

راهنمای سنجش و مدیریت نیترات در سبزی‌ها



بسم الله الرحمن الرحيم



سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
معاونت آموزش و ترویج

راهنمای سنجش و مدیریت نیترات در سبزی‌ها

بهاره جمشیدی، محسن سیلسپور

۱۴۰۱

سرشناسه	جمشیدی، بهاره، ۱۳۵۵-
عنوان و نام پدیدآور	راهنمای سنجش و مدیریت نیترات در سبزی‌ها/ بهاره جمشیدی، محسن سیلسپور؛ سرویراستار نصیبه پورفاتح؛ ویراستار ترویجی فرانک صحرایی؛ تهیه شده در معاونت آموزش و ترویج کشاورزی، دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی.
مشخصات نشر: تهران: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت آموزش و ترویج کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی، ۱۴۰۱.	
مشخصات ظاهری	۷۵ ص.: مصور (رنگی)، جدول.
شابک	۹۷۸-۶۲۲-۵۹۵۶-۴۴-۵:
وضعیت فهرست نویسی	فیا: ۷۵ - ۶۷.
یادداشت: کتابنامه	نیترات‌ها - سم شناسی
موضوع	Nitrates -- Toxicology
نیترات‌ها - اثر فیزیولوژیکی	Nitrates -- Physiological effect
سبزی‌ها - آلودگی	Vegetables -- Contamination
مواد غذایی - افزوده‌ها - جنبه‌های بهداشتی	Food additives -- Health aspects
شناسه افزوده	سیلسپور، محسن، ۱۳۴۹ -
شناسه افزوده	سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. معاونت آموزش و ترویج. نشر آموزش کشاورزی
شناسه افزوده	سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی
رده‌بندی کنفره	RA ۱۲۳۱:
رده‌بندی دیویی	۶۱۵/۹:
شماره کتابشناسی ملی	۹۰۵۹۷۶۳:
اطلاعات رکورد کتابشناسی: فیا	

ISBN: 978-622-5956-44-5

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۵۹۵۶-۴۴-۵



عنوان: راهنمای سنجش و مدیریت نیترات در سبزی‌ها

نویسندگان: بهاره جمشیدی، محسن سیلسپور

مدیر داخلی: ویدا همتی

سرویراستار: نصیبه پورفاتح

ویراستار ترویجی: فرانک صحرایی

تهیه شده در: معاونت آموزش و ترویج کشاورزی، دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی

ناشر: نشر آموزش کشاورزی

صفحه آرا: نادیا اکبری

شمارگان: محدود

نوبت چاپ: اول، ۱۴۰۱

مسئولیت درستی مطالب با نویسندگان است.

شماره ثبت در مرکز فن‌آوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی ۶۲۶۵۱ به تاریخ ۱۴۰۱/۹/۲۰ است.

نشانی: تهران، خیابان آزادی، بین نواب و رودکی، پلاک ۲۰۵، معاونت آموزش و ترویج،

تلفن: ۶۶۴۳۰۴۶۵ | تلفکس: ۶۶۴۳۰۴۶۴ | کد پستی: ۱۴۵۷۸۹۶۶۸

مخاطبان:

- ◆ کشاورزان، تولیدکنندگان و صادرکنندگان سبزی
- ◆ کارشناسان، مروجان پهنه‌های تولیدی

اهداف آموزشی:

- ◆ شما در این دستنامه با انباشتِ نیترات در سبزی‌ها و زیان‌های ناشی از آن، عوامل موثر بر انباشتِ نیترات در سبزی‌ها، و روش‌ها و راه‌کارهای سنجش و مدیریت نیترات در سبزی‌ها آشنا می‌شوید.

فهرست مطالب

مقدمه	۹
فصل اول - نیترات در سبزی‌ها	
انباشت نیترات در سبزی‌ها	۱۳
زیان‌های ناشی از انباشت نیترات در سبزی‌ها	۱۸
پیشینه مجاز نیترات در سبزی‌ها	۲۰
فصل دوم - عوامل موثر بر انباشت نیترات در سبزی‌ها	
اثر عوامل ژنتیکی	۲۷
اثر عوامل محیطی	۲۹
اثر عوامل مدیریتی	۳۱
فصل سوم - روش‌ها و راه کارهای سنجش نیترات سبزی‌ها	
روش‌های سنجش نیترات در سبزی‌ها	۳۹
سنجش کلروفیل	۴۳
سنجش غلظت نیتروژن نیتراتی در شیرۀ دم‌برگ (آزمون SAP)	۴۵
سنجش رسانایی الکتریکی	۴۸
طیف‌سنجی فروسرخ نزدیک (NIR)	۴۹
فصل چهارم - راه کارهای مدیریت و کاهش نیترات سبزی‌ها	
مدیریت مصرف منابع نیتروژن	۵۳
تغذیه متعادل	۵۵
استفاده از روش سنجش نیترات پای بوته (PSNT)	۵۵
سنجش انباشت نیترات در سبزی‌ها	۵۷
استفاده از سامانه‌های خبره توصیه کودی	۵۸
استفاده از ارقام مناسب	۵۸
رعایت تناوب	۵۹
استفاده از خاک پوش‌های پلی اتیلنی	۶۰
جلوگیری از سایه‌اندازی روی سبزی‌ها	۶۰
آبیاری مناسب و کنترل عوامل محیطی	۶۱
تغییر زمان برداشت	۶۱
فصل پنجم - جمع‌بندی و پیشنهادها	
منابع	۶۷

مقدمه

مهم‌ترین منبعی که از طریق آن نیترات به بدن وارد می‌شود، سبزی‌ها هستند. استفاده بی‌رویه از کودهای نیتروژن‌دار و برخی عوامل دیگر سبب انباشتِ نیترات در سبزی‌ها می‌شود. مصرف این سبزی‌ها باعث ورود مقادیر زیاد نیترات به بدن و سبب بروز بیماری‌های گوناگونی در انسان می‌شود. غلظت بیش از بیشینه مجاز نیترات در سبزی‌ها مخاطره‌های زیادی برای انسان دارد و به یک بحران جدی تبدیل شده و باعث نگرانی‌های اجتماعی، اقتصادی و سیاسی بسیاری شده است. در این راستا، شناخت عوامل موثر بر انباشتِ نیترات و آشنایی با راه کارهای مدیریت و کاهش غلظت نیترات در سبزی‌ها می‌تواند در رفع این نگرانی‌ها مفید باشد.

از دیگر راه‌های مقابله با این بحران، سنجش و پایش دوره‌ای نیتрат در سبزی‌ها با هدف تصمیم‌گیری‌های مدیریتی مانند مصرف بهینه کودهای نیتروژن‌دار و سایر اقدام‌های موثر برای کاهش انباشتِ نیترات در مراحل مختلف رشد، انبارداری و عرضه به بازار است. بنابراین، آشنایی با روش‌ها و راه‌کارهای مناسب سنجش نیترات در سبزی‌ها و به تبع نتیجه، اقدام‌های موردنیاز برای کاهش انباشتِ نیترات می‌تواند گام موثری در تضمین ایمنی و سلامت محصول باشد. در این نوشتار تمامی این اهداف دنبال شده و امید است محتوای این دستنامه در افزایش آگاهی بهره‌برداران نسبت به موضوع و ترویج استفاده از راه‌کارها و روش‌های معرفی‌شده با هدف تضمین سلامت جامعه مفید واقع شود.



فصل اول

نیترات در سبزی‌ها

انباشت نیترات در سبزی‌ها

ازت یا نیتروژن برای رشد و تولیدمثل تمامی گیاهان و جانوران ضروری است. نیتروژن، محدودکننده‌ترین عامل رشد گیاه و عنصر غذایی کلیدی در دستیابی به عملکرد مطلوب در بیش‌تر گیاهان و محصولات زراعی است. نیتروژن در خاک به سه شکل عنصری، کانی و آلی وجود دارد. نیتروژن عنصری (N_2) به شکل گاز و جزء ترکیبات هوای خاک است که از نظر حاصل‌خیزی اهمیتی ندارد. نیتروژن کانی خاک به شکل‌های اکسید نیتروز^۱ (N_2O)، اکسید نیتریک^۲ (NO)، دی‌اکسید نیتروژن (NO_2)، آمونیاک (NH_3)، و یون‌های آمونیوم (NH_4^+)، نیتريت (NO_2^-) و نیترات (NO_3^-) وجود دارد. چهار ترکیب اول گازی شکل هستند و اهمیتی در تغذیه گیاه ندارند. سه ترکیب بعدی یعنی یون‌های آمونیم، نیتريت و نیترات از نظر تغذیه گیاه اهمیت فراوان دارند. نیتروژن آلی خاک به شکل ترکیبات و فسفات اسیدهای آمینه لیگنین^۳ و سایر ترکیبات است. نیتروژن آلی خاک مستقیماً مورد استفاده گیاه قرار نمی‌گیرد، بلکه توسط میکرواورگانیزم‌های خاک معدنی می‌شود و مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد.

1- Nitrous Oxide

2- Nitric Oxide

3- Lignin

نیتروژن به دو شکل آمونیوم و نیترات خیلی سریع جذب گیاه می‌شود.

گیاهان به طور عمده یون نیترات را برای جذب ترجیح می‌دهند.

ریشه گیاه می‌تواند اوره $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ را با همان سرعت و یا سرعتی بیش از آمونیوم و نیترات جذب کند. آمونیاک نیز در شرایط قلیایی می‌تواند جذب ریشه شود که برای سلول‌های ریشه بسیار سمی است. گیاهان همان‌گونه که قادر هستند از راه ریشه نیتروژن موردنیاز خود را جذب کنند، از راه برگ نیز می‌توانند نیتروژن را به شکل آمونیوم، نیترات و اوره جذب کنند. نیتروژن در قسمتی از تمام ترکیبات پروتئینی، تمام آنزیم‌ها، ترکیبات حدفاصل متابولیسمی، و ترکیباتی که در ساخت مواد و انتقال انرژی موثر هستند، وجود دارد. بیش‌تر نیتروژن در گیاه به شکل نیتروژن آلی و به صورت پروتئین است. پروتئین گیاهی به صورت آنزیم، نوکلئوپروتئین^۱ و کروموزوم است. نیتروژن افزون بر شرکت در ساختمان پروتئین‌ها، قسمتی از کلروفیل گیاه را هم تشکیل می‌دهد و برای فتوسنتز ضرورت کامل دارد. کمبود نیتروژن به طور کلی سبب زرد شدن برگ‌ها و در نتیجه توقف رشد گیاه می‌شود (شکل ۱).

1- Nucleoprotein



شکل ۱- اسفناج سالم (سمت راست) و اسفناج دارای کمبود نیتروژن (سمت چپ).

مصرف کودهای نیتروژن دار در سبزی‌ها با در نظر گرفتن نیتروژن موردنیاز گیاه و زمان مناسب مصرف، می‌تواند نقش موثری در افزایش عملکرد محصول داشته باشد. سبزی‌های مختلف از نظر نیاز به نیتروژن با یکدیگر متفاوت هستند. این تفاوت به عملکرد مورد انتظار گیاه و سیستم ریشه و غیره برمی‌گردد. زمان مصرف کودهای نیتروژن دار نیز به عوامل گوناگونی از جمله نوع گیاه، نوع کود و شرایط آب و هوایی منطقه بستگی دارد.

مصرف زیاد کودهای نیتروژن دار در خاک باعث افزایش عنصر نیتروژن در محلول خاک و به تبع آن افزایش جذب نیترات در سبزی‌ها می‌شود. این در حالی است که احیای نیترات (تبدیل نیترات به آمونیوم قبل از آن که در متابولیسم

گیاه مصرف شود) به همان اندازه زیاد نمی‌شود و در بافت گیاه انباشته می‌شود.

پیامد مصرف زیاد نیتروژن در سبزی‌ها، رشد بیش از حد گیاه، رنگ سبز تیره برگ‌ها و انباشت نیترات است.

بسیاری از سبزی‌ها، نیتراتی که بیش از نیاز متابولیکی خود جذب کرده‌اند را در ریشه (مانند تربچه و هویج) و اندام‌های هوایی (مانند اسفناج، شوید و ریحان) ذخیره می‌کنند و غلظت نیترات در آن‌ها زیاد می‌شود.

اندام‌های زایشی معمولاً ترکیبات نیتروژنی موردنیاز برای سنتز پروتئین را از اسیدهای آمینه و از طریق آوندهای آبکش تامین می‌کنند. با توجه به این که نیترات از طریق آوندهای چوبی منتقل می‌شود، انتظار می‌رود که میوه‌ها و دانه‌ها مقدار ناچیزی نیترات داشته باشند. با این حال، مطالعات حاکی از انباشت نیترات در سبزی‌های میوه‌ای مانند خیار و گوجه‌فرنگی آن هم در مقدارهای قابل توجه است که عمدتاً ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای نیتروژن‌دار به ویژه در سبزی‌های گلخانه‌ای است. علت آن است که وقتی کود نیتروژن‌دار خیلی بیش از نیاز گیاه مصرف می‌شود، ظرفیت احیای نیترات در ریشه‌ها کاهش می‌یابد و این یون که بسیار پویا است، از ریشه مستقیماً به ساقه‌ها منتقل می‌شود. ظرفیت احیای نیترات در ساقه‌ها نیز محدود است و در صورتی که کود نیتروژن‌دار

زیادی مصرف شده باشد، مازاد نیترات از ساقه‌ها به سمت برگ‌ها هدایت می‌شود. در مرحله زایشی، رشد رویشی و تولید مواد کربوهیدراتی که برای احیای نیترات لازم است، کاهش می‌یابد. بنابراین، ظرفیت احیای نیترات در این مرحله در برگ‌ها هم کاهش می‌یابد و مازاد نیترات در این شرایط به همراه مواد کربوهیدراتی به سمت میوه حرکت می‌کند. با توجه به این‌که مقدار زیادی از کربوهیدرات‌ها در میوه صرف تنفس می‌شود، توانایی احیای نیترات در میوه نیز محدود است و انباشتِ نیترات در آن اتفاق می‌افتد.

مصرف کودهای نیتروژن‌دار در سبزی‌ها باید با دقت و وسواس باشد تا ضمن افزایش عملکرد به تولید محصول سالم منجر شود. مصرف بی‌رویه کودهای نیتروژن‌دار در سبزی‌ها اگرچه باعث افزایش ظاهری محصول می‌شود، انباشتِ نیترات در اندام‌های محصولات مستعد آلودگی را می‌تواند به دنبال داشته باشد که در صورت مصرف، مشکلات زیادی را گریبان‌گیر جامعه مصرف‌کننده می‌کند. افزون بر این، مصرف زیاد نیتروژن در سبزی‌ها می‌تواند از طریق روان‌آب‌های کشاورزی منجر به آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی شود. اگرچه مهم‌ترین دلیل انباشتِ نیترات در سبزی‌ها مصرف بی‌رویه و بیش از اندازه کودهای نیتروژن‌دار است ولی عوامل دیگری نیز می‌تواند منجر به این مسئله شود که در فصل دوم این نوشتار به آن‌ها پرداخته می‌شود.

زیان‌های ناشی از انباشت نیترات در سبزی‌ها

اگرچه انباشت زیاد نیترات برای گیاه بی‌خطر است ولی می‌تواند برای انسان سمی باشد. بیش‌ترین مقداری از نیترات موجود در خوراک انسان که مصرف آن در کوتاه‌مدت یا درازمدت، سبب ایجاد عارضه سوء برای سلامت انسان نشود، "بیشینه مجاز نیترات" نامیده می‌شود. این مقدار بر پایه میزان مصرف سرانه مواد غذایی که مستعد به آلودگی نیترات هستند و نیز میزان دریافت قابل قبول روزانه^۱ (ADI) تعیین می‌شود. انسان در رژیم غذایی روزانه خود به ازای هر کیلوگرم وزن بدن به $3/7-0$ میلی‌گرم نیترات و $7/0-0$ میلی‌گرم نیتريت نیاز دارد. تداوم مصرف بیش از این مقدار در طولانی‌مدت می‌تواند بسیار زیان‌بار باشد.

نیترات عمدتاً از طریق آب آشامیدنی، سبزی‌ها و سایر مواد غذایی وارد بدن انسان می‌شود؛ ولی به مقدار کمی نیز در داخل بدن تولید می‌شود. با این حال، مهم‌ترین منبعی که از طریق آن نیترات به بدن وارد می‌شود، سبزی‌ها هستند و بیش از ۸۰ درصد نیترات دریافتی انسان از طریق سبزی‌ها تأمین می‌شود.

نیترات انباشته‌شده در سبزی‌ها به نیتريت و نیتروز اسید^۲

1- Acceptable Daily Intake (ADI)

2- Nitrous Acid

تبدیل و در صورت ترکیب این مواد با آمین‌های نوع اول و دوم، نیتروز آمین‌ها تولید می‌شوند که مخاطرات بهداشتی آن‌ها به اثبات رسیده است.

مصرف سبزی‌هایی که انباشت نیترات در آن‌ها بیش از بیشینه مجاز است، باعث ورود مقادیر زیاد نیترات به بدن و سبب بروز بیماری‌های متعددی در انسان می‌شود. یکی از این بیماری‌ها متهموگلوبینمی^۱ است که سبب کمبود اکسیژن در بدن می‌شود و بیش‌تر در کودکان شایع و موجب مرگ آنها است. بروز این بیماری در نوزادان کم‌تر از یک سال به این دلیل است که در معده آن‌ها، اسید کافی برای از بین بردن میکروب‌هایی که نیترات را به نیتريت احیاء می‌کنند، وجود ندارد و یون نیتريت پس از وارد شدن به جریان خون، اکسی‌هموگلوبین^۲ نرمال که حاوی آهن فریک است را به متهموگلوبین که دارای آهن فرو است، تبدیل می‌کند که در نتیجه نوزاد دچار خفگی شیمیایی یا اصطلاحاً سندروم کودکِ آبی^۳ می‌شود. این عارضه به‌ویژه وقتی نوزاد از شیر خشکِ رقیق‌شده با آب دارای نیتراتِ زیاد تغذیه می‌شود، ممکن است رخ دهد (شکل ۲).

1- Methemoglobinemia

2- Oxyhaemoglobin

3- Blue Baby Syndrome



شکل ۲- سندروم کودکِ آبی ناشی از نیترات زیاد.

بر اساس مطالعات کلینیکی و اپیدمیولوژیکی، زیاد بودن نیترات و نیتريت در رژیم غذایی، عامل سرطان معده شناخته شده است. نیترات می‌تواند در حفره دهانی و معده به نیتريت احیاء شود، این ترکیب در معده می‌تواند با آمین‌ها و آمیدها واکنش دهد و ایجاد ترکیبات نیتروز آمین (گروه‌های سرطان‌زایی) کند. این ترکیبات شکل گرفته در داخل معده سبب افزایش خطر ابتلا به سرطان معده، مری و کیسه صفرا می‌شود.

بیشینه مجاز نیترات در سبزی‌ها

انباشت بیش از بیشینه مجاز نیترات و نیتريت در سبزی‌های پرمصرف رژیم غذایی که منبع اصلی تامین نیترات بدن هستند، یک عامل مهم تهدیدکننده سلامت محصول و جامعه است. البته مقدار نیتريت در سبزی‌ها در مقایسه با نیترات، معمولاً خیلی کمتر است.

مقدار و غلظت نیترات در سبزی‌ها به عنوان مهم‌ترین شاخص سلامت محصول مطرح است.

به دلیل اهمیت زیادی که انباشت بیش از بیشینه مجاز نیترات بر سلامتی انسان دارد و به منظور حفظ سلامت مصرف‌کنندگان و نیل به ایمنی غذایی، مقدار و غلظت نیترات در سبزی‌ها باید به صورت مداوم بر پایه استانداردهای بیشینه نیترات سنجش و پایش شود. جدول ۱ بیشینه مجاز نیترات در سبزی‌های مختلف را طبق توصیه سازمان بهداشت جهانی^۱ (WHO) نشان می‌دهد. کشورهای اروپایی و آمریکایی بر پایه قوانین حاکم بر آن کشورها، استانداردهایی را برای بیشینه مجاز نیترات در سبزی‌ها تعیین کرده‌اند. به عنوان مثال بر اساس برخی از این استانداردها، بیشینه مجاز نیترات بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم وزن تازه برای خیار مزرعه‌ای، ۲۰۰-۳۰۰؛ لوبیا سبز، ۸۰-۸۲۲؛ کلم قمری، ۱۷۰۰-۲۰۰؛ چغندر قند، ۵۶۹۰-۱۴۰؛ کلم چینی، ۲۴۰۰-۴۰۰؛ و اسفناج، ۳۸۹۰-۳۴۵ اعلام شده است.

1-World Health Organization

جدول ۱- بیشینه مجاز نیترات در سبزی‌ها طبق استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO)

سبزی	بیشینه مجاز نیترات (میلی گرم بر کیلوگرم)
سیبزمینی	۲۵۰
پیاز	۱۰۰۰
گوجه‌فرنگی	۳۰۰
خیار	۱۵۰
کاهو	۳۸۲-۳۶۲۰
کرفس	۵۰۰
شاهی	۱۵۰۰
هویج	۳۰-۸۰۰
ترب	۳۰۰۰
کلم	۵۰۰
اسفناج	۳۴۵-۳۸۹۰
تره‌فرنگی	۳۰۰۰
ریحان	۳۰۰۰
شنبلیله	۳۰۰۰

با توجه به وجود تفاوت‌های زیاد در عادت‌های غذایی و تنوع سبد غذایی در کشور ایران نسبت به سایر کشورها، سازمان ملی استاندارد نیز بیشینه مجاز نیترات در سبزی‌ها را تعیین کرده که معیار اصلی مراجع نظارتی و آزمایشگاه‌های مرجع در کشور برای بررسی انباشت نیترات حاصل از کاربرد کودهای شیمیایی در مراحل تولید این محصولات و صدور گواهی کیفیت و سلامت آن‌ها است. جدول ۲ بیشینه مجاز نیترات در سبزی‌ها را بر اساس استاندارد ملی ایران نشان می‌دهد.

در سال‌های اخیر به دلیل افزایش کاربرد کودهای نیتروژن‌دار، غلظت نیترات در سبزی‌ها به شدت افزایش یافته است. به عنوان مثال، نتایج یک مطالعه اخیر نشان داده که غلظت نیترات در سبزی‌های برگ‌ی دشت ورامین شامل کاهو، اسفناج و کرفس، به‌طور معنی‌داری، فراتر از بیشینه مجاز نیترات در این محصولات است. این موضوع اهمیت سنجش و پایش مداوم نیترات در سبزی‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۲- بیشینه مجاز نیترات در سبزی‌ها طبق استاندارد ملی ایران (INSO)

بیشینه مجاز نیترات	سبزی (میلی گرم بر کیلوگرم)
۵۰۰	خانواده کلم (کلم بروکلی، کلم بروکسل، کلم، کاهو چینی، کلم قرمز، کلم پیچ، گل کلم و کلم قمری)
۱۲۰	گوجه‌فرنگی
۹۰	پیاز
۲۵۰	هویج
۱۵۰۰	کاهو
۹۰	خیار
۲۰۰۰	اسفناج
۵۰۰	سبزی‌های غده‌ای و ریشه‌ای (ترپچه، چغندر، چغندرقد، سیر، موسیر، شلغم و تره‌فرنگی)
۴۰۰	سبزی‌های ساقه‌ای (کرفس، ریواس، کنگر)
۱۷۰	سیبزمینی
۱۰۰	نخودفرنگی، لوبیا سبز، باقلا سبز
۱۰۰۰	سبزی‌های برگ‌ی
۲۰۰	فلفل شیرین
۱۰۰	قارچ خوراکی

فصل دوم

عوامل موثر بر انباشتِ نیترات در سبزی‌ها

عوامل موثر بر انباشت نیترات در سبزی‌ها به سه گروه اصلی تقسیم می‌شوند:

(۱) عوامل ژنتیکی

(۲) عوامل محیطی

(۳) عوامل مدیریتی

اثر عوامل ژنتیکی

گیاهان از نظر انباشت نیترات استعداد یکسان ندارند و عوامل ژنتیکی آن‌ها مانند نوع، گونه، رقم، جنس، سن و عوامل وراثتی در مقدار انباشت نیترات در آن‌ها اثر دارد.

آنزیم نیترات ردوکتاز^۱ به عنوان یک آنزیم تنظیمی و محدودکننده مقدار نیترات گیاهی شناخته شده است. نحوه تغییر فعالیت این آنزیم در گیاهان و گونه‌های مختلف و شرایط و مکان‌های محیطی، تفاوت‌های بارزی نشان داده است که عمده این تفاوت‌ها منشاء ژنتیکی دارند. نیترات در سیتوسول^۲ سلولی گیاهان به وسیله آنزیم نیترات ردوکتاز به نیتريت تبدیل می‌شود. سپس، نیتريت به وسیله آنزیم نیتريت ردوکتاز به آمونیوم یا آمونیاک احیاء می‌شود. این ترکیبات به ساختار ترکیبات آلی وارد می‌شوند و ترکیبات

1- Nitrate Reductase

2- Cytosol

NADH و NADPH تولیدشده، به عنوان عامل دهنده الکترون برای فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز عمل می‌کنند. بنابراین، سنتز آنزیم نیترات ردوکتاز به وسیله نیترات کنترل می‌شود و این یون، سنتز آنزیم را القاء می‌کند.

هر عاملی که منجر به کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در گیاه شود، به نحوی با انباشت نیترات در اندام هوایی گیاه همراه است.

از مهم‌ترین عوامل ژنتیکی مؤثر بر انباشت نیترات در سبزی‌ها، نوع و گونه هم‌چنین ارقام مختلف هر گونه سبزی است، که می‌توان آن را به توانایی سبزی‌های مختلف در تولید آنزیم نیترات ردوکتاز نسبت داد.

به عنوان مثال، انباشت نیترات در اسفناج دارای برگ چروک (شکل ۳) بیش از انباشت نیترات در اسفناج برگ صاف (شکل ۴) است. دلیل آن بیش‌تر بودن فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در اسفناج برگ صاف نسبت به اسفناج برگ چروک است. هم‌چنین، فعالیت این آنزیم در اندام‌های پیر کمتر و در نتیجه انباشت نیترات در این قسمت‌های مسن، بیش‌تر است. انباشت نیترات در سبزی‌های زودرس به طور قابل ملاحظه‌ای بیش‌تر از سبزی‌های دیررس از همان نوع است.



شکل ۳- اسفناج برگ چروک.



شکل ۴- اسفناج برگ صاف.

اثر عوامل محیطی

عوامل محیطی مانند شدت نور، دما، تنش‌های رطوبتی، و ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی آب و خاک (به ویژه مقدار نیترات موجود در منابع آب و خاک) به دلیل تاثیر بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز و میزان جذب نیترات از طریق ریشه، بر انباشت نیترات در گیاهان اثر دارد.

به‌طور کلی، نور کم، دمای خیلی کم یا زیاد و تنش‌های رطوبتی سبب کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز و در

نتیجه انباشتِ نیترات در سبزی‌ها می‌شود. بنابراین، در ابتدای روز با نور کم، انباشتِ نیترات در سبزی‌ها بیش‌تر است. به عنوان مثال، مطالعات نشان داده‌است که غلظت نیترات در چغندر قند بین ساعت ۴ تا ۸ صبح در بیش‌ترین مقدار خود و در ساعت ۴ بعدازظهر در کم‌ترین مقدار است. بنابراین، توصیه می‌شود که برداشت سبزی‌ها به جای صبح، در بعد از ظهر انجام شود. تاریکی شب نیز بر انباشتِ نیترات اثر دارد. به عنوان مثال، مطالعات نشان داده‌است که غلظت نیترات در قسمت‌های مختلف گیاه گوجه‌فرنگی که در دوره‌های تاریکی ۱۲ و ۲۴ ساعته قرار داده شدند، به شدت افزایش یافت. به همین دلیل توصیه می‌شود در گلخانه‌های سبزی از نورهای مصنوعی در شب استفاده شود (شکل ۵). مشخص شده‌است که افزایش دما به ویژه زمانی که با نور کم همراه باشد، سبب انباشتِ نیترات در سبزی‌ها می‌شود.



شکل ۵- استفاده از نور مصنوعی در یک گلخانه گوجه‌فرنگی

انباشت نیترات با فتوسنتز گیاه رابطه عکس دارد. بنابراین، هر عاملی مانند تنش‌های محیطی شامل تنش خشکی، دمای زیاد، یخبندان، و شدت نور کم که سبب تضعیف گیاه و کاهش فتوسنتز شود، می‌تواند به انباشت نیترات کمک کند.

مهم‌ترین عامل محیطی موثر در انباشت نیترات، مقدار یون نیترات در دسترس سبزی از طریق خاک یا آب است. به عنوان مثال، اگر در خاکی که سبزی‌کاری می‌شود، قبلاً گیاهانی مانند لوبیا و یونجه که جزو گیاهان لگومینوز^۱ و دارای توانایی زیاد در تثبیت نیتروژن در خاک هستند، کشت شده باشند، مقدار نیترات در دسترس سبزی‌ها بیش‌تر خواهد بود. مناطقی که در مجاورت خروجی فاضلاب‌های شهری هستند به دلیل خاک و آب آبیاری با غلظت زیاد نیترات، می‌توانند اثر زیادی بر انباشت نیترات در سبزی‌ها داشته باشند.

اثر عوامل مدیریتی

عوامل مدیریتی مانند مدیریت کوددهی و تغذیه مناسب؛ تاریخ کاشت؛ بستر کشت؛ نحوه کاشت؛ فصل و زمان برداشت؛ آبیاری؛ دوره انبارداری و فرآیند سبزی‌ها بر انباشت نیترات در آن‌ها تاثیر می‌گذارد.

1- Leguminous

مقدار کود، نوع کود، سرعت آزادشدن و روش مصرف کود از مهم‌ترین عوامل مدیریتی است که اثر زیادی بر انباشت نیترات در سبزی‌ها دارد. در مورد بسیاری از گونه‌های گیاهی مشخص شده است که ارتباط مستقیمی بین کود نیتروژن‌دار و انباشت نیترات وجود دارد. به عنوان مثال، افزایش مقدار کود نیتروژن‌دار در مزارع سیب‌زمینی و هویج از ۹۰ کیلوگرم به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سبب می‌شود که مقدار نیترات در سیب‌زمینی ۵ بار و در هویج ۱/۶ بار بیش‌تر از مقدار مطلوب آن باشد. در حقیقت، بارزترین عاملی که سبب انباشت نیترات در تعدادی از سبزی‌ها و سایر گیاهان می‌شود، مصرف بی‌رویه کودهای نیتروژن‌دار است. مطالعات نشان داده است که وجود بیش از ۵۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار سبب افزایش مقدار نیترات در چغندر قند می‌شود یا مصرف ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره، نسبت به مصرف ۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از همین منبع، از نظر آماری افزایش معنی‌داری در مقدار نیترات میوه گوجه‌فرنگی رقم ارلی‌اوربانا^۱ دارد. شکل ۶، یک گلخانه ارگانیک گوجه‌فرنگی را نشان می‌دهد.

1- Early Urbana



شکل ۶- تولید گوجه‌فرنگی ارگانیک در گلخانه

سبزی‌هایی که به صورت ارگانیک رشد می‌کنند، نیترات کم‌تری دارند.

شکل و نوع کود نیز بسیار مهم است. امروزه موضوع جایگزینی کودهای اوره به جای کودهای نیتراته به ویژه در محیط‌های آب کشت (کشت هیدروپونیک)^۱ مورد توجه قرار گرفته است. نوع کود مصرفی مثلاً نیترات پتاسیم در مقایسه با سولفات آمونیم و اوره، سبب افزایش پتاسیم و نیترات می‌شود. البته نوع و مقدار کودهای آلی نیز می‌تواند در مقدار نیترات سبزی‌ها تاثیرگذار باشد. گاهی استفاده از کودهای کندرها، که نیتروژن موجود در خود را به آهستگی آزاد می‌کنند، نسبت به کودهایی که سریع‌تر معدنی می‌شوند و نیترات بیش‌تری را در یک زمان کوتاه آزاد می‌کنند، می‌تواند سبب انباشت نیترات کم‌تر در سبزی‌ها شود. از جمله این کودها، اوره با پوشش گوگردی^۲ (SCU) (شکل ۷) و اوره فرمالدهید^۳ (UF) (شکل ۸) هستند.

1- Hydroponics

2- Sulfur Coated Urea

3- Urea-formaldehyde



شکل ۷- اوره با پوشش گوگردی



شکل ۸- اوره فرمالدهید

روش کوددهی نیز بر انباشت نیترات در سبزی‌ها موثر است. به عنوان مثال در گیاه اسفناج، روش کودپاشی در مقایسه با روش کوددهی نواری سبب انباشت نیترات بیش‌تر در محصول می‌شود. افزایش مقدار نیترات تنها مربوط به مصرف کودهای نیتروژن‌دار نیست بلکه به نیتروژن موجود در کودهای فسفر و پتاسه و مقدار عناصر دیگر در خاک نیز ارتباط دارد. استفاده از فسفر اثر کمی بر انباشت نیترات دارد ولی استفاده از پتاسیم و روی به دلیل نقش مثبت آن‌ها در افزایش بازیافت نیتروژن، معمولاً منجر به پویایی و جذب بیش‌تر نیتروژن و به دلیل افزایش پروتئین سبب کاهش نیترات

می‌شود. مولیبدن یک عنصر غذایی است که در آنزیم نیترات ردوکتاز حضور دارد. بنابراین، کمبود مولیبدن می‌تواند بر فعالیت این آنزیم و انباشت نیترات در سبزی‌ها موثر باشد. مطالعات نشان داده است که محلول‌پاشی مولیبدن می‌تواند از انباشت نیترات در بادمجان بکاهد. فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز به عناصر غذایی دیگر مانند منیزیم، منگنز و آهن نیز وابسته است. بنابراین، با مدیریت بهینه کوددهی و تغذیه متعادل نیتروژن و سایر عناصر می‌توان انباشت نیترات در سبزی‌ها را کاهش داد.

از دیگر عوامل مدیریتی که می‌تواند بر انباشت نیترات در سبزی‌ها موثر باشد، می‌توان به تاریخ کاشت؛ بستر کشت؛ نحوه کاشت (سنتی یا گلخانه‌ای)؛ فصل برداشت و زمان برداشت (صبح یا عصر) اشاره کرد.

مطالعات نشان داده است که مقدار نیترات گیاه در شرایط آبیاری کامل، حتی در حضور مقادیر زیاد نیتروژن در خاک، افزایش چشم‌گیری ندارد. در حالی‌که، در روش کم‌آبیاری مقدار نیترات در گیاه با وجود مقادیر ناچیز نیتروژن به بیش‌ترین مقدار خود می‌رسد و در چنین شرایطی باید کود نیتروژن‌دار کم‌تری استفاده کرد. کیفیت آب آبیاری نیز نقش مهمی در مقدار نیترات گیاه دارد. انباشت نیترات در

سبزی‌هایی که به واسطه نزدیکی مزرعه به تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری، با پساب خروجی آن‌ها آبیاری می‌شوند، بسیار زیاد است (شکل ۹).



شکل ۹- آبیاری یک مزرعه سبزی با پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب

معمولاً با افزایش زمان انبارداری سبزی‌ها، مقدار نیترات آن‌ها اندکی کم یا زیاد می‌شود در حالی که مقدار نیتريت چندین برابر افزایش می‌یابد. هم‌چنین مطالعات نشان داده است که مقدار نیترات در برخی سبزی‌ها با فرایند آب‌پز کردن یا جوشاندن کاهش می‌یابد. این در حالی است که در اثر فرایندهای سرخ‌کردن و خشک‌کردن سبزی‌هایی مانند پیازچه، اسفناج، گشنیز و جعفری نه تنها کاهش در مقدار نیترات و نیتريت آن‌ها به وجود نمی‌آید بلکه این مقادیر می‌تواند افزایش نیز پیدا کند.

فصل سوم

- روش‌ها و راه‌کارهای سنجش نیت‌رات
- سبزی‌ها

روش‌های سنجش نیترات در سبزی‌ها

برای سنجش یون نیترات در سبزی‌ها معمولاً از آنالیز بافت با روش‌های آزمایشگاهی مخرب مانند کروماتوگرافی مایع^۱ (LC)، کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا^۲ (HPLC)، کروماتوگرافی یونی^۳ (IC)، و یا الکتروفورز کاپیلاری یا موئینه^۴ (CE) استفاده می‌شود. این روش‌ها که شیوه تعیین یون نیترات در آن‌ها متفاوت است؛ مشکل، وقت‌گیر، و پرهزینه هستند. ضمن این‌که، سبب تخریب محصول مورد بررسی و به تبع آن افزایش ضایعات می‌شوند. از سوی دیگر، این روش‌ها درون آزمایشگاهی هستند و اجرای آن‌ها نیازمند آماده‌سازی نمونه، و نیروی متخصص و آموزش‌دیده است. ضمن این‌که، بررسی تک‌تک محصولات از نظر مقدار نیترات موجود در آن‌ها با این روش‌ها امکان‌پذیر نیست. به‌طوری‌که، تنها تعداد کمی نمونه از یک دسته محصول قابل بررسی با این روش‌ها هستند و نتیجه بررسی به کل دسته تعمیم داده می‌شود. بنابراین، توسعه روش‌های سریع و کم‌هزینه سنجش نیترات به ویژه بدون تخریب محصول و با قابلیت کاربرد راحت و خارج از آزمایشگاه مورد توجه قرار گرفته است.

1- Liquid Chromatography

2- High Performance Liquid Chromatography

3- Ion Chromatography

4- Capillary Electrophoresis

روش‌های سنجش سریع انباشت نیترات در سبزی‌ها بدون
تخریب محصول می‌تواند جایگزین روش‌های مخرب و پرهزینه
آزمایشگاهی برای بررسی ایمنی و سلامت سبزی‌ها شود.

تاکنون به دلیل اهمیت ارزیابی سریع وضعیت نیتروژن محصول در فرآیند تصمیم‌گیری‌های فصلی از یک‌سری روش‌های عملی و سریع با کاربرد آسان و کم‌هزینه استفاده شده است. از مهم‌ترین و رایج‌ترین این روش‌ها می‌توان به خواندن کلروفیل‌سنج^۱، و سنجش غلظت نیتروژن نیتراتی (N-NO₃) در شیرۀ دمبرگ^۲ (آزمون SAP) اشاره کرد.

استفاده از کلروفیل‌سنج و آزمون SAP برای تعیین کمبود نیتروژن مناسب است ولی این روش‌ها نمی‌توانند مقدار نیتروژن اضافی در گیاه را نشان دهند. بنابراین، کاربرد آن‌ها در شرایط بیش‌کوددهی و برای سنجش انباشت نیترات در گیاه بر پایه بیشینه مجاز آن خیلی موثر نیست. مبنای کلروفیل‌سنج، روش غیر مخرب^۳ است. در حالی‌که، آزمون SAP جزو روش‌های مخرب است که نیاز به عصاره‌گیری دارد و سبب تخریب یا آسیب‌رسانی به محصول مورد بررسی

1-Liquid Chromatography

2-High Performance Liquid Chromatography

3- Non-destructive

می‌شود. با این حال، نسبت به روش‌های آنالیز بافت، می‌تواند روشی سریع‌تر باشد. شیرۀ دم‌برگ را به راحتی می‌توان با برخی دستگاه‌های قابل حمل کوچک که برای سنجش نیتروژن نیتراتی در محلول‌های غذایی، خاک، و شیرۀ دم‌برگ توسعه یافته‌اند، سنجش کرد.

دستگاه‌های قابل حمل و کوچکی نیز برای سنجش سریع نیترات در میوه‌ها و سبزی‌ها بر پایه سنجش رسانایی الکتریکی محصول توسعه یافته‌اند که مجهز به کاوشگر نفوذی در نمونه هستند. کاوشگر دستگاه باید در محصول فرو برده شود و یک جریان الکتریکی تنظیم‌شده را به آن اعمال کند. بنابراین، دستگاه سبب آسیب‌رسانی به میوه‌ها و سبزی‌ها می‌شود و جزو ابزارهای مخرب است. ضمن این‌که برای سبزی‌های برگی کاربرد ندارد.

در سال‌های اخیر، توسعه روش‌ها و سامانه‌هایی برای سنجش سریع غلظت نیترات در محصولات، بدون تخریب یا آسیب‌رسانی به آن‌ها نیز بر پایه روش‌های طیف‌سنجی نوری^۱ مانند طیف‌سنجی مرئی/فرابنفش^۲ (UV/Vis) و طیف‌سنجی فروسرخ نزدیک^۳ (NIR) مورد توجه قرار گرفته

1- Optical Spectroscopy

2-Ultra-violet/Visible Spectroscopy

3- Near-infrared Spectroscopy

است. البته از طیف‌سنجی UV/Vis معمولاً برای نمونه‌های آماده‌سازی‌شده استفاده می‌شود. طیف‌سنجی NIR یکی از پرکاربردترین روش‌های غیر مخرب بر پایه اصول نوری است که قادر به نمایش جزئیات ترکیبی و غذایی مواد و سنجش ترکیبات مواد بیولوژیکی است. عدم نیاز به آماده‌سازی نمونه، هزینه نسبتاً پایین و سازگاری بیشتر با شرایط زیست محیطی نسبت به سایر روش‌های غیر مخرب هم‌چنین سهولت به‌کارگیری در سامانه‌های قابل حمل و دستی یا استفاده در سامانه‌های درجه‌بندی و کنترل فرایند به‌ویژه به منظور ارزیابی کیفیت درونی محصولات کشاورزی و غذایی از مزایای این روش است که کاربردهای گسترده‌ای به‌ویژه در مورد سبزی‌ها پیدا کرده‌است. در سال‌های اخیر، توانایی این روش در تعیین ترکیبات شیمیایی غلظت پایین مانند باقی‌مانده آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی به‌ویژه نیترات در برخی سبزی‌ها نیز تایید شده است.

در ادامه، برخی از مهم‌ترین روش‌ها یا سامانه‌هایی که می‌توانند در سنجش سریع و یا غیر مخرب نیتروژن یا یون نیترات در سبزی‌ها مفید باشند، تشریح می‌شود.

سنجش کلروفیل

نیتروژن قسمتی از مولکول کلروفیل را تشکیل می‌دهد و وجود آن برای فتوسنتز گیاه ضروری است. یک اتم نیتروژن و چهار اتم کربن در حلقه‌های درون کلروفیل جای گرفته‌اند که نیتروژن از یک سو با اتم‌های کربن و از سوی دیگر با اتم منیزیم پیوند مشترک دارد. بنابراین، کمبود نیتروژن سبب کاهش کلروفیل و زرد شدن برگ‌های گیاه و در نهایت توقف رشد می‌شود. وضعیت تغذیه‌ای گیاه از نظر نیتروژن ممکن است غیر مستقیم با غلظت کلروفیل که هم‌بستگی مستقیمی با غلظت نیتروژن دارد، تعیین شود. بنابراین، از کلروفیل سنج‌ها مانند دستگاه SPAD (شکل ۱۰) می‌توان برای تخمین نیتروژن در سبزی‌ها استفاده کرد.



شکل ۱۰- کلروفیل سنج SPAD.

کلروفیل سنچ SPAD، نور عبوری از برگ‌ها را سنجش می‌کند و اساس کار آن مبتنی بر هم‌بستگی غلظت‌های کلروفیل و نیتروژن در گیاه است. این دستگاه، ارزان‌قیمت، قابل حمل و سبک است. با توجه به این‌که کلروفیل گیاه، ناحیه قرمز نور را جذب می‌کند ولی ناحیه فروسرخ را جذب نمی‌کند، اساس کار این دستگاه بر پایه استفاده از دو دیود تابش‌کننده نور و یک گیرنده فتودیود سیلیکونی^۱ برای سنجش عبور نور از برگ در دو طول موج از طیف الکترومغناطیس شامل طول موج قرمز (۶۵۰ نانومتر) و طول موج فروسرخ نزدیک (۹۴۰ نانومتر) است. در واقع این کلروفیل سنچ، مقدار عبور نسبی را که متناسب با مقدار کلروفیل برگ است به دست می‌آورد.

هم‌زمان با سنجش کلروفیل گیاه با کلروفیل سنچ دستی SPAD باید مقدار نیتروژن کل برگ‌های بررسی‌شده، در آزمایشگاه نیز به دقت اندازه‌گیری و نمودار هم‌بستگی ترسیم شود تا برای سنجش نیتروژن محصول موردنظر در شرایط دیگر نیز قابل استفاده باشد.

کاربرد این ابزار تاکنون برای چند محصول گیاهی آزمون شده و نتایج خوبی برای پیش‌بینی مقدار نیتروژن به همراه داشته است. با این حال، عملکرد دستگاه SPAD در

1- Silicon Photodiode

پیش‌بینی نیتروژن، متغیر و متأثر از چند عامل از قبیل رقم، شرایط محیطی، مرحله رشد گیاه و آفات و بیماری‌ها است. به‌گونه‌ای که، داده‌های حاصل از سنجش با کلروفیل‌سنج SPAD با اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی کلروفیل برای برگ‌هایی که غلظت کلروفیل آن‌ها در واحد سطح برگ در محدوده ۶۰۰-۱۰۰ میلی‌گرم بر متر مربع است، هم‌بستگی نزدیکی دارد ولی دستگاه غلظت‌های خارج از این محدوده را بیش از حد برآورد می‌کند.

به‌طور کلی، کاربرد این ابزار برای تعیین سریع و غیرمخرب کمبود نیتروژن در سبزی‌ها می‌تواند مناسب باشد ولی نمی‌تواند نیتروژن اضافی را نشان دهد.

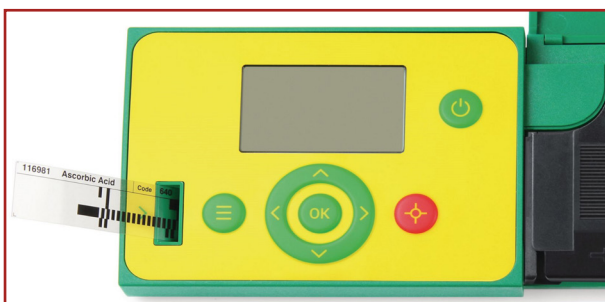
سنجش غلظت نیتروژن نیتراتی در شیره دم‌برگ (آزمون SAP)

آزمون SAP یک روش سریع برای سنجش غلظت نیتروژن نیتراتی در شیره دم‌برگ است که می‌تواند برای پایش وضعیت نیتروژن در سبزی‌ها موثر باشد. با توجه به این‌که عناصر تغذیه‌ای موجود در شیره دم‌برگ به راحتی برای رشد گیاه در دسترس هستند، این روش می‌تواند جایگزین مناسبی برای آنالیز بافت باشد.

آزمون SAP با ابزارهای مختلفی قابل اجرا و عموماً به

آنالیزهای آزمایشگاهی وابسته است. شیره دم‌برگ را به راحتی می‌توان با برخی دستگاه‌های قابل حمل کوچک سنجش کرد. این ابزارها شامل رنگ‌سنج‌ها^۱؛ بازتاب‌سنج‌ها^۲ برای آنالیز نوارهای آزمون؛ و الکترودهای یون-گزین^۳ (ISE) هستند که دو مورد آخر رایج‌ترند.

روش بازتاب‌سنج (RQflex) به همراه نوارهای آزمون (شکل ۱۱) که با تولید یک رنگ به غلظت نیتروژن نیتراتی واکنش نشان می‌دهند (شدت رنگ تولیدی به طور مستقیم با غلظت تغییر می‌کند) مقرون به صرفه‌تر است ولی شیره دم‌برگ تازه باید با آب مقطر رقیق شود (با نسبت ۱ به ۲۰).



شکل ۱۱- بازتاب‌سنج دستی به همراه نوار آزمون

الکترودهای یون-گزین (ISE) می‌توانند فعالیت‌های یون

1- Colorimeter

2- Reflectometer

3-Ion-selective Electrodes

نیترات در محلول را به پتانسیل الکتریکی تبدیل و توسط ولت‌متر اندازه‌گیری کنند. ابزارهای مبتنی بر ISE (مانند دستگاه Cardy meter) مستقیماً غلظت نیتروژن نیتراتی را می‌خوانند. محدوده اندازه‌گیریِ بیش‌تر در دستگاه‌های ISE، یک مزیت عملی قابل توجه است. به گونه‌ای که محدوده اندازه‌گیری متداول‌ترین ابزارهای ISE، محدوده مورد انتظار نیترات را در محلول‌های غذایی، خاک و شیر دما برگ پوشش می‌دهد. دستگاه Cardy meter می‌تواند مستقیماً شیر تازه را سنجش کند. چند قطره از شیر دما برگ روی دستگاه قرار می‌گیرد و نتیجه نمایش داده می‌شود (شکل ۱۲). از این ابزار می‌توان برای سنجش سریع وضعیت نیتروژن گیاه در مزرعه استفاده کرد.



شکل ۱۲- دستگاه Cardy meter

تاکنون چند کیت آزمون سریع SAP گیاه برای نیتروژن در تعدادی از محصولات واسنجی شده است. عملکرد آزمون SAP مانند کلروفیل سنج SPAD، متغیر و تحت تاثیر رقم و عوامل ارگونومیکی است.

سنجش رسانایی الکتریکی

رسانایی الکتریکی میوه‌ها و سبزی‌ها تحت تاثیر غلظت نمک‌های موجود در آن‌ها قرار می‌گیرد. بنابراین، از هدایت الکتریکی میوه‌ها و سبزی‌ها می‌توان برای سنجش سطوح نمک‌های نیتراتی در آن‌ها استفاده کرد.

برخی دستگاه‌های کوچک و قابل حمل (مانند دستگاه Greentest)، برای سنجش سریع نیترات در میوه‌ها و سبزی‌ها بر پایه تغییرات رسانایی الکتریکی آن‌ها توسعه یافته‌اند. این ابزارها مجهز به کاوشگر نفوذی در محصول هستند. سنجش با فرو بردن کاوشگر فلزی دستگاه در محصول و اعمال یک جریان الکتریکی دقیق تنظیم‌شده به آن انجام می‌شود. دستگاه قادر است که در مورد سطوح نیتراتی قسمتی از محصول که کاوشگر در آن فرو برده شده است، تصمیم‌گیری کند و نتیجه ایمنی نمونه را در مقایسه با مقدارهای قابل قبول از پیش تعریف‌شده در دستگاه، نمایش دهد (شکل ۱۳). اگرچه چنین دستگاهی سنجش سریع نیترات را در سبزی‌ها ممکن می‌سازد ولی به دلیل این‌که نیاز به فرو بردن کاوشگر در محصول و اعمال جریان الکتریکی به آن است، یک روش مخرب است و برای سبزی‌های برگی نیز کارایی ندارد.



شکل ۱۳- نیترات‌سنج با کاوشگر نفوذی.

طیف‌سنجی فروسرخ نزدیک (NIR)

طیف‌سنجی نوری در ناحیه NIR (محدوده طول موجی ۷۸۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر از طیف الکترومغناطیس) می‌تواند با اندازه‌گیری‌های بازتاب یا عبور تابش در یک ماده بیولوژیکی مانند میوه یا سبزی، اطلاعات مهمی در مورد ساختار آن ارائه دهد بدون این‌که تخریبی در محصول ایجاد کند یا به آن آسیبی برساند. بنابراین، از اطلاعات طیف جذبی یک سبزی در ناحیه NIR می‌توان غلظت برخی ترکیبات شیمیایی محصول را برآورد کرد.

پژوهش‌ها نشان داده است که از این روش می‌توان برای سنجش سریع و غیرمخرب انباشت نیترات در سبزی‌ها و تشخیص وضعیت ایمنی محصول بر پایه بیشینه مجاز نیترات در آن بهره گرفت. تاکنون یک سامانه قابل حمل، سبک و کوچک بر پایه روش طیف‌سنجی مرئی/فروسرخ نزدیک (Vis/NIR) برای این منظور توسعه یافته است (شکل ۱۴).



شکل ۱۴- سامانه غربالگری غیر مخرب سبزی‌ها از نظر انباشتِ نیترات.

این سامانه مجهز به کاوشگر فیبر نوری است که می‌تواند به راحتی طیف‌های NIR سبزی‌های مختلف را در مناطق مختلف آن‌ها دریافت کند. نرم‌افزار سامانه به صورت رابط گرافیکی کاربر (GUI) و بر پایه مدل‌هایی که برای پیش‌بینی مقدار نیترات در محصول و شناسایی سبزی آلوده از سالم بر پایه بیشینه مجاز نیترات (تعیین‌شده توسط سازمان ملی استاندارد ایران و سازمان بهداشت جهانی) توسعه داده شده‌اند، طراحی شده است که قادر است به صورت برخط نتیجه بررسی را نمایش دهد. این سامانه برای سبزی‌های برگ‌ری و میوه‌ای (اسفناج و خیار) واسنجی شده و برای غربالگری آن‌ها از نظر انباشتِ نیترات کاملاً مناسب است. توسعه سامانه برای غربالگری سایر سبزی‌ها باید مورد توجه قرار گیرد.

فصل چهارم

- راه کارهای مدیریت و کاهش نیترات
- سبزی ها

مدیریت مصرف منابع نیتروژن

با توجه به این‌که مهم‌ترین عامل در انباشت نیترات سبزی‌ها، مقدار یون نیترات در دسترس و مصرف بی‌رویه کودهای نیتروژن‌دار است، مدیریت بهینه مصرف منابع نیتروژن از موثرترین راهکارهای کاهش نیترات در این محصولات است. در این خصوص، رعایت نکات زیر پیشنهاد می‌شود:

- در صورت امکان سبزی‌ها به صورت ارگانیک کشت شوند.
- کود نیتروژن‌دار باید در حداقل مقدار و متناسب با محصول به صورت بهینه مصرف شود. لازم است مقدار کود بر مبنای درصد مواد آلی خاک‌های تحت کشت از ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص تجاوز نکند. کشاورزان باید از مصرف زیاد کودهای شیمیایی به ویژه کودهای نیتروژن‌دار و به خصوص در کشت‌های پاییزه خودداری کنند.
- مصرف کودهای نیتروژن‌دار برای افزایش عملکرد سبزی‌ها و کنترل کیفیت محصول حتماً باید تقسیط شود. به عبارت دیگر، زمان مصرف کود باید در هنگام نیاز گیاه و در چند نوبت طی فصل رشد تنظیم شود. کاربرد در چند نوبت طی فصل رشد نسبت به مصرف یکباره سبب افزایش بازده کود تا ۵۰ درصد می‌شود.
- توصیه می‌شود که از کودهای آمونیومی و کندرها مانند اوره با پوشش گوگردی در هنگام نیاز گیاه استفاده شود.

- پیشنهاد می‌شود که با استفاده از کودهای آلی، (کمپوست و انواع کودهای حیوانی) هم‌چنین کودهای بیولوژیک، مصرف کودهای نیتروژن‌دار کاهش داده شود. مایه تلقیح نیتروژنوباکتر^۱ نوعی کود بیولوژیک حاوی باکتری‌های مفید و محرک رشد است. این مایه تلقیح سبب افشان شدن و افزایش سطح ریشه گیاهان و افزایش عملکرد قابل توجهی (تا ۶۰ درصد) در سبزی‌ها می‌شود. ضمن این‌که از تهاجم بسیاری از عوامل بیماری‌زا به ریشه نیز جلوگیری می‌کند. بنابراین، استفاده از مایه تلقیح نیتروژنوباکتر در کشت سبزی‌ها به عنوان یک روش نوین تامین نیتروژن موردنیاز سبزی‌ها برای افزایش عملکرد و کاهش انباشت نیترات در آن‌ها، توصیه می‌شود. بهتر است بذر سبزی‌ها پیش از کاشت با این مایه تلقیح مخلوط و سپس کشت شود.

- توصیه می‌شود برای تامین نیاز گیاه به نیتروژن، از کودهای آمونیومی استفاده شود و توزیع کود به صورت نواری باشد.

- توصیه می‌شود، برای جبران بخشی از نیتروژن مورد نیاز گیاه از روش برگ‌پاشی استفاده شود.

- استفاده از روش کودآبیاری نیز می‌تواند به افزایش کارایی مصرف کود کمک شایانی کند و موجب کاهش مصرف کودهای نیتروژن‌دار شود.

1- Azotobacter

تغذیه متعادل

با توجه به این که افزایش مقدار نیترات در سبزی‌ها تنها مربوط به مصرف کودهای نیتروژن دار نیست بلکه به نیتروژن موجود در کودهای فسفر و پتاسه و مقدار عناصر دیگر در خاک نیز ارتباط دارد، تغذیه متعادل و مدیریت بهینه کوددهی می‌تواند انباشت نیترات در سبزی‌ها را کاهش داد. بنابراین، تنظیم برنامه تغذیه با توجه به فصل، نوع سبزی و نتایج آنالیز خاک و برگ دارای اهمیت بسیار است. در این خصوص، رعایت نکات زیر پیشنهاد می‌شود:

- برای کاهش غلظت نیترات در اندام‌های مصرفی سبزی‌ها، استفاده از کودهای پتاسیمی به ویژه سولفات پتاسیم و کودهای دارای عناصر کم مصرف فراموش نشود. چه بسا با مصرف این کودها به ویژه سولفات روی مقدار قابل توجهی از غلظت نیترات در غده سیبزمینی، ساقه و برگ‌های قابل مصرف کاسته می‌شود.

استفاده از روش سنجش نیترات پای بوته^۱ (PSNT)

نیاز بیش‌تر سبزی‌ها به نیتروژن عمدتاً از ماه دوم رشد به بعد شروع می‌شود. به دلیل پویایی زیاد کودهای نیتروژن دار و رشد

1- Pre-sidedress Nitrogen Soil Test

محدود ریشه در اوایل فصل رشد، چنانچه کودهای حاوی نیتروژن در ابتدای رشد یا پیش از کاشت به خاک اضافه شوند، گیاه قادر به استفاده از این مقدار نیتروژن نیست و این کار سبب هدررفت، افت بازده کودی و آلودگی آب‌های زیرزمینی و محیط زیست می‌شود. بنابراین، استفاده از روش سنجش نیترات پای بوته می‌تواند به صرفه‌جویی در مصرف کودهای نیتروژن‌دار و کاهش انباشت نیترات در سبزی‌ها کمک کند. طبق این روش، قبل از کاشت هیچ‌گونه کود نیتروژن‌داری نباید به سبزی‌ها داده شود (در موارد خاص از جمله سبک بودن بافت خاک یا وجود بقایای زیاد گیاهی محصول قبلی که با خاک مخلوط شده باشد، می‌توان یک سوم میزان نیتروژن مورد نیاز گیاه را به عنوان کود استارتر در ابتدا به خاک اضافه کرد) و یک ماه پس از کاشت، نیترات خاک پای بوته‌ها تا عمق ۳۰ سانتی‌متری در مزارع سنجش می‌شود (شکل ۱۵). سپس، بر اساس بیشینه مجاز نیترات برای هر سبزی خاص، کود توصیه‌شده در دو نوبت به صورت سرک در اختیار گیاه قرار داده می‌شود.



شکل ۱۵- سنجش نیترات پای بوته در یک مزرعه کلم (تهیه نمونه‌های خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری).

سنجش انباشت نیترات در سبزی‌ها

سنجش و پایش دوره‌ای نیترات در سبزی‌ها به ویژه با استفاده از روش‌های سریع و غیر مخرب می‌تواند کمک موثری در تصمیم‌گیری‌ها و تدابیر مدیریتی برای کاهش انباشت نیترات در مراحل رشد (مصرف بهینه کودهای نیتروژن‌دار و تغذیه مناسب)، انبارداری (زمان نگهداری)، سورتینگ و عرضه به بازار (تعیین وضعیت ایمنی محصول) باشد. در این راستا، استفاده از کلروفیل‌سنج با هدف مدیریت بهینه کوددهی و کاربرد سامانه غربال‌گری غیرمخرب سبزی‌ها در مراحل مختلف توصیه می‌شود.

استفاده از سامانه‌های خبره توصیه کودی

از آنجایی که دسترسی به منابع علمی و کارشناسان تغذیه همیشه و در همه‌جا ممکن نیست، استفاده از سامانه‌های خبره توصیه کودی که رفته‌رفته جایگاه خود را پیدا کرده‌اند، می‌تواند با کمک به مدیریت بهینه کوددهی نقش به‌سزایی در کاهش انباشت نیترات سبزی‌ها داشته باشد. این سامانه‌ها معمولاً مقدار نیتروژن کم‌تری از حد انتظار کشاورزان توصیه می‌کنند. چرا که عوامل بسیار زیادی از جمله آلودگی‌های زیست‌محیطی، انباشت نیترات در محصول، کارائی مصرف کود و غیره را در نظر می‌گیرند. در حالی که بسیاری از این عوامل برای کشاورزان بی‌معنی است. امروزه، سامانه‌های خبره توصیه کودی زیادی برای سبزی‌ها توسعه یافته که معروف‌ترین آن‌ها «N-Expert II»، «Conseil-Champs» و «Well-N» هستند.

استفاده از ارقام مناسب

با توجه به این که نوع رقم از مهم‌ترین عوامل ژنتیکی مؤثر بر انباشت نیترات در سبزی‌ها است، یکی از راه‌کارهای کاهش انباشت نیترات در سبزی‌ها استفاده از رقم‌هایی است که پتانسیل کم‌تری برای جذب و انباشت نیترات دارند.

اصلاح‌کنندگان باید رقم‌هایی از سبزی‌ها (به ویژه اسفناج و چغندر قند) که در آن‌ها مقدار کم‌تری نیترات انباشت می‌شود را معرفی کنند یا این که سبزی‌ها را به گونه‌ای اصلاح ژنتیکی کنند که فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در آن‌ها بیش‌تر باشد.

رعایت تناوب

تناوب مناسب به صورت کشت سبزی‌های با ریشه عمیق بعد از گیاهان با ریشه سطحی، کشت سبزی‌ها بعد از غلات، و کشت سبزی‌ها بعد از کود سبز می‌تواند در کاهش انباشت نیترات سبزی‌ها موثر واقع شود. شکل ۱۶، رشد خوب کلم در کود سبز (شبدر) را نشان می‌دهد. کشت سبزی‌های ریشه عمیق در پاییز از ورود نیترات به آب‌های زیرزمینی جلوگیری می‌کند. برگردان نکردن بقایای گیاهی در پاییز نیز سبب می‌شود که مقداری از نیترات را به خود جذب و از ورود آن به آب‌های زیرزمینی جلوگیری کنند.



شکل ۱۶- رشد کلم در بستر کود سبز.

استفاده از خاک‌پوش‌های پلی‌اتیلنی

استفاده از خاک‌پوش‌های پلی‌اتیلنی در بستر کاشت سبب حفظ رطوبت و افزایش دمای خاک می‌شود (شکل ۱۷). این عوامل فعالیت میکرواورگانیزم‌های خاک را تشدید می‌کند که روی تبدیل مواد آلی به معدنی و نیتروژن خاک تاثیر می‌گذارد و سبب می‌شود که همواره غلظت مناسبی از نیترات در دسترس گیاه قرار گیرد و تناسبی بین جذب و احیای آن برقرار شود. به این ترتیب، با صرفه‌جویی در مصرف کودهای شیمیایی از انباشت نیترات در سبزی‌ها جلوگیری می‌شود.



شکل ۱۷- کاشت در بستر خاک‌پوش پلی‌اتیلنی.

جلوگیری از سایه‌اندازی روی سبزی‌ها

با توجه به این‌که نور کم سبب کاهش فعالیت آنزیم

نیترات ردوکتاز هم‌چنین کاهش فتوسنتز گیاه می‌شود، به‌طور کلی نباید کارهایی انجام داد که مانع از رسیدن نور به سبزی‌ها در روز شود. به عنوان مثال، کشت هم‌زمان چند محصول که باعث سایه انداختن عمودی روی سبزی‌ها می‌شود به انباشت نیترات کمک می‌کند و توصیه می‌شود که از این کار خودداری و سبزی‌ها با فاصله مناسب کاشته شود.

آبیاری مناسب و کنترل عوامل محیطی

با توجه به این که تنش‌های رطوبتی سبب کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز و در نتیجه انباشت نیترات در سبزی‌ها می‌شود، آبیاری در حد قدرت جذب و نگهداری خاک می‌تواند از تنش‌های رطوبتی و ایجاد دوره‌های خشکی در طول رشد جلوگیری کند و سبب کاهش انباشت نیترات در سبزی‌ها شود. توصیه می‌شود تا حد امکان از کشت‌های پاییزه خودداری شود.

تغییر زمان برداشت

سبزی‌هایی که در صبح برداشت می‌شوند نیترات بیش‌تری نسبت به سبزی‌هایی که در عصر برداشت می‌شوند، دارند. بنابراین، توصیه می‌شود که سبزی‌ها به ویژه اسفناج و کاهو در عصر که سطح نیترات در آن‌ها در پایین‌ترین مقدار است،

برداشت شوند تا خطر انباشتِ نیترات به حداقل برسد. در مورد سبزی‌های گلخانه‌ای همچنین می‌توان در طول شب قبل از روز برداشت با تیمارهایی مانند کاربرد نور مصنوعی، از انباشتِ نیترات در آن‌ها کاست.

فصل پنجم

جمع بندی و پیشنهادها

در این نوشتار برای آگاهی بیش‌تر بهره‌برداران، نقش نیتروژن در سبزی‌ها و علائم کمبود آن هم‌چنین انباشت نیترات در سبزی‌ها و زیان‌های ناشی از آن معرفی و توصیه‌های کودی نیتروژن و بیشینه مجاز نیترات در سبزی‌های مختلف ارائه شد. از سوی دیگر، عوامل مختلف موثر بر انباشت نیترات در سبزی‌ها معرفی و پیشنهادها و راه‌کارهای مدیریت و کاهش نیترات در آن‌ها ارائه شد. هم‌چنین، روش‌ها و راه‌کارهای سنجش و پایش نیترات در سبزی‌ها با هدف کمک به تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و اقدام‌هایی که می‌تواند به کاهش انباشت نیترات کمک کند ارائه شد که امید است مورد توجه بهره‌برداران قرار گیرد. در پایان به مصرف‌کنندگان سبزی‌ها که از مقدار نیترات موجود در آن‌ها اطلاعی ندارند، پیشنهاد می‌شود که:

- ترجیحاً سبزی‌های ارگانیک مصرف شود.

- با توجه به این‌که دم‌برگ سبزی‌ها (به ویژه اسفناج) دارای مقدار نیترات بیش‌تری است، تا حد امکان از مصرف آن خودداری شود. در سبزی‌هایی مانند کاهو، کلم پیچ، و امثال آن، برگ‌های پیر خارجی نیترات بیش‌تری دارند که باید از خوردن آن‌ها پرهیز شود.

- برگ‌های بیرونی کاهو و کلم و یا دم‌برگ بیرونی و ساقه کرفس دور انداخته شود و مصرف نشود.

- به دلیل این‌که بعد از پختن و سردشدن سبزی‌ها در نیترات، احیاء میکروبی صورت می‌گیرد و درصد نیتريت در آن‌ها زیاد می‌شود، تا حد امکان از مصرف سبزی‌های پخته‌شده و دوباره سردشده (غذای مانده) به‌ویژه برای کودکان خودداری شود. به عنوان مثال از مصرف دوباره اسفناج پخته‌شده و سردشده مانند بورانی اسفناج خودداری شود.

- از سرخ کردن سبزی‌ها تا حد امکان خودداری شود.

منابع

- بصیرت، م. و مطلبی فرد، ر. ۱۳۹۴. راهنمای تغذیه گیاهی در سیب زمینی (به منظور کاهش باقیمانده نیتрат در محصول) - تامین سلامت جامعه با تولید محصول سالم. نشریه فنی. موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه شماره ۵۴۱. ۷۰ ص.
- پیرصاحب، م.، شرفی، ک. و مرادی، م. ۱۳۹۲. بررسی میزان نیتريت و نیترات صیفی جات و سبزیجات کشت شده در دشت های جنوبی و شرقی کرمانشاه در سال ۱۳۹۰. بهداشت مواد غذایی. دوره ۳، شماره ۱، پیاپی ۹. صفحات ۸۷-۷۷.
- تابنده، ل. و صفرزاده شیرازی، ص. ۱۳۹۷. بررسی تجمع نیترات و عوامل مؤثر بر آن در برخی از سبزیجات برگی در منطقه زنجان. پژوهش های خاک، شماره ۲. صفحات ۲۰۲-۱۸۹.
- توسلی، ع. و بصیرت، م. ۱۳۹۴. راهنمای تغذیه گیاهی در پیاز (به منظور کاهش باقی مانده نیترات در محصول) - تامین سلامت جامعه با تولید محصول سالم. نشریه فنی. موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه شماره ۵۴۰. ۴۵ ص.
- جلالی، ا. ه. ۱۳۸۳. نیترات در خاک، آب و گیاه. نشریه ترویجی. سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان. چاپ اول. شماره ۴۱۰-۵۹. ۳۲ ص.
- جمشیدی، ب. ۱۴۰۱. طراحی، توسعه و ارزیابی سامانه اندازه گیری سریع نیترات تجمع یافته در سبزی ها بدون

تخریب محصول. گزارش نهایی پروژه پژوهشی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. شماره ثبت: ۶۱۳۵۵. ۵۷ ص.

زلفی باوریانی، م. و بصیرت، م. ۱۳۹۴. راهنمای تغذیه گیاهی در گوجه‌فرنگی (به‌منظور کاهش باقیمانده نیترات در محصول) - تامین سلامت جامعه با تولید محصول سالم. نشریه فنی. موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه شماره ۵۳۸. ۲۱ ص.

سازمان ملی استاندارد. ۱۳۹۲. مرز بیشینه مانده نیترات در محصولات کشاورزی. استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۵۹۶. ۴ ص.

سازمان ملی استاندارد. ۱۳۹۹. اندازه‌گیری مقدار نیترات و/ یا نیتريت - قسمت ۲: روش HPLC/IC برای اندازه‌گیری مقدار نیترات سبزیجات و فرآورده‌های آن. استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۷۲۱-۲. تجدیدنظر اول. ۲۰ ص.

سیل‌سپور، م. ۱۳۹۸. مدیریت تغذیه فلفل شیرین در گلخانه و مزرعه با تاکید بر کاهش انباشت نیترات. نشریه فنی. موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه شماره ۵۶۰. ۶۸ ص.

سیل‌سپور، م. ۱۳۹۸. مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در زراعت سیر به منظور کاهش نیترات محصول. نشریه فنی. موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه شماره ۵۵۹. ۶۸ ص.

- سیلسپور، م. ۱۳۹۹. مطالعه غلظت نیترات در سبزی‌های
برگی دشت ورامین و ارزیابی ریسک خطرپذیری آن برای
انسان. تغذیه گیاهان باغی. دوره ۳، شماره ۱. صفحات ۸۶-۶۹.
- سیلسپور، م. و ممیزی، م. ر. ۱۳۸۵. مدیریت مصرف
نیترژن در محصولات سبزی و صیفی. انتشارات مرز دانش.
تهران، ایران. ۱۳۸ ص.
- شهباززادگان، س.، هاشمی مجد، ک. و شهبازی، ب.
۱۳۸۹. اندازه‌گیری غلظت نیترات در سبزی‌ها و میوه‌های
عرضه‌شده در شهر اردبیل. مجله دانشگاه علوم پزشکی
اردبیل. دوره ۱۰، شماره ۱. صفحات ۴۷-۳۸.
- صادقی، ا.، شرفی، ک.، الماسی، ع.، دیهیم، م.، عزیزی، ا. و
غایب‌زاده، م. ۱۳۹۳. بررسی تاثیر فرایندهای خشک‌کردن و
سرخ‌کردن سبزیجات بر میزان نیتريت و نیترات. سلامت و
محیط. دوره ۷، شماره ۴. صفحات ۴۹۸-۴۹۱.
- صالح، ج. و حسینی، ی. ۱۳۹۶. : راهکارهای کاهش
انباشت نیترات و فلزات سنگین در گوجه‌فرنگی. نشریه فنی.
موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه. شماره ۵۵۴. ۳۴ ص.
- طباطبایی، ج.، بایبوردی، ا. و ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۳. مصرف
بهینه کود روشی موثر در افزایش عملکرد و کاهش نیترات در
غده‌های سیب‌زمینی. نشریه فنی. موسسه تحقیقات خاک و

آب. نشریه شماره ۲۲۸. ۱۵ ص.

عالمزاده انصاری، ن.، شریف‌منش، د. و موسوی‌فرد، ص. ۱۳۹۸. ارزیابی تجمع نیترات و نیتريت در سبزی‌های تولیدشده در مناطق مختلف اهواز. تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی). جلد ۴۲، شماره ۳. صفحات ۳۴۴-۳۳۵.

فرهادی، ع. و مرتضوی‌بک، ا. ۱۳۸۱. تجمع نیترات در سبزیجات. نشریه ترویجی. سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان. چاپ اول. شماره ۲۹۳. ۳۳ ص.

لیاقت، ع. و فرهمند، ع. ۱۳۹۰. ارزیابی آلودگی نیتراتی خاک بر اثر میزان آب آبیاری و کود نیتروژن. مهندسی منابع آب. دوره ۴، شماره ۱۰. صفحات ۹۲-۸۵.

ملاحسینی، ح. و بصیرت، م. ۱۳۹۴. راهنمای تغذیه گیاهی در خیار مزرعه‌ای و گلخانه‌ای (به منظور کاهش باقیمانده نیترات در محصول) - تامین سلامت جامعه با تولید محصول سالم. نشریه فنی. موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه شماره ۵۳۹. ۵۲ ص.

ملکوتی، م. ج.، نوری، ا.، سماوات، س. و بصیرت، م. ۱۳۸۴. علل تجمع نیترات در سبزی‌های میوه‌ای (خیار، گوجه‌فرنگی، ...) و روش‌های کنترل آن. نشریه فنی. موسسه تحقیقات خاک و آب. شماره ۴۱۴. ۲۰ ص.

Bryan, N.S., Alexander, D.D., Coughlin, J.R., Milkowski, A.L. and Boffetta, P. 2012. Ingested nitrate and nitrite and stomach cancer risk: An updated review. *Food and Chemical Toxicology*. 50 (10), 3646–3665.

Buajaila, F. and Miles, C. 2021. Petiole sap nitrate-N quick test for determining nitrogen status of tomato. Washington State University Extension. FS319E. 1-8.

Esteves, E., Locatelli, G., Bou, N. A. and Ferrarezi, R. S. 2021. Sap analysis: a powerful tool for monitoring plant nutrition. *Horticulturae*. 7, 426. 1-13.

International Organization for Standardization (ISO). 1984. Fruit, vegetable and derived products - Determination of nitrite and nitrate content - Molecular absorption spectrometric method, Tech. Rep, Standard No. 6635.

Ito, H. 2014. New ways to evaluate the quality of vegetables using instruments. *Japan Agricultural Research Quarterly*. 48 (2), 111–120.

Ito, H., Horie, H., Ippoushi, K. and Azuma, K. 2003. Potential of visible-near infrared (Vis-NIR) spectroscopy for non-destructive estimation of nitrate

content in Japanese radishes. *Acta Horticulture*. 604, 549–552.

Itoh, H., Nomura, K., Shiraishi, N., Uno, Y., Kuroki, S. and Ayata, K. 2015. Continuous measurement of nitrate concentration in whole lettuce plant by visible-near-infrared spectroscopy. *Environmental Control in Biology*. 53 (4), 205–215.

Itoh, H., Tomita, H., Uno, Y. and Shiraishi, N. 2011. Development of method for non-destructive measurement of nitrate concentration in vegetable leaves by near-infrared spectroscopy. *Proceedings of the 18th World Congress of the International Federation of Automatic Control*. Aug. 28 - Sep. 2. Milano, Italy.

Jamshidi, B. 2017. Non-destructive safety assessment of agricultural products using Vis/NIR spectroscopy. *NIR news*. 28(1), 4–8.

Jamshidi, B. and Yazdanfar, N. 2022. Development of a spectroscopic approach for non-destructive and rapid screening of cucumbers based on maximum limit of nitrate accumulation. *Journal of Food Composition and Analysis*. 110, 104513. 1-9.

Jamshidi, B., Mohajerani, E. and Jamshidi, J.

2016. Developing a Vis/NIR spectroscopic system for fast and non-destructive pesticide residue monitoring in agricultural product. *Measurement*. 89, 1–6.

Jamshidi, B., Mohajerani, E., Jamshidi, J., Minaei, S. and Sharifi, A. 2015. Non-destructive detection of pesticide residues in cucumber using visible/near-infrared spectroscopy. *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*. 32 (6), 857–863.

Monje, O. A. and Bugbee, B. 1992. Inherent limitations of nondestructive chlorophyll meters: A comparison of two types of meters. *HortScience*. 27, 69–71.

Noguero, M. and Lacombe, B. 2016. Transporters involved in root nitrate uptake and sensing by arabidopsis. *Frontiers in Plant Science*. 7, 1–7.

Peña-Fleitas, M. T., Gallardo, M., Padilla, F. M., Rodríguez, A. and Thompson, R. B. 2021. Use of a portable rapid analysis system to measure nitrate concentration of nutrient and soil solution, and plant sap in greenhouse vegetable production. *Agronomy*.

11, 819. 1-21.

Torres, I., Sánchez, M.T., Vega-Castellote, M., Luqui-Muñoz, N. and Pérez-Marín, D. 2021. Routine NIRS analysis methodology to predict quality and safety indexes in spinach plants during their growing season in the field, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 246, 118972.

Uddin, R., Thakur, M.U., Uddin, M.Z. and Islam, G.M.R. 2021. Study of nitrate levels in fruits and vegetables to assess the potential health risks in Bangladesh. *Scientific Reports*. 11(1):4704.

Ulissi, V., Antonucci, F., Benincasa, P., Farneselli, M., Tosti, G., Guiducci, M., Tei, F., Costa, C., Pallottino, F., Pari, L. and Menesatti, P. 2011. Nitrogen concentration estimation in tomato leaves by Vis-NIR non-destructive spectroscopy. *Sensors*. 11, 6411–6424.

World Health Organization (WHO). 1978. Nitrates, nitrites and N–nitroso compounds. Geneva, environmental health

مدیریت دانش در راستای نظام نوین ترویج



9786225956445