

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، علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها 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 شدند.

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 تنظیم‌کننده رشد (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 آپاش‌ها 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 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 (تلایی، ۱۳۸۰). امروزه برای جذب آهن در شرایط pH بالا، استفاده از کلاس 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 (1980; 1983) 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 ی 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 برعلاوه 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, 1985a; 1986 b; Goldberg et al., 1979). از این گذشته کاربرد دوزهای بسیار کم آفت کش‌ها و علفکش‌ها در این سیستم در مقایسه با سیستم سنتی بسیار کاربردی‌تر و با راندمان بالاتری بکار بوده می‌شود (Gerst et al. 1981).

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 حلالت 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

¹ 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) تعریف 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

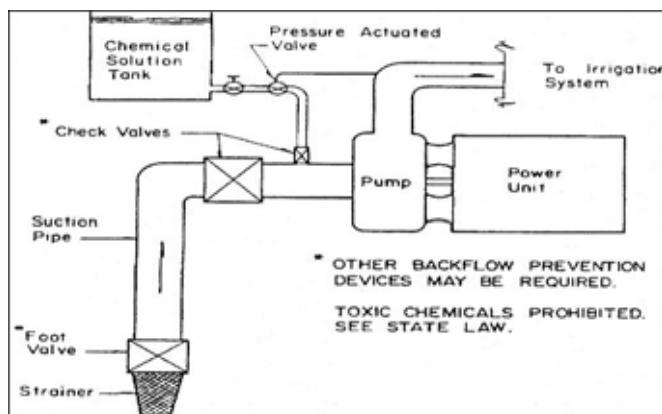
ملزومات آن را شستشو داد تا عمر مفید آن افزایش یابد و از آسیب دیدگی قطعات فلزی آن جلوگیری شود. بطور کلی بهتر است پس از تجهیزات کود دهی سیستم فیلتراسیون نیز به منظور جلوگیری از ورود رسوبات احتمالی به سیستم آبیاری خصوصاً سیستم آبیاری قطره‌ای جلوگیری شود. دقیق‌تر گردد که در سیستمهای اتوماتیک تزریق کود همزمان با شستشوی معکوس فیلتر هماهنگ باشد. 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

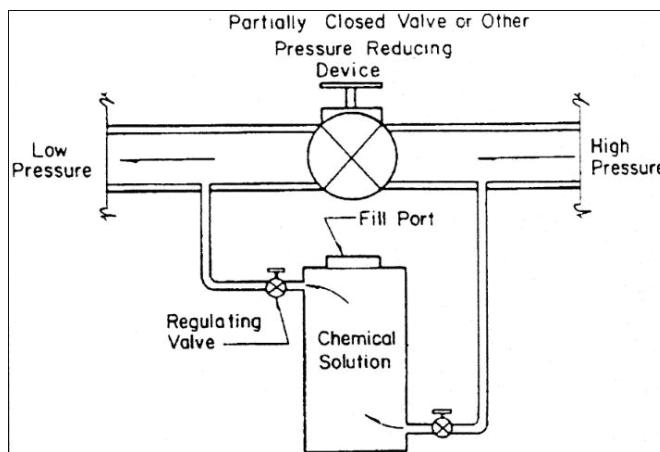
مفهوم اختلاف فشار برای تزریق کود بسیار ساده می‌باشد. به این صورت که اگر فشار نقطه تزریق کمتر از فشار نقطه مکش باشد، محلول کودی به داخل خط لوله آبیاری جریان می‌یابد. یکی از این روش‌ها تزریق با استفاده لوله مکش می‌باشد (شکل ۱). این روش در مواردی که پمپاژ آب از استخر، کانال یا رودخانه با استفاده از یک پمپ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



شکل ۱: تزریق با استفاده لوله مکش

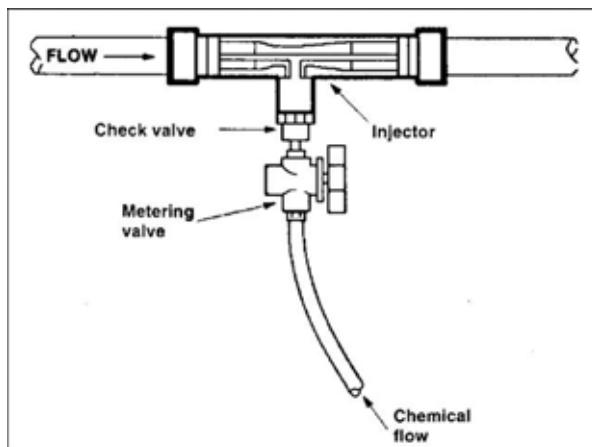
تجهیزات مورد نیاز عبارتند از لوله یا شیلنگ و یک مخزن کود. با استفاده از نیروی مکش پمپ می‌توان محلول کودی موجود در مخزن را با لوله یا شیلنگ نصب شده بر روی لوله مکش پمپ به داخل خط لوله اصلی تزریق کرد. شدت جریان بستگی به مکش تولید شده توسط پمپ، طول و اندازه لوله مکش و سطح محلول کودی مخزن کود دارد. در این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

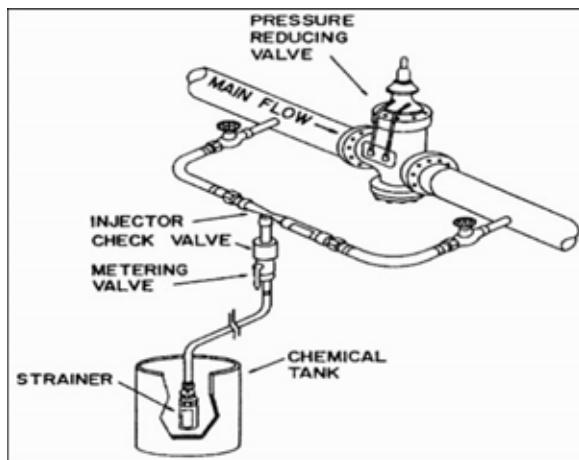


شکل ۲: تزریق کود با استفاده از تانک اختلاف فشار

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 می‌باشد 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).

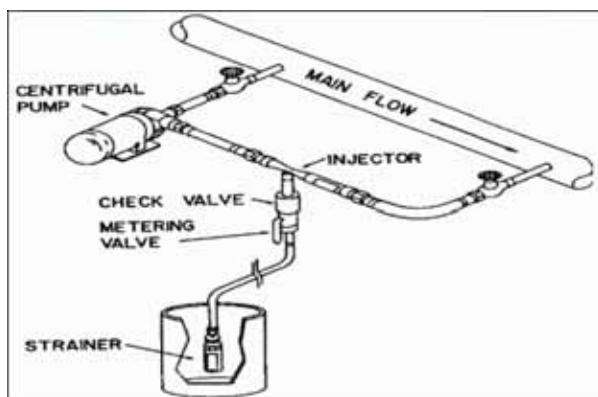


شکل ۳: تزریق کود با استفاده از انژکتور و نتوری

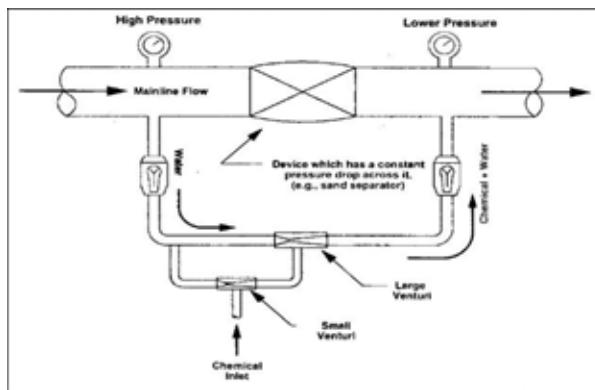


شکل ۴: یک نتوری کوچک که در لوله با پس تعییه شده است همراه با شیر کاهنده فشار

در صورت نیاز می‌توان از یک پمپ کوچک سانتریفوژ 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 توأم 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 $1/6$ هکتاری با تعداد ۱۵۱ گیاه در هر هکتار می‌خواهیم میزان $22/67$ گرم کود نیتروژن (8 درصد نیتروژن با چگالی 1284 گرم بر لیتر) برای هر گیاه تزریق کنیم. کل ساعت آبیاری سیستم 4 ساعت می‌باشد. پس از اینکه 1 ساعت از شروع آبیاری گذشت، کود آبیاری شروع شده و به مدت 2 ساعت ادامه می‌یابد. کل حجم تزریق شده محلول کودی با استفاده از فرمول فوق مقدار 1354 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 کارآیی 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., Homaei, 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. Flia. Entomol. 63: 447-450.