاربردی منابع انسانی می‌اند بسیار سودمند باشد. به‌طورکلی، افزایش سطح دانش فنی شاغلان در

صنعت گلخانه، کاهش ضایعات محصولات گلخانه‌ای، افزایش بازدهی تولید، استغلال مستقیم و مهم‌تر از همه، توسعه این صنعت بر مبنای دانایی محوری و دستیابی به امنیت پایدار غذایی، ضرورت رویکرد آموزش نیروی انسانی و فعالان این بخش را پیش از مورد تاکید قرار می‌دهد. بیشتر مقاضیان اجرای طرهای گلخانه‌ای در این منطقه، فارغ التحصیلان جوان کشاورزی هستند، اما وجود مشکلات فراوان موجب کاهش روند توسعه و تولید ناموفق محصولات گلخانه‌ای شده است.

که یکی دیگر از این موانع بزرگ، نرخ بهره بالای تسهیلات بانکی برای طرح‌های کشاورزی است، که به دلیل کمبود تجربه کافی در زمان اجرای طرح بر اساس آزمایش و خطا و نبود امکانات مالی، تولیدکنندگان و مجریان طرح‌های کشاورزی را از نظر بازپرداخت تسهیلات دریافتی و سود آن با مشکل مواجه می‌سازد.

از دیگر چالش‌های این صنعت، می‌توان به بیمه اشاره کرد. سازه‌ها و محصولات گلخانه‌ای در مسیر توزیع و حمل و نقل به بازار در مواجه با انواع حوادث طبیعی و نوسانات بازار هستند که برقراری بیمه برای دست‌اندرکاران تولید، تاسیسات و محصولات گلخانه‌ای از ملزمات صنعت گلخانه و مهم‌ترین پیش شرط توسعه این بخش است.

منابع

- ۱- بیدریغ، س. ۱۳۸۲. کشت خیار، گوجه فرنگی و توت فرنگی در گلخانه. علوم کشاورزی. صفحات ۱۵-۲۵.
 - ۲- خاقانی، ب. ۱۳۸۳. راهنمای کشت گلخانه‌ای (سبزی و صیفی جات در زیر تونلهای پلاستیکی). شرکت بهنا. صفحه ۱۱۸.
- 3- Papadopoulos, A. P. 1999. Growing greenhouse seedless cucumber in soil and soilless media. Research center, Horrow, agriculture and agrofood, Canada.

اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای
۱۳۸۶ مهرماه ۲۶

نقش پیوند در بهبود عملکرد کمی و کیفی دو رقم گوجه فرنگی تحت شرایط سور

پیمان جعفری^۱

چکیده

گوجه فرنگی یکی از گیاهان مهم خانواده بادمجانیان بوده که سطح زیر کشت و تولید نسبتاً بالایی را در کشور به خود اختصاص داده و خصوصاً در سال‌های اخیر با استفاده از تکنیک‌های تولید خارج از فصل نظیر گلخانه‌ها و توپولهای پلاستیکی تولید آن افزایش چشمگیری داشته است. یکی از مشکلات تولید در شرایط گلخانه‌ای استفاده از آب با کیفیت نامناسب و سوری می‌باشد و پیوند به عنوان یکی از راهکارهای نوین و موثر جهت افزایش تحمل گیاهان و از جمله سبزی و صیفی برای مقابله با سوری در کشورهای پیشرفت‌ه در حال گسترش می‌باشد. در این بررسی دو رقم گوجه فرنگی رایج به نام حمرا و کوین بر روی یک پایه مقاوم به سوری به نام AR-9704، با استفاده از روش اسکنه‌ای پیوند شده و در شرایط گلخانه‌ای با استفاده از سیستم هیدرопونیک تحت ۳ تیمار سوری با EC‌های dsm^{-1} ۵/۲، dsm^{-1} ۳/۲ و dsm^{-1} ۸/۳ برای ارزیابی اثرات سوری بر عملکرد کمی و کیفی میوه شامل میزان مواد جامد محلول در میوه، اسید اسکوربیک، لیکوپین و بتا کاروتین قرار گرفتند. عملکرد محصول در هر دو رقم در بوته‌های پیوندی بیش از بوته‌های غیر پیوندی در هر سه تیمار سوری بود. سوری باعث افزایش درصد مواد جامد محلول در میوه خصوصاً در تیمار dsm^{-1} ۸/۳ گردید در حالی که میزان اسید اسکوربیک به طور معنی‌داری تنها در تیمار dsm^{-1} ۳/۲ افزایش نشان داد. میزان لیکوپین و بتا کاروتین تحت تاثیر تیمارهای سوری قرار نگرفت. غلظت یون‌های کلر و نیترات در تیمار dsm^{-1} ۸/۳ در بوته‌های غیر پیوندی بیشتر از بوته‌های پیوندی بود. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که پیوند می‌تواند به عنوان یک ابزار سودمند برای جلوگیری از اثرات زیانبار استفاده از آب‌های سوری بر عملکرد کمی و کیفی گوجه فرنگی مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: گوجه فرنگی، گلخانه، سوری و پیوند

مقدمه

تنوع اقلیمی، نیروی کار فراوان و انرژی ارزان زمینه‌های مناسبی برای توسعه واحدهای تولید گیاهان گلخانه‌ای در ایران می‌باشد. حرکت در جهت توسعه و بهره‌برداری بهینه از واحدهای گلخانه‌ای نیازمند تحقیق و توسعه

^۱- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان

فن آوری است. استفاده از آبهای با کیفیت پایین تا متوسط در مناطقی که سایر امکانات و شرایط مناسب برای احداث و بهره برداری از گلخانه و تولید محصول می‌باشد یکی از گزینه‌هایی است که در صورت عملی شدن آن امکان احداث و بهره برداری از گلخانه را در این شرایط مهیا می‌سازد. استفاده از تکنیک پیوند در محصولات سبزی و صیفی در حال حاضر با اهداف کاهش خسارات ناشی از بیماریهای حاکززاد، افزایش تحمل به شوری و خشکی، افزایش رشد و عملکرد محصول به طور فزاینده‌ای مورد توجه بوده و در حال گسترش می‌باشد. کشت گلخانه‌ای به علت برخورداری از مزایای مهمی نظیر امکان تولید محصول در تمامی طول سال، صرفه جوئی در نهاده‌های اولیه نظیر آب، کود، زمین و نیروی کار به ازای واحد تولید محصول، امکان کنترل عوامل موثر در تولید و در نتیجه عرضه محصولات با کیفیت بالا، امکان بهره برداری اقتصادی از زمین‌های کوچک و امکان کاهش آلاینده‌های محیط زیست، در سال‌های اخیر مورد توجه زیاد قرار گرفته است. استفاده از پیوند در محصولات سبزی و صیفی در حال حاضر برای کاهش خسارات ناشی از پاتوژن‌ها (Biles et al., 1989)، افزایش تحمل به شوری و خشکی (White and Aatillo, 1989) و در نهایت افزایش رشد و جذب عناصر غذایی (Ruize et al., 1997) در حال گسترش می‌باشد. سیستم ریشه‌ای قوی یک پایه انتخابی اغلب قدرت جذب آب و مواد غذایی را به طور موثری نسبت به ریشه پیوندک افزایش می‌دهد.

مطالعات زیادی نشان داده است که افزایش شوری محلول غذایی در بوته‌های گوجه فرنگی گلخانه‌ای با سیستم هیدرопونیک باعث تولید میوه‌هایی با درصد قند و ماده خشک بیشتر و لذا میوه‌هایی با طعم و کیفیت بالاتر گردیده است (Adams, 1991) ولی در عین حال کاهش عملکرد نیز در این موارد مشاهده شده است (Martines et al., 2002). اطلاعات بسیار کمی در مورد انتقال نمکهای محلول از پایه به پیوندک در مورد محصولات سبزی و صیفی در درسترس می‌باشد ولی در عین حال گزارش شده است که تغییرات دائمی در مورد پیوندک اتفاق می‌افتد که شامل نحوه انتقال مواد محلول نیز میگردد (Dole and Wilkins, 1991). آستانه شوری آب در گوجه فرنگی dSm^{-1} ۱/۷ و حد نهایی شوری آب آبیاری dSm^{-1} ۸/۴ و شوری خاک dSm^{-1} ۱۳ توصیه گردید (Ayers et al., 1989). کاربرد آب دریا برای آبیاری گوجه فرنگی با استفاده از تکنیک‌های جدید موجب افزایش کیفیت محصول تولیدی گردید و کاربرد آب دریا در تولید دیگر محصولات کشاورزی نیز می‌تواند عملی گردد (تله تکست صدا و سیما، فروردین ۸۶). دردی پور و همکاران (۱۳۸۴) با مصرف آب دریایی خزر و آب شیرین به همراه یک دیگر (با نسبت ۱:۱) باعث بهبود راندمان مصرف آب برای استفاده بهینه از آب شیرین گردیدند، و بیان کردند می‌توان از آب دریایی خزر (با شوری dSm^{-1} ۱۸/۵) برای آبیاری تکمیلی، پس از مرحله خوش رفتن جو در خاک‌های سبک استفاده نمود.

علاوه بر شرائط محیطی، پتانسیل و توان ژنتیکی، میزان میوه و ماده خشک تولیدی سبزیجات ارتباط مستقیم با مقدار جذب عناصر غذائی توسط آنها دارد. گوجه فرنگی برای تولید یک تن میوه تازه به $2/5$ تا 3 کیلوگرم نیتروژن، $۰/۲$ تا $۰/۳$ کیلوگرم فسفر و ۳ تا $۳/۵$ کیلوگرم پتاسیم احتیاج دارد. میوه گوجه فرنگی شامل $۴/۵$ تا $۶/۰$ درصد کل نیتروژن، $۵/۰$ تا $۶/۰$ درصد کل فسفر و $۵/۵$ تا $۷/۰$ درصد کل پتاسیم جذب شده توسط گیاه می‌باشد. اکثر عناصر موجود در میوه این محصول در زمان گلدهی جذب می‌شوند. تنها بخش کوچکی از نیتروژن و همینطور بخش‌های کوچکتری از فسفر و پتاسیم از قسمت‌های رویشی به میوه انتقال می‌یابد، که موید لزوم کاربرد مناسب کودهای

شیمیائی است. بیشترین نیاز به نیتروژن، فسفر و پتاسیم گیاه گوجه‌فرنگی در حدود ۱۰ روز بعد از گلدهی تا هنگام شروع رسیدن میوه است. الگوی جذب عناصر غذایی توسط گیاه در طول شبکه روز متفاوت است، برخلاف نیتروژن و پتاسیم، قسمت زیادی از فسفر در شب هنگام جذب می‌گردد. گوجه‌فرنگی فرم نیترات را به عنوان منبع نیتروژن ترجیح داده و بالا بودن غلظت فرم آمونیم در محیط رشد، شدیداً رشد و تولید را کاهش می‌دهد. سیستم ریشه گوجه‌فرنگی بسیار عمیق است، عمق ریشه‌های این گیاه به ۱۲۰ تا ۱۵۰ سانتیمتر و حتی تا اعماق بیشتر تا جائیکه محدودیت‌های رطوبت ناکافی خاک، سخت لایه، سنگ بستر و بالا بودن سطح سفره آب زیر زمینی، رشد می‌نماید.

در گوجه‌فرنگی نسبت ایده ال آئیون‌های نیتروژن: گوگرد: فسفر معادل ۵۸ : ۳۶ : ۶ و نسبت کاتیونهای پتاسیم: کلسیم: منیزیم معادل ۳۹ : ۳۲ : ۲۹ بدست آمده است. بهترین روش توصیه شده، جهت مدیریت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه گوجه‌فرنگی نمونه برداری از پنجمین برگ از نوک ساقه در فاصله زمانی گل دهی تا شروع رسیدن میوه می‌باشد. مقدار کود مورد نیاز این گیاه بستگی به توان تولیدی آن، واریته، مقدار قابل جذب عناصر خاک و شرایط نور، دما و رطوبت محیط رشد دارد (Hedge, 2006).

به دلیل همزمانی رشد رویشی و تولید میوه در گوجه‌فرنگی و همچنین وجود نیاز غذایی حتی در زمان رسیدن میوه، کاربرد روش‌های پیشرفته نظیر کود-آبیاری، افزایش تقسیم کاربرد کود، استفاده از کودهای نیتروژنه کند رها و استفاده توام از کودهای آلی و شیمیایی، در افزایش راندمان کاربرد و جلوگیری از هدر رفت عناصر غذایی و بالارفتن تولید بسیار موثرند. میوه گوجه‌فرنگی سرشار از ویتامین C، کاروتونوییدها خصوصاً لیکوپن و بتا کاروتون می‌باشد، که این دو ماده از بروز بسیاری از بیماریها از جمله سرطان جلوگیری می‌نمایند. Bramely, 2000 در بررسی‌های خود نشان داد که شوری متوسط باعث افزایش سطح کاروتونوییدها در گوجه‌فرنگی می‌شود. گزارش گردید که عملکرد گوجه‌فرنگی پیوند شده بر روی پایه مناسب باعث افزایش عملکرد محصول شده ضمن اینکه کیفیت میوه نیز افزایش می‌یابد. در این بررسی از پایه‌های تجاری برای پیوند گوجه‌فرنگی استفاده کردند (Fernandez et al, 2002).

مواد و روش‌ها

این تحقیق با استفاده از سیستم هیدرопونیک در گلخانه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان اجرا گردید. رقم گوجه‌فرنگی مورد استفاده از ارقام رایج در منطقه به نام‌های حمرا و کوین انتخاب گردید. که بر روی یک پایه تجاری مقاوم به شوری گوجه‌فرنگی به نام AR-9704 با استفاده از روش اسکنه ای پیوند شد. تیمارهای شوری نیز شامل ۳ تیمار، ۰، ۳۰ و ۶۰ mM (میلی مولار)، NaCl می‌باشد که به ترتیب EC‌های در حدود ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۸ dSm^{-۱} را ایجاد می‌نماید (Romer et al., 2000). بذور پایه و پیوندک در گلدان‌های پلاستیکی پر شده با پرلیت در اواسط آذرماه و در شرایط گلخانه کشت گردید. آبیاری گلدان‌ها نیز توسط محلول غذایی استاندارد Hoagland صورت گرفت. ۲۵ روز بعد از جوانه زنی و در مرحله مشخص عملیات پیوند توسط روش رایج اسکنه ای انجام شد. سپس بوته‌های پیوند شده برای التیام زخم محل پیوند در گلخانه توسط کیسه پلاستیکی

شفاف برای افزایش رطوبت نسبی و جلوگیری از تعرق برگ‌ها قرار گرفتند. در حدود ۱۵ روز بعد از پیوند بوته‌ها به گلدان‌های اصلی در گلخانه منتقل گردید. هر کرت آزمایشی شامل ۳ بوته گوجه فرنگی بوده که هر یک نیز در گلدان پلاستیکی بزرگ به عنوان یک پلات آزمایشی قرار گرفتند. تعداد کل پلات‌های آزمایشی با احتساب ۳ تیمار شوری ۱۲ پلات بودند که در یک طرح استریپ پلات در قالب بلوك‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار به مدت ۱ سال مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای شوری به عنوان عامل افقی و تیمارهای پیوند به عنوان عامل عمودی در این طرح اعمال گردید. برای تغذیه بوته‌ها نیز از محلول غذایی استاندارد Hoagland استفاده گردید که با استفاده از لوله و قطره چکان به گلدان‌ها منتقل شد. تیمارهای شوری مورد نظرنیز به صورت مرحله‌ای و در طی ۶ روز با اضافه نمودن مقدار کافی NaCl به میزان مورد نظر رسانده شد. صفات مورد بررسی در این آزمایش شامل: عملکرد بوته، متوسط وزن میوه‌ها، درصد مواد جامد محلول در میوه (بریکس)، میزان اسید اسکوربیک در میوه، میزان آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی شامل: یون‌های کلسیم، پتاسیم، سدیم، کلر و نیترات در میوه بود.

نتایج و بحث

نتایج بررسی‌های انجام شده به طور خلاصه در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است. شوری آب آبیاری $d\text{Sm}^{-1}$ باعث کاهش عملکرد معنی‌دار در عملکرد میوه در هر بوته و متوسط وزن میوه‌ها در مقایسه با تیمارهای دیگر گردیده ولی تفاوت معنی‌داری میان بوته‌های پیوندی و غیرپیوندی در مورد متوسط وزن میوه‌ها و تعداد میوه در بوته وجود نداشت. عملکرد کل میوه در مورد بوته‌های پیوندی به طور معنی‌داری بیش از بوته‌های غیرپیوندی در رقم حمرا در شوری $2/3 d\text{Sm}^{-1}$ بود. در نتایج قبلی در مطالعات آب آبیاری بر روی گوجه فرنگی در خاک‌های شنی با محلول‌های آبیاری که دارای هدایت الکتریکی $5 d\text{Sm}^{-1}$ بود کاهش عملکرد قابل توجهی را نشان نداده است. بوته‌های گوجه فرنگی حتی با محلول‌های غذایی دارای شوری $8 d\text{Sm}^{-1}$ آبیاری شده و کاهش عملکرد کمی را نشان داده‌اند (Martinez et all., 1987). این تفاوت‌های مشاهده شده احتمالاً مربوط به حساسیت متفاوت ارقام مورد استفاده نسبت به شوری می‌باشد. به همین علت هم رقم حمرا در این مطالعه عملکرد بیشتری نسبت به کوین در شوری $2/3 d\text{Sm}^{-1}$ داشته است.

بوته‌های پیوندی و غیر پیوندی اختلاف معنی‌داری را در مورد TSS نشان نمی‌دهند (جدول ۱) ولی در عین حال میزان TSS در شوری $8/3$ دسی زیمنس بیشتر است. TSS یکی از فاکتورهای موثر در کیفیت میوه گوجه فرنگی است و همانگونه که مشاهده شد با افزایش شوری میزان آن افزایش یافته است بنابر این آبیاری با آب دارای شوری متوسط به منظور افزایش کیفیت میوه گوجه فرنگی پیشنهاد می‌گردد (Martinez et all., 1987).

غلظت اسید اسکوربیک در عصاره میوه در تیمارهای پیوندی با شوری $2/3 d\text{Sm}^{-1}$ ثابت مانده در حالی که با بالا رفتن EC به $5/3$ و $8/3 d\text{Sm}^{-1}$ ، افزایش معنی‌داری برای رقم حمرا پیوندی را نشان می‌دهد. در مورد لیکوپن و بتاکاروتن بطور کلی شوری هیچگونه اثر معنی‌داری بر روی این دو پیگمنت نداشته ولی پیوند اثر بسیار معنی‌داری خصوصاً بر میزان لیکوپن در تمامی تیمارهای شوری نشان می‌دهد. به طور یکه میزان لیکوپن در میوه‌های رقم حمرا پیوندی در $2/3 d\text{Sm}^{-1}$ دو برابر بوته‌های غیر پیوندی بوده است. این نتایج نشان میدهد که پیوند

(خصوصا در مورد رقم حمرا) باعث افزایش ارزش تغذیه‌ای (لیکوپن و بتاکاروتن) گوجه فرنگی می‌شود. غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها در میوه در جدول ۲ آمده است. میزان نیترات در مورد بوته‌های پیوندی و غیر پیوندی در شوری $8/3 \text{ dSm}^{-1}$ کاهش نشان میدهد. میزان یون‌های کلر و سدیم نیز به تدریج با افزایش شوری افزایش می‌یابد. ولی هر دو یون مذکور در شوری $8/3 \text{ dSm}^{-1}$ با غلظت بیشتری در بوته‌های غیر پیوندی نسبت به بوته‌های پیوندی وجود دارند.

آبیاری با آب شور باعث افزایش عطر و شیرینی میوه میگردد. گزارش گردیده که افزایش میزان یون کلر و سدیم در میوه باعث رغبت بیشتر مصرف کننده شده و شیرینی و طعم میوه افزایش می‌یابد (Doraia et all., 1987). به همین دلیل میوه‌های حاصل از بوته‌های پیوندی می‌توانند دارای ارزش تغذیه‌ای بیشتری باشند.

جدول ۱: خصوصیات کمی و کیفی ارقام گوجه فرنگی تحت تیمارهای متفاوت شوری

شوری dSm^{-1}	رقم	عملکرد تک بوته(g)	تعداد میوه در بوته	متوسط وزن میوه(g)	مواد جامد محلول در میوه(g)	اسید اسکوربیک M.M)	لیکوپن $\mu\text{gg}^{-1}\text{DW}$	بتاکاروتن $\mu\text{g}^{-1}\text{DW}$
Ec=۲/۳								
	حمرا	b۴۰۵۰	c۳۰	a۱۳۵	d۵/۳	dc۱/۳	bc۴۵۰	c۱۱۸
	حمرا پیوندی	a۴۸۰۰	c۳۴	a۱۴۰	d۵/۴	c۱/۶	a۷۸۰	a۱۰۵
	کوین	c۳۵۰۰	cd۲۸	b۱۲۰	d۵/۳	dc۱/۲۷	b۵۰۰	c۱۱۷
	کوین پیوندی	bc۳۸۰۰	c۳۳	c۱۱۸	d۵/۴	c۱/۵۵	b۶۱۰	a۱۰۵
Ec=۵/۳								
	حمرا	c۳۳۰۰	cd۲۶	ab۱۳۰	d۵/۸	c۱/۰۵	cd۴۲۵	c۱۱۵
	حمرا پیوندی	c۳۷۰۰	c۲۸	ab۱۳۰	d۵/۷	b۱/۹	b۶۰۰	c۱۱۹
	کوین	cd۲۷۵۰	d۲۱/۷	bc۱۰۸	cd۵/۹	cd۱/۵	d۳۷۰	d۹۰
	کوین پیوندی	c۳۱۰۰	c۳۰	cd۱۰۰	d۵/۸	c۱/۰۷	bc۵۱۰	cd۹۹
Ec=۸/۳								
	حمرا	d۲۶۰۰	cd۲۶	cd۱۰۰	c۷۱	d۱/۳۰	cd۳۸۰	d۷۸
	حمرا پیوندی	cd۲۶۰۰	c۲۸	c۱۰۵	c۷۵	c۱/۰۲	b۶۰۰	d۸۰
	کوین	d۲۷۰۰	c۲۷	d۹۷	c۶۷۳	d۱/۲۸	cd۴۰۰	c۱۰۰
	کوین پیوندی	cd۲۱۰۰	c۲۹	c۱۰۵	c۶۷۲	c۱/۰۵	b۷۰۰	b۱۳۰

شوری	**	*	**	*	**	ns	ns
پیوند	ns	ns	ns	ns	**	**	**
رقم	*	ns	*	ns	ns	ns	ns
پیوند * شوری	s n	s n	s n	s n	s n	s n	s n
رقم * شوری	s n	s n	s n	s n	s n	s n	s n
رقم * پیوند	s n	s n	s n	s n	s n	s n	s n
رقم * پیوند * شوری	s n	s n	s n	s n	s n	s n	s n

جدول ۲: غلطت املاح در میوه تحت تیمارهای مختلف پیوند و شوری

شوری	رقم	Cl^-	NO_3^-	Na	K^2	Ca^2
$E_c=2/3$						
حمرا	d10/18	b0/70	f1/52	d42/20	a0/42	
حمرا پیوندی	eF7/61	a1/06	f1/78	cd48/32	bc0/22	
کوین	e9/14	cd0/33	f1/44	d44/77	d0/24	
کوین پیوندی	e8/99	a0/82	e2/72	c02/65	d0/26	
$E_c=5/3$						
حمرا	de10/53	a0/86	e2/76	a78/18	ab0/41	
حمرا پیوندی	c13/74	a1/05	cd4/50	bc55/03	ab0/41	
کوین	c14/38	ab0/78	d4/16	bc57/21	c0/29	
کوین پیوندی	c14/20	a0/80	c5/44	bc57/02	b0/35	
$E_c=8/3$						
حمرا	a22/22	d0/26	bc0/77	cd50/97	ab0/36	
حمرا پیوندی	a19/78	b0/60	a10/75	b60/21	a0/48	
کوین	b17/82	d0/20	cd7/50	bc54/14	c0/29	
کوین پیوندی	bc17/42	b0/68	b7/13	bc55/92	b0/35	
شوری	**	**	**	**	ns	
پیوند	ns	**	**	ns	ns	
رقم	ns	ns	ns	ns	*	
پیوند * شوری	ns	ns	**	ns	ns	
رقم * شوری	ns	ns	*	ns	ns	
رقم * پیوند	ns	ns	ns	*	ns	
رقم * پیوند * شوری	ns	ns	*	ns	ns	

منابع

- ۱- دردی پور، ا.م. بای بور دی، ح. سیادت، و م. ج. ملکوتی (۱۳۸۴) استفاده از آب دریای خزر برای آبیاری تکمیلی و تولید جو در شمال ایران، مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، کرج، ایران.
- ۲- دلشاد، م..ع. کاشی و م. بابا لار (۱۳۸۵) بررسی امکان جایگزین کردن بسترهای رایج هیدروپونیک با بسترهای آلی و یافتن محلول غذایی مناسب کشت بدون خاک گوجه فرنگی گلخانه‌ای، مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۷، شماره ۱، ۱۸۶-۱۷۶.
- 3- Adams, P., 1991, Effects of increasing the salinity of the nutrient solution with major nutrients or sodium chloride on the yield, quality and composition of tomatoes grown in the Rockwood, Journal of horticultural science, 64: 725-32.
- 4- Anonymous, 2005, Interactive effects of salinity and air humidity on two tomato cultivars differing in Salt tolerance, Journal of plant nutrition, vol.28, and no.3: 459-473
- 5-Ayers, R.S. and D.W. Westcot, 1989, Water quality for agriculture, FAO irrigation and drainage paper, No. 29, rev.1.
- 6-Biles, C.L., R.D. Martyn, and H.D. Wilson, 1989, Isosymes and general proteins from various watermelon cultivars and tissue types, horticultural science, 24:810-2.
- 7- Bramley, P.M., 2000, is lycopene beneficial to human health, phytochemistry, 54: 233-6.

- 8- Carvajal, M., A. cedar and V. Martinez, 2004, Modification of the response of saline stressed tomato Plants by the correction of cation disorders, ISHS Acta Horticulture 697: international symposium on soilless culture and hydroponics.
- 9- Dole, J.M. and H.F. Wilkines, 1991, Vegetative and reproductive characteristics of poinsettia altered by a graft-transmissible agent, journal of the american society for horticultural science, 116: 307-11.
- 10-Doraia, M., B. Athanasios, P. Papadopoulos and A. Gosselinb, 2001, Influence of electric Conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality, a greenhouse and processing Crops research center, Agriculture and agri-food Canada, Harrow, ON, NOR, 1GO, Canada.
- 11- Fernandez, F.G., N.V. Martinez, A. Cerda, and M. Carvajal, 2004, Fruit quality of grafted tomato Plants grown under saline conditions, Journal of horticultural science & biotechnology, vol. 79, no.6: 1001-7.
- 12- Fernandez, F.G., A. Cerda, and M. Carvajal, 2003, Grafting, a useful technique for improving Salinity tolerance of tomato, Acta Horticulture, International society for horticultural science, vol.22, No.3: 325-9.
- 13- Fernandez, F.G., N.V. Martinez, A. Cerda, and M. Carvajal, 2002, Water and nutrient uptake of Grafted tomato plants grown under saline conditions, journal of plant physiology, 159: 899-905.
- 14- Hegde, D.M., 2006, Nutrient requirements of solanaceous vegetable crops, Solapur, Maharashtra, India.
- 15- Martinez, V., A. Cerda, and F.G. Fernandez, 1987, Salt tolerance of four tomato hybrids. Plant and soil, 97:233-42.
- 16- Plaut, Z., A. Grava, C. Yehezkel, and E. Matan, 2004, Osmotic adjustment of tomato fruits and leaves Grown in sand and irrigated with saline water, ISHS Acta Horticulture 697: international symposium on Soilless culture and hydroponics.
- 17- Ruize, D., V. Martinez, and A. Cerda, 1997, Citrus response to salinity, growth and nutrient uptake, Tree physiology, 17: 141-50.
- 18- White, J.W. and J.A. Castillo, 1989, Relative effect of root and shoot genotypes on yield of common Bean under drought stress, crop science, 29: 360-2.

اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای

۱۳۸۶ مهرماه ۲۶

کیفیت آب آبیاری در تولیدات گلخانه‌ای

پریسا سادات آشفته^۱

مقدمه

محصولات با کیفیت تنها با استفاده از آب آبیاری با کیفیت به دست می‌آیند. مشخصات آب آبیاری که بیانگر کیفیت آن است بسته به منبع آب متغیر است. بر اساس دو عامل زمین‌شناسی و اقلیم، بین مشخصه‌های آب مناطق مختلف تفاوت‌هایی وجود دارد. همچنین در یک منطقه معین بسته به اینکه آب آبیاری از منابع آب سطحی یا زیرزمینی تامین شده باشد داری مشخصه کیفی متفاوتی خواهد بود. کیفیت شیمیایی آب آبیاری می‌تواند رشد گیاه را به طور مستقیم از طریق مسمومیت یا کاهش عملکرد و یا به طور غیر مستقیم از طریق تغییر مقدار ارزش غذایی (مواد مغذی) تحت تاثیر قرار دهد. اطمینان از تناسب کیفیت آب آبیاری برای تولید محصولات گلخانه‌ای، با توجه به هزینه‌های تولید محصول با این روش از اهمیت زیادی برخوردار است. برای بررسی تاثیر کیفیت آب آبیاری بر محصول، نیاز به تعیین مشخصه‌هایی است که برای رشد گیاه مهم است. همچنین تعیین حدود و غلظتهاي قبل قبول هر یک از آنها نیز از اهمیت بهسازی برخوردار است. داشتن نتایج تجزیه‌های آزمایشگاهی بهترین روش برای حصول اطمینان از مشخصه کیفی آب آبیاری است. در اختیار داشتن این نتایج، این امکان را فراهم می‌کند که کیفیت آب را اصلاح کرده و یا از طریق کودها یا روش‌های مدیریت آبیاری، از وارد آمدن خسارت به محصول جلوگیری کنیم.

فاکتورهای تاثیرگذار در کیفیت آب آبیاری

عوامل و فاکتورهای زیادی در کیفیت آب آبیاری تاثیر دارند. در این بخش، فاکتورهای عمدۀ و رایج در تعیین خصوصیت کیفی آب آبیاری در تولید گلخانه‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرد. برخی از این فاکتورها عبارتند از pH، قلیائیت (Alkalinity)، میزان نمکهای محلول (Soluble salts)، سختی (Hardness) و مقدار عنصر کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم و فسفات، کلر و آمونیم و نیترات و ... در جدول ۱، حدود مطلوب مشخصات کیفی آب آبیاری برای کشت گلخانه‌ای ارائه شده است.

^۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی دانشگاه تهران (پردیس ابوریحان)

جدول ۱: حدود مطلوب مشخصات کیفی آب آبیاری برای کشت گلخانه‌ای

pH	5.8 to 6.0
Alkalinity	0.75 - 2.6 meq/l CaCO ₃
Soluble salts (EC)	<1.5 mmhos/cm
Hardness	100 to 150 mg CaCO ₃ /l
Calcium (Ca)	40 to 100 ppm
Magnesium (Mg)	30 to 50 ppm
Sodium (Na)	< 50 ppm
Sulfate (SO ₄)	< 50 ppm
Chloride (Cl ⁻)	< 100 - 150 ppm
Boron (B)	< 0.5 ppm
Fluoride (F ⁻)	< 0.75 ppm

pH

۵/۶ تا ۶/۲ دارای بهترین رشد هستند. تاثیر عمدۀ pH بر روی رشد گیاه از طریق کترول مواد مغذی است. ممکن است pH کم در اثر وجود آهن اضافی و منگنز منجر به مسمومیت یا کمبود کلسیم و منیزیم شود. pH زیاد ممکن است منجر به کمبود شدید آهن و منگنز و سایر مواد ریزمغذی گیاه شده و موجب کاهش عملکرد نیز بشود.

قلیائیت

قلیائیت عبارت است از غلظت مواد محلول در آب که قابلیت خشی سازی اسید را دارد. قلیائیت وابستگی و ارتباط با pH دارد. زیرا آب با قلیائیت بالا دارای قابلیت زیاد برای خشی سازی اسید می‌باشد. قلیائیت بر حسب میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم^۱ (یا میلی اکی والان بر لیتر کربنات کلسیم^۲ بیان می‌شود (1 meq/L CaCO₃) ۵۰ mg/L CaCO₃ = . منبع اصلی قلیائیت آب، کربنات و بیکربنات محلول مواد زمین‌شناسی مانند Limestone و Dolomite در سفره‌های آب می‌باشند. کربنات و بیکربنات محلول به مرور زمان با خشی کردن یون H⁺ موجب افزایش pH آب می‌شوند. آب باران فاقد قلیائیت می‌باشد. در آبهای اسیدی، معمولاً افزایش قلیائیت به میزان ۱/۳ meq/L pH آب را بردن کافی می‌باشد. مقدار ۱ تا ۱/۳ meq/L برای کشت گیاه داخل گلدانهای کوچک توصیه می‌شود.

جدول ۲: حداقل و حد اکثر میزان توصیه شده برای قلیائیت در کشت‌های مختلف داخل گلخانه

نوع کشت	حداقل meq/L	حد اکثر meq/L
گلدانهای کوچک	۰/۷۵	۱/۳
پلاتهای کوچک	۰/۷۵	۱/۷
پلات متوسط و عمق ریشه متوسط تا زیاد	۰/۷۵	۲/۱
پلات بزرگ و گیاه با طول دوره رشد زیاد	۰/۷۵	۲/۶

^۱ mg/L CaCO₃^۲ meq/L CaCO₃

اگر میزان قلیائیت آب کم باشد پتانسیل خشندی سازی شرایط اسیدی ناشی از استفاده از کودها کم می‌شود. به عبارتی در این حالت با افزایش مقدار کمی کود اسیدی به خاک، pH به سرعت کاهش می‌یابد. عموماً هر چه حجم توسعه ریشه بیشتر باشد حد مجاز قلیائیت نیز بیشتر خواهد بود. در جدول ۲ حداقل و حدکثر میزان قلیائیت برای کشت‌های مختلف داخل گلخانه ارائه شده است.

نمکهای محلول

مقدار نمکهای محلول در آب آبیاری با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی آب (EC_w) و بر حسب میلی‌موس بر سانتیمتر (mmhos/cm) بیان می‌شود. تعیین مقدار EC برای کنترل مقدار نمک در محیط و تعیین میزان آبشویی لازم است. مقادیر EC_w کمتر از $1/5$ معمولاً برای کشت‌هایی که به همراه تزریق کود می‌باشند قابل قبول است. برای کشت داخل گلدان مقادیر کمتر از 1 توصیه می‌شود. نمکهای محلول اضافی باعث جلوگیری از عملکرد مطلوب ریشه‌ها شده و می‌تواند منجر به کاهش جذب آب و مواد مغذی شود.

سختی

سختی مقدار کلسیم و منیزیم موجود در آب را نشان می‌دهد و بر حسب میلی‌گرم $CaCO_3$ در لیتر (یا ppm) بیان می‌شود. مقدار این عنصر در آب آبیاری متغیر است. برای مثال آب زیرزمینی در یک سفره Limestone ممکن است حاوی بیش از $100ppm$ کلسیم باشد در حالیکه آب برداشت شده از سفره گرانیتی یا Sandstone ممکن است دارای کمتر از $10ppm$ باشد. در عمدۀ کشت‌ها، آب با سختی 100 تا 150 میلی‌گرم $CaCO_3$ در لیتر برای رشد گیاه مطلوب است البته در برخی از کشت‌ها نیز مقادیر بالاتر از این مشکلی حادی را برای رشد گیاه به وجود نمی‌آورد. باید توجه داشت اگر در گلخانه از آبیاری قطره‌ای استفاده می‌شود سختی زیاد باعث ایجاد مشکل رسوبات و گرفتگی قطره‌چکانها خواهد شد. از طرفی آب با سختی کم (کمتر از 50 میلی‌گرم $CaCO_3$ در لیتر) به دلیل کمبود کلسیم و منیزیم ممکن است باعث جلوگیری از رشد مطلوب گیاه شود که در این موقع استفاده از کودهای حاوی کلسیم و منیزیم توصیه می‌شود.

مغذيهای اصلی

کلسیم و منیزیم

عناصر مورد نیاز برای رشد گیاه بر حسب ppm وزنی بیان می‌شوند. کلسیم به مقدار 40 تا $100ppm$ و منیزیم به مقدار 30 تا $50ppm$ در آب برای آبیاری گیاهان مطلوب است.

سدیم

چاهها و منابع آب شهری (آب تصفیه شده فاضلاب شهری) حاوی مقادیر زیاد سدیم می‌باشند. وجود سدیم زیاد باعث جلوگیری از جذب کلسیم و منیزیم توسط گیاه می‌شود. مقدار زیاد سدیم در خاک باعث سوختگی برگ اکثر گیاهان (مخصوصاً در شرایط گلخانه‌ای) می‌شود. در شرایط گلخانه که آبیاری با دور کم انجام می‌شود سدیم به مقدار $50ppm$ و کمتر توصیه می‌شود. مقدار سدیم از طریق پارامتر SAR^۱ نیز کنترل می‌شود. اگر مقدار SAR

^۱ Sodium Adsorption Ratio

کمتر از ۲ بوده و مقدار سدیم نیز کمتر از ۴۰ ppm باشد، حالت مطلوبی ایجاد شده و عنصر سدیم باعث جلوگیری از جذب کلسیم و منیزیم نخواهد شد.

پتاسیم و فسفات

مقدار این عناصر در آب آبیاری معمولاً بسیار کم است از این رو وجود بیش از ۱۰ ppm تا ۵ از این عناصر در آب، حاکی از آلوده شدن آب توسط کودها و سایر مواد می‌تواند باشد.

سولفات

سولفور یکی از عناصر مهم و مورد نیاز گیاه می‌باشد که معمولاً در کودهای کشاورزی وجود ندارد. اندازه‌گیری مقدار این عنصر برای اطمینان از وجود حداقل مقدار موردنیاز گیاه ضروری است. در کشت گلخانه‌ای اگر مقدار سولفات کمتر از ۵۰ ppm باشد اضافه کردن آن توسط کودهای شیمیایی حاوی فسفات ضروری است.

کلراید

معمولًا مقدار این عنصر در آب چاهها و منابع آب شهری (آب تصفیه شده فاضلاب شهری) بسیار زیاد است. مقادیر زیاد کلراید باعث کاهش جذب آب و سوختگی حاشیه برگها (مخصوصاً در گیاهان حساس) می‌شود. اگر مقدار این عنصر کمتر از ۱۰۰ ppm باشد معمولاً جای نگرانی از نظر سوختگی برگها نیست. در مقادیر کمتر از ۵۰ ppm نیز مشکل کاهش جذب آب گیاه مرتفع می‌شود.

آمونیم و نیترات

در صورتیکه مقدار این عناصر کمتر از ۵ ppm باشد بایستی با استفاده از کودهای حاوی آنها، مقدار آنرا به حد مطلوب رساند تا گیاه به رشد بهینه ادامه دهد.

اندازه‌گیری کیفی آب در گلخانه

هدايت الکتریکی (EC) و pH دو پارامتر اصلی هستند که اندازه‌گیری آنها در محل گلخانه و در طول دوره رشد گیاه می‌تواند کمک خوبی برای اطلاع از مشخصه کیفی آب آبیاری باشد. با اطلاع از مقدار این دو فاکتور می‌توان راه حل مناسب را برای کنترل مقدار اسیدیته (pH) و نمکهای محلول در آب اتخاذ کرد. استفاده از pH سنجهای قلمی یکی از ارزانترین ابزارها برای اندازه‌گیری pH خاک می‌باشد. اگرچه ابزارهای اندازه‌گیری EC گرانتر هستند ولی به دلیل اهمیت زیاد آگاهی از میزان هدايت الکتریکی آب استفاده از آن برای هر گلخانه توصیه می‌شود.

اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای

۱۳۸۶ مهرماه ۲۶

سیستم‌های گرمایش، برودتی و تهویه گلخانه

فرزاد آزاد شهرکی و نادر کوهی^۱

چکیده

گلخانه باید بتواند محیط کنترل شده ای برای نور، حرارت و رطوبت کافی جهت تولید گیاه فراهم کند. گلخانه نیاز به سیستمی جهت افزایش نور (به ویژه در ساعت‌های اولیه صبح) دارد و به همین منظور هنگام بنای گلخانه باید ارتفاع ساختمانها و درختان اطراف بنا مد نظر گرفته شوند. آب، سوخت و الکتریستی می‌توانند شرایط محیطی مناسبی را جهت نتایج مطلوب ایجاد کنند. جهت انجام این امر استفاده از سیستم گرمایش و سرمایش مطمئن و هوادهای مناسب، مکانیزم‌های هشدار دهنده، حرارت و ... از نیازهای یک گلخانه هستند. نیاز حرارتی گلخانه به نوع محصولی که در گلخانه رشد می‌کند، وابسته است. اغلب گیاهان به حرارت روزانه ۷۰ تا ۸۰ درجه فارنهایت و نیاز حرارتی شبانه تا حدی کمتر از این نیاز دارند. گیاهان گلخانه‌های سرد به درجه حرارتی حدود ۵۰ درجه فارنهایت در شب نیاز دارند که از آن جمله می‌توان به گل میخک، ازالیه، گل مینا، هویج، کاهو، تربچه و ... اشاره کرد.

کلمات کلیدی: گلخانه، شرایط محیطی، سیستم گرمایش و سرمایش

مقدمه

گیاهان گلخانه‌ای گرم به حرارت شبانه حدود ۶۵ درجه فارنهایت نیاز دارند که گل رز، گوجه‌فرنگی، سوسن، کاکتوس و ... از این دسته گیاهان هستند. گیاهان مناطق استوایی به حرارت شبانه بالای ۷۰ درجه فارنهایت و درصد رطوبت بالا نیاز دارند. یک سیستم گلخانه‌ای مناسب در طول یکسال زراعی باید بتواند شرایط مناسب حرارتی برای گیاه را فراهم کند. در تولید محصولات گلخانه‌ای سیستم گرمایشی مورد قبول است که حرارت یکنواخت بدون ایجاد شرایط مضر برای گیاه تولید کند. منابع مناسب سوختی جهت تولید این حرارت عبارتند از: گازهای طبیعی، LPG، چوب، نفت و گازوئیل که وجود و هزینه هر کدام از این سوختها از محلی تا محل دیگر متفاوت هستند. علاوه بر این، راحتی کاربرد، هزینه‌های عملیاتی و کاهش هزینه‌های کارگری هر سیستم نیز در توجیه کاربرد هر

۱- اعضاء هیات علمی بخش فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمان.

سیستم باید مورد توجه قرار گیرد. نیاز گرمایی گلخانه علاوه بر نوع گیاه به تلفات حرارتی سیستم گلخانه نیز وابسته است، که این امر به روش انتقال حرارت در گلخانه که یکی از روش‌های هدایت، همرفت و تشعشع است ارتباط دارد. در این مقاله به تشریح انواع سیستمهای انتقال حرارت در گلخانه و پارامترهای موثر بر طراحی و افت حرارتی روش‌های مختلف انتقال حرارت و تهويه و تاثیر رطوبت گلخانه بر آنها پرداخته شده است.

روش‌های انتقال حرارت و فاکتورهای موثر بر افت حرارتی و ملاحظات طراحی^۰ هدایت

در این روش گرما یا به وسیله ماده‌ای که بین دو جسم تولید کننده حرارت و مصرف کننده حرارت قرار دارد انتقال می‌یابد و یا به وسیله تماس فیزیکی دو جسم منتقل می‌شود. میزان گرمای جابجا شده در این روش بین دو جسم به سطوح دو جسم، طول مسیر انتقال حرارت، اختلاف درجه حرارت دو جسم و خواص فیزیکی دو جسم (چگالی، رنگ و...) وابسته است. افت حرارتی هدایتی با جایگزین ساختن مواد عایق در مسیر انتقال حرارت به جای موادی که گرما را سریعتر منتقل می‌کنند یا استفاده از عایق‌ها در مکانهای مشخص (تولید کننده گرما و مصرف کننده) می‌توان کاهش یابد. مثال ساده در این راستا می‌تواند جایگزین شدن دسته فلزی تابه آشپزخانه با دسته پلاستیکی یا چوبی یا پوشاندن دسته فلزی با چوب یا پلاستیک است. هوا هادی بسیار ضعیف و در نتیجه عایق مناسب حرارت است.

همرفت

روش انتقال حرارت همرفتی جابجایی فیزیکی یک گاز یا مایع گرم به محل سردتر است. افت حرارتی به بوسیله همرفت نه تنها شامل جابجایی هوا، بلکه شامل جابجایی بخار آب نیز می‌شود. وقتی که که آب در گلخانه بخار می‌شود، این بخار انرژی جذب می‌کند و وقتی که بخار آب منقبض شده و تغییر حالت داده و به حالت مایع بر می‌گردد، انرژی آزاد می‌شود. بنابراین وقتی بخار آب روی سطحی شروع به میان می‌کند، انرژی در سطح بیرونی جسم آزاد می‌شود.

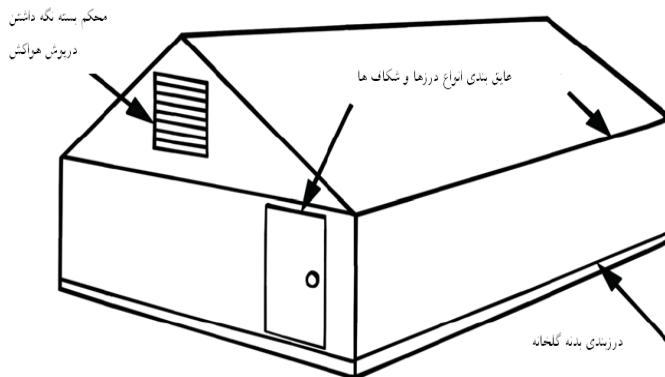
تشعشع

انتقال گرما به صورت تشعشع بین دو جسم بدون تماس مستقیم در دو جسم و یا با واسطه‌ای مثل هوا انجام می‌پذیرد. تشعشعات گرما مانند تشعشعات نور خطوط مستقیم را دنبال کرده و منکعس یا جابجا شده یا روی زیرهای سطوح جذب می‌شود. انرژی تشعشع باید جذب شده و به گرما تبدیل شود.

انرژی تشعشعی به وسیله منابع گرما در تمام جهات آزاد می‌شود. نرخ انتقال حرارت تشعشعی بواسطه سطح جسم، درجه حرارت و مشخصات سطح دو جسم تغییر می‌کند. افت حرارتی تشعشعی در یک جسم می‌تواند به وسیله احاطه کردن جسم با پوشش مات کاهش یابد. بعضی از اجسام مات انرژی تشعشعی را به منبع خود بر می‌گردانند و میزان کمی از تشعشع را جذب می‌کنند. بنابراین حرارت در این جسم زیاد بالا نمی‌رود و انرژی تشعشعی به بیرون جسم منتقل می‌شود.

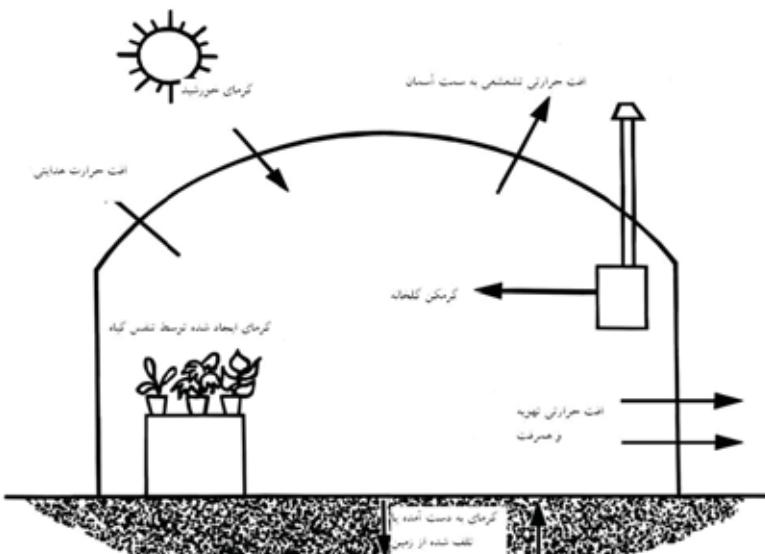
فاکتورهای موثر بر افت حرارتی

افت حرارتی به وسیله جابجایی هوا به نوع، سن و شرایط گلخانه وابسته است. گلخانه‌های قدیمی‌تر یا آنهایی که دارای شکافهایی در اطراف درب‌ها، ابزار پوششی و سوراخها هستند، منجر به ورود میزان زیادی هوای سرد می‌گردند. گلخانه‌های پوشیده شده به وسیله لعب، فایبرگلاس و یک یا دو لایه پلاستیک تلفات حرارتی کمتری دارند. سیستم تهویه گلخانه نیز بر افت حرارتی تاثیر گذار است. عدم محکم بسته شدن درپوش دمندهای هوا، طراحی ضعیف، کثیفی، صدمه دیدگی یا عدم روغنکاری دمندها منجر به مبالغه میزان قابل توجهی هوا با بیرون و تلفات حرارتی می‌گردد. پنجره‌های هوکشی نسبت به درپوش‌ها کار درزگیری را بهتر انجام می‌دهند ولی باید از بسته بودن این پنجره‌ها نیز مطمئن شد (شکل ۱).



شکل ۱: نمونه‌ای عایق‌بندی و درزبندی گلخانه

تشعشع خورشیدی وارد گلخانه شده و بواسطه گیاه، خاک و تجهیزات گلخانه جذب و سپس بواسطه این ابزار گرم شده انرژی تشعشعی به بیرون منعکس می‌شود. میزان افت حرارتی به وسیله تشعشع به وجود یا عدم وجود پوشش روی گلخانه، درجه حرارت محیط و میزان ابری بودن هوا بستگی دارد. پلاستیک‌های ضخیم و مواد شیشه‌ای کمتر از ۴٪ از انرژی تشعشعی را به بیرون منتقل می‌کنند.



شکل ۲: تبادلات حرارتی گلخانه با محیط خارج

محاسبه افت حرارتی

میزان افت حرارتی هدایتی با معادله (۱) تخمین زده می‌شود:

$$Q = A (T_i - T_o)/R$$

که در این رابطه:

Q: میزان افت حرارتی BTU/hr

A: سطح گلخانه ft^2

R: مقاومت هدایت حرارت (به جنس ماده وابسته است).

T_i-T_o: تفاوت درجه حرارت هوای بیرون و داخل.

جدول (۱) مواد رایج مورد استفاده در گلخانه و مقاومت هدایت حرارت آنها را نشان می‌دهد. این جدول همچنین میزان مقاومت حرارتی هدایتی (R) مواد مرکب را نیز نشان می‌دهد. توجه داشته باشید که میزان بالای R بیانگر جریان کمتر گرماست. مواد ساختمانی گلخانه که جاذب رطوبت هستند، گرما را از هنگامی که خشک هستند، بهتر منتقل می‌کنند. بنابراین باید از رسیدن بخار آب به این مواد جلوگیری کرد. گرما همچنین از اطراف کنارهای گلخانه تلف خواهد شد.

افت حرارتی بواسطه محیط گلخانه نیز باید به سایر تلفات اضافه شود. در جدول (۲) ثابت افت حرارتی می‌حيط گلخانه‌های عایق‌بندی شده و عایق‌بندی نشده آورده شده است. این افت از رابطه (۲) محاسبه خواهد شد.

$$Q = PL (T_i - T_o)$$

در این رابطه:

P: ثابت افت حرارتی BTU

L: محیط دور تا دور گلخانه

جدول ۱: میزان مقاومت حرارتی هدایتی (جریان گرما) در مواد مختلفی که در ساخت گلخانه کاربرد دارند.

R	نوع مواد دیواره و پوشش سقف و دیواره	R	نوع مواد
4	بلوکهای کانکریت ۸ اینچی	۳-۵/۵ اینچی	صفحه فایبر گلاسی
۴-۵	خته چندلایه ۰/۵ اینچی	۱ اینچی	پلی استارین
۱۱	کانکریت یا تخته چندلایه پوشیده شده با فوم	۳-۵/۵ اینچی	صفحه فایبر گلاسی
۱۹	پرده و پارچه	۵-۶/۵ اینچی	صفحه فایبر گلاسی
	شیشه یک لایه		نوع مواد پوششی سقف و دیواره
	پوشش پلی اتیلن یک لایه	۰/۲۵ اینچ	شیشه دولایه با فاصله ۰/۲۵ اینچ
	شیشه با پوشش پلی اتیلن دو لایه		پلی اتیلن دولایه‌ای جدا از هم

با اضافه کردن افت حرارتی همرفتی به مجموع تلفات حرارتی، تلفات حرارتی کل محاسبه خواهد شد. افت حرارتی همرفتی از رابطه (۳) قابل محاسبه است.

$$Q = 0.02VC \text{ (Ti-To)} \quad (3)$$

C: نسبت حجم هوای مبادله شده به حجم گلخانه بر ساعت.
V: حجم گلخانه ft^3

در جدول (۳) میزان تخمینی تعداد حجم هوای مبادله شده از طریق انواع گلخانه‌ها آورده شده است. نسبت حجم هوای مبادله شده بر ساعت بسته به نوع و شرایط گلخانه و نیز سرعت باد تغییر می‌کند. سرعت باد کم و یا حفاظت در برابر باد، نرخ مبادله هوا را کاهش می‌دهد.

جدول ۲: ثابت افت حرارتی محیطی

ثابت افت حرارتی	نوع محیط
۰/۴	عایق‌بندی شده
۰/۸	عایق‌بندی نشده

جدول ۳: میزان تبادل طبیعی هوا (نسبت حجم هوای مبادله شده) در انواع گلخانه‌ها

میزان هوای مبادله شده	نوع گلخانه
۰/۷۵ - ۱	ساختمان جدید شیشه‌ای یا فایبر‌گلاسی
۰/۵ - ۱	ساختمان جدید با دولایه پلاستیک
۱ - ۲	ساختمان شیشه‌ای قدیمی با وضعیت نگهداری خوب
۲ - ۴	ساختمان شیشه‌ای قدیمی با وضعیت ضعیف

طراحی جهت تعیین حداقل حرارت مورد نیاز

درجه حرارت مناسب بیرون گلخانه جهت استفاده در محاسبات اندازه گرمکن گلخانه می‌تواند به واسطه کاهش 15°F (جهت اطمینان) از متوسط کمترین میزان درجه حرارت در طول سردرین فصل سال بدست آید.
- مثال:

با در نظر گرفتن درجه حرارت 65°F در داخل گلخانه‌ای به ابعاد شکل ۳ که از دو لایه پلاستیک بدون عایق‌بندی ساخته شده است محاسبات به صورت زیر خواهد بود:
مساحت سطوح مختلف گلخانه:

$$7 \times 100 \times 2 = 1400 \text{ ft}^2 \text{: دیوارهای طولی}$$

$$16/86 \times 100 \times 2 = 3372 \text{ ft}^2 \text{: سقف}$$

$$32 \times 7 + 5/33 \times 16 \times 2 = 618/6 \text{ ft}^2 \text{: دیوارهای عرضی}$$

$$5390/6 \text{ ft}^2 \text{: کل سطح جانبی گلخانه}$$

اگر متوسط کمترین میزان درجه حرارت در طول سردترین فصل سال 65°F باشد. درجه حرارت بیرون گلخانه جهت طراحی $18/60^{\circ}\text{F}$ (20°F) خواهد بود. در این صورت ما نیاز به افزایش حرارت 45°F خواهیم داشت. اگر گلخانه از پلاستیک دو لایه ساخته شده باشد ($R=1/43$) خواهیم داشت:

$$\text{افت حرارتی هدایتی} (Q_c = \text{Area} \times DT / R = 169/627\text{B TU/hr})$$

$$= (7 \times 3 \times 100) + (16 \times 5 / 33 \times 100) = 22/4 + 8/528 = 30/928 \text{ ft}^3$$

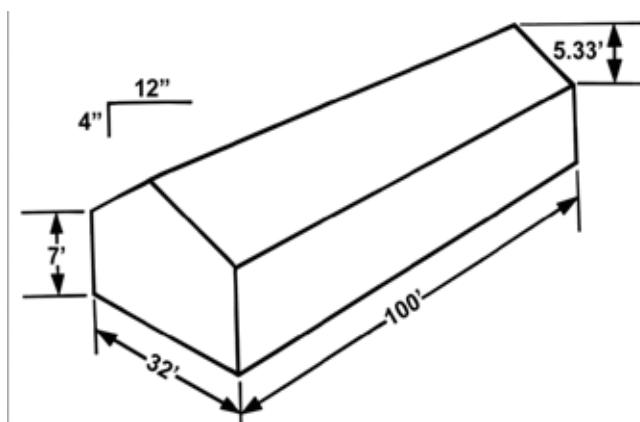
$$\text{افت حرارتی همرفتی} (Q_A = 0.02 \times V \times C \times DT = 0.02 \times 30 / 928 \times 1 \times 45 = 27/835 \text{ B TU/hr})$$

$$\text{افت حرارتی محیط} (Q_p = P \times L \times DT = 0.8 \times 264 \times 45 = 9/504 = \text{Btu/hr})$$

$$\text{کل تلفات حرارتی} (Q_T = Q_c + Q_A + Q_p = 169/647 + 27/835 + 9/504 = 20.6/986 \text{ Btu/hr})$$

$$H.R = 20.6/986 \text{ Btu/hr}$$

اگر گلخانه در روی تپه با وزش باد واقع باشد، بهتر است ۲۰ درصد به گرمای مورد نیاز اضافه شود.



شکل ۳: گلخانه دو لایه پلاستیکی

سایر ملاحظات طراحی

گلخانه‌های پلاستیکی اغلب دارای رطوبت بالایی هستند که به علت عدم وجود درز یا شکاف در حصار گلخانه هستند. رطوبت زیاد در گلخانه می‌تواند منجر به ایجاد امراض و بیماریها در برگها و گلهای گیاهان گلخانه‌ای شود. یک سیستم گرمایشی هوای تحت فشار می‌تواند به مخلوط شدن هوای گرم داخل گلخانه کمک کرده و از تغیرات دمای داخل گلخانه جلوگیری کند. مطلوب این است که داخل گلخانه در طول دیواره‌های گلخانه هوای گرم و سرد در نزدیک دیواره‌های گلخانه با هم مخلوط شوند.

سیستمهای داکت (تونل هوایی) جهت یکسان کردن توربولنس هوای گرم بدست آمده از گرمکن مناسب هستند. استفاده از تعداد دو یا بیشتر گرمکن نسبت به یک گرمکن بزرگ ارجح می‌باشد. این امر علاوه بر سایر مزایا، باعث می‌شود هنگامی خرابی یکی از گرمکن‌ها، دیگری به کار خود ادامه دهد. سیستم‌های هشدار دهنده خرابی یا قطع توان نیز جهت عملکرد بهتر گرمکن‌ها مناسب هستند. بسیاری از کشاورزان ترجیح می‌دهند که سیستم هشدار دهنده‌ای نیز جهت هشدار هنگامی که درجه حرارت از میزان مشخصی کمتر شد، داشته باشند.

تهویه

تهویه دمای داخل گلخانه را در روزهای آفتابی کاهش داده و CO_2 لازم را که جهت فتوستز گیاه ضروری است، فراهم می‌نماید. مزیت دیگر تهویه حذف گرمای، هوای مرطوب و جایگزین کردن آن با هوای خشک است. رطوبت بالا وقتی که روی سطوح سردتر قرار گیرد تبدیل به مایع شده و منجر به ایجاد بیماری می‌شود. گلخانه‌هایی که پوشش پلاستیکی دارند، مناسب تهویه به وسیله سیستمهای بدون دمنده یا مکنده هوا نیستند، از این‌رو در این گلخانه‌ها از انواع دمنده یا مکنده جهت این کار استفاده می‌شود.

دمیدن هوا در طول زمستان نیز جهت جلوگیری از انتشار هوای سرد روی برگها باید در طراحی در نظر گرفته شود. جریان هوا در زمستان می‌تواند به وسیله استفاده از دمنده و مکنده‌هایی در قسمت سه گوش دیواره انتهایی گلخانه جهت ورود و خروج هوا ایجاد شود. این ورودی و خروجی هوا به وسیله تونل پلاستیکی نسبتاً نازکی که در طول گلخانه کشیده شده به هم متصل است. این تونل پلاستیکی در طول گلخانه دارای سوراخهایی است. مکنده هوا (خروجی) می‌تواند با حرارت کنترل شود.

مکنده هوا به میزان کمی افت فشار در داخل گلخانه ایجاد می‌کند و منجر به ایجاد هوای تازه داخل تونل و تخلیه شدن این هوا از سوراخهای تونل داخل گلخانه می‌شود. این سوراخها فواره‌هایی از هوا ایجاد می‌کنند که این هوا قبل از رسیدن هوا گرم به گیاه با آن مخلوط می‌شود.

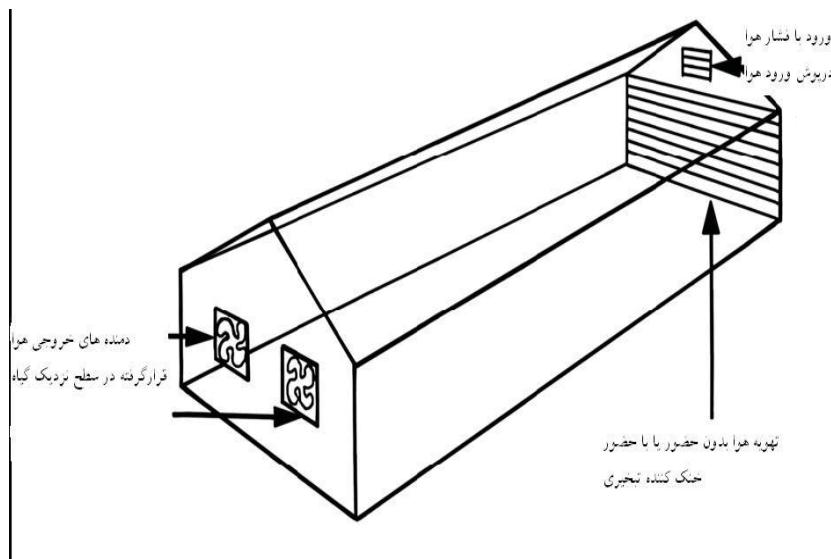
ترموسات مکنده و دمنده هوا جریان هوا را وقتی دمای هوا به میزان معینی رسید، متوقف می‌کند و تونل پلاستیکی جمع می‌شود. این نوع سیستم‌ها نسبت به سایر سیستمهای تهویه زمستانی به ظرفیت کمتر دمنده و مکنده نیاز دارند. وقتی دمای بیرون گلخانه بالا می‌رود هوای بیشتری نیاز است تا جایی که تونل هوا کاملاً از هوا پر شود. این امر بواسطه استفاده از تعداد مکنده‌های بیشتر یا افزایش توان آنها انجام می‌شود.

مکنده‌های هوا می‌تواند با تشک‌های خنک کننده در سیستم‌های خنک کننده تبخیری ترکیب شوند. در حقیقت هوا می‌تواند از طریق تشک بدون حضور آب یا با حضور آب مکیده شود. در این سیستم نیز در زمانهای گرم هوای بیشتری از گلخانه جهت تبادل بهتر هوا باید در هر ساعت مکیده شود. علاوه بر این عملکرد مکنده‌ها به وسیله ترموسات‌ها یا حسگرهای رطوبت کنترل می‌شوند. سیستم‌های مجهز به تشک‌های خنک کننده دارای ۳ مکنده یا کمتر با موتورهای جداگانه جهت جلوگیری از تغییرات دمای زیاد هستند. حداقل مکش ایجاد شده در این سیستم‌ها حدود $1/8$ اینچ آب است و در صورتیکه مکنده‌ها نتوانند این فشار منفی را ایجاد کنند تنها ۶۰ تا ۷۰ درصد هوا را به جریان خواهند انداخت.

مکنده‌های هوا در دیوارهای انتهایی

نصب دمنده‌ها و مکنده‌های هوا در دیواره انتهایی متدالترین روش جهت ایجاد جریان هوای تحت فشار است. (شکل ۴). هوا از طریق درپوش یا دمنده وارد و به واسطه مکنده خارج می‌شود. مکنده‌های خروجی باید قادر به جابجایی حجم کم هوا در زمستان و مبادله حجم زیاد هوا در تابستان باشند. هر حجم تبادل هوا در دقیقه باید دما را حدود ۸ درجه فارنهایت بالاتر از دمای بیرون نگهدارد (بدون سیستم اضافی خنک کننده‌ی تبخیری) نیمی از این حجم هوا می‌تواند به افزایش 15°F دما منجر گردد. در صورتیکه دو برابر کردن تبادل حجم هوا در دقیقه منجر به

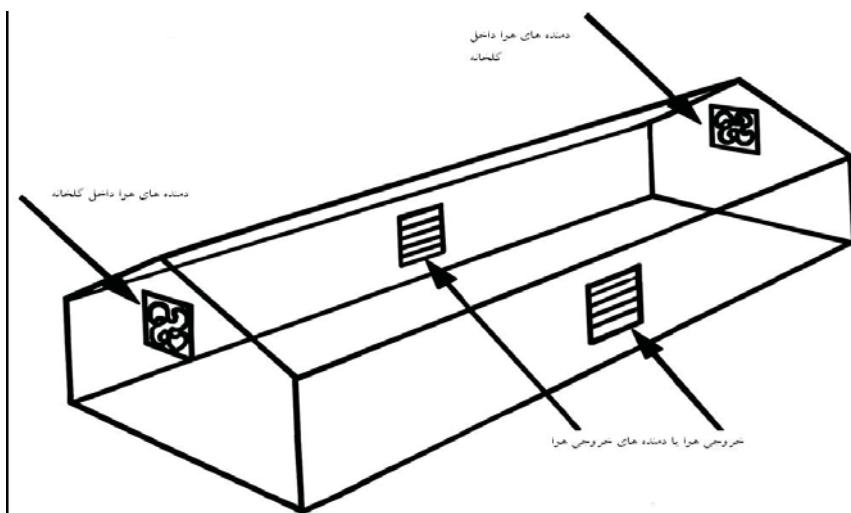
بالا بردن درجه حرارت به میزان 5°F نسبت به بیرون می‌گردد. پیشنهاد می‌گردد در صورت استفاده از این روش طول گلخانه بیشتر از ۱۲۵ فوت نگردد، البته گلخانه‌های تا طول ۲۵۰ فوت نیز در این روش رضایت بخش هستند. تغییرات دما در گلخانه‌های طویل‌تر نسبت به گلخانه‌های کوچک‌تر بیشتر است. بنابراین، میزان جریان هوا در گلخانه‌های بزرگ‌تر باید بیشتر باشد. هیچ هوایی نباید اجازه داشته باشد از کناره‌ها یا سایر درزهای گلخانه مکیده یا وارد شود. استفاده از انود و لعاب در گلخانه‌های شیشه‌ای باید به خوبی اجرا شوند و گلخانه از نظر نشت هوا در شرایط مناسبی باشد. اگر در تابستان از تشک‌های خنک کننده استفاده شود، دمنده ورودی هوا را قطع یا درپوش آن را می‌اندازیم تا هوای گرم از بیرون وارد نشود. معمولاً در گلخانه‌های کوچک‌تر جهت مکش هوا از یک مکنده دو سرعته استفاده می‌شود. در تابستان باید تقریباً $1000 \text{ ft}^3 / \text{min}$ هوا در $1/5 \text{ ft}^2$ سطح تشک در هر دقیقه به وسیله مکنده هوا جابجا شود.



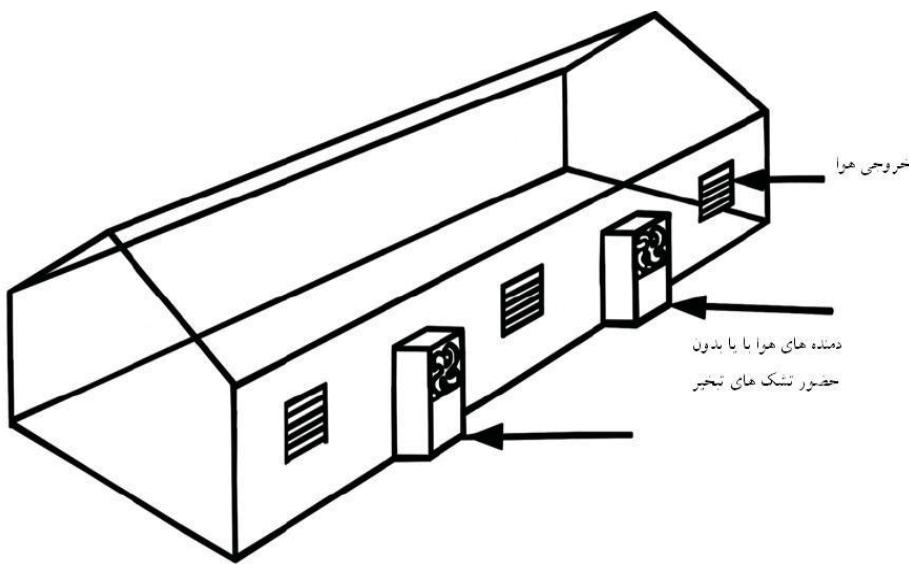
شکل ۴: مکنده هوا و ورودی هوای تحت فشار در دیواره انتهایی

دمنده‌های هوایی در دیواره‌های انتهایی

در گلخانه‌هایی که دارای طول ۱۰۰ فوت یا کمتر هستند، جریان هوا می‌تواند بواسطه دمیدن هوا بواسیله دمنده‌هایی که هوا را از ارتفاعات دیواره انتهایی، داخل گلخانه می‌دمند، تامین شوند. دمنده‌های دیواره‌های انتهایی معمولاً دو سرعته هستند و بواسیله ترموستات‌های جداگانه کنترل می‌شوند. جهت جلوگیری از رسیدن جریان هوا به گیاهان و آسیب رساندن به آنها، از موانعی در جلوی دمنده‌ها جهت منحرف کردن هوا در جهت دلخواه استفاده می‌شود. علاوه بر این، دمنده‌ها باید دارای محافظه‌ای جهت جلوگیری از رسیدن باران به آنها و زنگ زدگی باشند. یک سیستم تهویه فشاری که می‌تواند مجهز به سیستم خنک کننده تبخیری باشد در شکل (۶) ارائه شده است. در این سیستم دمنده‌ها در دیواره‌های کناری جاسازی شده‌اند. در صورت تراکم بالا و به هم پیچیدگی و بلند بودن شاخ و برگ محصول، جاسازی دمنده‌ها در دیواره‌های کناری گلخانه مناسب نیستند. توجه داشته باشید هوای ورودی و خروجی در این روش در یک دیوار قرار دارند و جعبه‌ای دور دمنده، در مواردی که از تشک‌های تبخیری استفاده می‌شود به کار می‌رود.



شکل ۵: دمنده هوا در دیواره انتهایی و خرسچی هوا در دیواره کناری



شکل ۶: دمنده‌ها و خرسچی در یک سمت قرار گرفته‌اند.

خنک کننده‌های تبخیری

گرمای جذب شده در سطوح تاریک مقابله اشعه‌های خورشید می‌تواند تا 300 BTU/hr برای هر فوت مربع از سطح مورد نظر باشد. بنابراین این امکان وجود دارد که به صورت تئوری برای یک گلخانه در هر فوت مربع 300 BTU/hr انرژی جذب شود. این میزان انرژی زیاد می‌تواند باعث بالا رفتن گرمای گلخانه و پژمردگی گیاهان گلخانه در روزهای گرم شود. گرمای اضافی گلخانه اغلب بوسیله ابزاری جهت سایه انداختن مثل پرده‌های غلتکی چوبی، آلومینیومی یا سایر ابزاری که بتوانند در موقع لزوم باز و بسته شده و ایجاد سایه کنند، رفع می‌شود. این پرده‌ها در گلخانه‌های کوچک بسیار مناسب بوده و می‌توانند به واسطه تغییر درجه حرارت بیرون گلخانه تنظیم شوند. بدین ترتیب میزان تشعشع در این روش می‌تواند تا میزان 50% کاهش یافته و جهت کاهش درجه حرارت در مواقع لزوم به کار رود. البته استفاده از سایه جهت کاهش درجه حرارت می‌تواند منجر به محدودیت رشد گیاه به علت کاهش تابش نور به ویژه در زمانهایی که این نور جهت فتوستتر ضروری تر به نظر می‌رسد، گردد. اگر درجه

حرارت تابستان به حدی رسید که به وسیله استفاده از پرده‌ها، دمنده‌ها و مکنده‌ها قادر به کنترل آن نشدیم، تنها جایگزین جهت کاهش درجه حرارت استفاده از خنک کننده‌های تبخیری است. استفاده از یک مکنده هوا و یک تشک در سیستم خنک کننده تبخیری منجر به کاهش حرارت اضافی و بالا بردن رطوبت می‌گردد. این روش منجر به کاهش افت رطوبت گیاه و در نتیجه کاهش پژمردگی گیاه می‌شود.

عمل تبخیر آب هنگامی که هوای ورودی به سیستم خشک است بیشتر خواهد بود (هنگام پایین بودن رطوبت نسبی هوای اجازه می‌دهد تا میزان آب زیادی تبخیر شود). به طور تئوری هوا می‌تواند تا زمانی که به صد درصد رطوبت نسبی برسد به صورت بخار خنک شود (به مایع تبدیل شود). عملاً یک خنک کننده خوب تبخیری می‌تواند درجه حرارت گلخانه را تا ۸۵٪ این درجه حرارت خنک کند (حرارت تبدیل بخار به مایع). اثر خنک کننده‌گی برای ۸۵٪ راندمان خنک کننده‌گی در جدول (۴) نشان داده شده است. خنک کننده‌های تبخیری هنگامی که رطوبت پایین‌تر هستند، بسیار موثرترند. خوبی‌خانه رطوبت نسبی معمولاً در گرمترین زمان طول روز پایین‌تر است. گرمای خورشید وارد شده داخل گلخانه میزانی از اثر خنک کننده‌گی گلخانه را از بین می‌برد. طراحی خوب تهویه گلخانه باید قادر به ایجاد یک حجم مناسب مبادله شده هوا در هر دقیقه که جهت یک سیستم خوب خنک کننده تبخیری لازم است، تهیه کند. معمولاً جهت تخمین درجه حرارت داخل گلخانه 10°F به درجه حرارت پیش‌بینی شده اضافه می‌شود (بدلیل گرمای ناشی از حرارت خورشیدی در هر حجم هوای مبادله شده). به طور مثال اگر درجه حرارت بیرون گلخانه 90°F و رطوبت نسبی ۷۰٪ باشد، درجه حرارت داخل گلخانه به ازای هر حجم هوای مبادله شده در صورت استفاده از این سیستم 93°F خواهد بود. (با توجه به جدول ۴ درجه حرارت گلخانه 83°F خواهد بود که 10°F به آن اضافه می‌شود).

جدول ۴: تخمین درجه حرارت گلخانه در رطوبت‌های مختلف به ازای هر حجم هوای مبادله شده.

رطوبت نسبی				
هوای بیرون	%۹۰	%۷۰	%۵۰	%۳۰
درجه حرارت داخل گلخانه خنک شده $^{\circ}\text{F}$				
۱۰۰	۹۶	۹۱	۸۶	۷۹
۹۰	۸۷	۸۳	۷۷	۷۰
۸۰	۷۷	۷۴	۶۹	۶۳
۷۰	۶۸	۶۴	۶۰	۵۴

اگر راندمان خنک کننده‌گی ۸۵٪ محقق گردد، حداقل ۱ فوت مربع از سطح تشک (از جنس فیبر) جهت هر 150 CFM جریان هوای لازم است. در جدول (۵) بعضی از موادی که می‌توانند به عنوان تشک استفاده شوند به همراه میزان جریان هوای پیشنهادی برای آنها آورده شده است. تشک فیبری معمولاً در روی تورهای سیمی قرار گرفته و لوله‌ای با سوراخ‌های نزدیک به هم در روی تور اجازه می‌دهد تا آب بر روی صفحه نفوذ کند (شکل ۷). آبی که تبخیر نمی‌شود و در جریان هوای قرار نمی‌گیرد بواسطه لوله برگشته آب به مخزن برمی‌گردد. مخزن باید

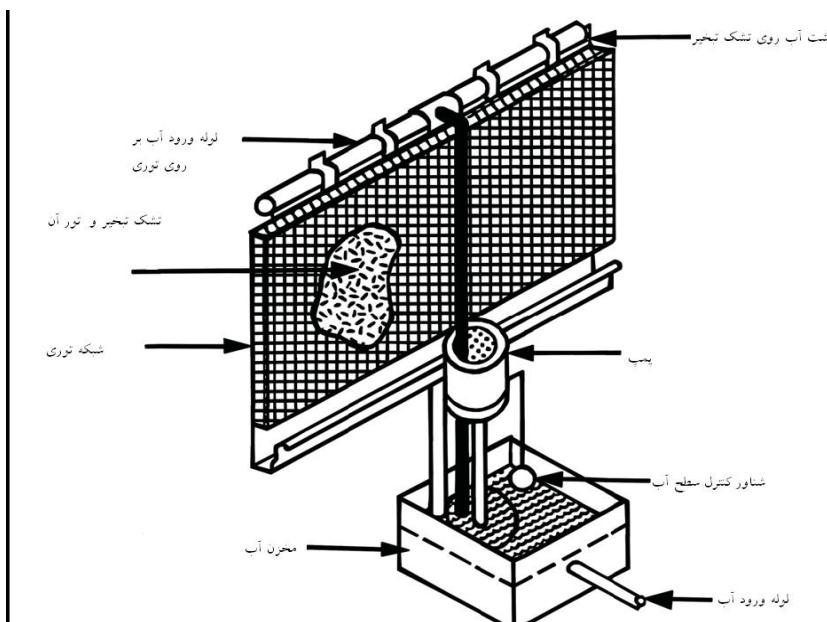
ظرفیت نگهداری آب برگشتی از تشك را هنگام خاموش بودن سیستم داشته باشد. در جدول (۶) میزان جریان آب لوله و ظرفیت مخزن برای انواع تشك‌ها آورده شده است.

جدول ۵: جریان هوای پیشنهادی در واحد سطح انواع تشك در خنک کننده‌های تبخیری.

نرخ جریان آب از تشك ^(CFM/ ft²)	جنس تشك
۱۵۰	فیبر با ضخامت ۲-۴ اینچ
۲۵۰	سلولوز موج دار با ضخامت ۴ اینچ
۳۵۰	سلولوز موج دار با ضخامت ۶ اینچ

جدول ۶: جریان آب پیشنهادی و ظرفیت مخزن در انواع تشك‌ها در خنک کننده‌های تبخیری.

حداقل جریان آب در واحد تشك ^(Gal/ ft²)	حداقل ظرفیت مخزن در واحد سطح طول تشك ^(gpm/ft)	نوع تشك
۰/۵	۰/۳	فیبر با ضخامت ۲-۴ اینچ
۰/۸	۰/۵	سلولوز موج دار با ضخامت ۴ اینچ
۱	۰/۸	سلولوز موج دار با ضخامت ۶ اینچ



شکل ۷: یک سیستم خنک کننده تبخیری نمونه

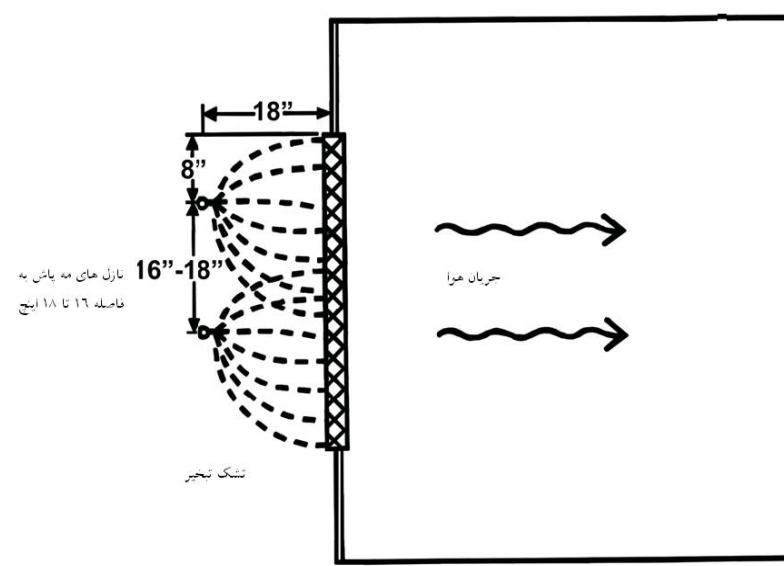
جهت از کار انداختن جریان هوای در هوای سرد، معمولاً از یک پوشش استفاده می‌شود که این پوشش می‌تواند به صورت اتوماتیک یا دستی کار کند. از یک شناور نیز می‌توان جهت کنترل سطح آب استفاده کرد. از ورود آب باران به سیستم ورودی آب باید جلوگیری گردد زیرا آب باران باعث تسریع رشد جلبکها می‌گردد.

سیستم مه پاش

در این سیستم خنک کننده تبخیری از پاشش قطرات ریز آب داخل گلخانه استفاده می‌شود (شکل ۸). این سیستم دارای مزایای زیادی است که البته با محدودیتها نیز روبرو است. قطرات آب باید خیلی ریز باشند که این نیازمند آن است تا نازل‌های مه‌پاش نزدیک به هم و در فشار نسبی بالا کار کنند و این امر نیازمند هزینه بالاست. آب ورودی به این سیستم باید به خوبی تصفیه شود تا از گرفتگی نازل‌ها جلوگیری شود. پاشش یکنواخت قطرات آب در سراسر گلخانه مشکل است. اگر قطرات مه حاوی مواد معدنی باشند، این مواد بر روی شاخ و برگ گیاهان جمع خواهد شد که منجر به کاهش فتوسنتز و مسمومیت شوری گیاه می‌شود. سیستمهای مه‌پاش همچنین منجر به ایجاد بیماری در گیاه مخصوصاً اگر قطرات مه بزرگ باشند، می‌گردند. این سیستم نسبت به سیستمهای خنک کننده تبخیری دارای تشكیل کارآبی کمتر خنک کننده‌گی دارند اما از نظر هزینه ارزانتر هستند. با توجه به اینکه هوای گرم زودتر از هوای سرد آب را بخار می‌کند از این خاصیت می‌توان جهت زودتر باز شدن نازل‌ها در هوای گرمتر استفاده کرد و عملیات پاشش مه انجام شود.

سیستم تهویه طبیعی

بعضی گلخانه‌ها عملیات تهویه با استفاده از ایجاد دریچه در کنار و خرپشته گلخانه که در سرتاسر طول گلخانه وجود دارد انجام می‌شود. در این روش در طول گلخانه خرپشته و دریچه کنار گلخانه تا حد لازم جهت رسیدن به درجه حرارت مورد نظر، باز می‌شود. در این گلخانه‌ها میزان تهویه به باد بستگی دارد و چندان رضایت بخش نیست. معمولاً یک‌چهارم سطح سقف و دیواره گلخانه جهت این کار استفاده می‌شود.



شکل ۸: سیستم مه پاش در خنک کننده تبخیری

منابع

- 1- Heights, I.L. 1983. Air Movement and Control Association International, Inc. AMCA.
- 2- Joseph, St. 1993. Ventilating and Cooling Greenhouses. ASAE EP: 406.
- 3- Hellickson, M.A., and J. Walker. 1983. Ventilation of Agricultural Structures. American Society of Agricultural Engineers.

اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای

۱۳۸۶ مهرماه ۲۶

سازه‌ها و پوشش‌های گلخانه‌ای موجود و لزوم انتخاب مناسب آن با توجه به نیاز و اقلیم کشور

حمید رضا قزوینی و مختار میرانزاده^۱

چکیده

در جهان امروز به منظور کنترل شرایط محیطی در تولید محصولات کشاورزی، با بهره‌گیری از گلخانه‌های پیشرفته، بسیاری از مشکلات تحت کنترل درآمده است. فناوری به کار رفته در گلخانه، بر توان کنترل عوامل محیطی تاثیر می‌گذارد. از مهمترین فاکتورهای موثر بر این کنترل، نوع سازه و پوشش بکاررفته در گلخانه است. گستردگی و تنوع اقلیمی در ایران، مطالعه و بررسی انواع سازه و پوشش گلخانه‌ای را جهت ارائه الگوی صحیح منطقه‌ای ضروری می‌سازد. هم اکنون در بسیاری از مناطق کشور از الگوی یکسان سازه و پوشش استفاده می‌شود که در اکثر آنها تناسبی علمی میان فاکتورهای اقلیمی، نوع محصول، نوع سازه و پوشش مناسب به چشم نمی‌خورد و در تعداد زیادی از این واحدهای تولیدی هزینه‌های مصرفی در زمینه تامین انرژی، سرمایش، گرمایش و یا به عبارتی کنترل عوامل محیطی، غیرمعارف است. بنابراین لزوم استانداردسازی در گلخانه‌ها و کاربرد دستورالعمل‌های بین‌المللی مانند دستورالعمل IACS با کاربرد GIS در گلخانه‌ها ضروری به نظر می‌رسد. هم‌اکنون سازه‌ها و پوشش‌های مختلف به صورت تجاری در جهان ارائه شده‌اند که در ادامه به صورت اجمالی بررسی می‌گردند. بدیهی است که مطالعه انواع آنها به ارائه الگوی مناسب برای کشور کمک می‌کند. مهمترین گروه سازه‌های گلخانه‌ای که در تولیدات تجاری کشاورزی مورد استفاده واقع می‌شوند شامل گلخانه‌های لبه‌دار (Ridge frame)، Ground to ground و نیمه‌استوانه‌ای (Quonset) هستند. رایج‌ترین پوشش‌های مورد استفاده در گلخانه‌های تجاری به طور کلی در چند گروه تقسیم بندی می‌شوند که شامل پلی‌اتیلن، پلی‌فیلم، پلی‌کربنات، آکریلیک و فایبرگلاس هستند.

کلمات کلیدی: گلخانه، پوشش، سازه، انرژی، استاندارد

مقدمه

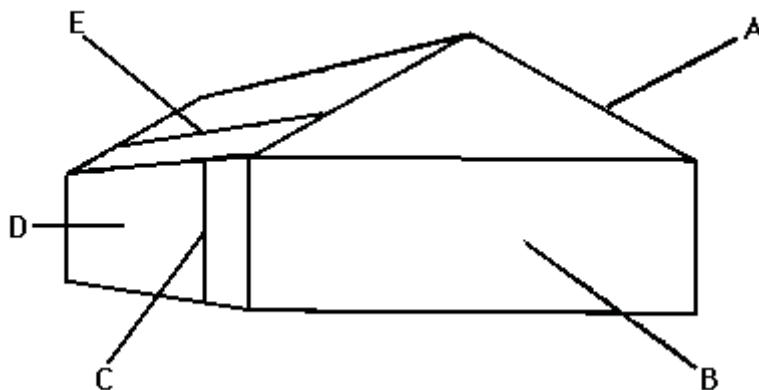
انتخاب یک طرح مخصوص در میان انواع سازه‌ها ارائه شده امروزی، نیازمند بررسی آنها از نظر نوع نیاز، تجارب کاربر و محاسبات فنی لازم است. چه گیاهی (گیاهانی) برای کشت در نظر گرفته شده‌اند، آنها چگونه

^۱- اعضا کمیته تحقیقات گلخانه‌ای به ترتیب در زمینه‌های سازه و آبیاری بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان

مدیریت می‌شوند، تجرب کاربر و آشنایی آن با سیستم‌های مدیریت گلخانه چگونه است، با این اطلاعات اولیه و پایه می‌توان یک طرح قابل اجرا را مد نظر قرار داده و سپس با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی مربوطه، آن را انتخاب نمود. در حال حاضر در بسیاری از مناطق کشور از الگوی یکسان‌سازه و پوشش استفاده می‌شود در حالی که با توجه به پهناوری و تنوع اقلیمی ایران و نیز نوع گیاهان تحت کشت، مطالعه و بررسی انواع سازه‌ها و پوشش‌های گلخانه‌ای برای ارائه الگوی منطقه‌ای ضروری بوده و تاثیر مستقیم بر بخش بزرگی از هزینه‌های تأمین انرژی، سرمایش، گرمایش و به عبارتی کاملتر بر هزینه کنترل عوامل محیطی مؤثر در تولید خواهد داشت.

اجزاء سازه گلخانه‌ای

امروزه گلخانه‌های تجاری از مواد متفاوتی ساخته می‌شوند. آلومینیوم، آهن گالوانیزه، استیل و چوب از رایج‌ترین آنهاست. در این بین آلومینیوم بادوام‌ترین و احتمالاً اقتصادی‌ترین است. آلومینیوم در ضخامت‌ها و اشکال مختلف ارائه می‌شود. انواع پروفیل‌های آلومینیومی را می‌توان به عنوان اجزاء مختلف یک سازه به کار برد. استفاده از چوب در گلخانه‌های تجاری رواج کمتری دارد. مهمترین علت آن فسادپذیری و پوسیدگی چوب به دلیل شرایط محیطی گلخانه است. آن‌گونه که در شکل ۱ دیده می‌شود مهمترین قسمت‌های یک سازه گلخانه‌ای شامل: تیرهای عرضی (Rafters)، دیواره‌های انتهایی (End Wall)، تیرهای عمودی طرفین گلخانه (Side wall) و دیرک‌های جانبی (Side Post) هستند.



شکل ۱: اجزاء یک سازه گلخانه‌ای (A: تیر عرضی، B: دیواره انتهایی، C: دیواره عمودی، D: دیرک اتصال، E: دیرک اتصال)

تیرهای عرضی بخش مهمی از سازه در جهت حمایت از ایستایی گلخانه است. این تیرها عموماً با فواصل ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ سانتی‌متر و با توجه به مقاومت مورد نیاز نصب می‌شوند. تیرهای عرضی می‌توانند به صورت داربستی و یا به صورت کمانی، با توجه به عرض گلخانه مورد نظر نصب گردند. عموماً در گلخانه‌های با عرض بیش از ۱۵ متر لازم است یک شاه‌تیر اصلی نیز در مرکز سقف سازه و به جهت افزایش مقاومت مورد نیاز نصب شود. دیرک‌های اتصال (Purlin) نگهدارنده‌های افقی هستند که در جهت عمود بر تیرهای عرضی قرار داشته و آنها را به هم‌دیگر متصل می‌کنند. این جزء سازه عموماً با فواصلی از ۱۲۰ تا ۲۴۰ سانتی‌متر با توجه به اندازه و مقاومت مورد نیاز گلخانه نصب می‌شوند. در مکان‌های که نیاز است سازه بار بیشتری را

تحمل نماید، در محل تلاقی دیرک‌های اتصال و تیرهای عرضی (Rafters) با اتصالات مناسب این نقاط به یکدیگر متصل می‌شوند و در نتیجه مقاومت بیشتری در نواحی بادخیز و برف‌گیر برای سازه ایجاد می‌شود. تیرهای عمودی طرفین گلخانه (Side Post) به همراه ستون‌ها، در حقیقت پایه‌های عمودی سازه هستند. این تیرها معمولاً دارای ارتفاعی از ۳۰ سانتی‌متر تا ۳ متر هستند. ارتفاع این تیرها تعیین‌کننده ارتفاع موردنیاز برای رشد گیاهان تحت کشت است و تأثیر زیادی بر راندمان تولید گلخانه دارد. دیوارهای جانبی گلخانه (Side Wall) در تهويه و ايزوله نمودن گلخانه نقش مهمی بر عهده دارند.

انواع پوشش‌های گلخانه‌ای

یک گلخانه مطلوب نیازمند یک پوشش مناسب است. این پوشش نور را به مقدار بهینه عبور می‌دهد و در همان حال دارای یک مقاومت مناسب بوده و از نظر اقتصادی نیز به صرفه است. تا اوخر دهه ۱۹۵۰ گلخانه‌های شیشه‌ای تنها انتخاب برای تولیدات تجاری بودند. شیشه ضریب گذردهی نور بالایی داشته و انتقال حرارت را بیشتر از پوشش‌های دیگر انجام می‌دهد و هزینه اولیه بالایی دارد. با ورود محصولات سنتیک هیدروکربنی، پوشش‌های جدیدی برای گلخانه‌ها به بازار عرضه شدند. انتخاب هر یک از این پوشش‌ها برای گلخانه‌های تازه تأسیس یا گلخانه‌هایی که تحت پروژه‌های نوسازی قرار گرفته‌اند، نیازمند بررسی فاکتورهای عملکردی و اقتصادی آنها است. همچنین، از آنجایی که آلودگی هوا نیز از عوامل مؤثر بر کارآبی پوشش‌های گلخانه‌ای است، محل احداث گلخانه نیز از نظر آلودگی هوا نیازمند بررسی است. در حال حاضر رایج‌ترین انواع پوشش‌های گلخانه‌ای عبارتند از :

الف- پلی‌کربنات‌ها

پلی‌کربنات‌ها یکی از جدیدترین موادی است که هم‌اکنون برای پوشش گلخانه‌ها در دسترس قرار دارد. اگرچه هنوز پاره‌ای از خصوصیات آن برای استفاده در گلخانه در دست ارزیابی قرار دارد، لیکن این پوشش دارای استحکام کافی بوده و در همین حال انعطاف‌پذیری مناسبی نیز دارد، در نتیجه امکان استفاده از آن در گلخانه‌های نیمه‌استوانه‌ای نیز وجود دارد. این پوشش اگرچه هزینه اولیه بالایی دارد، ولی بعضی از سازندگان عمر مفید آن را تا ۱۵ سال تضمین می‌نمایند. صفات پلی‌کربنات در حال حاضر در انواع دو لایه و سه لایه نیز وجود دارد و در نتیجه مقاومت زیادی در مقابل ضربه، تبادل حرارتی و فشار از خود نشان می‌دهند. ضریب گذردهی نور در آنها بیش از ۹۰٪، مقاومت آنها به ضربه ۲۰ برابر فایبرگلاس و ۴۰ برابر شیشه و آکریلیک است، مقاومت آنها به UV بالا و دارای وزن نسبتاً کمی هستند. این پوشش به بسیاری از مواد شیمیایی مانند گروهی از اسیدها، اوره و کودهای شیمیایی مقاوم است.

ب- آکریلیک

آکریلیک‌ها هم از انواع پوشش‌های جدید به شمار می‌آیند. این گروه هم بسیار بادوام بوده و بسیاری از سازندگان طول عمر مفید آن را حداقل ۱۰ سال تضمین نموده‌اند. مهمترین محدودیت این نوع پوشش، هزینه

بالای اولیه آن است. این پوشش ضریب گذردگی نور بسیار بالای دارد. در انواع استاندارد این پوشش، ضریب گذردگی نور به بیشتر از ۹۱٪ بالغ می‌گردد. مقاومت آنها به ضربه و فشار بسیار بالاست و از نظر مقاومت به شکستگی، آکریلیک‌ها بسیار مقاوم‌تر از شیشه ولی دارای وزنی تقریباً نصف وزن شیشه هستند، همچنین در برابر اشعه UV نیز کاملاً مقاوم‌اند. از مزایای این پوشش کارکردن آسان با آنها است و به راحتی تحت عملیات نصب (سوراخکاری، برش با اره و دیگر ابزارها، شکل‌دهی حرارتی، برش لیزری، رنگ‌آمیزی) قرار می‌گیرند. از نظر مقاومت شیمیایی، آکریلیک‌ها به بسیاری از مواد شمیایی مانند ترکیبات آمونیاکی، اسیدهای رقیق و هیدروکربن‌های آلیفاتیک از خود مقاومت خوبی نشان می‌دهند. قابلیت شستشوی آنها نیز بسیار مناسب است و با شوینده‌های رایج و آب برایتی تمیز می‌شوند. از نظر تغییرات سطحی، آکریلیک‌ها ۳ تا ۸ برابر بیشتر از شیشه دارای خاصیت انقباض و انبساط هستند و بنابراین ضروری است که در محاسبات مدنظر قرارگیرد. این صفحات پوششی عموماً در انواع بی‌رنگ، برنز، خاکستری و سفید ارائه می‌شوند که با توجه به نوع و رنگ آن می‌تواند دارای خاصیت گذردگی نور از ۹۲٪ تا ۱۲٪، ضریب انتقال حرارتی خورشیدی از ۲۰٪ تا ۸۹٪ و ضریب سایه از ۰/۴۳ تا ۱۱/۴ داشته باشد. از معایب مهم این پوشش‌ها قابلیت اشتعال بعضی از انواع آنها است.

ج- فایبر گلاس

فایبر گلاس هم یکی دیگر از پوشش‌های گلخانه‌ای بوده که با توجه به مزایایی که دارا هستند، نسبت به شیشه عمومیت بیشتری یافته‌اند. فایبر گلاس‌ها قابلیت تحمل بسیار بالای داشته و از استحکام مناسبی برخوردارند. انواع موجود آنها دارای ضرایب گذردگی متفاوتی هستند. از معایب عمدۀ فایبر گلاس‌ها تأثیر سوء اشعه UV بر آنها، زوال آنها پس از چند سال و بدنبال آن بادکردگی و فرسوده و ضعیف شدن آنها است. در ادامه این روند، بتدریج سرعت گذردگی نور آنها کاهش می‌یابد و گیاهان با کمبود نور مواجه می‌شوند. به طور کلی دوام این پوشش با توجه به کیفیت و استانداردهای به کار رفته در آن، حدود ۵ سال عنوان می‌گردد، لازم به ذکر است که می‌توان با استفاده از پوشش‌های محافظت، دوام آنها را افزایش داد. از دیگر معایب فایبر گلاس‌ها قابلیت اشتعال بالا و خشپذیری زیاد سطح آنها است.

د- پلی‌اتیلن

پلی‌اتیلن‌ها یکی از رایج‌ترین و ارزانترین پوشش‌های مورد استفاده در گلخانه‌های تجاری هستند، با توجه به هزینه نسبتاً پائین اولیه نسبت به پوشش‌های دیگر، این پوشش به طور گستردگی در گلخانه‌های تجاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. در استفاده از این روش، یک پوشش دو لایه از پلی‌اتیلن استفاده می‌شود که در گلخانه‌های مدرن‌تر از هوای فشرده در بین دو لایه نیز جهت کاهش تبادل حرارتی با محیط استفاده می‌شود. در حال حاضر هر روز پوشش‌های جدیدتری در این گروه ارائه می‌شود و پاره‌ای از تولیدکنندگان بعضی از انواع تولیدات خود را تا ۴ سال تضمین می‌نمایند. بهترین انواع این پوشش دارای خصوصیاتی همچون مقاومت به اشعه UV و تغییرات کم‌رنگ در مقابل نور خروشید (کدرشدن) هستند. این پوشش مقاومت بسیار کمتری در مقابل خسارت ناشی از باد، تکرگ و برف نسبت به دیگر انواع پوشش‌های موجود دارد. اما آنچه آنرا مورد توجه قرار

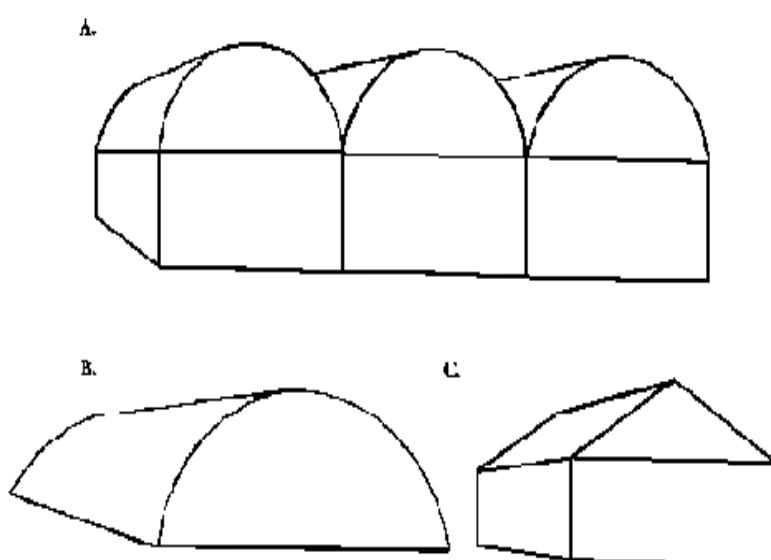
می‌دهد هزینه کمتر اولیه و بی‌نیازی به بعضی از اجزاء سازه‌بوده که در پوشش‌های دیگر مورد نیاز است. از جمله موادی که در ساخت گلخانه‌های تجاری با پوشش پلی‌اتیلن لازم است مدنظر قرار گیرد و می‌تواند عمر اقتصادی این پوشش‌ها را افزایش دهد استفاده از مواد ضد تشکیل قطره (Anti-Drip Material) است. این مواد باعث جلوگیری از تشکیل قطرات آب بر روی پوشش داخلی گلخانه می‌شوند. در نتیجه تشکیل قطرات آب، ورود نور مناسب به داخل کاهش می‌یابد و با ریزش قطرات آب به سطح برگ گیاهان کشت شده، بیماری‌های قارچی و گندیدگی برگها ایجاد می‌شود. همچنین، استفاده از مواد مناسب اتصال پوشش (Poly Patch) برای اتصال بهتر صفحات با یکدیگر نیز بر افزایش عمر اقتصادی موثر است.

أنواع سازه‌های گلخانه‌ای برای تولیدات تجاری کشاورزی

بهره‌وری تولید محصول در کشت‌های گلخانه‌ای وابستگی زیادی به سازه مورد استفاده در یک گلخانه دارد. از آنجایی که این سازه‌ها در انواع گوناگون در بازار ارائه می‌شوند، آشنایی با این تنوع و نیز شناخت مزیت‌ها و کاستی‌های هر یک، در تولید و مدیریت بهینه مؤثر و تأثیر مستقیم بر هزینه‌های تولید را در بی خواهد داشت. آنچه که در ادامه می‌آید، بحث مختصراً در زمینه سازه‌ها و اجزاء آنها در تولید تجاری محصولات گلخانه‌ای است.

مهمنترین انواع گلخانه

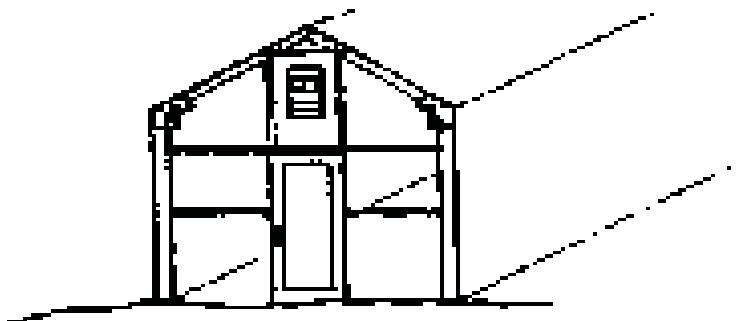
در یک نمای کلی، سازه‌های گلخانه‌ای که در تولیدات تجاری کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند، مطابق شکل ۲ می‌توان در دو گروه اصلی طبقه‌بندی نمود. این گروه‌ها عبارتند از گلخانه‌های لبه‌دار یا Ridge Frame و نیمه استوانه‌ای یا Quonset. هر یک از این گروه‌ها می‌توانند دارای طراحی ساده تا پیچیده بوده که این مقوله به نوع طراحی و نیازهای مهندسی آن بستگی دارد.



شکل ۲: A و B گلخانه‌های نیمه استوانه‌ای، C گلخانه لبه‌دار

۱- گلخانه‌های لبه‌دار (Ridge Frame)

مشخصه ظاهری این سازه سه گوش بودن سقف و یا تمام سازه است (شکل ۳). ساختار این سازه به گونه‌ای است که برای استفاده از پوشش‌های سنگین تر مانند شیشه و فایبرگلاس مناسبتر است. این نوع گلخانه دارای دیواره‌های جانبی عمودی و دیرک‌های اصلی در سقف برای ایجاد یک محوطه بزرگ و فضای مناسب در زیر سقف است. این سازه به نوعی طراحی می‌گردد که معمولاً ستون‌های عمودی (غیر از آنچه در دیواره‌ها استفاده می‌شود) برای نگهداری سقف به کار نمی‌رود.

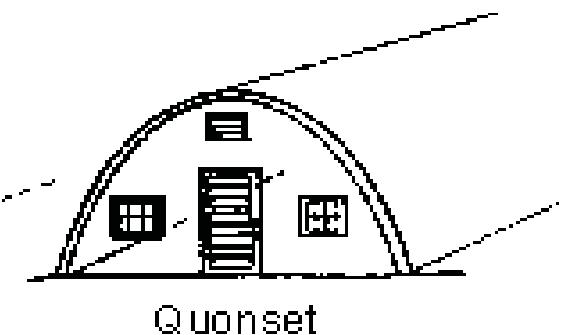


شکل ۳: نمونه‌ای از گلخانه لبه‌دار

سقف سه گوش و دیواره‌های جانبی باعث ایجاد حداکثر فضای داخلی و جریان هوا در این نوع گلخانه می‌شود. برای تأمین مقاومت دیواره‌های جانبی و تحمل بارهای عرضی، این سازه نیازمند یک بسترسازی مناسب است. برای افزایش مقاومت این سازه و همچین افزایش عرض مورد استفاده گلخانه، به کار گیری تیرهای عمودی تقویتی در دیواره‌های جانبی و انتهایی اجتناب‌ناپذیر است. افزایش عرض گلخانه راندمان جریان گردش هوا را نیز افزایش می‌دهد. در این نوع سازه امکان پوشش آن با فایبرگلاس، پلی‌کربنات، آکریلیک و یا دیگر پوشش‌های سنگین وجود دارد و همچین در آنها، امکان طراحی براساس تطبیق با محیط فیزیکی، بیشتر از انواع سازه‌های دیگر وجود دارد. انواع تجاری این سازه با ابعاد، عرض از $4/5$ متر تا 16 متر، دیواره جانبی از $1/8$ متر تا $4/5$ متر ارتفاع و مقدار تحمل به بار از حدود 50 کیلوگرم بر مترمربع تا 150 کیلوگرم بر مترمربع و یا بیشتر عرضه می‌شود. این سازه‌ها در صورت رعایت استانداردها و ملاحظات فنی قادر به تحمل بادهایی تا سرعت 40 متر بر ثانیه خواهد بود که این مقدار قابل افزایش نیز هست.

۲- گلخانه‌های نیمه استوانه‌ای (Quonset)

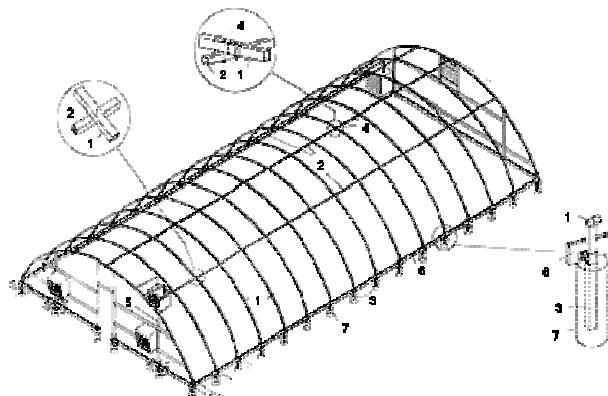
رایج‌ترین انواع گلخانه‌های تجاری در این گروه قرار دارند. بارزترین مشخصه ظاهری این گروه سازه کمانی شکل آنهاست (شکل ۴). این گروه سازه معمولاً در دو انتهای خود دارای دیواری صلب و محکم بوده تا بتوانند قسمتی از بارهای جانبی را تحمل نماید. این دسته از گلخانه‌ها دارای ابعاد متنوع و مناسب برای بسیاری از اقلیم‌ها و محصولات هستند و هر نوع با نامهای تجاری مختلف عرضه می‌گردد. فرم ظاهری سازه از نظر انحنا در طرفین، ممکن است محدودیت‌هایی برای رشد گیاهان کناری ایجاد نماید که لازم است در زمان احداث آن با توجه به گیاه مورد نظر ارتفاع مناسب دیواره‌های جانبی مدنظر قرار گیرد.



شکل ۴: نمونه‌ای از گلخانه نیمه استوانه‌ای

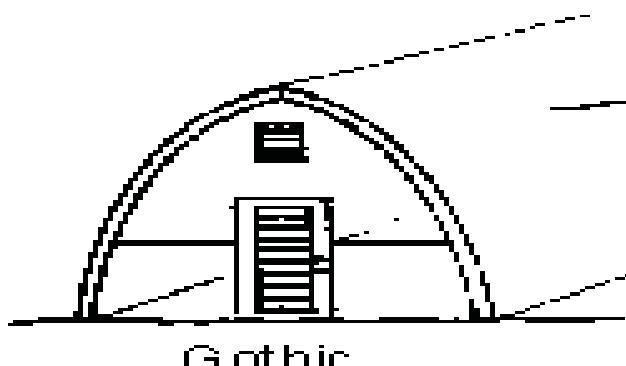
أنواع گلخانه‌های نیمه استوانه‌ای

الف- گلخانه‌های *Ground to Ground*. این سازه هم برای گلخانه‌های فصلی و هم چندساله استفاده می‌شود (شکل ۵). هرینه ساخت این سازه بسیار متفاوت بوده و بستگی به بار محاسبه شده، نوع و جنس اسکلت، فرم ظاهری آن (گرد کامل و یا گرد دیواره‌دار) دارد.



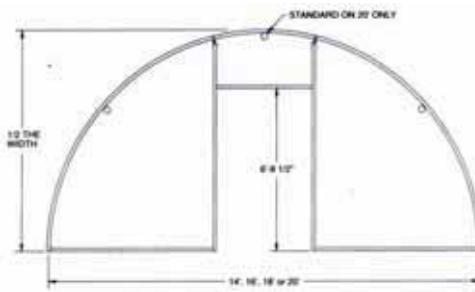
شکل ۵: نمونه‌ای از گلخانه *Ground to Ground*

با افزایش عرض سازه هزینه ساخت آن در مترمربع کاهش می‌یابد. این نوع سازه در طول‌های متفاوتی تا بیش از ۱۸۰ متر احداث می‌شود. این سازه ممکن است دارای دیواره جانبی باشد. ارتفاع این دیواره جانبی گاهی به بیش از ۱۸۰ سانتی‌متر نیز بالغ می‌شود، اگرچه ارتفاع ۹۰ سانتی‌متر می‌تواند مطلوب باشد. عموماً عرض این نوع سازه از $\frac{4}{5}$ متر تا بیش از ۹ متر است، اما ساخت با عرض‌های بیشتر نیاز به محاسبات اختصاصی دارد. دیواره‌های انتهایی این سازه تقویت شده و درب‌های ورودی و تجهیزات تهویه روی آن نصب می‌گردد. بدنه اصلی این سازه با پروفیل‌های با مقطع مربع و دایره و از مواد مختلف (آلومینیوم، آهن گالوانیزه و ...) ساخته می‌شود. در سازه‌هایی که با لوله ساخته می‌شوند با توجه به بار مورد نیاز از لوله‌های یک و $\frac{1}{4}$ تا دو و $\frac{1}{4}$ اینچ استفاده می‌شود. در نوع دیگری از این سازه که بیشتر برای تولید گیاهان خانگی و یا گروهی از گیاهان گلدار استفاده می‌شود. فرم ظاهری سازه به صورت گوتیک است (شکل ۶). نوع اخیر فضای بیشتری نسبت به انواع استاندارد این گروه دارند.



شکل ۶: نمونه‌ای از گلخانه گوتیک

نوع دیگری از این گروه سازه گاهی نام تجاری Kool House به آنها اطلاق می‌شود (شکل ۷). فرم ظاهری این سازه تقریباً به شکل یک نیم دایره و فاقد دیوارهای جانبی (Side wall) است. این سازه عموماً دارای ابعاد ۴ تا ۶ متر عرض و ۷ الی ۳۰ متر طول است. پوشش آنها عموماً پلی‌اتیلن و ارتفاع تاج آن معمولاً $\frac{1}{2}$ عرض آن است.



شکل ۷: نمونه‌ای از گلخانه Kool House

ب- گلخانه‌های Quonsetter: این گروه از سازه‌ها نسبت به گروه پیشین دارای حداقل سطح پوشش سقف هستند و با توجه به سطح خارجی کوچکتر در یک نیمرخ عرضی، راندمان مصرف انرژی در آنها بالاتر خواهد بود. دیوارهای جانبی این سازه دارای ارتفاع بیشتری نسبت به انواع Ground to Ground است و عموماً ارتفاع این دیوارهای جانبی به حدود ۳ متر می‌رسد. پوشش مناسب این سازه از نوع پلی‌اتیلن یک لایه یا دو لایه، پلی‌کربنات ها و یا فایبر‌گلاس است و پوشش‌های سنگین‌تر آکریلیک‌ها برای این سازه نامناسب است. این نوع سازه را می‌توان یکی از رایج‌ترین انواع گلخانه عنوان نمود زیرا نسبت به دیگر سازه‌ها دارای هزینه احداث اولیه کمتری بوده، امکان توسعه و گسترش آن براحتی امکان‌پذیر و انواع مختلفی از پوشش را می‌توان روی آن نصب نمود. انواع رایج این سازه دارای عرضی حدود ۹ متر و طولی از ۱۵ الی ۹۰ متر هستند. این سازه قابلیت طراحی برای بسیاری از اقلیم‌ها را دارد و در سراسر جهان از مناطق استوایی تا قطبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این سازه نیز امکان تغییر فرم مقطع عرضی آن به فرم گوتیک وجود دارد. ستون‌های کناری در این سازه دارای فواصلی از ۱۸۰ تا بیش از ۴۵۰ سانتی‌متر هستند که این فاصله با توجه به بار موردنیاز، تعیین می‌شود. ارتفاع دیوارهای جانبی از ۱۸۰

سانتی متر تا بیش از ۴۸۰ سانتی متر در این سازه تغییر می‌کند. عرض این سازه از ۵/۵ تا بیش از ۱۲/۵ متر متغیر است.

نتیجه‌گیری

فرم ظاهری یک گلخانه که تأثیر فراوانی بر راندمان تولید دارد را می‌توان مرکب از پوشش و سازه دانست. انتخاب و ترکیب مناسبی از این دو، با توجه به گستردگی کشور و تنوع اقلیمی آن نیازمند شناخت همه فاکتورهای مؤثر بر فرآیند تولید محصولات گلخانه‌ای است. شناخت و آشنایی صحیح با این اجزاء، پاسخی برای چالش‌های موجود در زمینه سازه گلخانه‌های تجاری است. سازه‌های تجاری را می‌توان به دو بخش عمده تقسیم کرد و از پوشش‌های مختلف با توجه به نیاز هر اقلیم و هر نوع سرمایه‌گذاری اقتصادی بهره‌جویی نمود. در گام بعدی، این حرکت نیازمند استانداردسازی سازه‌ها و انطباق برای هر بخش از کشور است. هم اکنون در بسیاری از کشورهای جهان از استانداردهای مشخصی در زمینه گلخانه (همچون استاندارد IACS اروپا با کاربرد GIS در گلخانه‌ها) پیروی می‌شود.

منابع

- ۱- حسندوخت، محمد رضا. ۱۳۸۴. مدیریت گلخانه . انتشارات مرز دانش
- ۲- صادقی، صادق. ۱۳۸۵. بررسی وضعیت اقلیمی جهت احداث و مدیریت گلخانه. مجموعه مقالات سمپوزیوم ملی راه کار های بهبود تولید و توسعه صادرات گل و گیاهان زیستی ایران
- 3- F.A.O. 1990. Greenhouse and shelter structures for tropical reigns.
- 4- F.A.O. 1990. Protected Cultivation in the Mediterranean climate , No. 90
- 5- <http://www.greenair.com>.
- 6- <http://www.greenhouses.usgr.com>.
- 7- NRAES. 19904 Greenhouse EngineeringRobb Hall. New York . U.S.A.

اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای

۱۳۸۶ مهرماه ۲۶

کنترل محیط گلخانه

پریسا شاهین رخسار و محمد حسین عباسپور فرد^۱

چکیده

به طور کلی تجهیزاتی که در گلخانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، دستگاهها و وسایلی هستند که قادرند شرایط اقلیمی خاصی را در داخل گلخانه بصورت مصنوعی ایجاد نمایند. از آنجایی که عوامل محیطی در داخل گلخانه به دلیل تغییرات تشعشع خورشیدی، دما و رطوبت هوای بیرون، سرعت و جهت باد و مقدار تراکم گیاهی بسرعت در حال تغییر می‌باشند، کنترل مداوم و دقیق شرایط محیطی گلخانه به دلیل حساس بودن گیاهان گلخانه‌ای امری مهم و ضروری در صنعت پرورش این گونه گیاهان می‌باشد. کنترل مناسب گلخانه فواید زیادی دارد که از آنجمله می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود: افزایش راندمان مصرف انرژی، افزایش راندمان نیروی انسانی، مدیریت موفق، صرفه‌جویی در مصرف آب، کاهش مصرف کود، مصرف مواد شیمیایی، بهبود کیفیت و کاهش فرسودگی تجهیزات. به طور کلی بر اساس سطح تکنولوژی مورد استفاده در گلخانه روش‌هایی شامل کنترل دستی، کنترل ساده، کنترل مرحله‌ای و کنترل کامپیوتری (ICC) بطور همزمان و یا به تنهایی جهت کنترل گلخانه مورد استفاده قرار می‌گیرند. از اجزاء کنترل کننده گلخانه می‌توان به حسگرها، عملگرها و کامپیوتر اشاره کرد. در سیستم کنترل گلخانه، حسگرها وظیفه اندازه‌گیری عوامل مختلف محیطی را به عهده دارند. البته دقیق و قابلیت اطمینان و سرعت عکس العمل در مقابل تغییرات عوامل محیطی از مهمترین فاکتورهای انتخاب آنها می‌باشد. عملگرها وظیفه فراهم نمودن نهاده‌های مورد نیاز گلخانه مثل گرما، سرما، CO_2 ، روشنایی، رطوبت را به عهده دارند. کامپیوتر با گرفتن اطلاعات از حسگرها دستورات مختلف را برای عملگرها صادر می‌کند. کامپیوتراهایی که به این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد، از نظر ساخت افزاری بایستی به گونه‌ای باشند که بتوانند ارتباط لازم را بین حسگرها و عملگرها برقرار نمایند. بنابراین بدون سیستم کنترل مناسب در گلخانه، شرایط محیطی ممکن است خارج از حد تحمل گیاه باشد. حتی کنترل ضعیف و ناقص شرایط محیطی سبب کاهش شدید کمی و کیفی محصول و شیوع انواع بیماریها گردیده و تولید گلخانه‌ای توجیه اقتصادی خود را از دست خواهد داد.

کلمات کلیدی: گلخانه، کنترل محیط، حسگر، عملگر و کامپیوتر

^۱- به ترتیب عضو هیات علمی بخش فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی گلستان و استادیار گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

مقدمه

به طور کلی تجهیزاتی که در گلخانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، دستگاهها و وسایلی هستند که قادرند شرایط اقلیمی خاصی را در داخل گلخانه بصورت مصنوعی ایجاد نمایند که به کلی با شرایط محیط خارج از گلخانه متفاوت باشد. بدین منظور تجهیزاتی به منظور ایجاد حرارت و سرما، آبیاری و کود دهی مورد نیاز می‌باشند. این تجهیزات به همراه وسایل اندازه‌گیری و کنترل می‌توانند شرایط دلخواه مدیر گلخانه برای رشد مناسب گیاه را فراهم نمایند. از آنجایی که عوامل محیطی در داخل گلخانه به دلیل تغییرات تشعشع خورشیدی، دما و رطوبت هوای بیرون، سرعت و جهت باد و مقدار تراکم گیاهی بسرعت در حال تغییر می‌باشند، کنترل مداوم و دقیق شرایط محیطی گلخانه به دلیل حساس بودن گیاهان گلخانه‌ای امری مهم و ضروری در صنعت پرورش این گونه گیاهان می‌باشد. بطوریکه مدیریت ضعیف شرایط محیطی موجب زیانهای غیر قابل جبران اقتصادی می‌گردد. از فواید کنترل مناسب در گلخانه می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

۱. موجب صرفه‌جویی قابل ملاحظه در مصرف انرژی (برق و سوخت) و افزایش راندمان مصرف انرژی به دلیل وجود کنترل کننده‌های دقیق با تعیین کارکرد به موقع تجهیزات گرمایش و سرمایش می‌شود.
۲. کنترل کننده‌های اتوماتیک و نیمه اتوماتیک نیاز به تکنسین‌های با تجربه را کم کرده و با فراهم کردن شرایط مناسب محیطی موجب افزایش راندمان نیروی انسانی می‌گردد.
۳. مدیریت بهینه گلخانه با استفاده از دریافت اطلاعات صحیح و به موقع از سیستم کنترل کننده امکان پذیر است.
۴. با کنترل دقیق رطوبت محیط و خاک و آبیاری به موقع موجب صرفه‌جویی قابل ملاحظه در مصرف آب و به دنبال آن بالا رفتن راندمان مصرف آب خواهد شد.
۵. با کنترل دقیق میزان حاصلخیزی خاک در نقاط مختلف گلخانه و استفاده از سیستم کود آبیاری موجب افزایش راندمان مصرف کود می‌گردد.
۶. کنترل دقیق دما و رطوبت باعث جلوگیری از شیوع بیماریها و آفات و کاهش مصرف سموم مختلف می‌شود.
۷. استفاده صحیح و به موقع از سیستم‌ها و تجهیزات داخل گلخانه موجب کاهش فرسودگی تجهیزات می‌شود.

روشهای کنترل اقلیم گلخانه

به طور کلی بر اساس سطح تکنولوژی مورد استفاده در گلخانه روشهایی شامل کنترل دستی، کنترل ساده، کنترل مرحله‌ای و کنترل کامپیوتری بطور همزمان و یا به تنها یی جهت کنترل اقلیم گلخانه مورد استفاده قرار می‌گیرند. در روش کنترل دستی نیاز به یک کارگر با تجربه علمی وجود دارد. در این روش حضور مداوم و مستمر تکنسین و یا کارگر ضروری می‌باشد. با این وجود این روش بدلیل عدم کنترل خودکار و دقت کم در فراهم نمودن شرایط مطلوب محیطی از راندمان تولید بهینه و بالایی برخوردار نخواهد بود.

در روش کنترل ساده از تجهیزات اندازه‌گیری مناسب‌تری نظری تایمیرها و ترمومتراتها استفاده می‌شود. ترمومتراتها برای بکار اندختن و یا خاموش کردن تجهیزات و تایمیرها براساس زمان تنظیم شده در آنها به کنترل تجهیزات می‌پردازند. در این روش، اگر چه تجهیزات کنترلی نسبتاً ارزان هستند ولی بدلیل دقت کم در کنترل مصرف انرژی، بهره‌وری گلخانه‌های تجاری را کاهش می‌دهند.

در کنترل مرحله‌ای مجموعه‌ای از ترموموستاتها، تایمیرها با هم ادغام گردیده تا انجام یک سری عملیات پیوسته را براساس تغییرات شرایط محیطی گلخانه انجام دهنند. این مجموعه از طریق یک کامپیوتر به هم مرتبط گردیده و از طرف دیگر با عملگرها نیز در تعامل می‌باشند. این روش کنترل برای گلخانه‌های تک محیطی^۱ مناسب می‌باشد. سیستمهایی از این نوع می‌توانند بین ۶ الی ۸ مرحله پیوسته سرمایش و گرمایش را کنترل نمایند. برای مثال اگر درجه حرارت از حد معین کمتر شد، در مرحله اول بخاری شماره ۱ بکار افتاد، اگر درجه حرارت خیلی افت کرد در حالیکه بخاری شماره ۱ روشن است، بخاری شماره ۲ نیز روشن می‌گردد. سردکردن هم ممکن است دارای مراحل مختلفی باشد مثلاً اگر درجه حرارت تا حد معینی بالا رفت دریچه‌های سقفی باز شوند، اگر درجه حرارت از مرحله تنظیمی دوم بالاتر رفت علاوه بر باز نمودن پنجره‌های سقفی، هواکشهای تخلیه هم باز شوند و اگر درجه حرارت خیلی بالا رفت مثلاً سیستم مه پاشی نیز بکار افتاد. بنابراین کنترل کننده‌های مرحله‌ای دو مزیت عمده دارند اول اینکه عملیات مختلف را به صورت مرحله‌ای پشت سر هم انجام می‌دهند و دوم اینکه کنترل می‌تواند از راه دور باشد یعنی حسگرها در محیط گلخانه‌ای وظیفه ثبت و اندازه گیری عوامل محیطی را به عهده بگیرند و کنترل کننده که می‌تواند یک کامپیوتر باشد در خارج از گلخانه کنترل عملگرها مختلف را به عهده داشته باشد. با توجه به موارد فوق این نوع کنترل کننده‌ها بهترین کنترل کننده می‌باشند.

کنترل کننده‌های کامپیوترا در واقع نوع گستردگی کنترل مرحله‌ای می‌باشند. به طوری که قابلیت برنامه ریزی و تطبیق پذیری در شرایط مختلف را دارند. این تجهیزات به گونه‌ای طراحی می‌گردند که می‌توانند کنترل و هماهنگی عوامل محیطی مثل دما و رطوبت را در چند ناحیه^۲ به عهده داشته باشند. البته با افزایش تعداد نواحی تحت کنترل، هزینه راه اندازی سیستم نیز افزایش خواهد یافت. کنترل عوامل محیطی در هر ناحیه با استفاده از یک کامپیوترا که نقش رابط بین حسگرها و عملگرها را بازی می‌کند، صورت می‌گیرد. به منظور هماهنگی بین نواحی مختلف گلخانه، تمام کامپیوتراها به یک کامپیوترا مرکزی متصل می‌گردند. از آنجایی که معمولاً اطلاعات دریافت شده از حسگرها به صورت آنالوگ می‌باشد، با استفاده از یک مبدل به مقادیر رقومی^۳ تبدیل می‌گردد. همینطور اطلاعات دستوری خارج شده از کامپیوترا برای عملگرها نیز که به صورت رقومی هستند تبدیل به علائم آنالوگ شده تا عملگر خاصی را بکار انداخته یا از کار بیندازد. کنترل کننده‌های کامپیوترا می‌توانند علاوه بر کنترل عوامل محیطی کنترل فعالیتهای دیگری نظیر آبیاری، کود دهی را با کنترل هماهنگ و همزمان سیستم گرمایش و سرمایش و تزریق CO_2 و غیره به نحو مطلوبی انجام دهند.

اجزاء کنترل کننده‌های گلخانه‌ای

الف - حسگرها^۴

حسگرها در سیستم کنترل وظیفه اندازه گیری عوامل مختلف محیطی را به عهده دارند، دقت و قابلیت اطمینان و سرعت عکس العمل در مقابل تغییرات عوامل محیطی از مهمترین فاکتورهای انتخاب حسگر می‌باشد. از این نظر

¹ Single zone

² Multiple zone

³ Digital

⁴ Sensors

سازندگان این گونه تجهیزات تلاش دارند جهت ساخت آنها از بالاترین سطح تکنولوژی ممکن استفاده نمایند. کامپیوترهای امروزی به دلیل سرعت بالا قادر به خواندن مقادیر اندازه‌گیری شده توسط حسگرها در کسر بسیار کوچکی از ثانیه هستند. اگر در کنار چنین کامپیوتری حسگری استفاده شود که سرعت عکس العمل آن مثلاً ۲ دقیقه باشد، دیگر این سیستم قابل اعتماد نخواهد بود. برای بالا بردن درصد اطمینان بهتر است حسگرها در مکانی نصب شوند که عامل محیطی مورد نظر را به طور صحیح بدوز اثر باد و نور مستقیم خورشید اندازه‌گیری نمایند و از نظر رشد گیاه اهمیت بیشتری داشته باشند. با توجه به عامل محیطی مورد نظر انواع مختلف حسگر به شرح زیر وجود دارد:

حسگر دما: این حسگرها برای اندازه‌گیری دما در قسمتهای مختلف گلخانه بکار می‌روند (شکل ۱) معمول‌ترین آنها حسگر اندازه‌گیری دمای محیط می‌باشد. این حسگرها باستی بتوانند دمای متوسط محیط را اندازه‌گیری نمایند. بنابراین از نصب در مناطقی از گلخانه که بسیار سرد و یا بسیار گرم می‌باشد، باستی اجتناب شوند. دما‌سنجها بسیار متنوع بوده شامل دما‌سنج جیوه‌ای، دما‌سنجهای الکتریکی از نوع مقاومتی و دما‌سنجهای کریستال کوارتز می‌باشند.



شکل ۱: نمونه‌ای از حسگر دمای هوای گلخانه

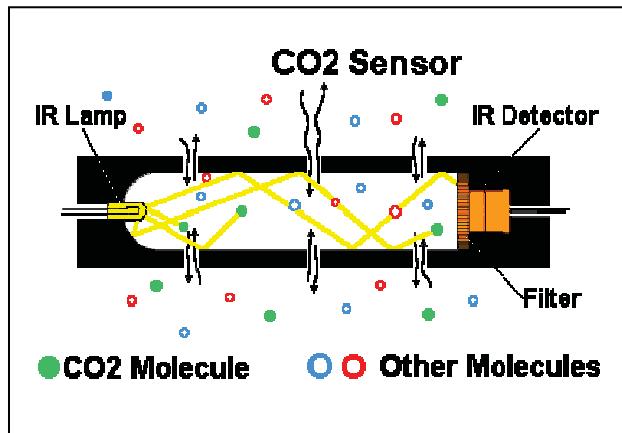
حسگرهای رطوبت: این حسگرها جهت اندازه‌گیری رطوبت نسبی هوای بکار می‌روند (شکل ۲۲) این حسگرها به دو صورت زیر ساخته می‌شوند:

- الف) حسگرهای برقی به دو گروه رطوبت سنج‌های خازنی^۱ و رطوبت سنجهای مقاومتی^۲ تقسیم می‌شوند. رطوبت سنج‌های برقی مناسب محیط‌هایی هستند که همواره رطوبت نسبی هوای کمتر از ۹۰ درصد باشد.
- ب) رطوبت سنج خشک و تر که با استفاده از قرائت درجه حرارت خشک و تر و به کمک جداولی می‌توان به رطوبت نسبی هوای پی برد. دقت این رطوبت سنجها خوب بوده و برای محیط‌هایی با رطوبت نسبی بالاتر از ۹۰٪ مثل محیط‌های مه پاشی شده و اتاق جوانه زنی و تکثیر مناسب می‌باشند.

^۱ Capacitive

^۲ Resistive

غلظت سنج CO_2 . این حسگرها جهت اندازه‌گیری میزان CO_2 محیط استفاده می‌شوند. از آنجایی که مولکولهای CO_2 نور مادون قرمز را جذب می‌کنند، در این حسگرها از این اصل استفاده گردیده و از طریق المانی در داخل حسگر اشعه مادون قرمز ساطع و با اندازه‌گیری اشعه جذب نشده به میزان CO_2 محیط پی می‌برند (شکل ۲). مورد نیاز از طریق دودکشهای سیستم گرمایش، بخاریها و یا از طریق کپسولهای CO_2 مایع قابل تزریق در گلخانه می‌باشند.



شکل ۲: نمونه‌ای از حسگر CO_2

حسگرهای نور؛ این حسگرها براساس نحوه اندازه‌گیری و نوع تشعشع اندازه‌گیری شده به صورت زیر تقسیم بندی می‌شوند:

الف) تشعشع کل^۱ یا تشعشع جهانی که با استفاده از دستگاه تشعشع سنج^۲ کل تشعشع دریافت شده از خورشید در واحد سطح را اندازه‌گیری می‌کند. این معمول‌ترین و مناسب‌ترین روش اندازه‌گیری روشنایی در گلخانه می‌باشد زیرا تمام طیف مرئی را که سبب عمل فتوستتر و گرمایش می‌شود را اندازه‌گیری می‌کند (شکل ۳)

ب) روش PAR^۳: در این روش تنها باند باریکی از اشعه مرئی خورشید که در عمل فتوستتر گیاهی شرکت می‌کند اندازه‌گیری می‌شود. بنابراین در گلخانه‌های تولیدی کمتر استفاده شده و صرفاً کاربرد آن در گلخانه‌های تحقیقاتی است.

ج) روش‌های فتوомتری: در این روش‌ها حسگر تنها قادر به تشخیص روز از شب بوده و لذا در گلخانه‌ها کاربرد نداشته بیشتر جهت کنترل و قطع و وصل سیستمهای روشنایی محیط بکار می‌روند.

حسگرهای بارندگی؛ این حسگرها در خارج از گلخانه نصب می‌شوند و وجود و یا عدم وجود بارندگی را تشخیص می‌دهند. اساس کار آنها بر انعکاس و شکست نور در مایعات استوار می‌باشد. این حسگرها قادر به اندازه‌گیری میزان بارندگی نمی‌باشند. از این حسگرها در موقع بارندگی برای باز و بسته کردن دریچه‌ها و بستن سقف استفاده می‌شود. بعضی از این حسگرها قادر به تشخیص برف و باران و شبتم نیز می‌باشند.

¹ Global Radiation

² Dynamometer

³ Photo Synthetically Active Radiation

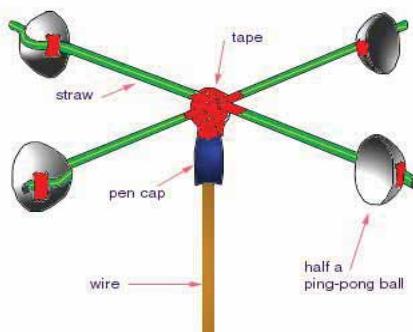


شکل ۳: نمونه‌ای از حسگر اندازه‌گیری نور

حسگرهای مورد نیاز جهت آبیاری: اندازه‌گیری رطوبت خاک به منظور تعیین زمان و عمق آب آبیاری می‌تواند با توجه به دقت مورد نظر با استفاده از روش‌هایی مانند نوترون متر، تانسیومتر و بلوک‌های گچی انجام گیرد. علاوه بر تجهیزات فوق از تستک تبخیر در گلخانه برای تخمین عمق آب آبیاری نیز می‌توان استفاده نمود. حسگرهای کنترل تغذیه گیاهی: این حسگرها جهت اندازه‌گیری اسیدیته خاک (pH) به منظور تعیین غلاظت محلول‌های اصلاح کننده خاک و جهت اندازه‌گیری میزان شوری آب و یا عصاره خاک از دستگاه‌های اندازه‌گیری هدایت الکتریکی استفاده می‌گردد. اطلاعات بدست آمده می‌تواند تصمیم‌گیری لازم جهت اموری مثل لزوم آبشویی خاک را در اختیار مدیر گلخانه قرار دهد.

حسگرهای متفرقه: به منظور افزایش عملکرد گلخانه و بهبود شرایط گلخانه ممکن است از حسگرها دیگری نیز استفاده گردد. این حسگرها شامل تنظیم زنگ خطر برای شرایط خاص مثل پرشدن مخازن یا بالارفتن فشار یا درجه حرارت بدليل بروز نقص فنی در سیستم کنترل و اعلام اتفاقات غیرمنتظره مثل آتش سوزی در گلخانه و تأسیسات آن می‌باشد.

باد سنجها: جهت اندازه‌گیری سرعت و جهت باد بکار می‌روند. عموماً در خارج از گلخانه نصب می‌گردند ولی در مواردی خاص ممکن است برای ثبت جریان هوا در داخل گلخانه نیز نصب شوند. کنترل کننده‌ها با استفاده از اطلاعات بدست آمده از بادسنج و جهت نما^۱ میزان و جهت باز و بسته بودن دریچه‌های هواکش را تنظیم می‌کنند (شکل ۴).



شکل ۴: نمونه‌ای از دستگاه اندازه‌گیری سرعت و جهت باد

^۱ Vane

ب- کامپیوتر

یکی از اجزاء مهم کنترل کامپیوترا گلخانه وجود کامپیوتر می‌باشد. کامپیوتر با گرفتن اطلاعات از حسگرها دستورات مختلف را برای عملگرها صادر می‌کند. کامپیوتراهایی که به این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد، از نظر سخت افزاری بایستی به گونه‌ای باشند که بتوانند ارتباط لازم را بین حسگرها و عملگرها برقرار نمایند. وجود تجهیزاتی مثل مبدل آنالوگ به دیجیتال^۱ (D/A) جهت تبدیل علائم ارسال شده از طرف حسگرها به مقادیر رقومی که قابل تشخیص برای کامپیوتر باشد و بالعکس برای عملگرها در این کامپیوتراها ضروری می‌باشد. از نظر نرم افزاری این کامپیوتراها دارای برنامه‌هایی هستند که بر اساس اطلاعات بدست آمده به صورت بلادرنگ^۲ قادر به دریافت و ارسال دستورات کنترلی باشند. علاوه بر این دقیق و قابلیت اعتماد و کیفیت انجام امور^۳ از عوامل دیگری است که بایستی هنگام انتخاب کامپیوتر مدنظر قرار گیرد.

ج- عملگرها^۴

عملگرها وظیفه فراهم نمودن نهاده‌های مورد نیاز گلخانه مثل گرما، سرما، CO_2 ، روشنایی، رطوبت را به عهده دارند. این تجهیزات بر اساس مقادیر در نظر گرفته شده مطلوب^۵ عوامل محیطی برای گلخانه که توسط مدیر گلخانه تعیین می‌گردد فعال یا غیر فعال می‌گردند. در طی فرآیند کنترل، عوامل مختلف محیطی به صورت مداوم توسط حسگرها اندازه گیری شده و توسط کنترل کننده با مقادیر مطلوب مقایسه می‌گردد. چنانچه مقادیر اندازه گیری شده در محدوده مجاز در نظر گرفته شده نباشد یکی از عملگرهای مربوط بکار خواهد افتاد. برای مثال چنانچه درجه حرارت مطلوب گلخانه ۲۰ درجه سانتیگراد تنظیم گردد و مقدار نوسانات مجاز ۱۰ درجه سانتی گراد باشد، اگر درجه حرارت اندازه گیری شده کمتر از ۱۵ درجه گردد، عملگرهای گرما ساز (بخاری) بکار می‌افتد. عمدۀ عملگرهایی که در گلخانه مورد استفاده قرار می‌گیرند، مربوط به گرمایش، سرمایش، تزریق CO_2 و سیستمهای آبیاری در گلخانه نظیر بخاریها^۶، بویلر، هوکشها یا هواسازها^۷، تزریق CO_2 ، مه پاش^۸، دریچه‌ها و سایه سازها^۹ می‌باشد.

د- دستگاه اضطراری مولد برق

با توجه به اینکه کلیه تجهیزات شامل حسگرها، عملگرها و سیستم کنترل به طریقی متکی به انرژی الکتریستیه می‌باشند، لذا هر گونه قطع برق می‌تواند باعث شوکهای حرارتی و سرمایی به گیاهان گلخانه‌ای گردد. خسارت قطع برق برای تولیدات گلخانه در بسیاری از مواقع غیر قابل جبران بوده و میزان تلفات محصول را می‌تواند به ۱۰۰ درصد هم برساند. بنابراین جهت اطمینان از کار مداوم تجهیزات مختلف گلخانه‌ای لازم است مولد برق اضطراری

¹ Analog to digital converter

² Real time control

³ functionality

⁴ Actuators

⁵ Set point

⁶ Heater

⁷ Fan

⁸ Mist

⁹ Shade cloth

در گلخانه نصب گردد تا در صورت قطع برق بصورت خودکار وارد مدار گردد. مولد برق اضطراری گازوئیل با توجه به دسترسی راحت‌تر ساخت در کشور به نوع دیزل ژنراتور آن ارجحیت دارد. قدرت موتور ژنراتور بر اساس مصرف حداقل انرژی شامل گرمایش، سرمایش، تهویه و روشنایی محاسبه می‌گردد.

نتیجه گیری

با توجه به موارد ذکر شده به نظر می‌رسد که مدیریت بهینه گلخانه با استفاده از دریافت اطلاعات صحیح و به موقع از سیستم کنترل کننده امکان پذیر است به دنبال آن می‌توان شاهد صرفه‌جویی قابل ملاحظه در مصرف انرژی (برق و سوخت) و آب، بالا رفتن راندمان مصرف آب و انرژی باشیم. حتی کنترل ضعیف و ناقص شرایط محیطی سبب کاهش شدید کمی و کیفی محصول و شیوع انواع بیماریها گردیده و تولید گلخانه‌ای توجیه اقتصادی خود را از دست خواهد داد.

منابع

- 1.Baille, A.1999. Greenhouse structure and equipment for improving crop production in mild winter climates. International Symposium Greenhouse Management for Better Yield & Quality in Mild Winter Climates. ISHS Acta Horticulturae 491
- 2.Coleman, E. 1999. Four-Season Harvest: How to Harvest Fresh Organic Vegetables from Your Home Garden All Year Long. Chelsea Green Publishing, White River Junction, VT.Extension Spokane County, <http://www.spokanecounty.wsu.edu/GARDEN/c055.htm>
- 3.Freeman, M. 1998. Greenhouse Basics: Gardening in Your Greenhouse. Stack pole Books, Mechanicsburg, PA Greenhouses. Washington State University Cooperative Kantor, S. 1999. Greenhouse Growing, WSU Cooperative Extension King County. Agriculture and Natural Resources Fact Sheet # 528
- 4.Mazanti, J. Aaslyng, N. Ehler, and L. Jakobsen, 2005. Environmental Modelling & Software. Science Direct. Volume 20, Issue 5. Pages 521-527
- 5.Simpkins, J. C., D. R. Mears, W. J. Roberts, and H. Janes, 1984. Evaluation of an Experimental Greenhouse Film with Improved Energy Performance. ASAE Paper 84-4033. ASAE, St. Joseph, MI 49085.
- 6.The Greenhouse Climate Control Handbook, 1993. Acme Engineering and Manufacturing Corp., Muskogee,
- 7.Roberts, W.J. 2005. Environment control of green house .Center for Controlled Environment Agriculture, Cook College, Rutgers University

اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای

۱۳۸۶ مهرماه ۲۶

کنترل پوسیدگی فوزاریومی خیار گلخانه‌ای با استفاده از پیوند بر روی پایه‌های مقاوم

پیمان جعفری^۱

چکیده

پوسیدگی ساقه و ریشه خیار که توسط قارچ *Fusarium oxysporum* f.sp *radicis-cucumerinum* ایجاد می‌گردد بیماری خطرناک برای گیاهان گلخانه‌ای در بسیاری از کشورهاست. در حال حاضر روش کنترل موثری به غیر از روش تدخینی استفاده از متیلبرماید و ضد عفنونی فضاهای داخلی گلخانه‌ها با محلول فرمالدهید وجود ندارد. هرچند پیش‌بینی می‌شود که استفاده از متیلبرماید به تدریج کنار گذاشته شود. به همین علت، یافتن روش‌های جایگزین برای کنترل این بیماری ضروری است. در این مطالعه، اثرات پیوند یک رقم هیرید گلخانه‌ای خیار (سلطان) بر روی گیاهان مختلف خانواده کدوئیان به عنوان پایه، در اطافک رشد و گلخانه مورد بررسی قرار گرفته است. از تعداد ۹ پایه گونه‌های تجاری کدو (*Cucurbita spp.*) که مورد بررسی قرار گرفت، تعداد ۶ پایه (کدوی برگ انجیری)، *Cucurbita Ficifolia A27* و *TZ-148 F1*, *Peto 42.91 F1*, *Parton F1*, *TS-1358 F1*, *Peto 42.91 F1*, *Tz-148 F1* نسبت به بیماری *F.oxysporum* مقاومت نشان دادند برای تحقیقات بعدی گلخانه‌ای به عنوان پایه برای پیوند خیار حساس به بیماری رقم سلطان و *Tz-148 F1* مورد استفاده قرار گرفتند. سپس از میان پایه‌های فوق الذکر *Peto 42.91 F1* و *Tz-148 F1* نسبت به سایر پایه‌ها براساس خصوصیات باطنی آنها تحت شرایط غالب آب و هوایی در طی فصل رشد خیار (اوائل آبان تا اوائل خردادماه) مناسبتر تشخیص داده شده‌اند. این مطالعه نشان داد که پیوند ارقام تجاری هیرید خیار گلخانه‌ای بر روی پایه‌های کدو می‌تواند به عنوان یک راهکار جایگزین با متیلبروماید برای کنترل پوسیدگی ساقه و ریشه مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: خیار، گلخانه و پیوند

مقدمه

خیار) یکی از گیاهان مهم جالیزی در ایران و بسیاری از کشورها به شمار می‌آید (۱۴). پوسیدگی ساقه و ریشه *Fusarium oxysporum* Schlechtend: Fr. f. sp. *radicis-cucumerinum* D.j. Vakalounakis

^۱- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان

ایجاد می‌شود یک بیماری جدید خیار است که اولین بار در یونان، در سال ۱۹۸۹ گزارش شده است. در حال حاضر، این بیماری یکی از مخرب‌ترین بیماری‌های خیار گلخانه‌ای در دنیا است (۱۵ و ۱۶). این بیماری همچنین در سال ۱۹۹۴ در کانادا، ۱۹۹۸ در فرانسه، ۱۹۹۹ در اسپانیا باعث خسارت قابل توجهی در گلخانه‌های خیار گردید (۱۲ و ۱۱ و ۹). بوته‌های آلوده در مرحله میوه‌دهی، خصوصاً در درجه حرارت‌های پایین (اپتیم نزدیک به 17°C) پژمرده شده و ریشه میسیلیوم‌ها بر روی تاج گیاه و ساقه به همراه توده‌های اسپور نارنجی رنگ گسترش می‌یابد (۱۵). میزان این پاتوژن تحت شرایط طبیعی تنها خیار می‌باشد ولی تحت شرایط آلودگی مصنوعی به جنس ملون‌ها (C.melon 1.) و نوعی کدو (Luffa aegyptiaca Mill) نیز حمله می‌کند (۱۵). نزد دیگری از این پاتوژن تاکنون شناسایی نگردیده است (۱۶ و ۱۵).

در حال حاضر تنها راهکار برای کترول پوسیدگی ریشه و ساقه در خیار ضدغوفونی خاک با میتلبروماید و استفاده از محلول فرمالدھید برای گندزدایی فضای داخلی گلخانه می‌باشد. این در حالی است که تصور می‌شود استفاده از میتلبروماید بطور کلی ممنوع شود. به همین علت، راه حل مدیریتی جایگزین بطور جدی موردنیاز می‌باشد. پیوند گیاهان خانواده کدوئیان بر روی پایه‌های مختلف به منظور کترول بیماری‌های خاکزاد، خصوصاً ایجاد شده توسط *F.oxyssporum* در مناطق مختلف مدیترانه، شرق دور و سایر کشورهای اروپایی معمول می‌باشد (۳ و ۴). در کشور یونان، پیوند برای هندوانه‌ها و ملون‌ها خصوصاً در مناطق جنوبی که کشت‌های پیش‌رس در زیر تونل‌های کوتاه انجام می‌شود رایج است (۱۳). با این وجود، پیوند خیار بر روی پایه‌های مقاوم تنها در حدود ۰.۵٪ گلخانه‌ها انجام می‌شود که شاید بدلیل تأثیر خوب میتلبروماید و یا هزینه‌های بالای انجام پیوند باشد. در این مطالعه، چندین پایه کدو در اطاک رشد و شرایط گلخانه‌ای به عنوان منابع بالقوه پیوندی جهت پیوند ارقام هیبرید خیار به منظور مقابله با بیماری پوسیدگی ریشه و ساقه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

ارزیابی پایه‌های کدو برای مقاومت به بیماری در اطاک رشد و شرایط گلخانه‌ای

تعداد ۹ پایه متعلق به خانواده کدوئیان (جدول ۱) برای مقاومت به بیماری پوسیدگی ریشه و ساقه در اطاک رشد و شرایط گلخانه‌ای به ترتیب در بستر ماده آلی و خاک به‌طور مصنوعی با قارچ *F.oxyssporum f.sp radicis* آلوده شده و مورد ارزیابی قرار گرفتند. در آزمایش اطاک رشد، بذور در گلدانهایی که توسط ماده آلی پر شده بودند کشت شدند. گیاهچه‌ها در مرحله ۳ تا ۴ برگی از گلدان ماده آلی درآورده شده و پس از شستشوی ریشه با آب مقطر در گلدانهای پلاستیکی (به قطر 15cm) پر شده با ماده آلی استریلیزه شده (Belplanto) کشت گردیدند. یک ساعت قبل از کاشت، ماده آلی گلدان با سوسپانسیون اسپور یکی از ۳ ایزوله‌های اسپور ۷A، ۴C و ۶۸A از قارچ *F.oxyssporum* با غلظت 10^{-6} اسپور در هر میلی‌لیتر (۱ قسمت ماده تلقیح در ۱۰ قسمت ماده زمینه‌ای Vol/Vol) به‌طور مصنوعی آلوده گردید. گیاهچه‌ها در یک اطاک رشد برای مدت ۵۰ روز در دمای 21°C و فتوپرید ۱۲ ساعته با مخلوط نور فلورسنت و نور معمولی با استفاده از یک طرح کاملاً تصادفی و تعداد ۱۰ بوته (تکرار) از هر گونه کدو مورد ارزیابی قرار گرفتند. شدت نور فعال فتوستتری (PPFD) روی کانونی بوته‌ها تقریباً

$150 \mu \text{mols}^{-1} \text{m}^2$ بود. گیاهچه‌های رقم خیار حساس سلطان نیز با رفتار مشابه به گلدان حاوی ماده آلی که با پاتوژن عامل بیماری آلوده شده بودند منتقل شده و به عنوان شاهد مورد بررسی قرار گرفتند. گیاهچه‌ها بطور روزانه آبیاری شده و هیچگونه کودی استفاده نشد. این آزمایش دو بار تکرار گردید.

آزمایش گلخانه‌ای طی سالهای ۸۰-۸۱ در یک گلخانه بدون استفاده از سیستم گرمایشی (گلخانه سرد) که دمای آن بین 25°C -۸ نوسان داشت انجام شد. درون گلخانه بوته‌ها در بستر خاکی دارای بافت لومی با pH ۷/۵ کربنات کلسیم ۴٪ و هدایت الکتریکی 2ms/cm کشت شدند. خاک پلات‌های آزمایشی یک ماه قبل از کاشت با متیل بر ماید به میزان 80g/m^2 ضدغونی شد. ۱۰ روز بعد از ضدغونی، خاک با اسپور جدایه به شماره ۴C از سپس خاک آبیاری شده و ۵ روز بعد توسط روتویاتور مخلوط گردید. گیاهچه‌های جوان از ۹ پایه انتخابی (جدول ۱)، به همراه بوته‌های خیار رقم حساس سلطان که به عنوان شاهد در نظر گرفته شده بود در تعداد دو ردیف در هر پلات آزمایشی ($4 \times 2 \text{m}$) در تاریخ ۲۵ شهریور ماه ۸۰ با استفاده از طرح بلوکهای کامل تصادفی با ۴ تکرار و تعداد ۱۰ بوته از هر رقم کشت شدند. گیاهچه‌ها براساس روش رایج باغبانی تیمار شدند. مشاهدات نهایی تظاهر علائم بیماری در اول اسفند ماه همان سال انجام شد. تمام بوته‌ها در اتفاقک رشد و گلخانه به دو دسته مقاوم در صورت سلامت کامل (بدون علائم بیماری) یا حساس در صورت از بین رفتن بوته‌ها (یا تقریباً از بین رفته) تقسیم گردیدند.

ارزیابی پایه‌ها برای پیوند خیار

هدف ما بررسی سازگاری (تظاهر براساس خصوصیات رشد بوته خیار و کیفیت میوه) بین رقم تجاری خیار سلطان، به عنوان پیوندک، و پایه‌های مختلف خانواده کدو Cucurbita spp. که در مطالعات قبلی مقاوم به بیماری F. oxysporum تشخیص داده شدند بوده است. بر این اساس دو آزمایش گلخانه‌ای در طی دو سال زراعی در ایستگاه تحقیقاتی انجام شد. بافت خاک Sandy loam با pH ۷/۶، کل کربنات کلسیم ۳۵٪ و هدایت الکتریکی 2ms/cm بود. خاک پلات‌های آزمایشی توسط متیلبروماید ضدغونی شده و سپس به طور مصنوعی با قارچ F.oxysporum که قبلًاً شرح آن داده شد در طی سالهای ۸۰-۸۱ آلوده شد. ترکیبات پایه و پیوندک شامل:

سلطان/A27، سلطان / Cucurbita ficifolia ، سلطان Patron F₁ که بهترین رشد را در این آزمایش از خود نشان دادند در سال ۸۲-۸۳ مورد ارزیابی قرار گرفتند.

در هر دو آزمایش گلخانه‌ای، بذور ارقام خیار سلطان (پیوندک) و پایه‌های مختلف Cucurbita spp. در گلدانهایی که با مواد آلی پر شده بودند کشت گردیده و سپس به گلخانه سرد انتقال داده شدند. بوته‌ها در مرحله دو برگ حقیقی با استفاده از روش زبانه‌ای مجاورتی پیوند شدند (۴). پس از آن پایه و پیوندک توسط گیره پیوند ثابت شدند. بوته‌های پیوند شده در یک گلخانه کوچک تحت شرایط نیمه‌کترلی (رطوبت نسبی ۷۰-۹۰٪، نوسانات حرارتی بین ۱۵ تا 30°C) تا زمان نشا کاری نگهداری شدند. ۱۰ روز بعد از انجام پیوند هیپوکوتیل پایه و پیوندک به ترتیب از بالا و پایین محل پیوند قطع گردید. ۱۰ روز بعد از قطع هیپوکوتیل‌ها نیز بوته‌های پیوندی به یک نیم‌تونل پلاستیکی بدون سیستم گرمایی که هر پلات آزمایشی شامل دو ردیف کاشت بود منتقل شدند. فاصله بوته‌ها روی

ردیف کاشت ۵۰ cm و فاصله بین ردیف‌ها ۷۰ cm در نظر گرفته شد. تعداد ۴ تکرار و در هر تیمار (پایه) تعداد ۸ بوته پیوندی در یک طرح بلوکهای کامل تصادفی مورد استفاده قرار گرفت. مراقبت از پلات‌ها به‌طور یکسان انجام شد بوته‌ها در همه تیمارها به‌طور یکسان کود دهی شده و مراقبت‌های زراعی معمول روی آنها صورت گرفت. در طی هر دو آزمایش گلخانه‌ای، یادداشت‌برداری از خصوصیات رشدی بوته‌ها (ارتفاع و تعداد برگ در هر بوته) و عملکرد میوه بدست آمده و تعداد میوه خیار در هر بوته با علائم بیماری پوسیدگی ساقه و ریشه ثبت گردید. ارتفاع بوته در طول ساقه اصلی از سطح خاک تا جوانه انتهایی و تعداد برگ از سطح خاک تا ارتفاع ۱/۸ متری از قسمت یقه گیاه محاسبه شد. تعداد برگ مربوط به ساقه‌های فرعی اندازه‌گیری و محاسبه نشده است. آلدگی بوته‌های خیار توسط ایزوله نمودن پاتوژن در محیط کشت و شناسایی آن با استفاده از روش گروه‌بندی سازگاری رشد رویشی صورت پذیرفت. بوته‌های خیار از نظر درجه‌بندی علائم بیماری به صورت سلامت در صورتی که علائمی از بیماری وجود نداشته و پاتوژن ایزوله نشده باشد و آلدود، در صورتی که علائم بیماری موجود بوده و پاتوژن از بافت‌های آلدود ایزوله شده باشد تقسیم‌بندی شدن. وجود بیماری به صورت درصد بوته‌های آلدود تخمین زده شده است. آلدگی پایه‌ها توسط آزمایش ریشه‌ها و هیپوکوتیل آنها برای هر گونه پوسیدگی یا تغییر رنگ سیستم آوندی و برای احتمال ایزوله شدن پاتوژن از قسمت‌های آوندی که تغییر رنگ داده بودند تخمین زده شده است.

در آزمایش اول (۸۱-۸۲)، بذور پیوندک (خیار) و پایه (*Cucurbita spp.*) و خیارهای غیر پیوندی (*-Self-rooted*) شاهد به ترتیب در تاریخهای ۱۷ شهریور، ۱۹ شهریور و ۲۴ شهریور ماه سال ۸۱ کشت شدند. بوته‌ها در تاریخ ۱۸ مهر ماه به پلات‌های آزمایشی منتقل گردیدند. مشاهده نهایی در مورخه ۱۱ فروردین ماه ۸۲ انجام شد. در آزمایش دوم (۸۲-۸۳) بذور پیوندک (خیار)، پایه (*Cucurbita spp.*) و خیارهای شاهد غیر پیوندی (*-Self-rooted*) و به ترتیب در اول مهر ماه، ۳ مهر و ۹ مهر ماه ۸۲ کشت شدند. بوته‌ها در تاریخ ۸ آبان به پلات‌های آزمایشی منتقل گشتند و مشاهده نهایی در مورخه ۹ خرداد ۸۳ انجام شد.

تجزیه‌های آماری

تجزیه آماری برای ارزیابی تفاوت در شدت بیماری، ارتفاع بوته، تعداد برگ در هر بوته، عملکرد میوه خیار برای تیمارهای مختلف پیوندی انجام شد. داده‌های مربوط به شدت بیماری توسط فرمول $\text{Arc sin } \sqrt{\frac{x}{n}}$ قبل از آنالیز آماری تبدیل شد و تیمارها توسط آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار فیشر مورد مقایسه قرار گرفتند. ($p=0.05$).

نتایج

ارزیابی کدوئیان برای مقاومت به پوسیدگی ساقه و ریشه تحت شرایط اطاک رشد و گلخانه در هر دو آزمایش اطاک رشد و گلخانه تمامی گیاهان خانواده کدوئیان تجاری که متعلق به گونه‌های بتانیکی *C.Ficifolia* و *C.moschata** *C.maxima* یا هیبریدهای بین گونه‌ای *C.moschata* بوده و مقاوم (بدون علائم *F.oxysporum* f.sp *radicis cucumerinum* *F.oxysporum* f.sp *cucumerinum*) به تمامی ۳ ایزوله تثیخی داده شده‌اند مورد بررسی بیماری)

قرار گرفت (جدول ۱). در مقابل خیار رقم سلطان (شاهد) حساس به بیماری تشخیص داده شده و تمامی بوته‌های آنها از بین رفت

جدول ۱: ارزیابی گیاهان خانواده کدوثیان به عنوان پایه‌های دارای پتانسیل مقاومت به سه ایزوله *F. oxysporum* در آزمایش اطاقک رشد و گلخانه (سال ۱۰-۱۱)

نام تجاری	گونه	نام شرکت تولید کننده بذر	عکس العمل به بیماری			
			آزمایش گلخانه‌ای			
			آزمایش اطاقک رشد	4C	7A	68A
A27	Cucurbita ficifidi	Hybrid Hellas,Greece	R	R	R	R
Cucutbita Ficifolia	Cucurbita ficifidia	Enza zaden, The Netherlands	R	R	R	R
Kirameki F1	Cucurbita moschata	Takiiseed, Japan	R	R	R	R
Patron F1	Cucurbita moschata	Takiiseed, Japan	R	R	R	R
Brava F1	Cucurbita maximax C.moschata	Petoseed, U.S.A	R	R	R	R
Pito 42.91 F1	Cucurbita maximax C.moschata	Petoseed, U.S.A	R	R	R	R
Tetsukabuto F1	Cucurbita maximax C.moschata	Takii seed, Japan	R	R	R	R
Ts-1338 F1	Cucurbita maximax C.moschata	Hybrid Hellas, Greece	R	R	R	R
Tz-148 F1	Cucurbita maximax C.moschata	Tezier, France	R	R	R	R
(شاهد)Brunex F1	Cucumis sativus	Hybrid Hellas, Greece	S	S	S	S

R= مقاوم به بیماری، بوته‌های سالم

S= حساس به بیماری، بوته‌ها از بین رفته‌اند.

در آزمایش گلخانه‌ای خاک به صورت مصنوعی با ایزوله اسپور 4C قارچ *Fusarium oxysporum* f.sp. radicis- cucumerinum آلوهه گشته است.

ارزیابی پایه‌های استفاده شده برای عملیات پیوند

در اولین آزمای (۸۱-۸۲) ارتفاع و تعداد برگ بوته‌های خیار رقم سلطان که بر روی پایه‌های *Peto 42.91 F1*، *Cucurbita A27* و *TZ-148 F1* و *TS-1358 F1* پیوند زده شده بودند بیشتر از بوته‌هایی بود که بر روی پایه‌های *Patron F1* و *ficifolia* و *TS-1358 F1* و *Peto 42.91 F1* و همچنین بوته‌های پیوند نشده رقم خیار سلطان (شاهد) بود (جدول ۲). عملکرد کل میوه در بوته رقم سلطان و همچنین بوته‌های پیوند شده بر روی پایه‌های مورد آزمایش بیشتر از بوته‌های غیر پیوندی (Self rooted) بود (جدول ۲). در دومین آزمایش (۸۲-۸۳)، تفاوتی در ارتفاع بوته، تعداد برگ و عملکرد میوه میان بوته‌های خیار سلطان پیوند شده بر روی پایه‌های *Peto 42.91 F1* و *TS-1358 F1* مشاهده نشد ولی این بوته‌ها (بوته‌های پیوندی) بزرگتر از بوته‌های خیار غیر پیوندی (جدول ۲). این اختلافات در مورد خاک آلوهه به *F.oxysporum* نسبت به خاک غیر آلوهه (تلقیح نشده) بیشتر بود (جدول ۲) در هر دو آزمایش گلخانه‌ای هیچیک

جدول ۲: ارتفاع، تعداد برگ و عملکرد کل بوته‌های خیار رقم سلطان پیوند شده بر روی پایه‌های مختلف در آزمایشات گلخانه‌ای سالهای ۱۱-۱۲ و ۱۲-۱۳

پایه	خاک آلوده شده مصنوعی				خاک غیر آلوده			
	سال اول		سال دوم		سال دوم			
	۵ آبان	۱۳ آبان	۳۰ آذر	۲۰ دی	۲ اسفند	۳۰ آذر	۲۰ دی	۲ اسفند
A27								
(cm) ارتفاع بوته	۱۰۴/۷B	۱۶۳/۱B	nt	nt	nt	nt	nt	nt
تعداد برگ در هر بوته	۱۷/۸B	۲۴/۸B	nt	nt	nt	nt	nt	nt
(kg) عملکرد کل هر بوته	۵/۳C			nt			nt	
Cucurbita ficifolia								
(cm) ارتفاع بوته	۱۱۳/۵B	۱۷۳/۶B	nt	nt	nt	nt	nt	nt
تعداد برگ در هر بوته	۱۸/۲b	۲۵/۵b	nt	nt	nt	nt	nt	nt
(kg) عملکرد کل هر بوته	۵/۶Bc			nt			nt	
Patron F1								
(cm) ارتفاع بوته	۱۱۲/۶B	۱۷۵/۲B	nt	nt	nt	nt	nt	nt
تعداد برگ در هر بوته	۱۸/۳b	۲۵/۵b	nt	nt	nt	nt	nt	nt
(kg) عملکرد کل هر بوته	۷/۲Abc			nt			nt	
Peto 42.91								
(cm) ارتفاع بوته	۱۴۲/۹a	۲۱۰/۶a	۱۲۵/۳a	۱۷۸/۱a	۲۲۰/۰a	۱۲۵/۹a	۱۷۵/۸a	۲۲۹/۳a
تعداد برگ در هر بوته	۲۰/۷a	۲۸/۰a	۲۴/۵a	۳۲/۴a	۴۱/۸a	۲۵/۱a	۳۲/۹a	۴۲/۵a
(kg) عملکرد کل هر بوته	۷/۴a			۷/۷a			۸/۲a	
TS-1358								
(cm) ارتفاع بوته	۱۳۳/۷a	۲۰۲/۱a	۱۲۷/۱a	۱۷۰/۹a	۲۲۵/۳a	۱۲۸/۰a	۱۷۵/۸a	۲۲۵/۸a
تعداد برگ در هر بوته	۱۹/۵a	۲۷/۲a	۲۴/۳a	۳۲/۴a	۴۲/۲a	۲۵/۴a	۳۲/۹a	۴۲/۳a
(kg) عملکرد کل هر بوته	۷/۷ab			۷/۵a			۸/۴a	
TZ-148								
(cm) ارتفاع بوته	۱۳۲/۳a	۲۰۲/۴a	۱۲۶/۳a	۱۷۱/۲a	۲۲۶/۰a	۱۲۳/۰a	۱۷۴/۲a	۲۲۸/۰a
تعداد برگ در هر بوته	۱۸/۲b	۲۵/۳b	۲۴/۹a	۳۲/۷a	۴۲/۸a	۲۵/۲a	۳۳/۰a	۴۳/۲a
(kg) عملکرد کل هر بوته	۷/۸d			۸/۳a			۸/۴a	
Non grafted cucumber								
(شاهد)								
(cm) ارتفاع بوته	۱۰۵/۲b	۱۶۲/۹b	۶۴/۷b	۱۰۷/۵b	۱۳۲/۵b	۹۵/۲b	۱۴۷/۶b	۲۰۲/۸b
تعداد برگ در هر بوته	۱۸/۲b	۲۵/۳b	۱۴/۳b	۲۲/۰b	۲۲/۸b	۲۱/۲b	۲۹/۹b	۳۹/۳b
(kg) عملکرد کل هر بوته	۷/۸d			۷/۰b			۷/۶b	

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌دار ندارند ($p=0.05$)

nt = بررسی نشده است.

از پایه‌ها توسط *F.oxysporum* آلوده نشد. در عین حال، در اواسط فصل درصد بسیار کمی (حداکثر ۱۲ و ۸ درصد به ترتیب در اولین و دومین سال زراعی) از پیوندک‌های خیار پیوند شده بر روی پایه‌های مورد بررسی علاطم بیماری را نشان دادند. این آلودگی احتمالاً به علت تماس مستقیم بوته‌های خیار (ساقه) با خاک آلوده اتفاق افتاده

است. نتیجه این آلدگی می‌تواند توسط هوا یا افتادن قطره‌های آب از پوشش پلاستیکی گلخانه به محل پیوند منتقل گردد. به علاوه، درصد بسیار کمی (حداکثر ۱۳ و ۸ درصد به ترتیب در سال اول و دوم) از بوته‌های خیار توسط قارچ *F.oxysporum* آلدگی را نشان دادند. این آلدگی می‌تواند در خلال تشکیل ریشه‌های نابجا (هوایی) در محل پیوند اتفاق بیفتد که با خاک آلدود تماس داشته است. درصد کل بوته‌های پیوند شده مبتلا به بیماری بر روی هر پایه در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳: شدت بیماری (%) بوته‌های خیار رقم سلطان پیوند شده بر روی پایه‌های مختلف در دو آزمایش گلخانه‌ای
۱۲-۱۳ و ۱۱-۱۲

پایه	شدت بیماری (%)	
	۸۱-۸۲	۸۲-۸۳
A27	۲۵/۰b	nt
Cucurbita ficifolia	۲۵/۰b	nt
Patron f1	۲۱/۵c	nt
peto 42.91 f1	۱۲/۵d	۹/۴c
TS-1358 f1	۱۲/۵d	۰/۰d
TZ148 f1	۲۱/۵c	۱۵/۶b
Brunex f1	۹۷/۹a	۱۰۰a
(پیوند نشده، شاهد)		

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌دار ندارند ($p=0.05$) براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار

بحث

اغلب گونه‌های رایج که به عنوان پایه پیوندی در سرتاسر دنیا برای پیوند خیار مورد استفاده قرار می‌گیرند *Sicyos angulatus* L., *C.moschata* (Duehesme) Duchesne ex poir, *C.ficifolia* Bouches Fusarium گونه‌ای *C. maxima* Duchesne × *C. moschata* *Phytophtora parasitica* و *oxysporum* محافظت می‌نماید (Kanno, perxonal و ۱۴ و ۴). از آنجا که پوسیدگی ساقه و ریشه (*F.oxysporum*) یک بیماری جدید در خیار می‌باشد (۱۶ و ۱۵)، امکان استفاده از پیوند خیار بر روی پایه‌های مقاوم برای مقابله با این بیماری هنوز مورد بررسی قرار نگرفته است. در آزمایشات اطافک رشد و گلخانه، *F.oxysporum* مشخص شد که *C.maxima* × *C.moschata* و *C.ficifolia* مقاوم به اینگونه مشخص شدند و به همین جهت می‌توانند به عنوان پایه برای پیوند خیار جهت مقابله با پوسیدگی ریشه و ساقه مورد استفاده قرار گیرند.

اطلاعات بدست آمده از این مطالعه نشان می‌دهد که پیوند رقم خیار سلطان و احتمالاً سایر ارقام هیبرید خیار گلخانه‌ای بر روی پایه‌های *C.ficifolia* و *C.moschata* و *C.maxima* × *C.moschata* یک روش کنترل مؤثر برای مقابله با پوسیدگی ساقه و ریشه است. در صورتی که پیوندک سلطان بر روی پایه‌های فوق پیوند

شود، میزان پوسیدگی ساقه و ریشه به طور معنی داری کاهش می‌یابد (در حدود ۱۰۰-۷۵٪). علاوه بر این کم بیماری که در بوته‌های خیار (ماکریم ۲۵٪) در انتهای فصل رشد و بدون پیشروی علاوه آلدگی به پایه‌های کدو مشاهده شد احتمالاً مربوط به تماس قسمت پایین ساقه بوته‌های خیار نزدیک محل پیوند با خاک آلوده و یا انتقال اسپور قارچ به علت افتادن قطره‌های آب به سطح خاک و یا توسط تماس ریشه‌های نابجا که در محل پیوند تشکیل می‌شوند با خاک آلوده اتفاق افتاده است. در عین حال، همین درصد بسیار کم بوته‌های بیمار می‌تواند توسط بهبود تکنیک پیوند (استفاده از نشاء‌ها در مراحل اولیه در حالی که مغز هیپوکوتیل پایه فشرده بوده و به همین دلیل اجازه تشکیل ریشه از محل پیوند را نمی‌دهد، و انجام عمل پیوند تا حد ممکن در قسمت بالای هیپوکوتیل) یا توسط جلوگیری از انتقال ذرات خاک آلوده به قسمت پیوندک توسط هوا (پوشاندن خاک با مالچ پلاستیکی) یا پاشش آب (استفاده از پوشش‌های پلاستیکی ضد شبم برای جلوگیری از ریزش قطرات متراکم شبم بر روی خاک) بکلی از میان برود.

نتایج این بررسی نشان داده است که افزایش عملکرد خیار در اثر استفاده از بوته‌های پیوندی می‌تواند اولاً به کنترل بیماری و ثانیاً به رشد بهتر گیاه نسبت داده شود. افزایش عکس العمل‌های رشدی گیاه به کنترل پاتوزن بستگی نداشته و یک پدیده کاملاً شناخته شده در گیاهان پیوندی است (۴). قدرت سیستم ریشه‌ای پایه اغلب باعث توانایی جذب مؤثرتر عناصر غذایی و آب نسبت به ریشه‌های پیوندک شده و ممکن است بعنوان تأمین کننده هورمون‌های گاهی اضافی نقش داشته باشد (۴ و ۱۰). گیاهان خانواده کدوئیان بعد از بریدن ساقه اغلب مقدار زیادی شیره آوند چوبی ترشح می‌نمایند که حاوی غلظتهاز زیادی از عناصر معدنی، مواد آلی و هورمون‌های گیاهی (سیتوکنین‌ها و جیرلین‌ها) است (۱ و ۲ و ۶ و ۸) که این پدیده ممکن است افزایش رشد و عملکرد مشاهده شده در بوته‌های خیار پیوندی روی پایه‌های کدو را در این بررسی توضیح دهد.

تهیه بوته‌های پیوندی خیار گلخانه‌ای بر روی پایه‌های *C. maxima × C. moschata* بسیار هزینه‌بر است به علت اینکه پایه و پیوندک هیریدهای گران قیمتی هستند. به علاوه، تهیه گیاهان پیوندی به زمان بیشتر، متریال بیشتر، فضای سطح بالای مهارت، روش‌های کشت و کار پیشرفته و عملیات بعد از پیوند نیازمند است. همچنین، تولید کنندگان باقیستی تعداد زیادی نشاء را در یک دوره محدود پیوند بزنند. صرف نظر از هزینه‌های بالای کارگری و تهیه نشاء‌های پیوندی، در حال حاضر پیوند تنها چاره روش کنترل مؤثر غیر شیمیایی و سازگار با محیط زیست برای کنترل پوسیدگی ساقه و ریشه است. تلاش‌های گسترهای برای فائق آمدن بر مشکلات کارگری پیوند در زبان انجام شده است (۳ و ۵). در حالی که شرکت‌های خصوصی، موسسات تحقیقاتی و دانشگاهها تلاش می‌کنند تا روبوتهای پیوند تولید نمایند، در آینده ممکن است استفاده از این روبوتها روشی رایج برای تولید گیاهان پیوندی توسط تولید کنندگان شود (۵ و ۳).

منابع

- 1.Biles, C.L., Martyn, R.D., and Wilson, H.D. 1989. Isozymes and general proteins from various watermelon cultivars and tissue types. HortScience 24:810-812.
- 2.Kato, T., and Lou, H. 1989. Effect of root-stock on the yield, mineral nutrition and hormone level in xylem sap in eggplant. J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. 58:345-352.
- 3.Kurata, K. 1994. Cultivation of grafted vegetables. II. Developing of grafting robots in Japan. HortScience 29:240-244.

- 4.Lee, J.-M. 1994. Current status, grafting methods, and benefits. HortScience 29:235-239.
- 5.Lee, J. -M., and Ham, H. -S. 1998. Grafting of vegetables. J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. 67:1098-1104.
- 6.Masuda, M., and Gomi, K. 1982. Diurnal changes of the exudation rate and the mineral concentration in xylem sap after decapitation of grafted and non-grafted cucumber. J.Jpn. Soc. Hortic. Sci. 51:293-298.
- 7.Masuda, M., and Gomi, K. 1984. Mineral absorption and oxygen consumption in grafted and mongrafted cucumber. J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. 52:414-419.
- 8.Masuda, M., Nakamura, T., and Gomi, K. 1981. Studies on the characteristics of nutrient absorption of rootstocks in grafting of fruit vegetables. II. Effect of rootstock. Cucurbita ficifolia on the growth and mineral composition of xylem sap in cucumber in relation to potassium concentration in culture system. Bull. Fac. Agric., Miyazaki University, Miyazaki, Japan 27:187-194.
- 9.Moreno, A., Alferez, A., Aviles, M., Dianez, F., Blanco, R., Santos, M., and Tillo, J. C. 2001. First report of *Fusarium oxysporum* f. sp. Radidis-cucumerinum on cucumber in Spain. Plant Dis. 85:1206.
- 10.pulgari, G., Villora, D. A., Moreno, D. A., and Pomero, L. 2000. Improving the mineral nutrition in grafted watermelon plants: nitrogen metabolism. Biol. Plant. 43:607-609.
- 11.Punja, Z. K., and parker, M. 2000. Development of *Fusarium* root and stem rot, a new disease on greenhouse cucumber in British Columbia, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. Radices-cucumerinum. Can. J. plant pathol. 22:349-363.
- 12.Reverchon, S., Monnet, Y., Beliard, E., and Alabouvette, C. 2000. Du nouveau sur les fusariose du concombre. *Fusarium oxysporum* f. sp. Radices-cucumerinum (FORC) isole pour la premiere fois en frace phytoma 530:36-38.
- 13.Traka-Mavrona, E., Koutsika-Sotiriou, M., and pritsa, T. 2000. Response of squash (Cu-melo L.) Sci. Hortic. 83:353-362.
- 14.Vakalounakis, D. J. 1988. Diseases and pests of vegetable crops and their control. Technological Education Institute, Heraklio, Greece.
- 15.Vakalounakis, D. J. 1996. Root and stem rot of cucumber caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. Radicis-cucumerinum f. sp. Nov. plant Dis. 80:313-316.
- 16.Vakalounakis, D. J., and Fragkiadakis, G. A. 1999. Genetic diversity of *Fusarium oxysporum* isolates from cucumber: Differentiation by pathogenicity, vegetative compatibility, and RAPD fingerprinting. Phytopathology 89:161-168.

Proceedings of the First Workshop on Improvement of Water Use Efficiency in Greenhouse

No. 123



*18 October 2007
Karaj - Iran*