وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی
موسسه تحقیقات خاک و آب
(پست الکترونیکی: www.swri.ir)

علل تجمع نیترات در سبزیهای میوه ای (خیار، گوجه فرنگی و...) و روشهای کنترل آن

محمد جعفر ملکوتی، امید نوری، سعید سماوات و مجید بصیرت
استاد و دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس، اعضای هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب

شورای عالی سیاستگزاری توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی

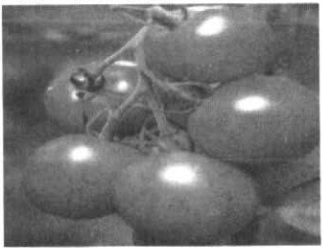
نشریه فنی شماره ۴۱۴
انتشارات سنا، بهار ۱۳۸۳

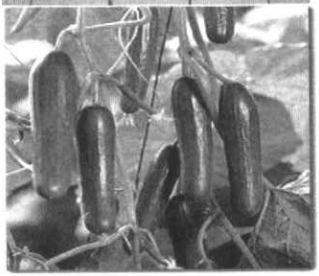
وزارت جهاد کشاورزی

مؤسسه تحقیقات خاک و آب

(پست الکترونیکی: www.swri.ir)

علل تجمع نیترات در سبزیهای میوه‌ای (خیار، گوجه‌فرنگی و ...) و روشهای کنترل آن





محمد جعفر ملکوتی، امید نوری، سعید سماوات و مجید بصیرت

استاد و دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس و اعضای هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب

نشریه فنی شماره ۴۱۴

(شورای‌عالی سیاستگزاری توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی)

بهار ۱۳۸۴

انتشارات سنا، تهران، ایران

● پیشگفتار:

خاک یکی از اجزای مهم منابع پایه است که بعنوان بستر اصلی کشت گیاه و نیز محیطی منحصر بفرد برای انواع حیات محسوب می شود. انسان اگر چه در مسیر تکاملی خود با دستیابی به فناوری های نوین، پیشرفت های سریع و شگفت انگیزی را به ارمغان آورده است ولی متاسفانه آثار سوء آن بتدریج با بروز اختلال و دگرگونی در شرایط تعادلی و متعارف منابع پایه، بویژه خاک و آب همراه گردیده که موجب پدیدار شدن انواع ناهنجاریها و بحرانهای زیست محیطی شده است. از این رو اکنون بیش از هر زمان دیگر، برگزیدن سیاستهای سازگار و راه حلهای منطقی برای عرضه مواد غذایی در پاسخگویی به تقاضای روزافزون جمعیت و در مسیری هماهنگ با ملاحظات زیست محیطی، احساس می‌شود. در این میان آنچه که بیش از هر عامل دیگر بویژه در سطح ملی می تواند در جهت تنویر افکار عمومی، افزایش آگاهی جامعه، شناخت مسایل و مشکلات زیست محیطی، نیروهای مردمی را در گام برداشتن در مسیر توسعه پایدار سهیم سازد، تهیه و تدوین نشریات و کتب علمی و فنی، آموزشی، تحقیقی، ترویجی و تحلیلی است که به عنوان وسیله ارتباطی مناسب برای بیان و اشاعه مبانی نظری و ارائه راهکارهای علمی و فنی در جهت افزایش آگاهی و دانش مخاطبان بشمار می آیند. از آنجایی که هدف اساسی موسسه تحقیقات خاک و آب نخست شناخت توان تولیدی منابع خاک و آب و سپس بهره‌برداری و مدیریت مناسب این منابع در راستای تولید پایدار، امنیت غذایی و سلامت جامعه می باشد، شورای انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب بر آن است تا با انتشار اثرات علمی، فنی و کاربردی مورد نیاز گامی اساسی و بنیادی در راستای رسالت خویش بردارد و در این رهگذر پذیرای پیشنهادات سازنده، انتقادات مسئولانه و راهنمائیهای ارزنده کلیه اندیشمندان، پژوهشگران و دست‌اندرکاران نیز خواهد بود. باشد که با این گام ضمن انجام مسئولیتی خطیر، همگان را در تلاش بی وقفه برای پاسداری از بستر هستی فرا خوانیم.

شورای انتشارات
موسسه تحقیقات خاک و آب

● **مقدمه :** به دنبال چاپ کتاب *مصرف بهینه کود گامی موثر در افزایش عملکرد، بهبود کیفیت و کاهش آلاینده‌ها در محصولات سبزی و صیفی و ارتقاء سطح سلامت جامعه* و اینکه تجمع نیترات در سبزیها غالباً در اندامهای مصرفی (ریشه، غده، ساقه و برگ) صورت می‌گیرد، ولی بر خلاف تصور اغلب محققین مشاهده گردید در سبزیهای میوه‌ای نظیر گوجه فرنگی و خیار نیز نیترات یافت می‌شود. در این نشریه علل تجمع نیترات در سبزیهای میوه‌ای مورد کنکاش قرار می‌گیرد. قبلاً بیان گردید با رعایت اصول صحیح مصرف کود، نه تنها عملکرد سبزی و صیفی افزایش می‌یابد، بلکه کیفیت نیز ارتقاء خواهد یافت. با مصرف بهینه کود در سبزیها، غلظت ویتامین C تا حد ۳۰ درصد افزایش یافت (Welch، ۲۰۰۳) و در مقابل غلظت آلاینده‌هایی نظیر نیترات کاهش می‌یابد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۳). به دلیل انجام فعل و انفعالات فتوسنتزی در برگها و عدم حرکت نیترات از برگ به میوه نبایستی مسئله تجمع نیترات در میوه مطرح باشد ولی گزارشها حاکی از وجود نیترات در مقادیر قابل توجه در سبزیهای میوه‌ای است که عمدتاً ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای نیتروژنی به خصوص در سبزیهای گلخانه‌ای می‌باشد.

● **علل تجمع نیترات در سبزیهای میوه‌ای:** در بیشتر گونه‌های گیاهی منجمله گوجه‌فرنگی ریشه، ساقه و برگها، توانایی احیای نیترات را دارند. میزان احیا بستگی به نوع گیاه، میزان نیترات، سن گیاه و شرایط محیطی دارد. وقتی غلظت نیترات پایین باشد، بخش عمده آن در درون ریشه احیا می‌گردد. با افزایش میزان نیترات، ظرفیت احیای نیترات در

ریشه‌ها کاهش یافته و بخشی از نیتروژن کل به صورت نیترات به ساقه‌ها منتقل می‌شود. به همین ترتیب در ساقه‌ها نیز ظرفیت احیای نیترات محدود و مازاد نیترات مخصوصاً تحت شرایطی که کود نیتروژنی زیادی مصرف شده باشد، به برگها منتقل می‌گردد. با توجه به اینکه برگها به عنوان منبع تولیدکننده عمل می‌کند در مرحله زایشی، رشد رویشی کاهش یافته و تولید مواد هیدروکربنه که برای احیای نیترات لازم است، کاهش می‌یابد. بنابراین ظرفیت احیای نیترات در برگها به هنگام مرحله زایشی کاهش می‌یابد. به علت پرتحرک بودن نیترات مخصوصاً هنگامی که مصرف کودهای نیتروژنی (به شکل نیترات) بالا باشد (فراتر از نیاز گیاه)، گیاه توانایی احیای مقدار اضافی نیترات را نخواهد داشت. در مرحله زایشی (تشکیل میوه) میوه‌ها به عنوان مصرف کننده مواد تولید شده در برگها (Sink) عمل می‌کنند و چون قدرت جذب بالایی دارند مواد مصرفی منجمله نیترات را از منبع (Source) به طرف خود با سرعت می‌کشند. چنانچه تحت این شرایط نیترات احیا شده وجود داشته باشد، وارد میوه شده و در آنجا تجمع می‌یابد. از طرف دیگر کربن موجود در میوه بیشتر صرف فرآیند تنفس شده و میوه برای احیای نیترات نمی‌تواند از این مواد هیدروکربنه استفاده نماید و کلاً ظرفیت محدودی برای احیای نیترات در میوه‌ها همانند سایر اندامهای گیاه وجود دارد (ممکن است در این مرحله هورمونها هم نقشی مهم داشته باشند). از طرف دیگر در برگهای کاملاً بالغ، میزان فعالیت نیترات ردکتاز بسیار اندک است در

نتیجه میزان نیترات در برگها افزایش می‌یابد. این در حالی است که فعالیت نیترات ردکتاز در سلولهای در حال رشد نواحی انتهایی ریشه زیاد است و غلظت آن به سوی بخشهای بالاتر به سرعت کاهش می‌یابد. حدود ٦٠ درصد نیتریفیکاسیون در سیتوپلاسم (توسط آنزیم نیترات رداکتاز) در ٢٤ ساعت اول اتفاق می‌افتد و در کلروپلاست‌های ریشه نیترات احیاء می‌گردد.

به طور کلی تجمع نیترات با فتوسنتز رابطه معکوس دارد. هر عاملی میزان فتوسنتز در گیاه را کاهش دهد، سبب افزایش غلظت نیترات در گیاه خواهد شد. با توجه به اینکه فرایند آمین‌سازی (تبدیل نیترات به عامل آمینی جهت سنتز پروتئین) در گیاه، انرژی خواه است (به ATP احتیاج دارد) بنابراین هر عاملی نظیر استرس‌های محیطی که باعث تضعیف گیاه شود، به تجمع نیترات کمک می‌کند. دریک گیاه میزان نیترات در بین بافت‌های مختلف متفاوت است؛ نیترات معمولاً در برگها، ریشه، و ساقه به بیشترین مقدار دیده می‌شود و به ندرت مشکل تجمع نیترات در گل و میوه و یا سبزی‌های میوه‌ای مطرح می‌باشد. با این وجود در برخی شرایط تجمع آن در سبزیهای میوه‌ای هم مشاهده شده است. تأثیر تغذیه متعادل در کاهش تجمع نیترات در میوه گوجه‌فرنگی نیز گزارش شده است.

در آزمایشهایی که در تایلند بر روی تجمع نیترات در میوه آناناس صورت گرفت به این نتیجه رسیدند دلیل عمده تجمع نیترات در

میوه کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردکتاز در اجزای نیترات است. در این تحقیقات مشخص شد که فعالیت این آنزیم به عناصر غذایی مختلفی (مولیبدن، منیزیم، منگنز، آهن و) وابسته است. بنابراین یکی از اثرات سوء کمبود مولیبدن در گیاه تجمع نیترات است (آنزیم نیترات ردکتاز از دو بخش تشکیل شده که عنصر مولیبدن در هر دو بخش حضور دارد و برای مولیبدن پیوند H^+ را عنصر نیتروژن مهیا می‌کند). Chongpraditnum و همکاران (۲۰۰۰) پیشنهاد کردند که محلول‌پاشی مولیبدن می‌تواند از تجمع نیترات در میوه بکاهد. در مورد بادمجان نیز نتایج مشابه‌ای با مصرف مولیبدن مشاهده شده است. در ضمن گزارش شده است که محلول‌پاشی با منگنز در گیاهان آناناس می‌تواند باعث تسهیل در جذب از برگ، ورود آن به شیره پرورده، و گردش آن در گیاه شود.

در بیشتر گونه‌های گیاهی اندامهای مختلف آن مثل برگ، ساقه و ریشه توانایی احیای نیترات را دارند ولی وقتی کود نیتروژنی بیش از نیاز مصرف گردد، امکان تجمع نیترات بیشتر می‌شود یون نیترات(NO^-_3) که بسیار پویا است، توسط ریشه جذب و به طور مستقیم به طرف برگها هدایت و از برگها (Source) به همراه مواد کربوهیدراتی به سمت میوه (Sink) حرکت می‌کند. از آن جایی که مقدار زیادی از کربوهیدراتها در میوه صرف تنفس می‌شود، توانایی احیای نیترات کاهش یافته و در نتیجه تجمع نیترات در میوه اتفاق می‌یابد. در آزمایشهایی که بر روی گوجه‌فرنگی انجام شده، معلوم شده که بین مقدار نیترات در میوه

گوجه‌فرنگی با میزان کودهای نیتروژنه مصرف شده رابطه مستقیم وجود دارد و اثرات متقابل بین مقادیر و منابع کود نیتروژنی نیز معنی‌دار است. از دید دیگر، سمپاشی و یا محلول پاشی موادی که دارای نیترات باشند از عوامل مؤثر در تجمع نیترات در میوه‌ها می‌باشد، زیرا جذب سطحی نیترات توسط میوه به راحتی انجام می‌شود. Olday و همکاران (۱۹۷۶) در بررسی مقایسه‌ای که بین خیار و نخودفرنگی (به عنوان سبزی که مشکل تجمع نیترات در آن مطرح نیست)، اعلام کردند تفاوت بین این دو گیاه در تجمع نیترات به تفاوت ریشه آنها در احیاء نیترات بر می‌گردد. در حالیکه تنها ۲٪ کل فعالیت نیترات ردکتاز در خیار در ریشه صورت می‌گیرد، فعالیت نیترات ردکتاز در نخودفرنگی در کل پیکره گیاه متمرکز است. Liu و Kui (۱۹۹۶) با کاربرد فراوان کودهای نیتروژنی (بدون تقسیط) و تجمع نیترات در میوه خیار اعلام کردند تجمع نیترات در میوه خیار با افزایش مقدار کود نیتروژنه افزایش می‌یابد. کوددهی بیش از حد، معمولاً با افزایش عملکرد همراه نیست و حدود ۸۵ درصد نیتروژن موجود در شیره خام ریشه خیار، به فرم نیترات است، در حالیکه تنها ۳۰ درصد نیتروژن موجود در شیره خام نخودفرنگی نیترات است و مابقی به فرم آمینواسیدی و آمیدی است. در واقع احیاء نیترات در ریشه صورت گرفته و اسیدهای آمینه به قسمتهای هوایی منتقل می‌شوند.

مهم‌ترین عامل محیطی مؤثر در تجمع نیترات در گیاه، مقدار نیترات موجود در اطراف ریشه و خود گیاه است. کاربرد بیش از حد

کودهای نیتراتی، به ویژه در یک نوبت باعث افزایش میزان نیترات قابل جذب شده و در نهایت باعث تجمع نیترات در بافت‌های گیاه می‌شود. علاوه بر میزان غلظت نیترات موجود در خاک، سایر عوامل محیطی هم می‌توانند در میزان نیترات موجود در بافت‌های گیاه تأثیر گذار باشند. به طور کلی میزان نیترات بافت‌های گیاهانی که تحت تنش‌های محیطی دچار توقف رشد شده‌اند، نسبت به گیاهانی که در شرایط مساعد رشد کرده‌اند بیشتر است. تنش خشکی، دمای بالا، یخبندان، شدت نور کم و کلیه عواملی که محدودکننده فتوسنتز و رشد در گیاه هستند در افزایش میزان نیترات موجود در گیاه مؤثرند.

طبق گزارش مشترک سازمان‌های بهداشت جهانی و خواروبار جهانی کشاورزی (۱۹۹۵)، حد قابل قبول مصرف روزانه نیترات (ADI) از صفر الی ۳/۷ میلی‌گرم به ازاء هر کیلوگرم وزن بدن می‌باشد و طبق همین گزارش با مصرف روزانه ۳۷۰ میلی‌گرم نیترات در روز در درازمدت اثر سویی در سلامت مصرف‌کنندگان مشاهده نگردید. در سال ۱۹۹۷، کمیسیون اروپا حداکثر مقادیر مجاز آلاینده‌ها را در محصولات کشاورزی مشخص نمودند، در این گزارش حد مجاز نیترات برای اسفناج و کاهو را ۳۰۰۰ الی ٤۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بر مبنای وزن تازه گزارش گردید (Vega و Bontoux، ۲۰۰۰). بدیهی است این مقدار نیترات در جوامعی نظیر جامعه ایرانی که مصرف روزانه سبزی در آنها بسیار بالاتر است، خطرناک و مسئله ساز می‌باشد.

مثال : اگر نیاز انسان به نیترات به ازای هر کیلوگرم وزن بدن ۵ میلی‌گرم در روز باشد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۳)، هر فرد ۷۰ کیلوگرمی مجاز است تا ۳۵۰ میلی‌گرم در روز نیترات مصرف نماید. اگر فردی ۲۵۰ گرم گوجه‌فرنگی در روز مصرف نماید، و غلظت نیترات در میوه گوجه فرنگی ۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم برحسب وزن تازه باشد، تحت چنین شرایطی روزانه ٦۲ میلی‌گرم نیترات تنها از این طریق وارد بدن این فرد می‌گردد (با فرض ۸۰ درصد آب در گوجه فرنگی)، ولی اگر همین فرد به جای ۲۵۰ گرم گوجه فرنگی، همین مقدار کاهو و یا اسفناج محتوی ۳۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیترات برحسب وزن تازه مصرف نماید، در چنین حالتی غلظت نیترات وارد شده به بدن این فرد روزانه بیش از دو برابر حد مجاز خواهد بود، که مسئله‌ساز است. در جدول یک حد مجاز غلظت نیترات در تعدادی از محصولات سبزی و صیفی (اسفناج، کاهو، کلم، کرفس، سیب‌زمینی، پیاز و برخی سبزیهای میوه‌ای نظیر خیار، گوجه فرنگی و گنجانده شده است. بدیهی است این مقادیر بر حسب میزان مصرف در روز قابل تغییر می‌باشد. به عبارت دیگر مصرف سرانه سیب‌زمینی که در ایران روزانه ۱۰۰ گرم و در آلمان ٤۰۰ گرم می‌باشد، حد مجاز نیترات در سیب‌زمینی‌های تولیدی در آلمان بایستی به مراتب کمتر سیب‌زمینی‌تولیدی در ایران باشد (طباطبائی و همکاران، ۱۳۸۳؛ ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۳).

جدول ۱- حد مجاز غلظت نیترات در برخی از محصولات سبزی و صیفی (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۳ و رجب‌زاده، ۱۳۸۲)

نوع محصول	میزان نیترات (mg/kg FW)	نوع محصول	میزان نیترات (mg/kg FW)
تربچه	۱۵۰۰	جعفری	۵۰۰
کاهو	۱۰۰۰	خیار	۲۵۰
شاهی	۱۵۰۰	پیازچه	۲۵۰
اسفناج	۱۰۰۰	سیب‌زمینی	۵۰
ریحان	۵۰۰	پیاز	۵۰
تره	۵۰۰	گوجه‌فرنگی	۵۰
گشنیز	۵۰۰		

● **عوامل مؤثر بر تجمع نیترات در سبزیها:** به طور کلی قسمت عمده‌ای از نیترات مصرفی توسط انسان از سبزیهای مصرف شده در رژیم غذایی روزانه وارد بدن می‌شود. عوامل متعددی تجمع نیترات در گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند که کلاً در دو گروه عوامل محیطی و عوامل ژنتیکی قابل بررسی هستند. به طور طبیعی در بین گیاهان از حیث استعداد تجمع نیترات تفاوت‌های ژنتیکی وجود دارد. این تفاوت بین خانواده‌های مختلف، جنس‌ها و گونه‌های مختلف گیاهی و حتی در ارقام مختلف یک گونه دیده می‌شود. دیده شده است که این تفاوتها با فصل و یا موقعیت جغرافیایی کاشت دستخوش تغییر نمی‌شود، اما در صورت بالا بودن میزان یون NO_3^- موجود در دسترس گیاه این تفاوت‌های ژنتیکی

کاهش می‌یابد. به عبارتی مهم‌ترین عامل محیطی که تجمع نیترات را تحت تأثیر قرار می‌دهد، میزان نیترات در دسترس گیاه است.

۱-اثر عوامل محیطی: عوامل محیطی زیادی بر غلظت نیترات گیاه از طریق تأثیر بر فعالیت آنزیم کاهش دهنده نیترات و همچنین جذب نیترات، اثر می‌گذارند. عموماً نور کم، دمای خیلی زیاد و یا خیلی کم و تنشهای رطوبتی، منجر به تقلیل فعالیت آنزیم کاهش دهنده نیترات و افزایش تجمع نیترات می‌شوند. موقعی که گیاه در معرض شدت نور کم قرار گیرد، غلظت نیترات افزایش می‌یابد. محققین مختلف دریافتند که غلظت نیترات در ساعات مختلف روز در سبزیها متفاوت است. از عوامل محیطی دیگر می‌توان دما را نام برد که اگر همراه با شدت نور کم باشد، منجر به تجمع نیترات می‌شود. تنش رطوبت نیز در تجمع نیترات مؤثر است؛ حالتهای زیادی از تجمع نیترات در علوفه و سمیت آنها برای دامها با بروز استرس خشکی وجود دارد. چنین تجمعی از نیترات شاید در نتیجه تنش رطوبتی باشد که موجب کاهش فعالیت آنزیم کاهش دهنده نیترات و قبل از آن سوخت و ساز نوری می‌شود. قبل از این که جذب نیترات از خاک کاهش یابد، جذب و تحلیل نیترات تقلیل یافته، و نیترات تجمع می‌یابد (ملکوتی، ۱۳۸۱).

۲-اثر نوع رقم: تجمع نیترات در گیاه بستگی به گونه، رقم و قسمتهای مختلف گیاه و نیز سن آن دارد. به طور کلی، ارقام مختلف یک گیاه در

جذب و تحلیل نیتروژن با هم متفاوت هستند. اسفناج برگ چروک نیز به طور قابل ملاحظه‌ای نیترات بیشتری از نوع برگ صاف دارد، دلیل اختلاف آن است که فعالیت آنزیم کاهش دهنده نیترات در نوع برگ صاف زیاد بوده، و مقدار ماده خشک بیشتری نیز دارد. سبزیهای زودرس به طور قابل ملاحظه‌ای نیترات بیشتری نسبت به سبزیهای دیررس همان نوع دارند. نیترات اغلب در قسمتهای مسن گیاه تجمع می‌یابد، چرا که در آنها فعالیت آنزیم کاهش دهنده نیترات کم است. برای مثال نیترات در برگهای پیر و بالغ خارجی تجمع یافته و مقدار آن در قسمتهای جوان کمتر است (ملکوتی، ۱۳۸۱).

۳- اثر کود: مقدار کود، نوع کود، سرعت آزاد شدن و روش مصرف کود بر تجمع نیترات تأثیر می‌گذارند. در مورد تعداد زیادی از گونه‌های گیاهی، ارتباطی مستقیم بین کود نیتروژنی و تجمع نیترات مشخص شده است. در حقیقت عمده‌ترین عاملی که موجب تجمع نیترات در سبزیها و سایر گیاهان می‌شود کودهای نیتروژنه می‌باشند میزان نیترات در خاکها قبل از برداشت و در زمان برداشت به عنوان عامل بحرانی در تعیین سطوح نیترات در اسفناج شناخته شده است. در کشورهای اروپایی به این نتیجه رسیده‌اند سبزیهایی که به صورت ارگانیکی رشد می‌کنند، دارای نیترات کمتری می‌باشند. نوع و مقدار کودهای آلی بکار رفته نیز باعث تغییر غلظت نیترات در سبزیها می‌شوند. شدت معدنی شدن کودهای آلی بطور وسیعی توسط نسبت C/N و میزان لیگنین آنها تغییر می‌کند.

کودهای آلی سهل تجزیه شونده به همان ترتیب کودهای نیتروژنی معدنی بر میزان جذب نیترات توسط گیاهان تأثیر می‌گذارند. در عمل، کود دهی بی‌رویه نیتروژن سبب افزایش میزان نیترات در سبزیها می‌شود. اکثر پژوهشگران معتقدند با مدیریت بهینه کوددهی میزان نیترات کاهش می‌یابد. تجمع نیترات به ندرت با مقداری کمتر از ٤٠٠ کیلوگرم کود اوره در هکتار رخ می‌دهد. گاهی استفاده از کودهای کندرها، که نیتروژن موجود در خود را به آهستگی آزاد می‌کنند، می‌توانند موجب کاهش تجمع نیترات شوند. از جمله این کودها اوره با پوشش گوگردی (SCU)، اوره فرمالدئید (UF) و (IBDU) می‌باشند. استفاده از پتاسیم و روی به دلیل نقش مثبت آنها در افزایش بازیافت نیتروژن، معمولاً موجب تحرک و جذب بیشتر نیتروژن شده بنابراین به دلیل افزایش پروتئین، منجر به کاهش نیترات می‌شود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۳).

● **روشهای کاهش نیترات در سبزیها:** یکی از روشهای کاهش نیترات استفاده از ارقامی است که نیترات را کمتر در خود تجمع می‌دهند. بطور کلی، نباید اعمالی انجام داد که مانع از رسیدن نور به گیاه در روز شود؛ برای مثال، کشت عمودی گیاهان می‌تواند، به تجمع نیترات کمک می‌کند. همچنین می‌توان در طول شب قبل از برداشت با استفاده از نور مصنوعی، از تجمع نیترات در گیاهان کاست، و یا از کودهای کند رها و آمونیومی استفاده کرده، و کود به مقداری در اختیار گیاه قرار گیرد که به آن نیاز داشته باشد. از اعمال تنشهای رطوبتی هم باید خودداری شود. از

کشتهای پاییزه تا حد امکان، خود داری کرده، گیاهان را با فاصله مناسب کاشته، و برداشت محصولات خود را هنگام عصر انجام دهند. تجمع نیترات در یک دوره تاریکی با شدت نور پایین انجام می‌گیرد. اگر برداشت سبزی و صیفی بعدازظهر انجام گیرد، غلظت نیترات نسبت به صبح خیلی پایین‌تر است. همچنین اگر برداشت در روزهای روشن و آفتابی با طول مدت روز طولانی‌تر صورت گیرد. یکی دیگر از روشهای کاهش غلظت نیترات در اندامهای مصرفی سبزی و صیفی، رعایت تعادل سایر عناصر غذایی به ویژه مصرف پتاسیم، روی و منگنز به ویژه در خیار و گوجه‌فرنگی بر مبنای آزمون خاک می‌باشد. هر چه مصرف این نوع کودها براساس میزان نیاز واقعی گیاه باشد، علاوه بر افزایش عملکرد هکتاری، مقدار ویتامین C (ارتقاء کیفیت)، از غلظت آلاینده نیترات نیز کاسته می‌شود (Welch، ۲۰۰۳ و ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۳). در یک واحد تولید محصولات گلخانه‌ای در طول یک دوره کشت بهاره خیار با مصرف متعادل عناصر غذایی به ویژه نیتروژن به میزان ۱۵ کیلوگرم محصول در متر مربع برداشت گردید. این در حالی بود که میزان غلظت نیترات در کشت خاکی خیار گلخانه‌ای از ۱۸۱ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده تازه و کشت بدون خاک آن (هیدروپونیک) از ۱۸۳ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده تازه فراتر نرفت و این مسئله نشان می‌دهد می‌توان با یک برنامه مدیریت صحیح افزایش عملکرد را همراه با تضمین کیفیت توأماً داشت.

● پیشنهادها (چه باید کرد؟)

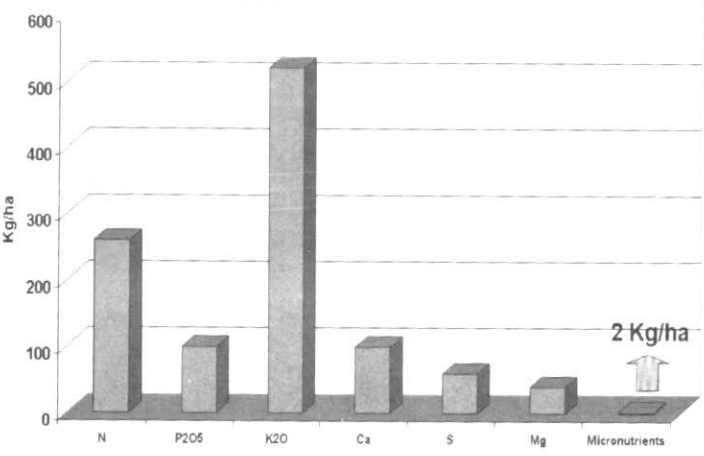
همانطور که ذکر شد، مهم‌ترین عامل در تجمع نیترات در گیاهان میزان نیتروژن در دسترس گیاه به فرم نیترات و مصرف نامتعادل کودها است. بنابراین برای کاهش نیترات می‌توان از روش‌های ذیل استفاده نمود:

- نخستین گام، اولویت کشت ارگانیک در زراعت سبزیها است، با در نظر داشتن این نکته که مصرف بهینه لزوماً به معنای کاهش مصرف نیست. معقول‌ترین روش استفاده از آنالیز خاک و آب و تجزیه گیاه برای تعیین میزان نیتروژن مورد نیاز گیاه است.
- گام دوم، استفاده از مواد آلی کمپوست شده و مواد بیولوژیک برای افزایش کارایی استفاده از آب و کودهای شیمیایی می‌باشد.
- گام سوم، تقسیط کودهای نیتروژنی در طی دوره رشد گیاه است، به این ترتیب علاوه بر جلوگیری از آلودگی منابع خاک و آب، از دسترسی ناگهانی گیاه به مقدار بیش از حد کودهای نیتروژنه ممانعت به عمل خواهد آمد.
- استفاده از کودهای نیتروژنی کندرها نظیر اوره با پوشش گوگردی (SCU) و یا اوره فرم آلدئید است. به عبارت دیگر روش دیگری که می‌تواند به خوبی میزان نیترات را در گیاه کاهش دهد استفاده از کودهایی است که به تدریج نیتروژن را آزاد کرده (نظیر SCU) و در اختیار گیاه قرار می‌دهند. استفاده از چنین کودهایی می‌تواند نیاز سبزی و صیفی را مرتفع ساخته و هزینه‌های تولید را کاهش دهد.

• استفاده از تکنیک اندازه‌گیری نیترات پای‌بوتـه (PSNT) و اسـتفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج (در کشتهای گلخانه‌ای) برای مصـرف بـهنگام و بـه مقدار کودهای نیتروژنه.

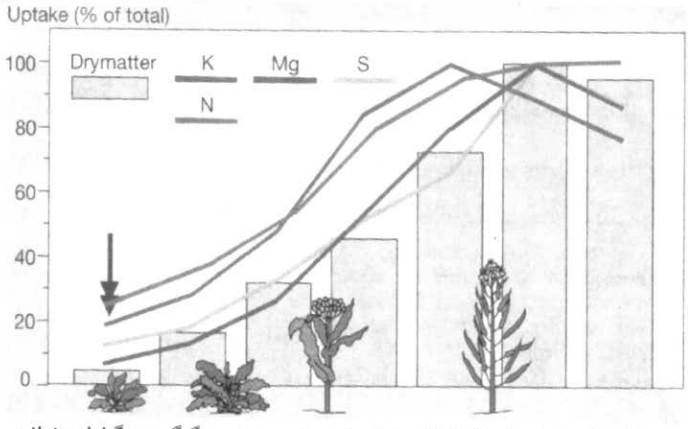
• استفاده از انواع کمپوست که می‌تواند به عنوان منبع تدریجی نیـتروژن مورد استفاده قرار گیرد، راهکار دیگری اسـت. گزارش‌هـای متعـددی در زمینه جایگزینی کودهـای شـیمیایی بـا انـواع کمپوسـت نظـیر کمپوسـت ضایعات شهری و کمپوست ضایعات کشاورزی (کشـاورزی ارگـانیک) و ورمی کمپوست وجود دارد که همگی موید آن است که کاربرد ایـن مـواد علاوه بر آنکه عملکرد را بـهبود بخشـیده، مـیزان نیـترات را در سـبزی و صیفی نیز کاهش داده است.

• روش دیگر، مدیریت جامع تغذیه گیاهی و استفاده از یک برنامه دقیق تغذیه مطابق با نیاز گیاهان است. توجه به تغذیه متعادل گیاهـان می‌توانـد در کاهش میزان نیترات محصولات مفید واقع شود. برنامه تغذیه با توجـه به فصل، نـوع محصـول و بـا عنـایت بـه نتـایج تجزیـه خـاک و گیـاه از روش‌هایی است کـه در کـاهش مـیزان نیـترات محصـول مؤثـر خواهـد بـود (شکل‌های ۱ و۲). میزان برداشت عنـاصر غذائـی از خـاک توسـط گوجـه فرنگی با تولید ۹۰ تن در هکتار بیش از ۲۶۰ کیلوگرم نیتروژن (N) ، ۱۰۰ کیلوگرم فسفر (P_2O_5)، ۵۲۰ کیلوگرم پتاسیم (K_2O)، ٤٠ کیلوگرم منـیزیم (Mg)، ٦٠ کیلوگرم گوگرد (S) و رقمی بیش از ۱۰۰ کیلوگـرم در هکتـار کلسیم (Ca) و حدود یک الی دو کیلوگرم عناصر ریزمغذی می باشد.



شکل ۱- میزان برداشت عناصر غذایی به وسیله گوجه فرنگی با عملکرد ۹۰ تن در هکتار (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۲).

مصرف کودهای نیتروژنی مطابق زمان نیاز (شکل ۲) بایستی به صورت تقسیط انجام گیرد تا علاوه بر افزایش عملکرد و بهبود کیفیت بازیافت کودهای پویا نیز افزایش یابد. بدیهی است هر چه بافت خاک سبک‌تر باشد و یا به جای کودهای سولفات آمونیوم، اوره و از نیترات آمونیوم (پویاتر) استفاده گردد، تعداد دفعات تقسیط افزایش می‌یابد (Laegreid و همکاران، ۱۹۹۹).



شکل ۲- مراحل رشد و نیاز غذایی به نیتروژن، پتاسیم، منیزیم و گوگرد در گیاهان مختلف.

• مدیریت زراعی از دیگر روش‌هایی است که در کاهش تجمع نیترات مؤثر خواهد بود. آبیاری دقیق و بهینه کردن شرایط محیطی به ویژه شرایط تهویه مناسب خاک در گلخانه که امکان کنترل این عوامل بیشتر است می‌تواند با کاهش تنش‌های وارد بر گیاه از خطر تجمع نیترات در محصول بکاهد.

• برای کاهش غلظت نیترات در اندامهای خوراکی، مصرف متعادل سایر عناصر غذایی به واسطه وجود اثرات مثبت آنها در ریشه مناسب و در مکانیسم کامل فتوسنتز در گیاه از تجمع نیترات تا حدی جلوگیری به عمل آید. از دیگر اثرات منفی تجمع نیترات و مصرف بیش از حد کودهای نیتروژنی با بنیان نیتراتی بروز زردبرگی و مشاهده علائم کمبود آهن شدید به

خصوص در سبزیهای گلخانه‌ای نظیر گوجه‌فرنگی، خیار و فلفل می‌باشد که در صورت شدت باعث کاهش رشد عملکرد و بدشکل شدن میوه‌ها می‌گردد.

• استعداد ذاتی (ارثی) تجمع نیترات در گیاهان به میزان فعالیت آنزیم نیترات ردکتاز بر می‌گردد که توسط چندین ژن کنترل می‌شود. ولی تاکنون به طور کامل شناسایی نشده‌اند. با این وجود انجام برنامه‌های اصلاحی برای تولید ارقام با استعداد ژنتیکی کم برای تجمع نیترات پیشنهاد می‌گردد.

• در مقطع فعلی با عنایت به نتایج تحقیقات به عمل آمده حد مجاز پیشنهادی برای غلظت نیترات در برخی از سبزیها نظیر **شاهی و تربچه ۱۵۰۰؛ اسفناج و کاهو ۱۰۰۰؛ تره، جعفری، گشنیز و ریحان ۵۰۰؛ خیار گلخانه‌ای ۲۵۰؛ سیب‌زمینی و پیاز و گوجه فرنگی ۵۰ میلی‌گرم** در کیلوگرم بر مبنای وزن تازه‌خوری پیشنهاد می‌گردد.

● **سپاسگزاری:** بدینوسیله از جناب آقای سید جلال طباطبایی استادیار محترم دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز و از سرکار خانم اسدزاده برای تایپ و تنظیم و از آقایان روح‌اله محمودنیا و مهندس بهزاد رضایی‌فرد، برای تهیه شکلها و ویراستاری تشکر و قدردانی می‌نمائیم.

● منابع مورد استفاده

۱-خلدبرین، ب و ط اسلام‌زاده. ۱۳۸۰. تغذیه معدنی گیاهان عالی (ترجمه)، انتشارات دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

۲-رجب‌زاده، ف. ۱۳۸۳. بررسی تجمع غلظت آلاینده نیترات در برخی سبزیهای خوراکی، سیب‌زمینی و پیاز در میادین تهران. پایان‌نامه کارشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی. واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۳-طباطبایی، س. ج.، م.ج. ملکوتی و ا. بای‌بوردی. ۱۳۸۳. اثر طیف نورهای مختلف رنگی روی غلظت نیترات و رشد و نمو کاهو در روش آبکشت. مجله علمی-پژوهشی خاک و آب (تحت بررسی). موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

٤-ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۱. بررسی اثر کودهای نیتروژنه در تجمع نیترات در سبزیهای مزارع کشور. گزارش نهایی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی. تهران، ایران.

٥- ملکوتی، م. ج.، ا. بای‌بوردی و س. ج. طباطبائی. ۱۳۸۲. مصرف بهینه کود گامی مؤثر در افزایش عملکرد بهبود و کیفیت و کاهش آلاینده‌ها در محصولات سبزی و صیفی و ارتقاء سلامت جامعه. دفتر سبزی و صیفی، وزارت جهاد کشاورزی. تهران، ایران.

6-Cantliffe, D. J., G. E. MacDonald, N. H. Peck. 1974. Reduction in nitrate accmulation by molybdeum in spinach grown at low pH. Commun. Soil Science & Plant Anal., 5: 273-282.

7-Chongpraditnum, P., P. Luksanawimol, P. Limsmutchaiporn, and S. Vasunnun. 2000. Effect of fertilizers on the content of nitrate in pineapple fruit. Acta Horticulturae, 529: 17-22.

8-Laegreid, M., O. C. Bockman, and O. Kaarstad. 1999. Agriculture, fertilizers, and the environment. NorskHydro ASA. CABI Publishing, Porsgrunn, Norway.

9-Liu, M. C. and C. D. Kui. 1996. Effects of nitrogen amount on yield and nitrate accmulation of cucumber. China Vegetables, 3:26-28.

10- Mendel, R. R. and G. Schwarz. 1999. Molybdoenzymes and molybdenum cofactor in plants: Critical Reviews of Plant Sciences,
18: 33-69.

11- Miyazaki, M. 1975. Studies on the accmulation of nitrate in tomato fruit for canning. Scientia Horticulturae, 3: 109- 128.

12- Olday, F. C., A. V. Barker, D. N. Maynard. 1976. A physiological basis for different patterns of nitrate accumulation in cucmber and pea. Journal of the American Society for Horticultural Science, 101: 219-221.

13- Shen, M., B. Zhai, H. Dong, J. Li. 1982. Studies on nitrate accumulation in vegetable crops. I. Evaluation of nitrate and nitrate in different vegetables. Acta Horticulturae Sinica, 9: 41-48.

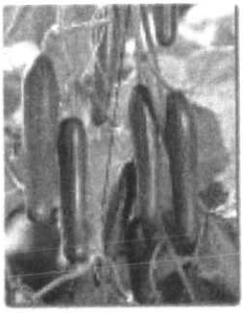
14- Vega, M. and L. Bontoux. 2000. Nitrates in the food staffs. The TPTS Report No. 19. www.ipts-secr@jrc.es.

15- Welch, M. 2003. Farming for nutritions foods: Agricultural technologies for improved human health. IFA-FAO Agricultural Conference, Rome, Italy.

16- WHO. 1995. Evaluation of certain food additions and contaminates. 44th report of the joint FAO/WHO Expert Committees on Food Additions. Geneva, Switzerland.

Ministry of Jihad-e-Agriculture
Agricultural Research, Education and Extension Organization
Soil and Water Research Institute
E-mail: www.swri.ir

The Causes of Nitrate Accumulation in Vegetables (Cucumber and Tomato) and Ways To Control It



M. J. Malakouti, O. Nouri, S. Samavat and M. Basirat
Professor and M. Sc. Student, Tarbiat Modarres University and
Scientific Members, Soil and Water Research Institute

Publication No. 414
High Council of Policy Making on the Development of Biological Products Application, Optimum Utilization of Chemical Fertilizers and Pesticides in Agriculture

2005
Sana Publication, Tehran, Iran