مجله ایمنی زیستی

دوره ۱۷، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳

ISSN 2716-9804 الکترونیکی، ISSN 2717-0632 چاپی

مروری بر وضعیت سلامت غذایی سبزیجات تولید شده در ایران طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۳ از نظر محتوای نیترات

نوع مقاله: پژوهشی 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2

لیلا اصلانی

دانشجو دکترا سابق، گروه علوم باغبانی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

leilaaslani40@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۳، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۹

صفحه ۴۹-۲۰

چکیده

سبزیجات مهم‌ترین منبع آلودگی نیترات در رژیم غذایی انسان هستند که باید راهکارهایی برای مقابله با آن ارایه کرد. به این منظور مروری سیستماتیک بر اساس چک‌لیست PRISMA روی داده‌های مربوط به محتوای نیترات سبزیجات در مقالات انتشار یافته طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۳ انجام شد. نتایج نشان داد نیترات موجود در ۷۸/۲۰ درصد سبزیجات برگی، ۷۳/۷۷ درصد سبزیجات ریشه‌ای و پیازی و ۸۸/۸۹ درصد سبزیجات میوه‌ای و گل‌های نابالغ بررسی شده، در محدوده مجاز تعیین شده توسط سازمان ملی استاندارد ایران قرار داشت. در بازده زمانی فوق، از ۳۱ استان ایران، تنها محتوای نیترات سبزیجات تولید شده در مزارع یا گلخانه‌های ۹ استان بررسی شده است. در بین ۹ استان بررسی شده (اصفهان، تهران، خراسان رضوی، زنجان، سمنان، کردستان، کرمان، کرمانشاه و لرستان) بیشترین درصد نمونه‌های آلوده مربوط به استان لرستان بود. با توجه به اهمیت محتوای نیتروژن بر سلامت مصرف کنندگان و پذیرش محصولات کشاورزی اقداماتی شامل مصرف کود نیتروژن بر اساس آزمون خاک و بافت گیاه، استفاده از کودهای مبتنی بر آمونیاک، کاربرد کودهای با رهایش کنترل شده و کند رهاشونده، کاربرد محرک‌های زیستی، کاربرد بازدارنده‌های نیتریفیکاسیون، برداشت سبزیجات در زمان و سن فیزیولوژیک مناسب و امثال آن برای کاهش محتوای نیترات سبزیجات به کشاورزان پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آلودگی سبزیجات، آلودگی شیمیایی، ایران، تجمع نیترات

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]

مقدمه

تجمع نیترات یکی از آلودگی‌های مواد غذایی است. نیترات در طیف وسیعی از غذاها وجود دارد (Merusi et al. 2010) سبزیجات مهم‌ترین منبع نیترات در رژیم غذایی انسان هستند و در دریافت بیش از ۸۰ درصد نیترات نقش دارند (Sadeghi et al. 2015) مقدار نیترات در سبزیجات از منطقه‌ای به منطقه دیگر متغیر است و به عوامل مختلفی از جمله نوع و سن سبزی، نوع، مقدار و تعداد دفعات کاربرد کودهای حاوی نیتروژن، شرایط رشد، شرایط آب و هوایی، فصل، دما، شدت نور، pH خاک، نوع کشت (کشت در فضای باز در مقابل کشت در شرایط کنترل شده) و برداشت بستگی دارد (Khodadadi et al. 2024; Salehzadeh et al. 2020). به نظر می‌رسد مقدار نیترات موجود در خاک (بسته به محتوای کود) عامل اصلی تعیین کننده میزان نیترات در سبزیجات باشد (Rezaei et al. 2014).

جذب و تبدیل نیترات به نیتروژن آلی در گیاهان نتیجه فعالیت چندین آنزیم مختلف است. نیترات در اثر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز (NR) در سیتوپلاسم سلول‌های ریشه یا برگ به نیتریت تبدیل می‌شود. سپس، نیتریت در اثر فعالیت آنزیم نیتریت ردوکتاز (NiR) در کلروپلاست سلول‌های برگ یا پروپلاستید سلول‌های ریشه به آمونیوم احیا و آمونیوم توسط گلوتامین سنتاز (GS) وارد گلوتامین و آمینواسیدهای دیگر می‌شود (Olfati-Chirani et al. 2008) فرایند احیای نیترات نیازمند انرژی و ترکیبات دهنده الکترون از قبیل NADPH و NADP است که از طریق فتوسنتز و تنفس تأمین می‌شوند. بخشی از نیترات جذب شده توسط گیاه در ریشه، اما بیشتر آن به اندام هوایی منتقل شده و در برگ‌های گیاه به آمونیوم تبدیل می‌شود. زمانی که غلظت نیترات پایین است بخش عمده آن در داخل ریشه‌ها احیا می‌شود. با افزایش میزان نیترات، ظرفیت احیای نیترات در ریشه‌ها کاهش یافته و بخشی از نیتروژن کل به صورت نیترات به ساختار هوایی منتقل می‌شود (Ali, 2020) احیای نیترات در اکثر گیاهان علفی در برگ‌ها و در گیاهان چوبی عمدتاً در ریشه صورت می‌گیرد (Orea et al. 2005). در صورتی که میزان جذب نیترات از سرعت احیای آن بیشتر شود، منجر به تجمع نیترات در گیاهان می‌شود و هر عاملی که منجر به کاهش فعالیت آنزیم NR در گیاه شود، به نحوی با تجمع نیترات در گیاه همراه است. گیاهان نیتروژن اضافی را که در رشد استفاده نمی‌کنند به صورت نیترات در واکوئل‌ها ذخیره می‌کنند و به عنوان منبع ذخیره‌ای در شرایط کمبود نیتروژن مورد استفاده قرار می‌دهند. تحقیقات نشان داده است که تجمع بیش

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]

از حد نیترات در گیاهان منجر به تولید نیتریت می‌شود که پس از تبدیل شدن به اکسید نیتریک، در اثر فعالیت آنزیم NR به یون پراکسی نیتریت که برای گیاهان بسیار سمی است، تبدیل می‌شود (Anjana and Iqbal, 2007). اثر دیگر تجمع بیش از حد نیترات در گیاهان بالا رفتن غلظت این عنصر در بافت‌های گیاهی و به هم خوردن تعادل عناصر غذایی است (Pirsaheb et al. 2011). بنابراین، استفاده بی‌رویه از کودهای حاوی نیتروژن نه تنها منجر به بهبود عملکرد نمی‌شود، بلکه علاوه بر آسیب به گیاه، منجر به تحمیل هزینه اضافی به کشاورز می‌شود. همچنین محصولات با غلظت بالای نیترات با مشکلاتی همچون عدم پذیرش برای فروش و صادرات مواجه می‌شوند و سلامت مصرف کنندگان را به خطر می‌اندازند.

محصولات حاوی نیترات بالا سلامت مصرف کنندگان را به خطر می‌اندازند، زیرا پس از خوردن آن‌ها، حدود ۲۵ درصد از نیترات مصرفی وارد غدد بزاقی می‌شود و توسط باکتری‌های همزیست موجود بر روی زبان و توسط آنزیم NR به نیتریت تبدیل می‌شود (Nasirzadeh et al. 2021). در افراد جوان ۵ تا ۷ درصد نیتروژن کل در دستگاه گوارش به نیتریت تبدیل می‌شود. در کودکان و افرادی که به دلیل pH پایین معده دچار بیماری‌های معده هستند، نرخ تبدیل به نیتریت بیشتر است (Sadeghi et al. 2014). هنگامی که بزاق حاوی نیترات و نیتریت با شیره اسیدی معده برخورد می‌کند به گونه‌های نیتروزاتیو مانند NO^+، N_2O_3 و NOSCN تبدیل می‌شود که می‌توانند به راحتی با آمین‌های ثانویه واکنش داده و به ترکیبات N-nitroso مانند نیتروزآمین که به صورت بالقوه جهش‌زا و سرطان‌زا هستند، تبدیل شوند (Nasirzadeh et al. 2021) بر اساس مطالعه انجام شده در استان هرمزگان (Khaksar et al. 2024)، بین میانگین دریافت روزانه نیترات از طریق مصرف سبزیجات و شیوع سرطان دستگاه گوارش ارتباط معنی‌داری وجود دارد. از طرف دیگر، نیترات با تبدیل شدن به نیتریت می‌تواند وارد خون شده و با اکسید نمودن و تبدیل آهن (II) هموگلوبین به آهن (III) ، هموگلوبین را به مت‌هموگلوبین تبدیل کند و در نتیجه ظرفیت حمل اکسیژن خون را کاهش دهد و موجب کمبود اکسیژن، ضربان قلب نامناسب، نارسایی گردش خون، تأثیر بر سیستم عصبی مرکزی و سندرم کشنده رنگ آبی درکودکان به ویژه در نوزادان زیر ۶ ماه شود (Du et al. 2007). نیترات با دخالت در سوخت و ساز بدن موجب جلوگیری از جذب ید، بزرگی تیروئید و حتی سرطان تیرئید می‌شود (Ward et al. 2010). بیشتر نیترات جذب شده در نهایت از طریق ادرار دفع می‌شود، اما مقداری از آن از طریق بازجذب انتخابی از کلیه

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]

همراه با بازگردش صفراوی و بزاقی، در بدن باقی می‌ماند (EFSA, 2008).

تاکنون تحقیقات انجام شده بر روی محتوای نیترات سبزیجات مختلف پراکنده و به صورت اختصاصی در استان‌ها یا شهرهای خاص انجام شده است. از طرف دیگر تمام سبزجات پر مصرف ایران از نظر محتوای نیترات مورد مقایسه قرار نگرفته است. بنابراین با در نظر گرفتن اهمیت سلامت غذایی سبزیجات از نظر آلودگی به نیترات و پراکندگی اطلاعات موجود، بررسی مطالعات انجام شده در این زمینه برای دستیابی به دید کلی از آلودگی سبزیجات مصرفی به این ماده خطرناک در ایران ضروری به نظر می‌رسد. در این مطالعه سعی شده است با ارائه نتایج تحقیقات انجام شده در این زمینه، مروری جامع بر آلودگی سبزیجات ارائه و راهکارهایی برای کاهش آلودگی نیترات سبزیجات پیشنهاد شود.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر با روش مرور سیستماتیک بر اساس چک‌لیست PRISMA انجام شد. جستجو گسترده در پایگاه‌های اطلاعاتی داخلی و خارجی شامل Magiran (46 مقاله)، Web of Science (68 مقاله)، Scopus(49 مقاله)، SID (42 مقاله) و موتور جستجو Google Scholar (141 مقاله) انجام شد. از واژه‌های کلیدی شامل Nitrate، Vegetable، Iran، Spinach، Chard، Tarragon، Leek، Parsley، Basil، Cress، Fenugreek، Dill، Lettuce، Celery، Cabbage، Coriander، Savory، Mint، Onion، Scallion، Radish، Potato، Carrot، Eggplant، Cucumber، Cantaloupe، Bell pepper، Tomato، Watermelon، Cauliflower و معادل فارسی آن‌ها شامل نیترات، سبزیجات، ایران، اسفناج، برگ چغندر، ترخون، تره، جعفری، ریحان، شاهی، شنبلیله، شوید، کاهو، کرفس، کلم پیچ، گشنیز، مرزه، نعنا، پیاز، پیازچه، تربچه، سیب زمینی، هویج، بادمجان، خیار، طالبی، فلفل دلمه‌ای، گوجه فرنگی، هندوانه و گل کلم بود. معیارهای ورود به مطالعه شامل: تمامی مقالات اصیل تحقیقی منتشر شده به زبان فارسی و انگلیسی مرتبط با محتوای نیترات سبزیجات تولید شده در مزارع و یا عرضه شده در میادین میوه و تره‌بار یا خوار و بار فروشی‌ها بود. همچنین مقالات مروری و مقالات مربوط به مقایسه اثر تیمارهای مختلف بر محتوای نیترات سبزیجات کنار گذاشته شد. ۱۰۴ مقاله در این مرحله باقی ماند. در صورت عدم دسترسی به متن کامل مقالات، از خلاصه مقاله استفاده شد و در صورتی که اطلاعات کافی در خلاصه مقاله یافت نشد، با نویسنده مسئول مقاله مکاتبه شد که در صورت عدم پاسخ‌دهی، مقاله مورد نظر از مطالعه خارج شد. مقالات بر اساس روش

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]

اندازه‌گیری و تاریخ غربال‌گری شدند، به طوری که مقالات مربوط به دهه ۱۳۹۰ و سال‌های ابتدایی دهه ۱۴۰۰ حفظ شد تا اطلاعات جدیدتر مورد استفاده قرار گیرد و وضعیت نیترات سبزیجات در دهه و سال‌های اخیر مورد بررسی قرار گیرد. همچنین مقالاتی که نیترات را به روش‌های HPLC و اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری کرده بودند، حفظ شد (۳۸ مقاله برای تحلیل کمی). از آنجایی که زمان دقیق اجرای پژوهش در بسیاری از مقالات ذکر نشده بود، تاریخ انتشار مقالات برای گزینش مقالات در الویت قرار گرفت. سپس سبزیجات مورد بررسی در مقالات بر اساس بخش خوراکی به سه گروه زیر تقسیم شد: (الف) سبزیجات برگی شامل سبزیجاتی که برگ (اسفناج، برگ چغندر، ترخون، تره، جعفری، ریحان، شاهی، شنبلیله، شوید، کاهو، کلم پیچ، گشنیز، مرزه، نعنا) و دمبرگ (کرفس) آن‌ها مصرف می‌شود. (ب) سبزیجات ریشه‌ای و پیازی شامل سبزیجاتی که ریشه (تربچه، هویج)، ساقه زیرزمینی (سیب زمینی) و برگ‌های نابجا (پیاز، پیازچه) آن‌ها مصرف می‌شود. (پ) گل‌های نابالغ (گل کلم) و سبزیجات میوه‌ای (بادمجان، خیار، طالبی، فلفل‌دلمه‌ای، گوجه فرنگی، هندوانه). در صورت وجود اطلاعات کافی درباره محل تولید سبزی‌ها، محل تولید در الویت تقسیمات استانی قرار گرفت و در غیر این صورت، محل نمونه‌برداری که معمولاً میادین میوه و تره‌بار یا خوار و بار فروشی‌های استان‌ها بود در نظر گرفته شد. تصویرسازی و آنالیز داده‌ها (محاسبه میانگین) با استفاده از نرم افزار RStudio انجام شد.

نتایج و بحث

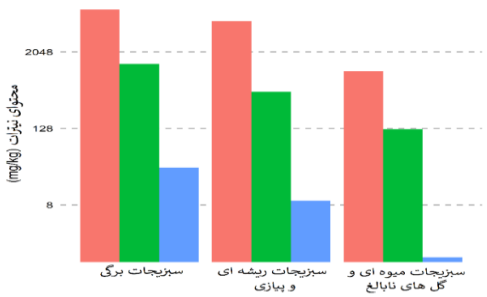
غلظت نیترات سبزیجات برگی در دامنه ۳۱ تا ۹۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم قرار داشت (شکل ۱). با توجه به این که حداکثر حد مجاز نیترات تجمع یافته در سبزیجات برگی به استثنا کاهو و کلم توسط سازمان ملی استاندارد ایران ۲۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و برای کاهو و کلم به ترتیب ۲۵۰۰ و ۹۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم تعیین شده است (INSO, 2021)، در اکثر نمونه‌های بررسی شده (۷۸/۲۰ درصد نمونه‌ها) غلظت نیترات در محدوده مجاز تعیین شده توسط سازمان ملی استاندارد قرار داشت. از بین ۱۶ نمونه اسفناج بررسی شده، دو نمونه اسفناج حاوی نیترات بالاتر از حد استاندارد ملی (آلوده) در استان تهران (Ziarati, and Arbabi-Bidgoli, 2014؛ Seilsepour, 2020)، از بین ۶ نمونه ترخون، یک نمونه آلوده در استان تهران (Bahadoran et al. 2016)، از بین ۱۴ نمونه تره، دو نمونه آلوده در هر یک از استان‌های اصفهان (Rahmani and Khanmohammadi, 2022) و لرستان (Hassani Moghaddam et al. 2019)، از بین ۱۲ نمونه جعفری، یک نمونه آلوده

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]

در استان اصفهان (Rahmani and Khanmohammadi,2022)، از بین ۱۱ نمونه ریحان، یک نمونه آلوده در هر یک از استان‌های اصفهان (Rahmani and Khanmohammadi,2022) و تهران (Bahadoran et al. 2016) و دو نمونه آلوده در استان لرستان (Hassani Moghaddam et al. 2019)، از بین ۱۲ نمونه شاهی، دو نمونه آلوده در استان اصفهان (Rahmani and Khanmohammadi, 2022) ، یک نمونه آلوده در هر یک از استان‌های تهران (Bahadoran et al. 2016)، چهارمحال و بختیاری (Kiani and Gheytasi, 2016)، کرمانشاه (Fatemi Ghomsheh and Nezami, 2020) و مازندران (Shariatpanahi et al. 2021)، از بین ۷ نمونه شنبلیله، یک نمونه آلوده در استان تهران (Bahadoran et al. 2016)، از بین ۱۰ نمونه شوید، یک نمونه آلوده در استان اصفهان (Rahmani and Khanmohammadi,2022)، از بین ۱۷ نمونه کاهو، سه نمونه آلوده در استان تهران (Ziarati and Arab-Bidgoli, 2014; Bahadoran et al. 2016; Seilsepour, 2020).

از بین ۹ نمونه کرفس، دو نمونه آلوده در استان تهران (Ziarati and Arab-Bidgoli, 2014; Bahadoran et al. 2016)، از بین ۱۱ نمونه کلم پیچ، یک نمونه آلوده در استان خراسان رضوی (Zendehbad et al. 2022) و دو نمونه آلوده در استان تهران (Ziarati and Arab-Bidgoli, 2014; Bahadoran et al. 2016)، از بین ۱۰ نمونه گشنیز، دو نمونه آلوده در استان اصفهان (Rahmani and Khanmohammadi,2022) و یک نمونه آلوده در استان تهران (Bahadoran et al. 2016) ، از بین ۳ نمونه مرزه، یک نمونه آلوده در استان چهارمحال و بختیاری (Kiani and Gheytasi, 2016) و از بین ۱۳ نمونه نعنا، یک نمونه آلوده در استان تهران (Bahadoran et al. 2016) و دو نمونه آلوده در استان لرستان (Hassani Moghaddam et al. 2019) در بین سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۳ گزارش شده است (شکل ۲).



شکل ۱- حداکثر (ستون‌های صورتی)، متوسط (ستون‌های سبز) و حداقل (ستون‌های آبی) محتوای نیترات در سه گروه سبزی.)

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]



شکل ۲- غلظت نیترات اندازه‌گیری شده به روش HPLC (دایره) و اسپکتروفتومتری (مثلث) در سبزیجات برگی. نقاط صورتی و آبی به ترتیب مربوط به نمونه‌های تهیه شده از مزارع و میادین میوه و تره‌بار یا خواروبارفروشی‌ها است. خط چین قرمز نشان دهنده حداکثر حد مجاز نیترات تجمع یافته در سبزیجات است که توسط سازمان ملی استاندارد ایران تعیین شده است (INSO, 2021).

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

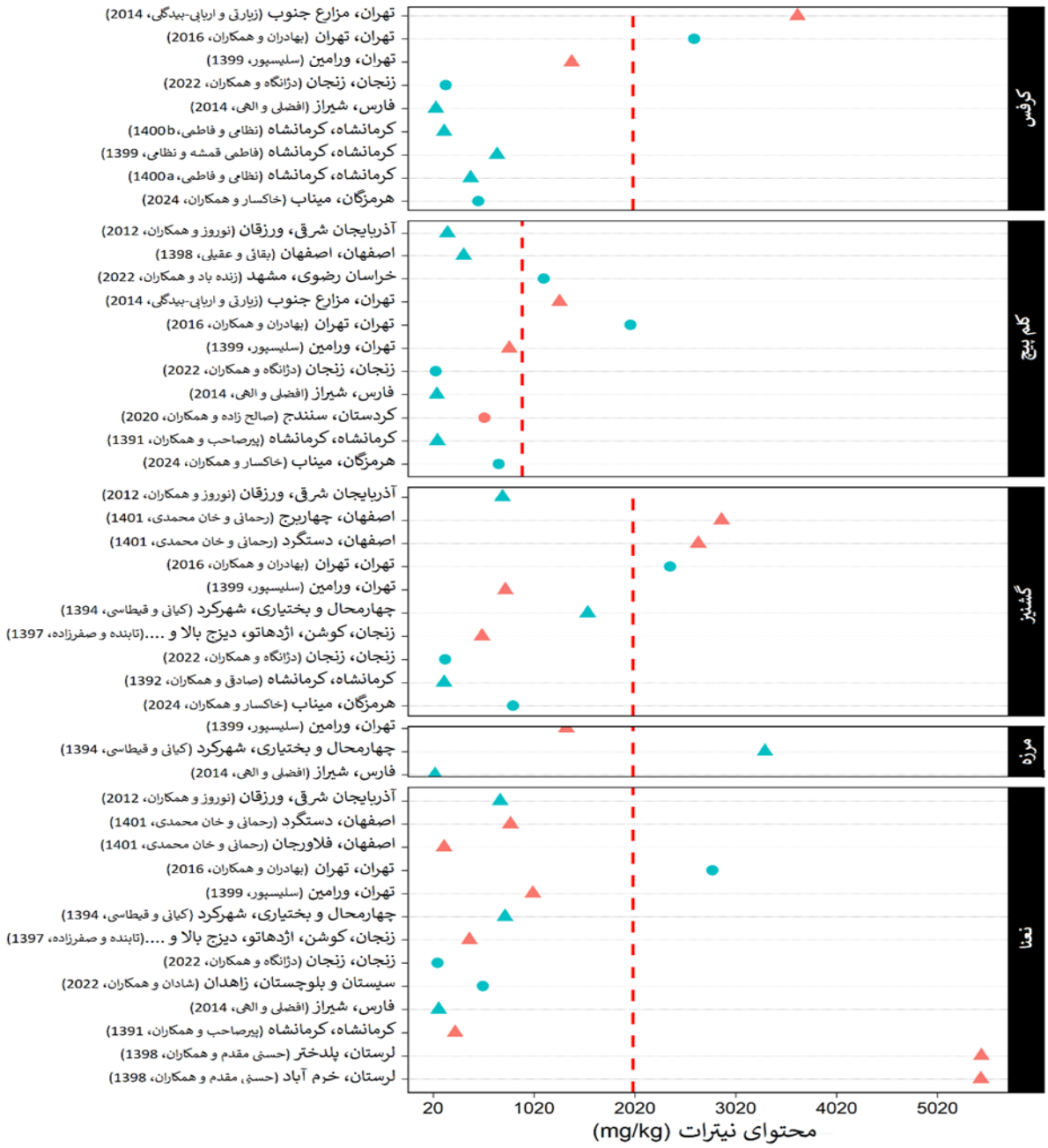
[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]



ادامه شکل ۲- غلظت نیترات اندازه‌گیری شده به روش HPLC (دایره) و اسپکتروفتومتری (مثلث) در سبزیجات برگی. نقاط صورتی و آبی به ترتیب مربوط به نمونه‌های تهیه شده از مزارع و میادین میوه و تره‌بار یا خواروبارفروشی‌ها است. خط چین قرمز نشان دهنده حداکثر حد مجاز نیترات تجمع یافته در سبزیجات است که توسط سازمان ملی استاندارد ایران تعیین شده است (INSO, 2021).

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]



ادامه شکل ۲- غلظت نیترات اندازه‌گیری شده به روش HPLC (دایره) و اسپکتروفتومتری (مثلث) در سبزیجات برگی. نقاط صورتی و آبی به ترتیب مربوط به نمونه‌های تهیه شده از مزارع و میادین میوه و تره‌بار یا خواروبارفروشی‌ها است. خط چین قرمز نشان دهنده حداکثر حد مجاز نیترات تجمع یافته در سبزیجات است که توسط سازمان ملی استاندارد ایران تعیین شده است (INSO, 2021).

غلظت نیترات سبزیجات ریشه‌ای و پیازی در دامنه ۹/۲۹ تا ۶۲۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم قرار داشت (شکل ۱). سازمان ملی استاندارد ایران حداکثر حد مجاز نیترات تجمع یافته در پیاز را

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]

۹۰، تربچه و پیازچه را ۱۰۰۰ و سیب زمینی و هویج را ۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم تعیین کرده است .(INSO, 2021) در بین سبزیجات ریشه‌ای و پیازی بیشترین آلودگی در پیاز مشاهده شده، به طوری که از بین ۲۴ نمونه پیاز بررسی شده، ۷ نمونه آلوده در استان آذربایجان شرقی (Baybordi and Chakharlo, 2021)، یک نمونه آلوده در هر یک از استان‌های اصفهان (Rahmani and Khanmohammadi, 2022)، تهران (Ziarati, and Arbabi-Bidgoli, 2014)، خراسان رضوی (Ram et al. 2022)، سمنان (Roudbari et al. 2022) و همدان (Mousavi Moayeid et al. 2017) گزارش شد (شکل ۳). بی‌شک مقدار پایین حداکثر حد مجاز نیترات تجمع یافته (۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) تعیین شده توسط سازمان ملی استاندارد، باعث قرار گرفتن اکثر نمونه‌های پیاز بررسی شده در بین نمونه‌های آلوده شده است. از بین ۶ نمونه پیازچه و ۷ نمونه تربچه، برای هر سبزی یک نمونه آلوده از هر یک از استان‌های تهران (Bahadoran et al. 2016) و چهارمحال و بختیاری (Kiani and Gheytasi, 2016) ، از بین ۱۶ نمونه سیب زمینی، یک نمونه آلوده از هر یک از استان‌های تهران (Ziarati and Arbabi-Bidgoli, 2014)، خراسان رضوی (Zendehbad et al. 2022) و کرمانشاه (Pirsaheb et al. 2011) و از بین ۸ نمونه هویج، دو نمونه آلوده در استان تهران (Ziarati and Arbabi-Bidgoli, 2014; Bahadoran et al. 2016) یک نمونه آلوده از هر یک از استان‌های خراسان رضوی (Zendehbad et al. 2022) و کردستان (Salehzadeh et al. 2020) در بین سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۳ گزارش شده است (شکل ۳).

غلظت نیترات سبزیجات میوه‌ای و گل‌های نابالغ در دامنه ۱/۱۹ تا ۱۰۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و کمتر از مقدار نیترات تجمع یافته در سبزیجات برگی، ریشه‌ای و پیازی است (شکل ۱). سازمان ملی استاندارد ایران حداکثر حد مجاز نیترات تجمع یافته در خیار، طالبی، گوجه فرنگی، هندوانه و گل کلم را به ترتیب ۳۰۰، ۹۰، ۱۵۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم (INSO, 2021) و سازمان بهداشت جهانی حداکثر حد مجاز نیترات تجمع یافته در بادمجان و خیار را به ترتیب ۴۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم (Afzali and Elahi, 2014) تعیین کرده است. از بین ۴۰ نمونه خیار، یک نمونه آلوده از هر یک از استان‌های تهران (Bahadoran et al. 2016) و سمنان (Roudbari et al. 2022)و دو نمونه آلوده در استان کرمان (Beheshti et al. 2019)، از بین ۴ نمونه طالبی یک نمونه آلوده در استان کرمانشاه (Pirsaheb et al., 2013) ، از بین ۳۸ نمونه گوجه فرنگی، یک نمونه آلوده از هر یک از استان‌های تهران (Bahadoran et al. 2016) ، سمنان (Roudbari

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]

et al. 2022)، کردستان (Salehzadeh et al. 2020) و دو نمونه آلوده در استان مازندران (Shariatpanahi et al. 2021)، از بین ۵ نمونه هندوانه یک نمونه آلوده در استان کرمانشاه (Pirsaheb et al. 2011) و از بین ۴ نمونه گل کلم، یک نمونه آلوده در استان تهران (Bahadoran et al. 2016) در بین سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۳ گزارش شده است (شکل ۴).

شکل ۵ نشان دهنده درصد نمونه‌های سبزی با محتوای نیترات بالاتر از حداکثر حد مجاز در هر استان است. استان‌های خاکستری رنگ، مناطقی هستند که محتوای نیترات سبزیجات تولید شده در مزارع یا گلخانه‌های آن‌ها در بازده زمانی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۳ بررسی نشده است. در واقع از ۳۱ استان ایران که بیشتر آن‌ها از مناطق تولید کننده سبزیجات هستند، تنها مزارع یا گلخانه‌های پرورش سبزی در ۹ استان از نظر محتوای نیترات بررسی شده و سایر بررسی‌ها مربوط به نمونه‌های تهیه شده از میادین میوه و تره بار یا خوار و بار فروشی‌ها بوده و توسط محققان فعال در بخش بهداشت انجام شده است. در بین ۹ استان (اصفهان، تهران، خراسان رضوی، زنجان، سمنان، کردستان، کرمان، کرمانشاه، لرستان) با مزارع یا گلخانه‌های بررسی شده بیشترین درصد نمونه‌های آلوده مربوط به استان لرستان (۱۰۰ درصد) و کمترین درصد نمونه‌های آلوده مربوط به استان‌های خراسان رضوی، زنجان و کرمان (صفر درصد) بود (شکل ۵). در ایران، مسئولیت محصولات کشاورزی تا زمانی که در مزرعه هستند یعنی نوع و میزان کود برعهده وزارت جهاد کشاورزی است، اما زمانی که محصول از مزرعه خارج می‌شود، کیفیت و سلامت آن توسط سازمان غذا و دارو بررسی می‌شود. یعنی بررسی محصولات از نظر تجمع نیترات در مراکز توزیع غذا توسط سازمان غذا و دارو انجام می‌شود، اما متأسفانه به دلیل شناسنامه‌دار نبودن مزارع، گلخانه‌ها و باغات، امکان ردیابی و پیگیری محصولات آلوده وجود ندارد و تلاش‌های انجام شده توسط دو سازمان جهاد کشاورزی و غذا و دارو در تولید و توزیع غذای سالم آنچنان که باید نتیجه بخش نیست.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

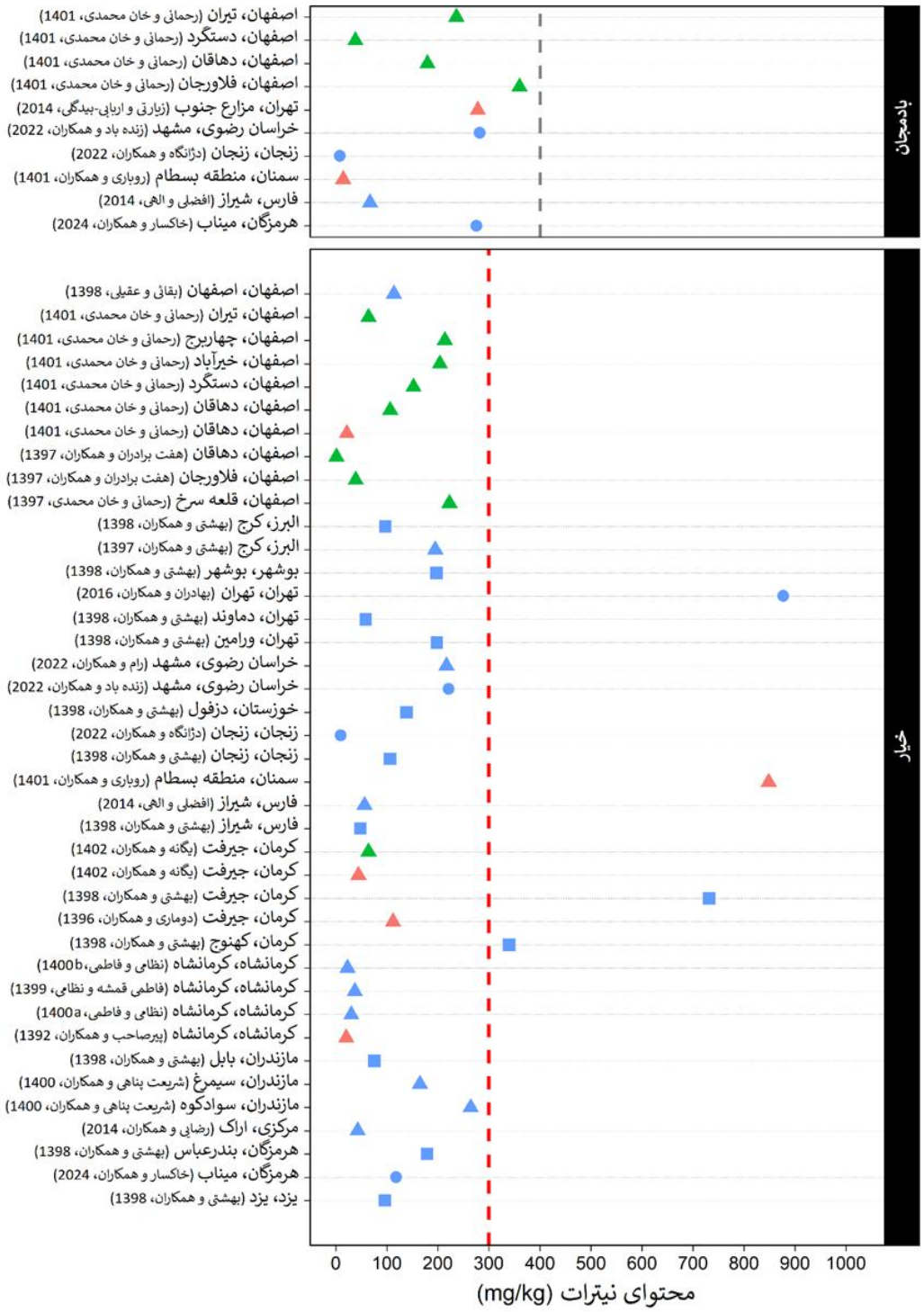
[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]



شکل ۳- غلظت نیترات اندازه‌گیری شده به روش HPLC (دایره) و اسپکتروفتومتری (مثلث) در سبزیجات ریشه‌ای و پیازی. نقاط صورتی و آبی به ترتیب مربوط به نمونه‌های تهیه شده از مزارع و میادین میوه و تره‌بار یا خواروبارفروشی‌ها است. خط چین قرمز نشان دهنده حداکثر حد مجاز نیترات تجمع یافته در سبزیجات است که توسط سازمان ملی استاندارد ایران تعیین شده است (INSO, 2021).

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

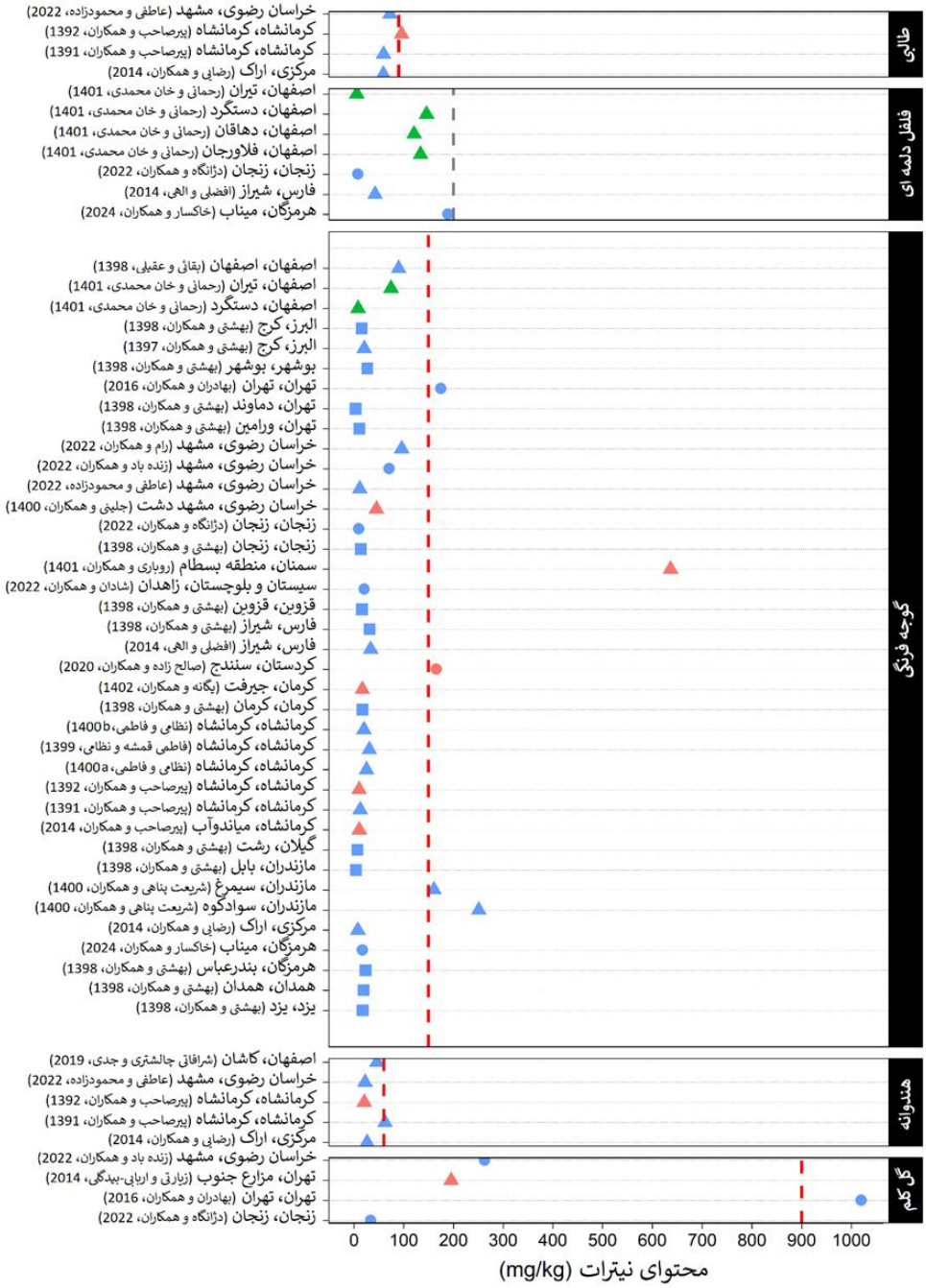
[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]



شکل ۴- غلظت نیترات اندازه‌گیری شده به روش HPLC (دایره)، اسپکتروفتومتری (مثلث) و تیتراسیون (مربع) در سبزیجات میوه‌ای و گل نابالغ. نقاط صورتی، آبی و سبز به ترتیب مربوط به نمونه‌های تهیه شده از مزارع، میادین میوه و تره‌بار یا خواروبارفروشی‌ها و گلخانه‌ها است. خط چین قرمز و خاکستری به ترتیب نشان دهنده حداکثر حد مجاز نیترات تجمع یافته در سبزیجات تعیین شده توسط سازمان ملی استاندارد ایران (INSO, 2021) و سازمان بهداشت جهانی (برای سبزیجاتی با حداکثر حد مجاز تعیین نشده توسط سازمان ملی استاندارد؛ افضلی و الهی، ۲۰۱۴) است.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]



ادامه شکل ۴- غلظت نیترات اندازه‌گیری شده به روش HPLC (دایره)، اسپکتروفتومتری (مثلث) و تیتراسیون (مربع) در سبزیجات میوه‌ای و گل نابالغ. نقاط صورتی، آبی و سبز به ترتیب مربوط به نمونه‌های تهیه شده از مزارع، میادین میوه و تره‌بار یا خواروبارفروشی‌ها و گلخانه‌ها است. خط چین قرمز و خاکستری به ترتیب نشان دهنده حداکثر حد مجاز نیترات تجمع یافته در سبزیجات تعیین شده توسط سازمان ملی استاندارد ایران (INSO, 2021) و سازمان بهداشت جهانی (برای سبزیجاتی با حداکثر حد مجاز تعیین نشده توسط سازمان ملی استاندارد؛ افضلی و الهی، ۲۰۱۴) است.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]



شکل ۵- درصد نمونه های سبزی حاوی محتوای نیترات بالاتر از حداکثر حد مجاز نیترات تجمع یافته. از آنجایی که محل تولید نمونه‌های سبزی تهیه شده از میادین و خوار و بار فروشی‌ها نامشخص است، در این شکل صرفاً از داده‌های مربوط به نمونه‌های مزارع و گلخانه‌های هر استان استفاده شده است. طی دهه ۱۳۹۰ و سال‌های ابتدایی دهه ۱۴۰۰، محتوای نیترات سبزیجات مربوط به استان‌های خاکستری رنگ بررسی نشده است.

کمیته علمی غذا کمیسیون اروپا میزان مصرف قابل قبول روزانه نیترات را حداکثر ۳/۶۵ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن بدن (SCF, 1995) و کمیسیون مشترک سازمان غذا و کشاورزی (FAO) و سازمان بهداشت جهانی (WHO) ، صفر تا ۳/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن بدن تعیین کرده است (Speijers, 1996). بر این اساس (۳/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن بدن)، فردی با میانگین وزن ۷۰ کیلوگرم نباید روزانه بیش از ۲۵۹ میلی‌گرم نیترات مصرف کند. بر اساس داده‌های گزارش شده از محتوای نیترات سبزیجات ایران در بین سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۳ متوسط نیترات موجود در سبزیجات کاهو، کلم، گوجه فرنگی، خیار و هویج به ترتیب برابر با ۱۰۸۸/۹۶، ۶۱۷/۶۲، ۲/۹۴، ۸/۴۴ و ۱۳/۰۶ میلی‌گرم در کیلوگرم و همگی کم‌تر از حداکثر حد مجاز نیترات تجمع یافته در سبزیجات تعیین شده توسط سازمان ملی استاندارد ایران است. FAO و WHO مصرف حداقل ۴۰۰ گرم سبزیجات در روز را توصیه کرده‌اند (FAO/WHO, 2005). با فرض این که یک فرد ایرانی برای عمل کردن به توصیه فوق، روزانه یک ظرف سالاد ۴۰۰ گرمی محتوی ۲۰۰ گرم کاهو، ۵۰ گرم کلم، ۵۰ گرم گوجه فرنگی، ۵۰ گرم خیار و ۵۰ گرم هویج بخورد (مقدارهای فرضی)، ۲۷۳/۱۱ میلی‌گرم نیترات مصرف کرده است. یعنی روزانه ۱۴/۱۱ میلی‌گرم نیترات بیشتر از حد مجاز تعیین شده توسط کمیسیون مشترک FAO و WHO وارد بدن یک فرد ۷۰ کیلوگرمی می‌شود.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]

به این ترتیب افـرادی کـه در رژیـم غذایـی آن‌ها میـزان زیـادی سـبزیجات وجـود دارد، افـراد گیاهخوار، افرادی با وزن کم و کودکان در معرض خطر بیشتری قرار دارند. ضمن این که نقش سایر منابع نیترات بدن از جمله آب، سـایر محصـولات کشاورزی، لبنیات و فـرآورده‌هـای گوشـتی ماننـد سوسـیس و کالباس، انواع سـس‌ها و امثـال آن را در تجمع نیترات در بدن را نبایـد نادیـده گرفـت. بنابراین به نظر می‌رسد که حداکثر غلظـت مجـاز نیترات تعیین شده توسط سازمان ملـی اسـتاندارد ایران با در نظر گـرفتن سـرانه مصـرف سـبزی در ایران تهیه شده است و با توجه به سلیقه و رژیـم غذایی متفـاوت مصـرف‌کنندگان نبایـد بـه تولیـد سبزیجات با حد مجاز نیترات بر اساس مقدارهای تعیین شده توسط سـازمان ملـی اسـتاندارد ایـران اکتفا کرد. باید کشاورزان را به تولید غذای سـالم تشویق کرد. تولید غـذای سـالم، هـر چنـد دارای عملکرد کمتری است، امـا از قیمـت بـالاتری نیـز برخوردار است. فرهنگ‌سازی در جامعه در جهت خرید و مصرف محصولات سالم حتی با قیمت بالا کمک بسـیاری در جهـت علاقه‌منـدی و رضـایت کشـاورز از کشـت محصـولات سـالم بـا حـداقل مصرف کود خواهـد داشـت. اگـر دولـت کـاهش درآمد محصولات سالم را از طریـق تعیـین مـلاک تشـخیص آن‌هـا ارائـه نمایـد، میـزان اسـتفاده از کودهای شیمیایی تا حد زیادی کاهش پیدا خواهد کرد. چرا که مصرف‌کنندگان به راحتی اعتماد کرده و حاضر به پرداخت هزینه بیشـتر در قبـال حفـظ سلامتی خود می‌باشد. البته نبایـد نقـش وضـعیت اقتصادی مصرف‌کنندگان در مصرف غذای سالم را نادیـده گرفـت. برخـی از اقـدامات مـوثر جهـت جلوگیری از تجمع نیترات در سبزیجات عبارتنـد از:

(1)مدیریت دقیق کود نیتروژن: مـدیریت دقیـق کود باید با در نظر گرفتن اثرات متقابل بین عرضه نیترات، عوامل محیطی و تفاوت‌های ژنتیکی بـین گونه‌های گیاهی باشد که بر جذب، اسمیلاسیون و توزیع نیترات در گیاهان اثر می‌گذارد. با این حال، در حال حاضر، فقدان حسگرها برای تعیین سریع و دقیق غلظت نیترات در گیاهان و محلول غذایی یا خاک، کاربرد مـدیریت دقیـق کـود نیتـروژن را محدود کرده اسـت .(Rogovska et al. 2019) در حال حاضر می‌توان مقدار مناسـب کـود نیتـروژن قابل مصرف در طی رشد سـبزیجات را از طریـق آزمـون خـاک و آزمـون بافـت گیـاه تعیـین کـرد. چنانچه مصرف کود نیتروژن بر اساس آزمون خاک و نیاز واقعی گیاه محاسـبه شـود، می‌تـوان ضـمن تولید عملکرد مطلوب از تجمع زیانبار نیتـرات در سبزیجات جلوگیری کرد. کاربرد کود نیتروژن یک بار در ابتدای چرخه کشت در کنترل تجمع نیترات موثر است، زیرا با رسیدن گیاهان به انـدازه قابـل فروش، غلظت نیترات گیاه و خاک کاهش می‌یابد

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]

.(Nazaryuk et al. 2002) استفاده از کودهای مبتنی بر آمونیاک یا مخلوطی از نیترات و آمونیوم می‌تواند محتوای نیترات را در گیاهان کاهش دهد .(Anjana and Iqbal, 2007) بسته به این که کدام اندام سبزی مصرف می‌شود، می‌توان کود مناسب را انتخاب کرد، به عنوان مثال ترتیب تجمع نیترات در برگ‌های کلم در اثر استفاده از کودهای نیتروژن‌دار مختلف عبارت است از: آمونیوم سولفات> آمونیوم نیترات> آمونیوم کربنات> اوره و برای تجمع نیترات در دمبرگ عبارت است از: آمونیوم کربنات> آمونیوم سولفات> آمونیوم نیترات> اوره .(Anjanaand Iqbal, 2009) کاربرد کودهای با رهایش کنترل شده و کند رها شونده به جای کودهای معمولی روش دیگری برای کاهش محتوای نیترات سبزیجات است. معتمدی و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردند که کاربرد کود کامل (NPK) با رهایش کنترل شده از طریق استفاده از سه فرمول پلیمر زیستی مبتنی بر آب شامل اکریلیک اسید-کو-آکریل آمید، استیرن-کو-بوتیل آکریلات و امولسیون موم کارناوبا برای گوجه فرنگی گلخانه‌ای تجمع نیترات در میوه گوجه فرنگی را به میزان معنی‌داری نسبت به گیاهان تیمار شده با کود کامل کاهش داد. همچنین می‌توان غلظت نیترات موجود در سبزیجات را با عدم کوددهی سبزیجات در مراحل پایانی رشد کاهش داد. به این ترتیب گیاهان قادرند از نیترات انباشته شده در واکوئل‌ها برای رشد مجدد استفاده کنند و در نتیجه نیترات انباشته شده در آن‌ها کاهش یابد (.Santamaria et al 2001) تعادل عناصر غذایی هم بر وضعیت نیترات گیاهان تأثیر می‌گذارد. استفاده صحیح از کودهای نیتروژن‌دار، فسفر، پتاسیم تجمع نیترات در سبزیجات را کاهش می‌دهد (.Zhou et al 2000) به عنوان مثال، اثرات پتاسیم بر فعالیت آنزیم‌ها، انتقال قند، انتقال آب و مواد غذایی، ساخت پروتئین و متابولیسم کربوهیدرات‌ها منجر به اثر بخش بودن آن در مسیر احیای نیترات است .(Balotf and Kavoosi, 2011)

(2) مدیریت دقیق محلول غذایی در سیستم‌های هیدروپونیک: حذف فرم نیتراتی نیتروژن در محلول غذایی یا جایگزینی آن با فرم آمونیومی نیتروژن، اوره، آمینواسیدها، کلرید یا سولفات چند هفته قبل از برداشت محصول در کنترل تجمع نیترات موثر است (Anjana and .Iqbal, 2007) به عنوان مثال، افزودن مخلوطی از آمینواسیدهای استخراج شده از پودر خون به محلول غذایی به میزان قابل توجهی تجمع نیترات در پیاز را کاهش داد. این کاهش با فعالیت کمتر NR، افزایش فعالیت GS، تولید بیشتر آمونیوم و آمینواسید در پیاز همراه بود (.Mobini et al 2014). استفاده از آمینواسیدها مانع از بیان ژن‌های کد کننده انتقال دهنده نیترات در ریشه و به دنبال

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]

آن کاهش جذب نیترات می‌شود. از طرف دیگر، از آنجا که آمینواسیدها محصول نهایی جذب و احیای نیترات هستند، بنابراین غلظت بالای آمینواسیدها در بافت‌های گیاه باعث ممانعت از جذب نیترات می‌شود (Tsay et al. 2007). همچنین می‌توان مقداری از نیتروژن نیتراتی موجود در محلول غذایی را با نیتروژن آمونیومی جایگزین کرد. در این حالت باید pH محلول غذایی دقیقاً روی ۵/۵ تنظیم شود، زیرا هنگامی که گیاهان یون‌های آمونیوم را جذب می‌کنند، پروتون‌ها را به محلول غذایی دفع می‌کنند تا تعادل الکتریکی داخلی خود را حفظ کنند. این باعث کاهش pH محلول غذایی و آسیب به گیاهان حساس به شرایط اسیدی می‌شود (Ohashi-Kaneko, 2020). باید در نظر داشت که برخی سبزیجات مثل گوجه فرنگی، خیار، هندوانه و طالبی فرم نیتراتی نیتروژن را بر فرم آمونیومی ترجیح می‌دهند، از این رو به دست آوردن نسبتی که در آن هم رشد و نمو و هم عملکرد مناسبی به دست آید و از سوی دیگر غلظت نیترات به حد بحرانی نرسد مهم است (Olfati-Chirani et al. 2008).

(3)استفاده منطقی از کودهای آلی به جای کودهای معدنی: از آنجایی که کودهای آلی محتوای نیتروژن خود را به تدریج آزاد می‌کنند، تجمع بیش از حد نیترات در سبزیجات محدود می‌شود. بر اساس نتایج گزارش شده توسط دانشور و همکاران (۲۰۱۸) کاربرد کودهای آلی ورمی‌کمپوست و کمپوست میزان نیترات تجمع یافته در ساقه کرفس را به میزان معنی‌داری نسبت به تمام سطوح کودهای معدنی مورد استفاده (اوره و نیترات آمونیوم) کاهش داد.

(4)مدیریت ریزمغذی‌ها: مونکادو و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که افزودن مولیبدن (Mo؛ ۰/۵، ۱/۵، و ۳ میکرومول در لیتر) به محلول‌های غذایی تجمع نیترات در سبزیجات کاهو، اندیو فری و اسکرول پرورش داده شده در کشت شناور را کاهش داد. اثر مثبت Mo بر احیای نیترات به دلیل ضروری بودن آن در عملکرد NR است (Huang et al. 2022). با این حال، Mo سبب افزایش سریع فعالیت نیترات ردوکتاز در گیاهانی که کمبود Mo دارند می‌شود و این امر در مورد گیاهانی که کمبود ندارند صادقنیست. آهن (Fe) نیز در متابولیسم نیترات نقش مهمی ایفا می‌کند، زیرا Fe به عنوان کوفاکتور فلزی آنزیم‌های دخیل در مسیر اسمیلاسیون نیترات عمل می‌کند. گزارش شده که کمبود آهن محلول غذایی احیای نیترات را با محدود کردن فعالیت NR و کاهش رونوشت‌های آن در برگ‌های خیار تحت تأثیر قرار داده است (Borlotti et al. 2012).

(5)استفاده از عنصر مفید سلنیوم (Se): محمدی و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که کاربرد

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]

سلنیوم (۲ میلی‌گرم در لیتر) و نانو ذرات سلنیوم (۱ و ۲ میلی‌گرم در لیتر) به میزان قابل توجهی غلظت نیترات کاهو هیدروپونیک را کاهش داد. سلنیوم عملکرد مثبتی در کاهش تجمع نیترات از طریق تنظیم جابجایی نیترات با کاهش انتقال نیترات به بخش هوایی و افزایش فعالیت آنزیم‌های مرتبط با متابولیسم نیتروژن شامل آنزیم‌های NR، NiR، GS و گلوتامات سنتاز در کاهو نشان داده است (Lei et al. 2018).

(6)کاربرد محرک‌های زیستی: از محرک‌های زیستی برای تقویت تغذیه گیاه و در عین حال کاهش وابستگی به کودها استفاده می‌شود (Kisvarga et al. 2022). محرک‌های زیستی عمدتاً از ترکیبات طبیعی موجود در اکوسیستم‌های آبی و خشکی و متابولیت‌هایی با منشأ میکروبی یا گیاهی ساخته می‌شوند (Yakhin et al. 2017). این مواد شامل اسیدهای هیومیک و اسیدهای فولویک، عصاره علف‌های دریایی، آمینواسیدها، مخلوط ژلاتین، مواد غیر پروتئینی، فنل‌ها و سالیسیلیک اسید هستند (Malik et al. 2021؛ Kisvarga et al. 2022). تاسکانا و همکاران (۲۰۲۳) اثر مثبت محلول پاشی عصاره درخت مورینگا و دو محرک زیستی دیگر (®TRAINER، ®AQUAMIN) بر کاهش نیترات میکروگرین‌های شلغم و تربچه را گزارش کردند. به طور مشابه، ال-ناخل و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردند که اسپری چهار محرک زیستی (دو محرک زیستی حاصل هیدرولیز آنزیمی گونه‌های Fabaceae، محرک زیستی ساخته شده از عصاره یونجه، جلبک و ملاس غنی از آمینواسیدها با وزن مولکولی کم، محرک زیستی ساخته شده از بتائین، آلژینیک اسید و کایدرین) غلظت نیترات در منداب رشد یافته در گلخانه را کاهش داد. ناگفته نماند که اثر محرک‌های زیستی بر متابولیسم نیترات سبزیجات برگی وابسته به گونه گیاهی و نوع محرک زیستی و همچنین تحت تأثیر غلظت و زمان مصرف است (Kunicki et al. 2010). عملکرد مثبت محرک‌های زیستی در کاهش نیترات ممکن است با کاهش بیان ژن‌های ناقل نیترات و همچنین افزایش سطح رونوشت ژن‌های موثر در مسیر احیای نیترات مانند NR و NiR ایجاد شود (Liu et al. 2012).

(7)کاربرد بازدارنده‌های نیتریفیکاسیون: نیتریفیکاسیون فرآیندی میکروبی است که آمونیاک را به نیتریت و سپس به نیترات تبدیل می‌کند. اولین مرحله و مرحله محدود کننده سرعت در نیتریفیکاسیون، اکسیداسیون آمونیاک است که توسط باکتری‌ها و آرکی‌باکتری‌ها انجام می‌شود. در کشاورزی، کنترل این فرآیند بسیار مهم است، زیرا نرخ نیتریفیکاسیون بالا منجر به شستشوی نیترات خاک، کاهش دسترسی گیاهان به نیتروژن و مشکلات زیست محیطی مانند پیرآبی و انتشار

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]

گازهـــای گلخانـــه‌ای می‌شـــود. بازدارنـــده‌های نیتریفیکاسـیون را می‌تـوان بـرای جلـوگیری از نیتریفیکاسـیون اسـتفاده کـرد و بـه ایـن ترتیـب آلودگی نیتروژن را کاهش داد (Beeckman et al. 2024). همچنـین بازدارنـده‌های نیتریفیکاسـیون نسبت یون آمونیـوم بـه نیتـرات محلـول خـاک را افزایش، میزان نیترات خـاک را کـاهش و کـارایی مصرف نیتروژن را افز ایش می‌دهند (Anjana & Iqbal, 2007). ژانگ و همکاران (۲۰۲۲) گـزارش کردند که کاربرد بازدارنده‌های نیتریفیکاسیون دی سیاندیامید و ۳،۴-دی متیل پیرازول فسفات منجر به کاهش محتوای نیترات میوه‌های فلفل شـد. اثـر مثبت بازدارنده‌های نیتروفیکاسیون (نیتروپیـرین و کربومیل متیل پیرازول) در کاهش تجمع نیترات در کلم پیچ و کاهو گزارش شده است (Susaj et al. 2012).

(8)آزمون آب آبیاری سبزیجات از نظر محتوای نیترات: رشـد جمعیـت، کمبـود آب و نگرانـی در مورد پایداری استفاده از آب برای تغذیه جمعیـت انسانی آینده، نیاز به بازیافت و اسـتفاده از منـابع آب غیرمتعارف شامل پساب، آب‌های شـور و آب حاصل از زهکشی برای آبیاری و سایر مصارف را در بسیاری از کشورها به دنبال دارد. امـا نبایـد از اثرات جانبی آن‌ها بر رشد و کیفیت محصول غافل شد. به عنوان مثال، آبیاری با پساب تصـفیه شـده حتی پس از تصفیه با بیوراکتورهـای غشـایی، بـه دلیل غلظت بالای نیترات آن منجر به افزایش قابل توجه نیتـرات تجمـع یافتـه در پـاک-چـوی شـد (Yang et al. 2015). همچنین، گزارش شـده کـه میـزان نیتـرات سـبزیجات آبیـاری شـده بـا آب رودخانه زاینـده رود بیشـتر از آب چـاه بـود کـه می‌تواند به دلیل ورود فاضلاب‌های صنعتی به آب رودخانـه باشـد (Kafeshani et al. 2013). در مقابل، آبیاری کاهو با آب شور منجـر بـه کـاهش تجمع نیترات در کاهوی کشت شده در گلخانه شد (Di Mola et al. 2017) که ممکن است به رقابت نیترات و یون کلرید بـرای اشـغال کانـال آنیـونی موجود در غشای سـلولی پارانشـیم آونـد چـوبی مربوط باشد (Borgognone et al. 2016).

(9)تنظیم دما در محیط‌های کنترل شده (گلخانه یا مزارع عمودی): دمای بهینه نه تنها قـادر اسـت قابلیت فتوسـنتز را بـا تنظـیم فعالیـت آنزیم‌هـای درگیر در تثبیت دی‌اکسید کربن افزایش دهد، بلکه بر جذب، توزیع و احیای نیتـرات در گیاهـان اثـر گـذار اسـت (He et al. 2010). گیاهـانی کـه در گلخانه رشد می‌کنند اغلب با تنش گرمایی مزمن و ناگهـانی در طـول ماه‌هـای گـرم تابسـتان مواجـه می‌شوند. تنش گرمایی می تواند فعالیت NR را به شدت کاهش دهد و جذب نیتـرات را در گیاهـان مختل کند (Prasad et al. 2008). دما همچنین بـر حلالیت کود و ظرفیت جذب اکسیژن توسط ریشه

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]

و در نهایت بر جذب نیترات تأثیر می‌گذارد (Khan et al. 2018).

(10) افزایش غلظت دی‌اکسید کربن در محیط‌های کنترل شده: به طور کلی افزایش غلظت دی‌اکسید کربن غلظت نیترات سبزیجات را ۱۸ درصد و به طور خاص در سبزیجات میوه‌ای و برگی به ترتیب به میزان ۲۶/۲ و ۱۸/۸ درصد کاهش داد (Dong et al. 2018a). البته اثر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن بر غلظت نیترات وابسته به گونه است، به عنوان مثال افزایش غلظت دی‌اکسید کربن غلظت نیترات را در خیار تا حد زیادی کاهش داد (Dong et al. 2018b)، اما در مورد گوجه فرنگی نتایج عکس مشاهده شد و غلظت نیترات گوجه‌فرنگی بسیار افزایش یافت (Wei et al. 2018). افزایش غلظت دی‌اکسید کربن میزان اسمیلاسیون نیترات را نسبت به جذب نیترات افزایش می‌دهد. افزایش کربوهیدرات‌ها در اثر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن قادر است رونویسی، تنظیمات پس از ترجمه NR و به دنبال آن احیای نیترات را افزایش دهد و کربن بیشتری را برای اسیملاسیون یون آمونیوم فراهمکند (Natali et al. 2009).

(11) تنظیم نور در محیط‌های کنترل شده: نور با القای بیان ژن‌های NR، افزایش فعالیت NR و ارائه احیا کننده‌ها، احیای نیترات را تحریک می‌کند (Iglesias-Bartolomé et al. 2004). احیا کننده‌های مورد استفاده برای احیای نیترات در برگ‌های گیاه از انتقال الکترون فتوسنتزی تولید می‌شوند (Busch et al. 2018). در نتیجه کمبود نور منجر به تجمع نیترات می‌شود. از طرف دیگر، در شرایط نور کم نیترات می‌تواند به عنوان اسموتیکوم عمل کند و منجر به تجمع بیش از حد نیترات در گیاهان شود (Burns et al. 2010). به طور کلی، اثرات نور بر جذب، احیا و توزیع نیترات در گیاهان را می‌توان به شدت، مدت یا طیف نور طبقه‌بندی کرد (Bian et al. 2020). (الف) شدت نور: افزایش شدت نور در محدوده معینی قادر است فعالیت آنزیم‌های موثر در متابولیسم نیترات را القا و انرژی بیشتری برای احیای نیترات فراهم کند. به عنوان مثال، غلظت نیترات در کاهو، اسفناج، آندیو، تربچه و چغندر با افزایش شدت نور دیودهای نوری (LED) به میزان قابل توجهی کاهش یافت (Nájera and Urrestarazu, 2019). افزایش شدت نور تکمیلی LED آبی از صفر به ۱۵۰ میکرومول در متر مربع در ثانیه قبل از برداشت پاک‌چوی (*Brassica rapa*) غلظت نیترات آن را کاهش داد (Zheng et al. 2018). تمیز نگهداشتن و تعویض به موقع پوشش گلخانه مانع از کاهش شدت نور و تحت تأثیر قرار گرفتن احیای نیترات می‌شود. (ب) مدت روشنایی: افزایش مدت زمان نور یا اصلاح دوره نوری با استفاده از منابع نور مصنوعی

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]

می‌تواند ساخت کربوهیدرات‌ها را افزایش دهد و در نتیجه احیای نیترات را با فراهم کردن منبع مداوم انرژی احیا کننده و تولید کربن تحریک کند. شیباوا و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردند که می‌توان از طریق استفاده از روشنایی مداوم (دوره نوری ۲۴ ساعت) بدون افزایش هزینه انرژی (با حفظ انتگرال نور روزانه: تعداد فوتون‌های فتوسنتزی که طی روز در واحد سطح پخش می‌شود) عملکرد و ارزش غذایی میکروگرین‌های کلم بروکلی و تربچه را افزایش و محتوای نیترات آن‌ها را نسبت به دوره نوری استاندارد ۱۶ ساعت کاهش داد. علاوه بر این، افزایش ارزش غذایی و کاهش محتوای نیترات نیز با استفاده از روشنایی مداوم برای چند روز قبل از برداشت امکان‌پذیر است. (پ) طیف نور: در میان طیف‌های مختلف نور، نورهای قرمز (۶۰۰-۷۰۰ نانومتر) و آبی (۴۰۰-۵۰۰ نانومتر) نه تنها توسط رنگدانه‌های برگی برای هدایت فتوسنتز جذب می‌شوند، بلکه توسط گیرنده‌های نوری برای تنظیم متابولیسم در گیاهان از طریق تحریک بیان ژن‌ها درک می‌شوند (Monostori et al. 2018). بنابراین طول موج‌های قرمز و آبی به عنوان کارآمدترین منابع نور برای پرورش سبزیجات در محیط‌های کنترل شده در نظر گرفته می‌شوند. در شدت نور پایین، نور قرمز در مقایسه با نور آبی کارایی بالاتری در احیای و کاهش غلظت نیترات در منداب (Eruca sativa و *Diplotaxis tenuifolia*) نشان داده است (Signore et al. 2020). کاربرد نور LED قرمز (۶۳۸ نانومتر) قبل از برداشت محصول به مدت ۳ روز به میزان قابل توجهی غلظت نیترات را کاهش و همزمان غلظت متابولیت‌های ثانویه و کربوهیدرات موجود در سبزیجات افزایش داد (Bliznikas et al. 2012). با این که اثر نور آبی بر کاهش تجمع نیترات در گیاهان بسیار ضعیف‌تر از نور قرمز است، هنگامی که نور آبی با سایر طیف‌های نور ترکیب می‌شود، اثر مثبتی بر کاهش غلظت نیترات نشان و همزمان تجمع متابولیت‌های ثانویه در سبزیجات را افزایش داد. افزودن نور LED آبی به نور سفید در کاهش غلظت نیترات در کاهو پرورش یافته در سیستم هیدروپونیک موثر بود (Chen et al, 2016). هنگامی که نور سبز به سایر طیف‌های نوری یا نور طبیعی اضافه شود، اثر مثبتی در کاهش نیترات در گیاهان دارد. نتایج مطالعات نشان داده‌اند که افزودن نور سبز به LEDهای قرمز و آبی می‌تواند آسیب نوری ناشی از نور پیوسته را کاهش و احیای نیترات در کاهو هیدروپونیک را با افزایش فعالیت NR و تحریک بیان ژن‌های NR افزایش دهد (Bian et al. 2018).

(12) برداشت سبزیجات در زمان و سن فیزیولوژیک مناسب: محتوا و فعالیت NR وابسته به شدت نور است. فعالیت NR در پایان شب کم است، پس از ۲ تا ۳ ساعت دوره نوری به حداکثر

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]

مقدار افزایش و سپس کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد که محتوای نیترات چندین ساعت پس از حداکثر شدن فعالیت NR کاهش می‌یابد، بنابراین برداشت در بعد از ظهر یعنی پس از اوج فعالیت NR مطلوب است (Ohashi-Kaneko, 2020). همچنین، تعادل نیترات در سبزیجات بسته به محصول دو حالت دارد. (الف) با نزدیک شدن به زمان برداشت سبزیجاتی مانند گوجه فرنگی و سیب زمینی که میوه یا اندام ذخیره‌ای دارند، غلظت نیترات دمبرگ‌ها کاهش می‌یابد. کاهش غلظت نیترات دمبرگ در این سبزیجات به انتقال نیتروژن به میوه یا هر اندام ذخیره‌ای دیگر که در حال تکامل است و کاهش تدریجی نیتروژن موجود در خاک بستگی دارد. (ب) در سبزیجات برگی با افزایش سن سبزی تجمع نیترات در برگ‌ها ادامه می‌یابد. بنابراین، تعیین سن فیزیولوژیک بهینه برای برداشت سبزیجات برگی مسئله مهمی است. با برداشت زودتر سبزیجات برگی می‌توان از تجمع بیش از حد نیترات در آن‌ها جلوگیری کرد (Anjana and Iqbal, 2007).

(13) انتخاب ژنوتیپ‌هایی که نیترات کمتری دارند: غربالگری ارقام با سطوح پایین تجمع نیترات محتوای نیترات سبزیجات را کاهش می‌دهد و در نتیجه کیفیت سبزیجات برای مصرف انسان را بهبود می‌بخشد. تحقیقات نشان داده است که تجمع نیترات یک صفت کمی است و توسط ژن‌های چندگانه کنترل می‌شود (Harrison et al. 2004). تفاوت ژنوتیپ‌های مختلف از نظر تجمع نیترات می‌تواند به دلیل تفاوت در فعالیت آنزیم‌های مسیر احیای نیتروژن، مکان‌های مختلف احیای نیترات، ظرفیت فتوسنتزی، سطح بیان ژن‌های کد کننده ناقل نیترات، سرعت جذب سایر عناصر مورد نیاز برای فعالیت آنزیم‌ها، یا تفاوت در تولید دهنده‌های الکترون مورد نیاز برای احیای نیترات باشد (Anjana and Iqbal, 2007; M'hamdi et al. 2016). جعفری و جلیلی (۲۰۱۳) با مقایسه ۵ ژنوتیپ اسفناج رایج برای کاشت در استان اصفهان (بذر خاردار ورامین، برگ پهن ورامین، شهرضا، نجف آباد و کاشان) توده بذر خاردار ورامین با عملکرد و درصد نیترات قابل قبول را به عنوان جایگزین ژنوتیپ‌های رایج استان اصفهان معرفی کردند.

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر نشان داد که از سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۳ غلظت نیترات در اکثر نمونه‌های سبزی کمتر از حد استاندارد بوده است. غلظت نیترات در سبزیجات برگی (متوسط ۱۳۲۹/۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به میزان قابل توجهی بیشتر از سبزیجات ریشه‌ای و پیازی (متوسط ۴۸۴/۲۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و سبزیجات میوه‌ای و گل‌های نابالغ (متوسط ۱۲۴/۷۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. در

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]

این بازده زمانی، از ۳۱ استان ایران که بیشتر آن‌ها از مناطق تولید کننده سبزیجات هستند، تنها مزارع یا گلخانه‌های پرورش سبزی در ۹ استان از نظر محتوای نیترات بررسی شده و سایر بررسی‌ها مربوط به نمونه‌های تهیه شده از میادین میوه و تره بار یا خوار و بار فروشی‌ها بوده است. ارزیابی آلودگی محصولات کشاورزی در مراکز توزیع منجر به اطلاع یافتن از وضعیت سلامت غذایی محصولات و معدوم کردن محصولات آلوده می شود، اما امکان برخورد با کشاورزان بی‌توجه به حقوق مصرف کننده را فراهم نمی‌کند. شناسنامه‌دار کردن محصولات کشاورزی جهت ردیابی محصولات آلوده اقدامی ضروری در کاهش آلودگی نیترات سبزیجات و حمایت از حقوق مصرف کننده است. برای رسیدن به کیفیت مطلوب باید کشاورزان را به تولید غذای سالم تشویق و شرایط کشت را به دقت کنترل کرد. همچنین راهکارهایی برای کاهش تجمع نیترات در سبزیجات به کشاورزان ارائه داد.

فهرست منابع

References

Afzali SF, Elahi R. 2014. Measuring nitrate and nitrite concentrations in vegetables, fruits in Shiraz. Journal of Applied Sciences and Environmental Management. 18: 451-457.

Ali A. 2020. Nitrate assimilation pathway in higher plants: critical role in nitrogen signalling and utilization. Plant Science Today 7: 182-192. https://doi.org/10.14719/pst.2020.7.2.637.

Anjana SU, Iqbal M. 2007. Nitrate accumulation in plants, factors affecting the process, and human health implications. A review. Agronomy for Sustainable Development. 27: 45-57. https://doi.org/10.1051/agro:2006021.

Anjana SU, Iqbal M. 2009. Factors responsible for nitrate accumulation: A review. In: Lichtfouse E, Navarrete M, Debaeke P, Véronique S, Alberola C. (Eds.) Sustainable agriculture. Springer, Dordrecht, The Netherlands. 533-549. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8_33.

Bahadoran Z, Mirmiran P, Jeddi S, Azizi F, Ghasemi A, Hadaegh F. 2016. Nitrate and nitrite content of vegetables, fruits, grains, legumes, dairy products, meats and processed meats. Journal of Food Composition and Analysis. 51: 93-105. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.06.006.

Balotf S, Kavoosi G. 2011. Differential nitrate accumulation, nitrate reduction, nitrate reductase activity, protein production and carbohydrate biosynthesis in response to potassium and sodium nitrate. African Journal of Biotechnology 10: 17973-17980. https://academicjournals.org/login.

Baybordi A, Chakharlo S. 2021. Nitrate concentration monitoring in the edible organ of Azarshahr onion in East Azarbaijan Province. Fodder and Feed Extension Journal. 2: 44-50. (In Farsi with English abstract)

Beeckman F, Drozdzecki A, De Knijf A, Audenaert D, Beeckman T, Motte H. 2024. High-throughput assays to identify archaea-targeting nitrification inhibitors. Frontiers in Plant Science. 14: 1283047. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1283047.

Beheshti M, Shahbazi K, Bazargan K, Malekzadeh E. 2019. Study of nitrate status in tomatoes and cucumbers distributed in the Alborz province market. Alborz University of Medical Sciences Journal. 8: 281-299. (In Farsi with English abstract)

Bian Z, Yang QC, Li T, Cheng RF, Barnett Y, Lu CG. 2018. Study of the beneficial effects of green light on lettuce grown under short-term continuous red and blue light-emitting diodes. Physiologia

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]

Plantarum. 164: 226-240. https://doi.org/10.1111/ppl.12713.

Bian Z, Wang Y, Zhang X, Li T, Grundy S, Yang Q, Cheng R. 2020. A review of environment effects on nitrate accumulation in leafy vegetables grown in controlled environments. Foods. 9: 732. https://doi.org/10.3390/foods9060732.

Bliznikas Z, Žukauskas A, Samuoliene G, Viršile A, Brazaityte A, Jankauskiene J, Duchovskis P, Novičkovas A. 2012. Effect of supplementary pre-harvest LED lighting on the antioxidant and nutritional properties of green vegetables. Acta Horticulturae. 939: 85-91.

Borgognone DY, Rouphael M, Cardarelli L, Lucini L, Colla G. 2016. Changes in biomass, mineral composition, and quality of cardoon in response to $NO3^{-}$:Cl^{-} ratio and nitrate deprivation from the nutrient solution. Frontiers of Plant Science. 7: 978. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00978.

Borlotti A, Vigani G, Zocchi G. 2012. Iron deficiency affects nitrogen metabolism in cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants. BMC Plant Biology. 12: 189. https://doi.org/10.1186/1471-2229-12-189.

Burns IG, Zhang K, Turner MK, Edmondson R. 2010. Iso-osmotic regulation of nitrate accumulation in lettuce. Journal of Plant Nutrition. 34: 283-313. https://doi.org/10.1080/01904167.2011.533328.

Busch FA, Sage RF, Farquhar GD. 2018. Plants increase CO_2 uptake by assimilating nitrogen via the photorespiratory pathway. Nature Plants. 4: 46. https://doi.org/10.1038/s41477-017-0065-x.

Chen X, Xue XZ, Guo W, Wang L, Qiao X. 2016. Growth and nutritional properties of lettuce affected by mixed irradiation of white and supplemental light provided by light-emitting diode. Scientia Horticulturae. 200: 111-118. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.01.007.

Daneshvar D, Babalar M, Delshad M, Tabrizi L. 2018. The effect of nutrition management (inorganic and organic) on nitrate content, storability and postharvest quality of fresh -cut celery (*Apium graveolens* L.). Iranian Journal of Horticultural Science. 49: 635-645. (In Farsi with English abstract)

Di Mola I, Rouphael Y, Colla G, Fagnano M, Paradiso R, Mori M. 2017. Morphophysiological traits and nitrate content of greenhouse lettuce as affected by irrigation with saline water. HortScience. 52: 1716-1721. https://doi.org/10.21273/HORTSCI12501-17.

Dong J, Gruda N, Lam SK, Li X, Duan Z. 2018a. Effects of elevated CO2 on nutritional quality of vegetables: a review. Frontiers in Plant Science. 9: 924. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00924.

Dong J, Li X, Nazim G, Duan Z. 2018b. Interactive effects of elevated carbon dioxide and nitrogen availability on fruit quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.). Journal of Integrative Agriculture. 17: 2438-2446. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)62005-2.

Du S, Zhang Y, Lin X. 2007. Accumulation of nitrate in vegetables and its possible implications to human health. Agricultural Sciences in China. 6: 1246-1255. https://doi.org/10.1016/S1671-2927(07)60169-2.

EFSA (European Food Safety Authority). 2008. Nitrate in vegetables-scientific opinion of the panel on contaminants in the food Chain. EFSA Journal. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2008.689.

El-Nakhel C, Petropoulos SA, Di Mola I, Ottaiano L, Cozzolino E, Rouphael Y, Mori M. 2023. Biostimulants of different origins increase mineral content and yield of wild rocket while reducing nitrate content through successive harvests. Horticulturae. 9: 580. https://doi.org/10.3390/horticulturae9050580.

FAO/WHO (Food and Agriculture Organization of the United Nations/ World Health Organization)**. 2005**. Fruit and vegetables for health: report of the joint FAO/WHO workshop on fruit and vegetables for health, 1-3 September 2004, Kobe, Japan, In: Fruit and Vegetables for Health: Report of the Joint FAO/WHO Workshop on Fruit and Vegetables for Health, 1-3 September 2004, Kobe, Japan.

Fatemi Ghomsheh A, Nezami S. 2020. Study of nitrate status in some vegetables collected from Kermanshah vegetables markets. Iranian Journal of Health and Environment. 13: 77-86. (In Farsi with English abstract)

Harrison J, Hirel B, Limani AM. 2004. Variation in nitrate uptake and assimilation between two ecotypes of Lotus japonicus and their recombinant inbred lines. Physiologia Plantarum. 120: 124-131. https://doi.org/10.1111/j.0031-9317.2004.0221.x.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]

Hassani Moghaddam E, Bazdar AR, Shaaban M. 2019. Study of nitrate rate in some vegetables cultivated in Poldokhtar and Khorramabad, Lorestan Province. Iranian Journal of Health and Environment. 12: 101-112. (In Farsi with English abstract)

He J, Austin PT, Lee SK. 2010. Effects of elevated root zone CO_2 and air temperature on photosynthetic gas exchange, nitrate uptake, and total reduced nitrogen concentration in aeroponically grown lettuce plants. Journal of Experimental Botany. 61: 3959-3969. https://doi.org/10.1093/jxb/erq207

Huang Y, Chen Y, Wen D, Zhao P, Li F, Li L, Du R, Shi H, Deng T, Du Y. 2022. Biochar-based molybdenum slow-release fertilizer enhances nitrogen assimilation in Chinese flowering cabbage (*Brassica parachinensis*). Chemosphere. 303: 134663. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134663.

Iglesias-Bartolomé R, González CA, Kenis JD. 2004. Nitrate reductase dephosphorylation is induced by sugars and sugar-phosphates in corn leaf segments. Plant Physiology. 122: 62-67. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2004.00375.x.

INSO. 2021. Iran National Standards Organization 16596. Available at https://www.inso.gov.ir/portal/home/

Jafari P, Jalali A. 2013. Comparison of yield and accumulation of nitrates in five indigenous stands of Iranian spinach, under the conditions of Isfahan Province. Journal of Crop Production and Processing. 4: 217-225. (In Farsi with English abstract)

Kafeshani O, Yahai M, Entezari MN, Hassanzadeh A, Mohebat L, Torabi A. 2013. Comparing the nitrate level in vegetables irrigated with zayandehrood river and well water. Journal of Health System Research. 9: 196-201. (In Farsi with English abstract)

Kiani S, Gheytasi M. 2016. Evaluation of nitrate and nitrite accumulation in vegetables exposed on ShahreKord's markets. Journal of Food Hygiene. 5: 67-103. (In Farsi with English abstract)

Kisvarga S, Farkas D, Boronkay G, Neményi A, Orlóci L. 2022. Effects of biostimulants in horticulture, with emphasis on ornamental plant production. Agronomy. 12: 1043. https://doi.org/10.3390/agronomy12051043.

Khaksar M, Alipour V, Rahmanian O, Soltani N. 2024. The risk of gastrointestinal cancer and nitrate intake due to vegetable consumption: A case-control study in Minab, Iran. Environmental Health Engineering and Management Journal. 11: 167-175. https://doi.org/10.34172/EHEM.2024.17.

Khan K, Yan Z, Abbas A, He D. 2018. Impact factors influencing the nitrate accumulation of leafy vegetables in plant factory. International Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants. 4: 64-73.

Khodadadi Z, Moudi M, Mousavi Kouhi SM, Hosseinzadeh S. 2024. A review of phytoremediation using some medicinal and aromatic plant species. Journal of Biosafety. 17(1): 17-36. (In Farsi with English abstract)

Kunicki E, Grabowska A, Sekara A, Wojciechowska R. 2010. The effect of cultivar type, time of cultivation, and biostimulant treatment on the yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). Folia Horticulturae. 22: 9-13. https://doi.org/10.2478/fhort-2013-0153.

Lei B, Bian ZH, Yang QC, Wang J, Cheng RF, Li K, Liu WK, Zhang Y, Fang H, Tong YX. 2018. The positive function of selenium supplementation on reducing nitrate accumulation in hydroponic lettuce (*Lactuca sativa* L.). Journal of Integrative Agriculture. 17: 837-846. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61759-3.

Liu XQ, Lee KS. 2012. Effect of mixed amino acids on crop growth. In: Aflakpui G (Ed.) Agricultural science. Tech Europe Publisher, Rijeka, Croatia. 120-139.

Malik A, Mor VS, Tokas J, Punia H, Malik S, Malik K, Sangwan S, Tomar S, Singh P, Singh N, Singh G, Kumar V, Karwasra A. 2021. Biostimulant treated seedlings under sustainable agriculture: A global perspective facing climate change. Agronomy. 11: 14. https://doi.org/10.3390/agronomy11010014.

Merusi C, Corradini C, Cavazza A, Borromei C, Salvadeo P. 2010. Determination of nitrates, nitrites and oxalates in food products by capillary electrophoresis with pH-dependent electroosmotic flow

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]

reversal. Food Chemistry. 120: 615-620. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.10.035

M'hamdi M, Abid G, Chikh-Rouhou H, Razgallah N, Hassen A. 2016. Effect of genotype and growing season on nitrate accumulation and expression patterns of nitrate transporter genes in potato (*Solanum tuberosum* L.). Archives of Agronomy and Soil Science. 62: 1508-1520. https://doi.org/10.1080/03650340.2016.1154544.

Mobini M, Khoshgoftarmanesh AH, Ghasemi S. 2014. The effect of partial replacement of nitrate with arginine, histidine, and a mixture of amino acids extracted from blood powder on yield and nitrate accumulation in onion bulb. Scientia Horticulturae 176: 232-237. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.07.014.

Mohammadi M, Abbasifar A, ValizadehKaji B. 2022. Nitrate accumulation and physicochemical characteristics of lettuce as affected by sodium selenite and synthesized selenium nanoparticles. International Journal of Vegetable Science. 28: 570-582. https://doi.org/10.1080/19315260.2022.2065654.

Moncada A, Miceli A, Sabatino L, Iapichino G, D'Anna F, Vetrano F. 2018. Effect of molybdenum rate on yield and quality of lettuce, escarole, and curly endive grown in a floating system. Agronomy. 8: 171. https://doi.org/10.3390/agronomy8090171.

Monostori I, Heilmann M, Kocsy G, Rakszegi M, Ahres M, Altenbach S, Szalai G, Pál M, Toldi D, Simon-Sarkadi L. 2018. LED lighting–modification of growth, metabolism, yield and flour composition in wheat by spectral quality and intensity. Frontiers in Plant Science. 9: 605. https://doi,org/10.3389/fpls.2018.00605.

Motamedi E, Safari M, Salimi M. 2023. Improvement of tomato yield and quality using slow release NPK fertilizers prepared by carnauba wax emulsion, starch-based latex and hydrogel nanocomposite combination. Scientific Reports. 13: 11118. https://doi.org/10.1038/s41598-023-38445-7.

Mousavi Moayeid F, Cheraghi M, Lorestani B. 2017. Investigation of the amount of phosphate and nitrate accumulation in consumable onion in Hamedan City. Journal of Neyshabur University of Medical Sciences. 4: 82-88. (In Farsi with English abstract)

Nájera C, Urrestarazu M. 2019. Effect of the intensity and spectral quality of LED light on yield and nitrate accumulation in vegetables. HortScience. 54: 1745-1750. https://doi.org/10.1273/HORTSCI14263-19.

Nasirzadeh F, Eigharlou M, Khelghatibana F, Sadeghi A. 2021. Nitrate and nitrite: sources, impact on human health and reduction of nitrate accumulation in agricultural products using bio-fertilizers. Journal of Biosafety. 14: 1-16. (In Farsi with English abstract)

Natali SM, Sañudo-Wilhelmy SA, Lerdau MT. 2009. Effects of elevated carbon dioxide and nitrogen fertilization on nitrate reductase activity in sweetgum and loblolly pine trees in two temperate forests. Plant Soil. 314: 197-210. https://doi.org/10.1007/s11104-008-9718-x.

Nazaryuk VM, Klenova MI, Kalimullina FR. 2002. Ecoagrochemical approaches to the problem of nitrate pollution in agroecosystems. Russian Journal of Ecology 33: 392-397. https://doi.org/10.1023/A:1020995329784.

Ohashi-Kaneko K. 2020. Functional components in leafy vegetables. In: Plant Factory. Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801775-3.00013-5.

Olfati-Chirani JA, Babalar M, Kashi A, Dadashipoor A, Shahmoradi K. 2008. The effects of ammonium and molybdenum on nitrate concentration in two cultivavs (species) of greenhouse cucumbers. Agricultural Sciences and Technology. 22: 69-77. https://sid.ir/paper/142235/en.

Orea A, Prosser I, Romero JM, Márquez AJ. 2005. Transgenic plants affected in nitrate assimilation. In: Ma´rquez AJ (Ed.) *Lotus japonicus* handbook. Springer, Dordrecht, The Netherlaands. 329-340. https://doi.org/10.1007/1-4020-3735-X_32.

Pirsaheb M, Rahimian S, Pasdar Y. 2011. Amount of nitrate and nitrite in vegetables consumed in Kermanshah city. Journal of Kermanshah University of Medical Sciences. 16: 76-83. (In Farsi with English abstract)

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]

Prasad P, Staggenborg S, Ristic Z. 2008. Impacts of drought and/or heat stress on physiological, developmental, growth, and yield processes of crop plants. In: Ahuja LH, Saseendran SA (Eds.) Advances in agricultural systems modeling. Series 1ASA-CSSA. Wiley, Madison, USA. https://doi.org/10.2134/advagricsystmodel1.c11.

Rahmani HR, Khanmohammadi Z. 2022. Evaluation of some leafy vegetables and cucurbits produced in Isfahan province in terms of nitrate concentration. Environmental Sciences. 20: 17-36. (In Farsi with English abstract)

Ram M, Afshari A, Tavakoly Sany SB, Jamshidi A. 2022. Health risk assessment and evaluation of nitrate and nitrite in salad vegetables of Mashhad city. Journal of Nutrition, Fasting and Health. 10: 252-257. https://doi.org/10.22038/JNFH.2022.66532.1394.

Rezaei M, Fani A, Moini AL, Mirzajani P, Malekirad AA, Rafiei M. 2014. Determining nitrate and nitrite content in beverages, fruits, vegetables, and stews marketed in Arak, Iran. International Scholarly Research Notices. 25: 439702. https://doi.org/10.1155/2014/439702.

Rogovska N, Laird DA, Chiou CP, Bond LJ. 2019. Development of field mobile soil nitrate sensor technology to facilitate precision fertilizer management. Precision Agriculture. 20: 40-55. https://doi.org/10.1007/s11119-018-9579-0.

Roudbari A, Ghanbarian M, Javid AB, Afshari M. 2022. Investigation of nitrite and nitrate levels in some summer vegetables cultivated in Bastam region-Shahroud-Iran. Journal of Knowledge and Health in Basic Medical Sciences 17: 33-39. https://doi.org10.22100/jkh.v17i3.2704. (In Farsi with English abstract)

Sadeghi E, Hashemian AH, Soltanian M, Soltanian S, Mohammadi M. 2014. Study of nitrite and nitrate levels in meat products distributed in Kermanshah. Iran Occupational Health. 11(6): 91-99.

Sadeghi E, Sharafi K, Almasi A, Dayhim M, Azizi E, Ghayebzadeh M. 2015. Study on the nitrite and nitrate levels changes by drying and frying processing in vegetables. Iranian Journal of Health and Environment. 7(4): 491-798.

Salehzadeh H, Maleki A, Rezaee R, Shahmoradi B, Ponnet K. 2020. The nitrate content of fresh and cooked vegetables and their health-related risks. PLoS One. 15: e0227551. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227551.

Santamaria P, Elia A, Gonnella M, Parente A, Serio F. 2001. Ways of reducing rocket salad nitrate content. Acta Horticulturae. 548: 529-537.

Seilsepour M. 2020. Study of nitrate concentration in Varamin plain leafy vegetables and evaluation of its risk for human. Horticultural Plants Nutrition 3: 69-86. (In Farsi with English abstract)

SCF (Scientific Committee on Food). 1995. Opinion on nitrate and nitrite, expressed on 22 September 1995 (Annex 4 to Document III/ 5611/95), European Commission (Eds.), Brussels.

Shariatpanahi SN, Hoodaji M, Mahmoudi M, Alizadeh Navaei R, Talebi Atooe M. 2021. Evaluation of nitrate status in drinking water and vegetables of Savadkuh and Simorgh counties and its relationship with the prevalence of gastrointestinal cancers. Journal of Environmental Studies. 47: 445-460. https://doi.org.10.22059/JES.2021.332547.1008239. (In Farsi with English abstract)

Shibaeva TG, Rubaeva AA, Sherudilo EG, Titov AF. 2023. Continuous lighting increases yield and nutritional value and decreases nitrate content in Brassicaceae microgreens. Russian Journal of Plant Physiology. 70: 118. https://doi.org/10.1134/S1021443723601337.

Signore A, Bell L, Santamaria P, Wagstaff C, Van Labeke MC. 2020. Red light is effective in reducing nitrate concentration in rocket by increasing nitrate reductase activity, and contributes to increased total glucosinolates content. Frontiers in Plant Science. 11: 604. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00604.

Speijers GJA. 1996. Nitrate. In: World health organization, toxicological evaluation of certain food additives and contaminants in food. Food Additive Series 35, Geneva.

Susaj E, Zonja Z, Kallco I, Susaj L, Mani A. 2012. Effects of nitrification inhibitors on nitrate

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]

accumulation of two leafy vegetables, cabbage and lettuce, under controlled environmental conditions. In: International Conference On "Towards future sustainable development", 240-245.

Toscano S, Romano D, Patanè C. 2023. Effect of application of biostimulants on the biomass, nitrate, pigments, and antioxidants content in radish and turnip microgreens. Agronomy. 13: 145. https://doi.org/10.3390/agronomy13010145.

Tsay YF, Chiu CC, Tsai CB. 2007. Nitrate transporters and peptide transporters. FEBS Letters, 581, 2290- 300. https://doi.org/10.1016/j.febslet.2007.04.047.

Ward MH, Kilfoy BA, Weyer PJ, Anderson KE, Folsom AR, Cerhan JR. 2010. Nitrate intake and the risk of thyroid cancer and thyroid disease. Epidemiology. 21: 389-395. https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e3181d6201d.

Wei Z, Du T, Li X, Fang L, Liu F. 2018. Interactive effects of elevated CO_2 and N fertilization on yield and quality of tomato grown under reduced irrigation regime. Frontiers of Plant Science. 9: 328. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00328.

Yakhin OI, Lubyanov AA, Yakhin IA, Brown PH. 2017. Biostimulants in plant science: A global perspective. Frontiers in Plant Science. 7: 2049. https://doi.org/.10.3389/fpls.2016.02049.

Yang B, Kong X, Cui BJ, Jin DC, Deng Y, Zhuang XL, Zhuang GQ, Bai ZH. 2015. Impact of rural domestic wastewater irrigation on the physicochemical and microbiological properties of pakchoi and soil. Water. 7: 1825-1839. https://doi.org/10.3390/w7051825.

Zendehbad M, Mostaghelchi M, Mojganfar M, Cepuder P, Loiskandl W. 2022. Nitrate in groundwater and agricultural products: intake and risk assessment in northeastern Iran. Environmental Science and Pollution Research. 29: 78603-78619. https://doi.org/10.1007/s11356-022-20831-9.

Ziarati P, Arbabi-Bidgoli S. 2014. Investigation of cooking method on nitrate and nitrite contents in crops and vegetables and assess the associated health risk. International Journal of Plant, Animal and Envirnomental Sciences. 4: 46-52.

Zhang M, Wang W, Bai SH, Xu Z, Wang J, Liu M, Zou D. 2022. Effects of spent mushroom substrate and nitrification inhibitor on nitrate accumulation in pepper: soil abiotic properties and endophytic and soil bacteria. Plant and Soil. 481: 331-348. https://doi.org/10.1007/s11104-022-05640-w.

Zheng YJ, Zhang YT, Liu HC, Li YM, Liu YL, Hao YW, Lei BF. 2018. Supplemental blue light increases growth and quality of greenhouse pak choi depending on cultivar and supplemental light intensity. Journal of Integrative Agriculture. 17: 2245-2256. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)62064-7.

Zhou ZY, Wang MJ, Wang JS. 2000. Nitrate and nitrite contamination in vegetables in China. Food Reviews International. 16: 61-76. https://doi.org/10.1081/FRI-100100282.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]

Review the Food Safety of Vegetables Produced in Iran from 2011 to 2024 Regarding Nitrate Content

Leila Aslani

Former Ph.D. student, Horticulture Department, Isfahan University of Technology (IUT), Isfahan
leilaaslani40@gmail.com

Abstract

Nitrate accumulation is a major food contaminant. Products with high nitrates pose health risks such as gastrointestinal cancer, reduced blood oxygen capacity, circulatory failure, effects on the central nervous system, and metabolic disturbances. Vegetables are the main source of nitrates in the human diet, making it essential to assess the nitrate levels in Iranian vegetables and develop strategies to reduce contamination among farmers. A systematic review following the PRISMA checklist was conducted on data concerning nitrate content in vegetables from studies published between 2011 and 2024. The review found that nitrate levels in 78.20% of leafy vegetables, 73.77% of root and bulb vegetables, and 88.89% of fruit vegetables and immature flowers were within the limits set by the National Standards Organization of Iran. During this period, out of Iran's 31 provinces, only nine provinces—Isfahan, Tehran, Khorasan Razavi, Zanjan, Semnan, Kurdistan, Kerman, Kermanshah, and Lorestan—had investigated nitrate levels in farm or greenhouse produce. Among these, Lorestan showed the highest percentage of contaminated samples. Given the significance of nitrogen levels for consumer health and acceptance of produce, several measures are recommended to farmers, including using nitrogen fertilizers based on soil and tissue tests, employing ammonia-based fertilizers, adopting controlled- and slow-release fertilizers, applying biological stimulants and nitrification inhibitors, harvesting vegetables at optimal physiological age, and timing of harvest, among others, to lower nitrate content in vegetables.

Keywords: Vegetable contamination, Chemical contamination, Iran, Nitrate accumulation

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1403.17.2.2.2]