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

کود آبیاری محصولات گلخانه‌ای

ژاله وزیری و پروانه کاظمی[1]

چکیده

کاربرد توأم آب و کود ،"کود آبیاری" نامیده می‌شود. کود آبیاری با سهمی که در افزایش قابل‌ملاحظه عملکرد محصولات داشته، تحول چشمگیری در کشاورزی مدرن ایجاد نموده است. فواید عمده 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. درحال حاضر، با توسعه سامانه‌های تولید گلخانه‌ای، تمام یا بخشی از عناصر غذایی مورد نیاز محصولات سبزی، صیفی و گلهای زینتی که کشت‌های عمده 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 ومحیط‌های کشت تحت کنترل بیان می‌شود.

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

مدیریت کود آبیاری

موفقیت 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 نیازآبی گیاه طراحی شده، هماهنگ شود. به علاوه، دستیابی به حداکثر 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

[1]- عضو هیات علمی (بازنشسته) 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 عمدهٔ 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 ومحیط‌های 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 عناصرافزایش 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 سفت‌شدن 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 کندتر است در نیمه دوم فصل رشد افزایش می‌یابد.به طور معمول، استفاده از کودهای نیتروژنه 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)	مونو فسفات پتاسیم	۳۳
	اسید فسفریک	متغیر
پتاسیم (K)	کلرید پتاسیم	۵۰
	نیترات پتاسیم	۳٦/۵
	سولفات منیزیم پتاسیم	۱۸/۳
	سولفات پتاسیم	٤۳
کلسیم (Ca)	نیترات کلسیم	۱۹
	کلرید کلسیم	۳٦
	نیترات کلسیم**	۱۱
منیزیم (Mg)	سولفات منیزیم	۱۰
	سولفات منیزیم پتاسیم	۱۱
گوگرد (S)	سولفات منیزیم	۱٤
	سولفات منیزیم پتاسیم	۲۲
	اسید سولفوریک	متغیر
	سولفات پتاسیم	۱۸
بور (B)	برات سدیم	۲۰
	اسید بوریک	۱۷
مس (Cu)	کلرید مس	۱۷
	سولفات مس	۲۵
	نیترات مس**	۱۷
روی (Zn)	سولفات روی	۲٦
	نیترات روی	۱۷
آهن (Fe)	آهن کلاته (EDTA, DTPA)	۵-۱۲
منگنز (Mn)	کلرید منگنز	٤٤
	سولفات منگنز	۲۸
	نیترات منگنز**	۱۵
مولیبدن (Mo)	مولیبدات آمونیم	۵٤
	مولبیدات سدیم	۳۹
کلرید (Cl)	کلرید پتاسیم	۵۲
	کلرید کلسیم	٦٤

* 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 آمونیم 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 متعادل 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 ٤ به ۱ متغیر است. فرمول کودی ۲:۱:۲[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 متناسب با مقدار و زمان مصرف آب آبیاری عرضه می‌شوند. در فصل سرد و دمای کمتر از ۱۳ درجه سلسیوس، نیتروژن آمونیومی می‌تواند سمیّت 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 راهنما یا دستورالعمل‌های مندرج در برچسب کودهای تجارتی 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 می‌باشند.

در روش کشت خاکی، پس از تعیین کود مورد نیاز محصولات گلخانه‌ای، به طور معمول، تمام فسفر و عناصر ریزمغذی و ۲۰ تا ٤۰ 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 ـ 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 ۳٦٪ 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)[2]، محصولات گلخانه‌ای در بسترهایی چون پیت، ورمی‌کولیت (رس‌های پوکه‌ای)، پشم سنگ[3] ، شن، شاخ و برگ کاج یا نارگیل، پرلیت، خاک اره و یا مخلوطی از آنها کشت می‌شوند.

1- $N : P_2O_5 : K_2O$
2- Hydroponics
3- Rock wool

چنانچه کشت در بستری از مواد خنثی انجام شود، تمام عناصر غذایی مورد نیاز باید به صورت محلول و همراه آب آبیاری تأمین شوند. در روش NFT[1] 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 قیّم 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 عناصرغذایی 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**

کودهای محلول	U	AU	AS	CN	MAP	MKP	PN	PN + Mg	PN + P	N + Mg	SOP
اوره (U)		ق	ق	ق	ق	ق	ق	ق	ق	ق	ق
نیترات آمونیم (AN)	ق		ق	ق	ق	ق	ق	ق	ق	ق	ق
سولفات آمونیم (AS)	ق	ق		ک ق	ق	ق	ک ق	ک ق	ق	ق	ق
نیترات کلسیم (CN)	ق	ق	ک ق		غ ق	غ ق	ق	غ ق	غ ق	ق	ک ق
منو فسفات آمونیم (MAP)	ق	ق	ق	غ ق		ق	ق	ک ق	ق	غ ق	ق
منو فسفات پتاسیم (MKP)	ق	ق	ق	غ ق	ق		ق	ک ق	ق	غ ق	ق
مولتی پتاسیم(نیترات پتاسیم) (PN)	ق	ق	ک ق	ق	ق	ق		ق	ق	ق	ق
مولتی پتاسیم+ Mg (PN+ Mg)	ق	ق	ک ق	غ ق	ک ق	ک ق	ق		غ ق	ق	ق
مولتی ـ NPK (۱۲-۲-٤٤) (PN+P)	ق	ق	ق	غ ق	ق	ق	ق	غ ق		غ ق	ق
مگنیزل(Magnisal) (N+ Mg)	ق	ق	ق	ق	غ ق	غ ق	ق	ق	غ ق		ق
سولفات پتاسیم(SOP)	ق	ق	ق	ک ق	ق	ق	ق	ق	ق	ق	
سازگاری در اختلاط	ق: قابل اختلاط، ک ق: کم قابل اختلاط، غ ق: غیر قابل اختلاط										

*Fertigation Manual, Yara International, Norway, 2006

کیفیت آب در کود آبیاری

کیفیت آب آبیاری در حلالیت و رسوب کودها مؤثر می‌باشد. معیارهای اصلی برای تفسیر و تعدیل کیفیت آب آبیاری میزان pH (پ ـ هاش)، مقدار و نوع نمک های محلول بوده و لازم است قبل از تنظیم برنامه آبیاری تعیین شوند. pH مناسب آب برای کود آبیاری بین ۵/٦ تا ۵/۸ می‌باشد. قابلیت جذب ریزمغذی‌ها در پ ـ هاش بیشتر از ٦/۵ کاهش می‌یابد و در پ ـ هاش کمتر از ۵/٦، اثر سمیّت 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

[1]- 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 ٦/٢ باشد, با افزایش اسید می‌توان آن را کاهش داد. از اسیدهای مختلف براساس درجه خلوص و هزینه آنها برای کاهش پ ـ هاش استفاده می‌شوند. اسیدهایی چون اسید فسفریک 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 ٤/٥ 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 pH =۸ 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 نمک های محلول آب آبیاری که با دو معیار شوری(هدایت الکتریکی EC) و کل مواد جامد محلول (TDS)[1] 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 ٤٥٠ میلی‌گرم بر لیتر وهدایت الکتریکی کمتر از ۰/۷ دسی زیمنس بر متر (معادل ۷۰۰ میکروموس 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 زینتی می‌باشند. مصرف آب آبیاری حاوی کلرید با غلظت بیش از ٤ 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 ریزمغذی 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 ١٩٩٤) مراجعه شود. در صورتی که آب آبیاری برای محصولات گلخانه‌ای به لحاظ pH و میزان شوری دارای

[1]- 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 سولفاته 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 ۵/٦ 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 سمّیت افزایش می‌یابد. به طور معمول، پ ـ 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 موازنه بار الکتریکی در طرفین غشای سلولی است که در آن گیاه با جذب یک یون نیترات 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 آمونیم 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 فاقد ظرفیت بافری[1] می‌باشند، بیش از کشت

[1]- Buffering capacity

خاکی به pH و نسبت عناصر غذایی محلول کودی وابسته است. گرچه در اجرای کود آبیاری، کنترلpH بستر کشت و تنظیم آن با افزایش اسید یا باز ضروری کنترل می‌باشد، لیکن تغییرات pH در محیط‌های کشت هیدروپونیک (آبکشت) و بسترهای خنثی، سریع تر از 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 آنتاگونیسمی[1] و سینرژیسمی[2] 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 صدمات ناشی از سّمیت 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 گلخانه ای اغلب به شوری حساس می‌باشند. در شرایطی که هدایت الکتریکی آب آبیاری بیش از ۲ دسی زیمنس بر متر باشد، باید مقادیر 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 (NO_3Na) و منوفسفات سدیم (NaH_2PO_4) 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 گلخانه ای 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 ۱۹۹٤) مراجعه شود.

پایش نهاده‌های تولید در کود آبیاری

در مدیریت کود آبیاری با پایش و ارزیابی نهاده های تولید امکان تعدیل و تنظیم برنامه کود آبیاری فراهم می شود . بنابراین توصیه می شود کیفیت آب و خاک و وضعیت عناصر غذایی در گیاه به شرح ذیل ارزیابی شود.

آب ـ مقدارpH 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.

---

[1]- Antagonism
[2]- Synergism

خاک ـ تهیه نمونه‌های خاک و تعیین غلظت عناصر غذایی در آنها روش مشکل و پرهزینه‌ای می‌باشد. لیکن محلول خاک را با استفاده از سرپوش‌های[1] 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 ـ تعیین مقدار عناصر غذایی و ماده خشک گیاه به روش آزمایشگاهی, روشی 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 زه‌آب 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 نمک های محلول در محیط توسعه ریشه گیاهان باقی‌مانده است. بنابراین، اگر تفاوت میان هدایت الکتریکی زه‌آب خروجی و محلول آب آبیاری ورودی بیشتر از ۰/٤ تا ۰/۵ 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 ٦ 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 ٦ 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

[1]- 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 مورد نظر 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 بنابراین، 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 سولفات آمونیم 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 دی یا 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[1] (استوک) و روش تزریق[2] 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، پی وی سی و غیره) استفاده می‌شود. حجم تانک باید متناسب با سطح گلخانه انتخاب شود. به طور معمول، یک تانک ۲۵ تا۵۰ لیتری برای گلخانه با یک سالن (حدود ۲۰۰۰ مترمربع) و تانک ۲۵۰۰ تا ۵۰۰۰ 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. موفقیت 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 غلظت، 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»[1] 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 *ـ 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.

۱- 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.

۲- میانگین حجم آب خروجی از یک قطره‌چکان بر دقیقه را در کل تعداد قطره‌چکان‌های موجود در سامانه آبیاری ضرب کنید.

۳- مقدار آب خروجی در دقیقه توسط کل قطره‌چکان‌ها را به مقدار آب خروجی در دقیقه توسط تزریق‌کننده تقسیم کنید و حاصل را x بنامید.

٤- نسبت ۱ به x نشان‌دهنده نسبت تزریق می‌باشد (x قسمت آب برای یک قسمت محلول غلیظ کود).

[1]- Injection rate

روش دوم *ـ 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 رسانند 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 ـ ایجاد اختلاف فشار (تانک با معبر فرعی)[1]

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 (شکل۱). 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 اجرا، 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 ـ 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 (شکل۲).

---

[1]- 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 ورودی است.

پ ـ تانک تزریق با خلاء (ونتوری)[1]

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 (شکل۳). 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 مورد نظر 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.

٤- 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.

٦- 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 غیرمحلول گچ تشکیل می‌شود.

۱۱- همیشه عدم حلالیت 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.

---

[1]- Ventura

۱۳- توجه کنید که بسیاری از مشکلات ناسازگاری کودها با اختلاط تدریجی آنها از بین می‌رود.

۱٤- 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

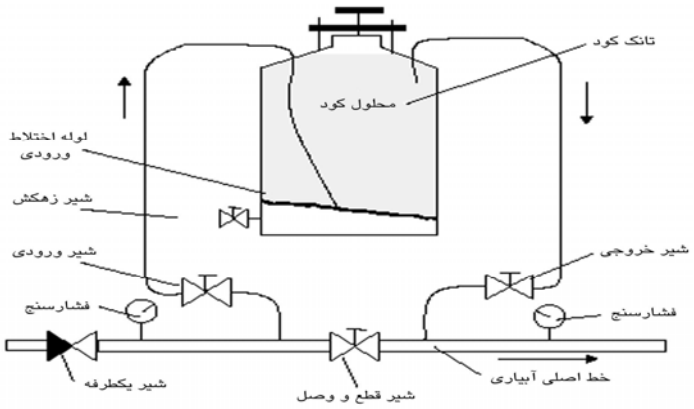
کودها به دو صورت از پیش مخلوط شده و آماده (کودهای تجارتی) و یا کودهای جداگانه که توسط بهره‌برداران مخلوط و آماده می‌شوند، در کشت‌های گلخانه‌ای مصرف می‌شوند. کودهای تجارتی کامل شامل سه کود اصلی نیتروژن, فسفر (به صورت P_2O_5) و پتاسیم (به صورت K_2O) با فرمول N- P_2O_5K-$_2O$ به نسبت‌های مختلف به عنوان مثال ۲۰ـ۱۰ـ۲۰ (درصد وزنی) می‌باشند. کودهای تجارتی 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 برحسب 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 برحسب 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 ـ میزان کود مورد نیاز، به عنوان مثال: ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیتروژن

ب ـ نسبت کودی مورد استفاده، به عنوان مثال: ۲۰ـ۱۰ـ۲۰

پ ـ نسبت تزریق (نسبت رقیق‌سازی) مورد نیاز، به عنوان مثال: ۱ به ۱۰۰

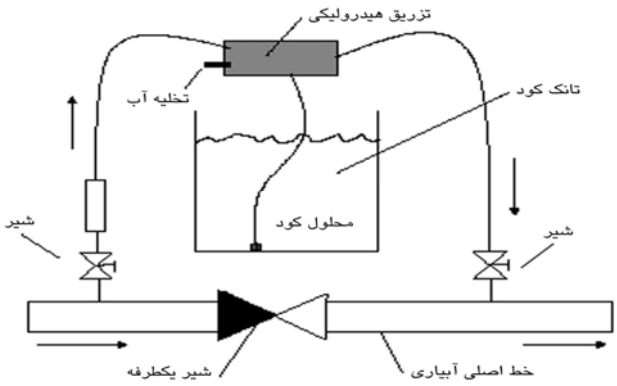
ج ـ حجم تانک ذخیره، به عنوان مثال: ۵۰ لیتر



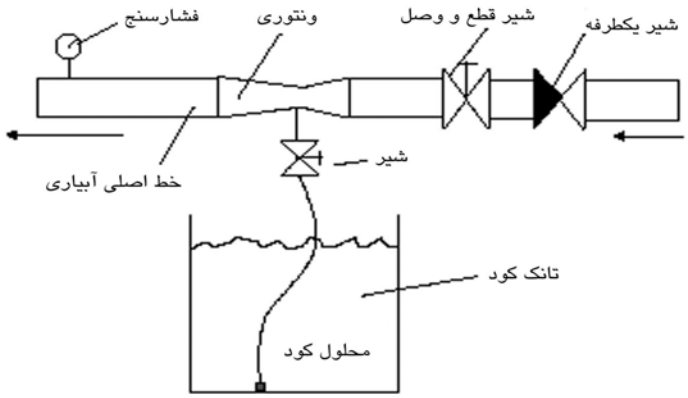
شکل ۱: *تانک با معبر فرعی(اختلاف فشار)*

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

۱ پاند (1b)	=	*٤٥٤ گرم (g)*
۱ کیلوگرم (kg)	=	*۲/۲ پاند (1b)*
۱ گرم (g)	=	۱۰۰۰ میلی‌گرم (mg)
۱ گالن US (g)	=	۳/۷۸ لیتر (l)
۱ لیتر (l)	=	۱۰۰۰ میلی‌لیتر (ml)
۱ لیتر (l)	=	۱۰۰۰ سی‌سی (cc)
۱ پاند (1b)	=	۱٦ اُنس (oz)
۱ اُنس مایع (oz)	=	۲۸ میلی‌لیتر (ml)
۱ اُنس جامد (oz)	=	۲۸ گرم (g)
۱ کیلوگرم (kg)	=	۳۵/۲ اُنس (oz)
۱ فوت (ft)	=	۱۲ اینچ (in)
۱ اینچ (in)	=	۲/۵ سانتی‌متر (cm)
۱ فوت (ft)	=	۳۰ سانتی‌متر (cm)
۱ ایکر (acre)	=	۰/٤ هکتار (ha)
۱ فوت‌مربع (ft^2)	=	۰/۰۹ مترمربع (m^2)
۱ اینچ مترمربع (in^2)	=	٦/۵ سانتی‌مترمربع (cm^2)
۱ میلی‌گرم بر لیتر (mg/l)	=	قسمت بر میلیون (ppm)
۱ کیلوگرم در مترمکعب (kg/m^3)	=	قسمت بر میلیون (ppm)
۱ گالن در ایکر (gal/acre)	=	۱۱/۲۳ لیتر بر هکتار (l/ha)
پوند بر فوت‌مربع ($1b/ft^2$)	=	۵ کیلوگرم بر مترمربع (kg/m^2)
پوند بر ایکر (1b/acre)	=	۱/۱۲ کیلوگرم بر هکتار (kg/ha)
۱ بوته بر ایکر (plant/acre)	=	۲/٤۷ بوته بر هکتار (plant/ha)
٪K	=	٪ K_2O × ۰/۸۳
٪ K_2O	=	٪ K × ۱/۲
٪P	=	٪ P_2O_5 × ۰/٤٤
٪ P_2O_5	=	٪ P × ۲/۲۹



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/Bll82.pdf.
10- Hochmuth, G. J., 1992, Fertilizer management for drip irrigatied 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 Papper 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, Kansans 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.