Iranian Journal of Soil and Water Research ISNN: 2423-7833
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

Human health risk assessment caused by nitrate in cucumbers, tomatoes and strawberries produced in Jiroft city

Mojgan Yeganeh[1]✉ | Rezvaneh Toopalnia[2] Ardavan Kamali[3] | Hosein Shekofteh[4] | Hadi Ahmadi[5]

1. Corresponding Author, Research Department of Soil Chemistry and Physics and Fertilizer Technology, Soil and Water Research Institute (SWRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
E-mail: m.yeganeh@areeo.ac.ir
2. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.
E-mail: toopalnia72@gmail.com
3. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.
E-mail:a.kamali@vru.ac.ir
4. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Iran.
E-mail: hoseinshekofteh@yahoo.com
5. Department of Soil Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
E-mail: hadi.ahmadi73@ut.ac.ir

Article Info

Article type: Research Article

Article history:

Received: June. 25, 2023

Revised: Aug. 5, 2023

Accepted: Sep. 17, 2023

Published online: Nov. 22, 2023

Keywords:
Cucumber,
Nitrate accumulation,
Risk assessment,
Strawberry,
Tomato.

ABSTRACT

Indiscriminate use of nitrogen fertilizers causes the accumulation of nitrate in agricultural products, especially vegetables. The high concentration of nitrate in vegetables can threaten the health of society. The purpose of this study is to investigate the status of nitrate as one of the characteristics of product quality and to estimate the daily uptake and determine the hazard quotients (HQ) of the non-cancerous diseases. Sampling of soil and fruit from a greenhouse (cucumber and strawberry) and a field (cucumber and tomato) in Jiroft was done in 2019. Nitrate concentration was measured by the distillation method.The average concentration of nitrate in strawberries, tomatoes, greenhouse cucumbers and field cucumbers was 55.23, 16.86, 64.16 and 44.39 mg/kg of fresh weight, respectively which were less than the standard limit of nitrates based on the Russian and Iran national standards. The calculated daily uptake was lower than the permitted level (3.7 mg/kg BW). HQ in all products was less than 1, of which the lowest amount was found in strawberries for girls under 6 years old (0.00086) and the highest amount was found in greenhouse cucumbers for girls under 6 years old and for boys 7-14 years old (0.0615). Therefore, strawberry has the least and the greenhouse cucumber has the most health threat potential for the health of consumers. According to the risk index of less than 1 for all age groups, there is no possibility of encountering non-cancerous diseases caused by nitrates through the consumption of vegetables in Jiroft region.

Cite this article: Yeganeh, M., Toopalnia, R., Kamali, A., Shekofteh, H., & Ahmadi, H. (2023) Human health risk assessment caused by nitrate in cucumbers, tomatoes and strawberries produced in Jiroft city, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 54 (9), 1251-1268. https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.361264.669519

© The Author(s). Publisher: The University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.361264.669519

مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۴، شماره ۹ شاپا: ۷۸۳۳-۲۴۲۳
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

ارزیابی خطر تهدید سلامتی انسان ناشی از نیترات موجود در خیار، گوجه‌فرنگی و توت‌فرنگی‌های تولیدی در شهرستان جیرفت

مژگان یگانه[1]✉ | رضوانه توپال‌نیا[2] | اردوان کمالی[3] | حسین شکفته[4] | هادی احمدی[5]

۱. نویسنده مسئول، بخش تحقیقات شیمی و فیزیک خاک و فناوری کود، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: m.yeganeh@areeo.ac.ir
۲. گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران. رایانامه: toopalnia72@gmail.com
۳. گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران. رایانامه: a.kamali@vru.ac.ir
۴. گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران. رایانامه: hoseinshekofteh@yahoo.com
۵. گروه مهندسی علوم خاک، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: hadi.ahmadi73@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۴/۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۵/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۲۶
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۹/۱

واژه‌های کلیدی:
ارزیابی خطر،
تجمع نیترات،
توت‌فرنگی،
خیار،
گوجه‌فرنگی.

چکیده

استفاده بی رویه از کودهای نیتروژنی سبب تجمع نیترات در محصولات کشاورزی به ویژه سبزیجات میشود. بالا بودن غلظت نیترات در سبزیجات می‌تواند سلامت جامعه را تهدید کند. بررسی وضعیت میزان نیترات به عنوان یکی از ویژگی‌های کیفیت محصولات و برآورد میزان ورود روزانه و تعیین پتانسیل خطر ابتلا به بیماری‌های غیر سرطانی. نمونه برداری در سال ۱۳۹۸ از میوه و خاک گلخانه‌های خیار و توت‌فرنگی و مزرعه خیار و گوجه‌فرنگی شهرستان جیرفت انجام شد. غلظت نیترات در نمونه‌ها به روش تقطیر اندازه‌گیری شد. میانگین غلظت نیترات در توت‌فرنگی، گوجه‌فرنگی، خیار گلخانه ای و خیار مزرعه ای به ترتیب ۵۵/۲۳، ۱۶/۸۶، ۶۴/۱۶ ۴۴/۳۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر و کمتر از حد مجاز نیترات براساس استاندارد روسیه و استاندارد ملی ایران بود. مقادیر محاسبه شده میزان جذب روزانه پایین‌تر از حد مجاز تعیین شده (۳/۷ میلیگرم بر کیلوگرم وزن بدن) بود. شاخص خطر در تمام محصولات کمتر از ۱ بود که کمترین مقدار آن در توت‌فرنگی و برای دخترهای کمتر از ۶ سال (۰/۰۰۰۸۶) و بیشترین مقدار آن در خیار گلخانه و برای دخترهای کمتر از ۶ سال و پسرهای ۷ تا ۱۴ سال (۰/۰۶۱۵) مشاهده شد. بدین ترتیب توت‌فرنگی کمترین و خیار گلخانه‌ای بیشترین پتانسیل خطر تهدید سلامتی را برای مصرف‌کنندگان دارد. باتوجه به شاخص خطر پذیری کمتر از ۱ برای همه گروه‌های سنی احتمال مواجهه با بیماری‌های غیر سرطانی ناشی از نیترات از طریق مصرف سبزیجات در منطقه جیرفت به طور جدی وجود ندارد.

استناد: یگانه؛ مژگان، توپال‌نیا؛ رضوانه، کمالی؛ اردوان، شکفته؛ حسین، احمدی؛ هادی، (۱۴۰۲) ارزیابی خطر تهدید سلامتی انسان ناشی از نیترات موجود در خیار، گوجه‌فرنگی و توت‌فرنگی‌های تولیدی در شهرستان جیرفت، *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۴ (۹)، ۱۲۶۸-۱۲۵۱.
https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.361264.669519
ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
© نویسندگان.
DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.361264.669519

مقدمه

نیتروژن معمولاً عنصر فراوان در گیاه است و نقش‌های اساسی مانند شرکت در ساختمان پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، کلروفیل و هورمون‌های رشدی به آن نسبت داده می‌شود (Hammad *et al*., 2007). نیتروژن به دو فرم آمونیوم و نیترات جذب گیاهان می‌شود که یون نیترات، منبع غالب آن برای گیاهان در خاک می‌باشد (Inal and Tarakcioglua, 2001). نیترات و نیتریت در دامنه گسترده‌ای از مواد غذایی وجود دارند. میزان نیترات و نیتریت موجود در مواد غذایی از یک منطقه تا منطقه دیگر به‌شدت متفاوت است و این موضوع تابع عواملی مانند تکرر کشت، وضعیت آب و هوا، شدت نور، کیفیت خاک، انبارداری و فرآیندهای تولید مواد غذایی، اثر نوع و مقدار کود شیمیایی و روش مصرف آن، نوع ماده غذایی و وضعیت قوانین آن منطقه، اثر کشت توأم، بیماری‌های گیاهی و اثر گونه گیاه می‌باشد (Hsu *et al*., 2009). این ترکیبات به‌صورت طبیعی در گیاهان سبز یافت می‌شوند، اما مقدار آن‌ها می‌تواند در گیاهان به‌علت افزودن کودهای شیمیایی، تا حد زیادی بالا برود (Merusia *et al*., 2010).

مصرف بیش از حد کودهای نیتروژنه باعث افزایش غلظت نیترات در اندام‌های قابل مصرف محصولات زراعی، به‌خصوص سبزی‌ها می‌شود. بسیاری از سبزی‌ها نیتروژن نیتراته را در خود انباشته می‌نمایند. عموماً آلودگی نیتراتی بر اثر استفاده بی‌رویه و غیر علمی نیتروژن به‌وجود می‌آید (Noguero and Lacombe, 2016). تجمع نیترات در سبزیجات تحت تاثیر عوامل محیطی و ژنتیکی است، در این میان عدم رعایت اصول صحیح مدیریت زراعی منجر به آلودگی خاک‌های زراعی، آب آبیاری و نهایتاً محصولات کشاورزی به نیترات می‌شود(Kladivko *et al*., 2004). همچنین تفاوت در مقدار نیترات در محیط گلخانه و مزرعه را می‌توان به شرایط آب و هوایی و میزان نور نسبت داد. جذب خالص نیترات در گیاه تحت تأثیر شدت نور است. کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردکتاز و میزان فتوسنتز در نور پایین و عدم تبدیل نیترات به مواد آلی سبب ذخیره بیشتر نیترات در شرایط گلخانه میشود.(Huarte-Mendicoa *et al*., 1997). افزایش جذب نیتروژن توسط گیاهان، نه تنها به پروتئین تبدیل نشده، بلکه موجب افزایش ترکیبات نیتروژن محلول در گیاه می‌شود. این عمل موجب مصرف غیرمؤثر و اضافی نیتروژن در گیاهان شده و به دنبال آن سلامتی انسان با مصرف این گیاهان به خطر می‌افتد (Hammade *et al*., 2007). انسان عمدتاً از طریق مصرف سبزیجات خام و میوه‌ها (۸۰٪) و آشامیدن آب (۱۵٪)، محصولات حیوانی (گوشت و پنیر) و دانه (۵٪) در معرض نیترات قرار می‌گیرد (Lundberg *et al*., 2008; Rathod *et al*., 2016). Hashemi Majd و Fathi در پژوهشی که در سال ۲۰۰۸ در اردبیل انجام داند سهم سبزی‌ها و میوه‌ها از ورود نیترات به بدن را حدود ۶۰ درصد گزارش کردند. در این پژوهش میزان رود روزانه نیترات به بدن شهروندان اردبیل ۶/۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن در دروز گزارش شد که از میزان مجاز ورود روزانه نیترات به بدن انسان (۳/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن در دروز) بالاتر است.

یکی از عوامل محیطی دخیل در ایجاد سرطان‌های دستگاه گوارش، میزان نیتریت و نیترات موجود در آب آشامیدنی و مواد غذایی می‌باشد. دخالت انسان در چرخه نیتروژن طبیعت باعث شده که به‌تدریج بر میزان تجمع این ماده در محیط زیست افزوده شود (Chan, 2011). البته نیترات خودش یک ماده سمی برای انسان محسوب نمی‌شود ولی نیتریت حاصل از احیاء نیترات و مواد حاصل از آن (مثل نیتروآمین‌ها) در معده سبب به‌وجود آمدن بعضی از بیماری‌ها می‌گردد (ملکوتی، ۱۳۸۱). در حقیقت نیتریت قادر است در واکنش اسیدهای آمینه به شکل سمی و ترکیبات سرطانزای نیتروزآمین تبدیل شود. علاوه بر این نیتریت عامل بیماری متهموگلوبینمیا[1] (کمبود اکسیژن) در اطفال شناخته شده است (Yousefi and Douna, 2023). وجود نیتریت و نیترات در مواد غذایی و اثرات سوء آن‌ها بر روی سلامتی، موضوعی است که امروزه همچنان مورد مطالعه و بحث قرار می‌گیرد (Hou *et al*., 2013).

پیشینه پژوهش

نتایج تحقیق Seilsepour (۲۰۲۰) نشان داد که کاهو و اسفناج به ترتیب با ۳۹۰۹ و ۳۱۷۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر، بیشترین غلظت نیترات و شنبلیله با ۶۴۱ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر کمترین مقدار نیترات را به خود اختصاص داده بود. نتایج تحقیقات در خصوص بررسی میزان نیترات در سبزی‌های میدان مادر میوه و تره بار تهران نشان داد که کاهو بیشترین غلظت نیترات (۱۱۲۳ میلی‌گرم در کیلو گرم وزن تر) را به خود اختصاص داده بود (Pourmoghim et al., 2010). نتایج یک بررسی در کشور بلژیک بر روی ۱۹ نوع سبزی و میوه در دو فصل زمستان و تابستان نشان داد که در بین سبزیجات مورد بررسی کاهو بیشترین تجمع نیترات به مقدار ۳۱۹۹ میلی گرم در کیلوگرم

1 . Methemoglobinemia

وزن تر را داشته است(Dejon and Stekbaut, 1995). در تحقیق Susin و همکاران (۲۰۰۶) کاهو دارای بیشترین میزان تجمع غلظت نیترات در بین ۱۴ نوع سبزی و میوه کشت شده در مزارع اسلوونی بود. در بررسی نیترات سبزیجات برگی در اصفهان نتایج نشان داد که کلیه سبزیجات برگی به استثنای اسفناج دارای غلظت بیش از حد معمول نیترات در گیاه بودند(رحمانی، ۱۳۸۵).

گزارش‌هایی که گاهی بدلیل خطای نمونه‌برداری، خطای آزمایشگاهی و یا خطای گزارش دهی و عدم محاسبه ریسک احتمالی تهدید سلامت انسان باعث ایجاد نگرانی‌هایی در مردم شده‌است. بنابراین انجام پروژه‌ای که با کنترل کیفیت داده‌ها تا حد زیادی بتوان از دقت و صحت داده‌های آن مطمئن بود و انجام محاسبات ارزیابی ریسک تهدید سلامت انسان به خوبی احساس می‌شود. با توجه به اهمیت نیترات موجود در سبزیجات در تعیین کیفیت محصولات و موارد گفته شده در بالا، این پژوهش برای تعیین غلظت نیترات موجود در محصولات خیار، گوجه‌فرنگی و توت‌فرنگی شهرستان جیرفت، به عنوان یکی از قطب‌های تولید سبزیجات در کشور، و مقایسه آن با استانداردهای ملی و جهانی انجام می‌گیرد. همچنین به منظور تعیین احتمال تهدید سلامت انسان در اثر مصرف محصولات مورد بررسی در این پژوهش، ارزیابی خطر تهدید سلامتی ساکنین منطقه ناشی از نیترات در اثر مصرف این محصولات (خیار، گوجه‌فرنگی و توت‌فرنگی) از اهداف دیگر این پژوهش می‌باشد.

روش‌شناسی پژوهش

مشخصات منطقه مورد مطالعه: شهرستان جیرفت در فاصله ۲۳۰ کیلومتری جنوب کرمان واقع شده است. این شهرستان، ۶۸۵ متر ارتفاع از سطح دریا دارد و در موقعیت عرض‌های جغرافیایی ۲۸ تا ۲۹ درجه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۵۷ تا ۵۸ درجه شرقی قرار دارد. جیرفت در کنار هلیل‌رود بنا شده که این رود، بزرگ‌ترین رود منطقه است. وجود جلگه‌های پهناور و حاصلخیز و عدم رشد صنایع و محدودیت بخش خدمات باعث شده است این منطقه از جایگاه ویژه و منحصر به فردی در کشاورزی ایران برخوردار شود. بارندگی سالیانه در جیرفت، ۱۸۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه آن، ۲۳/۵ درجه سلسیوس می‌باشد. شرایط اقلیمی مناسب منطقه جیرفت برای توسعه کشت‌های گلخانه‌ای و سرمایه‌گذاری‌های کلان توسط کشاورزان در این بخش، این منطقه را به بزرگترین قطب توسعه محصولات گلخانه‌ای کشور تبدیل کرده است.

با توجه به اینکه شهرستان جیرفت از نظر سطح زیر کشت محصولات گلخانه‌ای و صیفی‌جات جایگاه ویژه‌ای در کشور دارد، لذا بررسی کیفیت محصولات تولیدی گلخانه‌ها و مزارع این شهرستان از لحاظ تهدید سلامتی مصرف‌کنندگان دارای اهمیت زیادی می‌باشد.

نمونه‌برداری از محصولات

به منظور اندازه‌گیری غلظت نیترات از محصولات خیار، توت‌فرنگی و گوجه‌فرنگی در شهرستان جیرفت، نمونه‌برداری از روستاهای شهرستان جیرفت و در فصل برداشت محصولات (بهار، پاییز و زمستان ۱۳۹۸) انجام شد. علت انتخاب این محصولات، تولید انبوه آن‌ها در شهرستان جیرفت و همچنین جایگاه ویژه آن‌ها در تغذیه روزانه مردم ایران است. به منظور امکان تعمیم نتایج حاصل از پژوهش برای کل شهرستان، تلاش شد نمونه‌برداری از مزارع و گلخانه‌های بزرگ که بخش اعظم محصول کشاورزی شهرستان را تامین می‌کند انجام شود.

برای اجرای این پژوهش، از دو محصول گوجه‌فرنگی و خیار، ۴۰ نمونه از هر محصول کشت شده در مزارع (در مجموع ۸۰ نمونه) و ۴۰ نمونه خیار گلخانه‌ای و ۴۰ نمونه توت‌فرنگی برداشت شد. علاوه بر این، حدود ۶ نمونه آب آبیاری برداشت شد.

همچنین، در محل نمونه‌برداری محصول، از خاک آن نیز نمونه‌برداری انجام گرفت. نمونه‌برداری به صورت ترکیبی و در هر نقطه از عمق حدود ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک برداشته شد. پس از انتقال خاک به آزمایشگاه، در محلی به دور از نور مستقیم خورشید هوا خشک شدند. سپس نمونه‌های هوا خشک شده از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند و ذرات کوچکتر از ۲ میلی‌متر جهت آزمایش در ظروف پلاستیکی نگه‌داری شدند. هم‌زمان با نمونه‌برداری، پرسشنامه‌هایی به‌منظور آگاهی از نحوه مدیریت کود منطقه (شامل کودهای شیمیایی و آلی مورد استفاده) تکمیل شد.

نوع و میزان مصرف کود در مزرعه و گلخانه

نوع و میزان مصرف انواع کودهای نیتروژن در مزارع و گلخانه‌ها به شرح ذیل می‌باشد:

کود مرغی در گلخانه‌های توت‌فرنگی با میانگین ۲۳ تن در هکتار استفاده شده است. کود گاوی در تعدادی از گلخانه‌ها با میانگین ۳۰ تن در هکتار استفاده شده است. کودهای NPK با درصدهای نیتروژن متفاوت (۱۰، ۱۵ و ۲۰) هر کدام با میانگین ۴۰ کیلوگرم در دو

مرحله کوددهی افزوده شده است. همچنین کود اوره فسفات که دارای ۱۸ درصد نیتروژن می‌باشد با میانگین ۴۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله کوددهی استفاده شده است.

کود مرغی در مزارع گوجه‌فرنگی با میانگین ۷ کیلوگرم در هکتار و در کنار آن کود سیاه (دی‌آمونیوم فسفات) ۵۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شده است. NPK (۲۰-۲۰-۲۰) با میانگین ۱۲ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله استفاده شده است.

جدول ۱- نوع و میزان کود ازته استفاده شده در گلخانه‌های خیار (کیلوگرم در هکتار)

نوع کود	حداکثر	حداقل	میانگین
مرغی	۴۰	۱۰	۲۴
نیترات کلسیم	۱۲۰	۱۰	۳۳/۵
NPK (۲۰-۲۰-۲۰)	۱۲۰	۱۰	۳۹

جدول ۲- نوع و میزان مصرف کود ازته استفاده شده در مزرعه‌های خیار (کیلوگرم در هکتار)

نوع کود	حداکثر	حداقل	میانگین
مرغی	۲۰	۱/۳	۶/۵
نیترات کلسیم	۴۰	۴	۱۸
NPK (۲۰-۲۰-۲۰)	۱۰۰	۱۰	۳۸
دی‌آمونیوم فسفات	۲۰۰	۱۶	۹۲

تجزیه‌های آزمایشگاهی

نمونه‌های خاک: بافت خاک به روش هیدرومتری (Bouyoucos, 1962)، pH گل اشباع و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع (Klute, 1986)، فسفر قابل استفاده به روش اولسن (Olsen and Sommers, 1990)، غلظت پتاسیم قابل تبادل با استات آمونیوم (علی‌احیایی و بهبهانی‌زاده، ۱۳۷۲) و ازت به روش کلدال (Crock, 2006) تعیین گردید.

اندازه‌گیری نیترات در اندام خوراکی گیاه: نمونه‌های گیاهی (شامل اندام خوراکی خیار، گوجه‌فرنگی و توت‌فرنگی) پس از انتقال به آزمایشگاه با آب مقطر شسته و با دستمال تمیز کاملا پاک شدند و پس از خرد کردن و توزین هر نمونه، بسته به بافت گیاهی به مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت در دمای ۶۵ درجه سلسیوس در آون تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شدند. پوست برخی نمونه‌های خیار را جدا کرده و نمونه‌های خیار به سه صورت خیار با پوست، خیار بدون پوست و پوست خشک کرده و نیترات آن‌ها اندازه‌گیری شد. غلظت نیترات در نمونه‌های خشک و آسیاب شده به روش تقطیر (روش تغییر یافته Rousta *et al*., 2010) اندازه‌گیری شد.

محاسبات ارزیابی خطر

میزان مواجهه هر فرد با نیترات از طریق مصرف خیار، توت‌فرنگی و یا گوجه‌فرنگی با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد:

رابطه ۱) $$\text{Intake (mg/kg.d)} = \frac{CF.IR.\ EF.ED}{BW.AT}$$

Intake : مقدار میزان ورود نیترات به بدن فرد (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز)

CF : غلظت نیترات در غذا (میلی‌گرم بر گرم)

IR : میزان مصرف (گرم بر روز)

EF: تناوب مصرف در سال (روز در سال)

ED: تعداد سال‌هایی که از این ماده خوراکی استفاده می‌شود (سال)

AT= میانگین دوره زمانی که فرد در طول حیات در معرض آلاینده قرار می‌گیرد (روز)

BW : وزن بدن فرد (کیلوگرم)

در محاسبه خطرپذیری غیرسرطانی:

رابطه ۲) $$AT = 365 \times ED\ (y)$$

احتمال بروز بیماری‌ها به واسطه مصرف یک آلاینده نظیر نیترات بر اساس شاخص خطرپذیری (HQ) محاسبه شد (USEPA, 2000):

$$HQ = \frac{Intake}{RFD}$$ رابطه ۳)

که در آن HQ نسبت خطر برای بیماری‌های غیرسرطانی و RfD[1] میزان مرجع یا مبنا است. شاخص خطرپذیری نسبت جذب اندازه‌گیری شده آلاینده در محصولات به میزان جذبی است که در کمتر از آن هیچ خطری از طریق مصرف محصول سلامت انسان را تهدید نمی‌کند و این میزان جذب، مقدار رفرنس (RFD) نامیده می‌شود.

اگر مقدار HQ بزرگتر از یک شود سمیت آن آلاینده ممکن است اثرات زیان‌آوری در طول زندگی بر سلامتی انسان بگذارد و اگر HQ کمتر از یک باشد احتمالا هیچ خطر آشکاری در دوره زندگی متوجه فرد نخواهد بود.

به منظور تخمین ریسک تجمعی غیرسرطانی کل نیترات ناشی ازمصرف انواع مختلف سبزیجات در این مطالعه، شاخص خطر (HI) براساس فرمول زیرمحاسبه شد. مقدار HI از حاصل جمع HQ نیترات در همه محصولات مورد بررسی در هریک از گروه‌های سنی محاسبه شد:

$$HI = \Sigma HQ_i$$ رابطه ۴)

چنانچه شاخص خطرپذیری بیماری‌های غیرسرطانی به یک برسد نشان‌دهنده بالاتر بودن احتمال خطرپذیری از میزان امن است (USEPA, 2000).

تجزیه و تحلیل‌های آماری

مقادیر بیشینه، کمینه، میانگین و انحراف معیار غلظت نیترات در اندام خوراکی هر محصول با استفاده از نرم‌افزار Minitab 17 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن و در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد. آنالیزهای مربوط به ارزیابی خطر در محیط اکسل انجام شد.

یافته‌های پژوهش

برخی از خصوصیات خاک‌های مورد مطالعه در جدول (۳) بیان شده است.

با توجه به اینکه بیشتر سبزیجات برای رشد مطلوب به pH کمی بیشتر از ۶ نیاز دارند. pH مطلوب برای گوجه‌فرنگی و خیار سبز بین ۵/۵ تا ۷/۵ می‌باشد (محمودی و حکیمیان، ۱۳۸۴) واسیدیته بهینه خاک برای رشد توت‌فرنگی بین ۷-۵ می‌باشد (تفضلی، ۱۳۸۰)، همانگونه که جدول ۳ نشان می‌دهد pH همه خاک‌های مورد بررسی در وضعیت مطلوب برای کشت محصولات مورد بررسی قرار دارد. خاک‌های دارای نیتروژن کل بیشتر از ۰/۲ درصد جزء خاک‌های غنی از لحاظ نیتروژن محسوب می‌شوند (سالاردینی، ۱۳۷۶). میانگین غلظت نیتروژن در خاک‌های مورد بررسی نشان می‌دهد که نمونه‌های خاک گلخانه‌های خیار با میانگین غلظت ۰/۲۱۹ درصد جزء خاک‌های غنی از لحاظ نیتروژن کل می‌باشند. این در حالیست که خاک مزارع خیار، توت‌فرنگی و گوجه‌فرنگی در وضعیت بینابینی از این نظر قرار دارند.

نتایج تجزیه فسفر قابل جذب (جدول ۳) نشان می‌دهد که میانگین فسفر در نمونه‌های خاک گلخانه‌های خیار، توت‌فرنگی و خیار مزرعه بیشتر از ۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد بنابراین خاک آن‌ها نه تنها کمبود فسفر ندارند بلکه دارای بیشبود فسفر هستند. اما میانگین فسفر در نمونه‌های خاک مزرعه گوجه‌فرنگی کمتر از ۵ می‌باشد. Olsen and Sommers در سال ۱۹۹۰، اذعان داشتند خاک‌هایی که دارای ۲۵-۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر قابل استفاده باشند از نظر فسفر غنی بوده و به مصرف کود فسفاتی نیازی ندارد و چنانچه فسفر قابل استفاده در خاک کمتر از ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم باشد، این مقدار قابل استفاده خاک برای گیاه ناکافی بوده و گیاهان نسبت به استفاده از کودهای فسفاتی عکس‌العمل مثبت نشان می‌دهند. بنابراین استفاده از کود فسفره فقط در مزارع گوجه‌فرنگی می‌تواند اثر مطلوب بر عملکرد و کیفیت محصول داشته باشد و در سایر خاک‌های مورد بررسی، زیادبود فسفر مشاهده می‌شود که ناشی از مصرف بی‌رویه کود فسفره در این خاک‌ها می‌باشد.

مقدار بهینه پتاسیم قابل جذب در خاک بین ۲۰ تا ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹). زمانی که میزان پتاسیم خاک بیشتر از ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم باشد بیش‌بود پتاسیم وجود خواهد داشت. نتایج تجزیه پتاسیم خاک در جدول ۳، نشان می‌دهد

1. Reference Dose

که غلظت پتاسیم در اکثر خاک‌های مورد مطالعه بیشتر از ۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم می‌باشند. همچنین میانگین غلظت پتاسیم در نمونه خاک‌ها بیشتر از ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است. بنابراین خاک‌های مورد بررسی، دارای شرایط بیش بود پتاسیم قابل جذب در خاک هستند.

جدول ۳- برخی ویژگی‌های خاک و غلظت عناصر پرمصرف در خاک‌های بررسی شده در جیرفت

عنصر	حداکثر	حداقل	میانه	میانگین	انحراف معیار
pH					
گلخانه های خیار	۷/۸۴	۷	۷/۱۴	۷/۲۱	۰/۲۲
مزرعه‌های خیار	۷/۷	۷	۷/۳۹	۷/۳۷	۰/۱۹
گلخانه‌های توت‌فرنگی	۷/۶۸	۷	۷/۱۸	۷/۱۷	۰/۱۵
مزرعه‌های گوجه‌فرنگی	۷/۹۲	۷/۰۹	۷/۶	۷/۵۸	۰/۲
(ds m-1) EC					
گلخانه‌های خیار	۹/۳	۰/۷۲۵	۳/۰۱	۳/۵۸	۲/۳
مزرعه‌های خیار	۷/۹	۰/۵۳	۱/۶۱	۲/۱۶	۱/۵۹
گلخانه‌های توت‌فرنگی	۵/۲۱	۰/۵۶	۰/۹	۱/۴۲	۱/۱۴
مزرعه‌های گوجه‌فرنگی	۴/۰۳	۰/۶۲	۱/۶	۱/۵۷	۰/۷۷
نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم)					
گلخانه‌های خیار	۰/۴۳	۰/۱	۰/۲۰۷	۰/۲۱۹	۰/۰۶۵
مزرعه‌های خیار	۰/۲۸	۰/۰۵	۰/۱۵	۰/۱۶۱	۰/۰۵
گلخانه‌های توت‌فرنگی	۰/۲۱	۰/۱	۰/۱۶	۰/۱۶۴	۰/۰۲۹
مزرعه‌های گوجه‌فرنگی	۰/۱۷	۰/۱	۰/۱۳	۰/۱۲۸	۰/۰۱۴
فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم)					
گلخانه‌های خیار	۵۷۶/۷۹	۲۱/۶۹	۱۹۴/۱۶	۲۲۴/۳	۱۳۷/۶۳
مزرعه‌های خیار	۲۵۱/۲	۱/۷	۲۲/۱۸	۳۷/۴۵	۴۹/۶
گلخانه‌های توت‌فرنگی	۶۲۴/۱۷	۲۱/۰۹	۸۵/۷۷	۱۰۷/۰۲	۱۰۷/۸۶
مزرعه‌های گوجه‌فرنگی	۱۸/۶	۰/۴	۳/۵	۴/۶۲	۳/۷۷
پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم)					
گلخانه‌های خیار	۳۵۷۴/۷	۸۰/۶	۸۷۶/۸	۱۲۲۶/۳	۹۲۰/۸۸
مزرعه‌های خیار	۳۵۷۴/۷۵	۵۵/۲۴	۳۱۳/۱۹	۵۰۷/۴	۴۶۶/۷۲
گلخانه‌های توت‌فرنگی	۱۳۸۱	۵۵/۲۴	۴۸۰/۷۴	۵۰۶/۱۴	۲۴۲/۹۸
مزرعه‌های گوجه‌فرنگی	۵۳۵/۴۱	۵۴/۵۶	۲۴۴/۴	۲۴۱/۱	۱۰۶/۱

بیش‌بود عناصر پرمصرف باعث مشکلات زیادی مانند کاهش کیفیت تغذیه‌ای محصولات، آلودگی‌های زیست محیطی، برهم خوردن تعادل عناصر غذایی و ایجاد اختلال در جذب عناصر کم‌مصرف می‌شود (خوشگفتارمنش، ۱۳۸۶).

مهم‌ترین عامل ایجاد بیش‌بود عناصر در خاک، مدیریت نادرست در کوددهی در مزارع و گلخانه‌ها می‌باشد و در بیشتر گلخانه‌ها از کودهای دامی نیز در کنار کودهای شیمیایی استفاده می‌شود. همچنین بررسی سابقه زمین مزارع و گلخانه‌ها نشان داد که در اکثر این زمین‌ها تا قبل از احداث گلخانه کشاورزی به صورت سنتی انجام شده است.

غلظت نیترات در بخش خوراکی نمونه‌ها

نتایج میانگین غلظت نیترات، انحراف معیار، حداقل و حداکثر غلظت نیترات برای هر یک از محصولات مورد بررسی در جدول ۴ نشان داده شده است.

خیار

غلظت نیترات در خیار به سه صورت خیار با پوست، خیار بدون پوست و پوست خیار به طور جدا اندازه‌گیری شد (جدول ۴).

بیشترین غلظت نیترات در نمونه پوست خیار گلخانه (۱۲۹/۴۵ mg/Kg fresh Weight) و کمترین مقدار در گوشت خیار مزرعه (۱۷/۶۸ mg/Kg fresh Weight) یافت شد. بنابراین نیترات در پوست خیار تجمع یافته و با کندن پوست آن کاهش عمده‌ای در محتوی

نیترات آن ایجاد می‌شود. همان طور که ملاحظه می‌شود میانگین نیترات در همه نمونه‌های خیار و بخش‌های مختلف آن از میزان نیترات اعلام شده توسط استاندارد ملی ایران(۳۰۰) و استاندارد روسیه (۱۵۰ و ۴۰۰) کمتر است (شکل ۱).

با توجه به جدول ۳، میانگین میزان نیترات در خیار گلخانه‌ای با پوست ۶۴/۱۶ میلی‌گرم بر گیلوگرم می‌باشد. میانگین میزان نیترات در خیار گلخانه‌ای بدون پوست ۲۶/۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر و میانگین نیترات در پوست خیار گلخانه‌ای ۱۲۹/۴۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر می‌باشد. دامنه غلظت نیترات در خیار مزرعه با پوست از حدود ۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر تا حدود ۱۱۴/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر متغیر بود. همچنین دامنه غلظت نیترات در خیار مزرعه بدون پوست از حدود ۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر تا حدود ۵۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر متغیر بود. همچنین نتایج نشان داد که دامنه غلظت نیترات در پوست خیار مزرعه از حدود ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر تا حدود ۲۳۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر متغیر بود.

میانگین میزان نیترات در خیار مزرعه با پوست، در خیار مزرعه بدون پوست و پوست خیار مزرعه به ترتیب ۴۴/۳۹، ۱۷/۶۸، ۹۰/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. بهشتی و همکاران (۱۳۹۸)، نشان دادند که محتوای نیترات در خیارهای عرضه شده در بازار استان البرز دارای میانگین ۲۱۲/۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر و محدوده ۱۲۲۱–۱۵/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر بود. دوماری و همکاران (۱۳۹۶) نیز میانگین نمونه‌های خیار را در شهرستان جیرفت ۱۲۲/۱۲ میلی‌گرم برکیلوگرم وزن تر گزارش کردند.

نتایج حاصل از تجزیه نیترات نشان داد که نیترات در محصولات گلخانه‌ای از محصولات مزرعه‌ای بیشتر بود که یکی از دلایل آن مدیریت کودی، شرایط دما و نور متفاوت در گلخانه و مزارع خیار می‌باشد.

نتایج این بخش با نتایج تحقیق دوماری و همکاران (۱۳۹۶) مطابقت دارد که میانگین میزان نیترات نمونه‌های برداشت شده از گلخانه‌ها ۱۲۶/۵۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر و نمونه‌های مزرعه ۱۰۸/۰۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر حاصل شد و با تحلیل داده‌ها دریافتند که اختلاف معنی‌داری بین میزان نیترات در خیارهای گلخانه‌ای و خیارهای مزرعه وجود دارد.

جدول ٤- غلظت نیترات در محصولات مورد بررسی و مقایسه آن با استاندارد ملی ایران (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر)

نام تیمار	تعداد	حداقل	حداکثر	میانگین	SD	استاندارد ملی ایران
پوست خیار گلخانه	۴۰	۷۰/۲	۲۴۳/۴	۱۲۹/۴۵	۴۱/۵۲	۳۰۰
پوست خیار مزرعه	۴۰	۳۰/۵	۲۳۲	۹۰/۴۴	۴۳/۰۸	۳۰۰
خیار گلخانه با پوست	۴۰	۳۶	۱۱۴/۸	۶۴/۱۶	۱۹/۹۰	۳۰۰
خیار مزرعه با پوست	۴۰	۱۴	۱۱۴/۲	۴۴/۳۹	۲۱/۸۰	۳۰۰
خیار گلخانه بدون پوست	۴۰	۱۲	۴۹/۸	۲۶/۹۰	۹/۴۳	۳۰۰
خیار مزرعه بدون پوست	۴۰	۴	۵۱	۱۷/۶۸	۱۰/۴۳	۳۰۰
توت‌فرنگی	۴۰	۳/۰۷	۱۴۵/۷	۵۵/۲۳	۳۲/۰۹	–
گوجه‌فرنگی	۳۵	۸	۳۵/۸	۱۶/۸۶	۷/۱۲	۱۵۰

گوجه‌فرنگی

تجزیه نیترات در نمونه‌های گوجه‌فرنگی نشان داد (جدول۴) که دامنه غلظت نیترات ۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر تا ۳۵/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر متغیر بود. با توجه به جدول (۴) میانگین نیترات در گوجه‌فرنگی برابر با ۱۶/۸۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم است که این میزان نیترات پایین‌تر از حد مجاز نیترات در گوجه‌فرنگی (۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) تعیین شده توسط سازمان ملی استاندارد ایران (سال ۱۴۰۰) می‌باشد (نمودار۱).

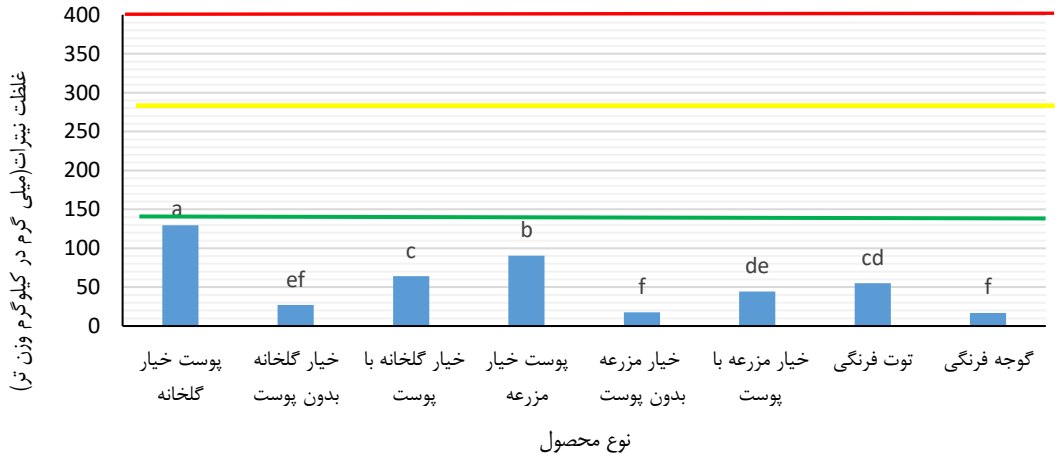
بهشتی و همکاران (۱۳۹۸)، نشان دادند که میانگین غلظت نیترات در نمونه‌های گوجه‌فرنگی ۲۰/۲۲ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر بود.

توت‌فرنگی

نتایج آزمایش‌های انجام شده برای تجزیه نیترات توت‌فرنگی نشان داد (جدول۴) که دامنه غلظت نیترات در این نمونه‌ها ۳/۰۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر تا حدود ۱۴۵/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر متغیر بود. با توجه به نتایج میانگین میزان نیترات در توت‌فرنگی برابر با ۵۵/۲۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم است حد مجاز برای نیترات در محصول توت‌فرنگی در استاندارد ملی ایران و روسیه تعریف نشده است.

کنترل کیفیت داده‌ها

جهت کنترل کیفیت تجزیه نمونه‌ها در آزمایشگاه، تعداد ۱۴ نمونه شامل سه نمونه از هر یک از قسمت‌های خوراکی خیار مزرعه‌ای و گلخانه‌ای، گوجه و توت‌فرنگی به آزمایشگاه موسسه تحقیقات خاک و آب، به عنوان آزمایشگاه رفرنس ارسال شد (Magnusson and Ornemark, 2014). روش آماده سازی و تجزیه نمونه‌ها در هر دو آزمایشگاه کاملا یکسان بود. مقایسه میانگین نمونه‌های کنترلی در جدول ۵ ارائه شده است.



شکل ۱- میانگین غلظت نیترات در محصولات و میزان استاندارد ملی ایران و استاندارد روسیه برای محصولات خیار و گوجه‌فرنگی

خط قرمز: استاندارد روسیه برای خیار گلخانه (۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر)

خط زرد: استاندارد ملی ایران برای خیار (۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر)

خط سبز: استاندارد روسیه برای خیار مزرعه و گوجه‌فرنگی مزرعه، استاندارد ملی ایران برای گوجه‌فرنگی (۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر)

میزان حداکثر غلظت مجاز نیترات در بخش‌های مختلف خیار بر اساس استاندارد ملی فقط یک عدد می‌باشد و برای هر بخش آن بصورت مجزا استاندارد تعریف نشده است.

ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.

جدول ۵- مقایسه میانگین نمونه‌های کنترلی

شماره نمونه	نمونه	غلظت نیترات (میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر)	
		میانگین آزمایشگاه ۱	میانگین آزمایشگاه ۲
۱	خیار گلخانه	۱۰۹/۸	۱۱۵
۲	خیار گلخانه	۷۳/۴	۸۱/۸
۳	خیار گلخانه	۸۳/۷	۸۹/۲
۴	خیار گلخانه	۹۷/۶۸	۱۰۲/۲
۵	خیار مزرعه	۵۲/۲	۵۶/۳
۶	خیار مزرعه	۸۵/۲	۸۹/۲
۷	خیار مزرعه	۹۷/۰	۱۰۰/۵
۸	گوجه‌فرنگی	۵۱/۲	۵۹/۶
۹	گوجه‌فرنگی	۴۵/۹	۵۰/۱
۱۰	گوجه‌فرنگی	۲۸/۲	۳۵/۳
۱۱	گوجه‌فرنگی	۳۵/۴	۳۷/۰
۱۲	توت‌فرنگی	۱۷/۹	۲۳/۴
۱۳	توت‌فرنگی	۱۶/۴	۱۹/۳
۱۴	توت‌فرنگی	۲۹	۳۲/۳

آزمایشگاه ۱: آزمایشگاه محل تجزیه نمونه‌ها، آزمایشگاه ۲: آزمایشگاه رفرنس (آزمایشگاه موسسه تحقیقات خاک و آب ایران)

مقایسه میانگین‌ها با ستفاده از آزمون تی در نرم‌افزار مینی‌تب انجام شد و در هیچ یک از موارد، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

ارزیابی خطر

پارامترهای مورد استفاده در ارزیابی خطر نیترات در جدول (۶) آورده شده است.

جدول٦- پارامترهای مورد استفاده در ارزیابی خطر نیترات

پارامترها	دختر ٦≤	پسر ٦≤	دختر ۷-۱٤	پسر ۷-۱٤	دختر ۱٤-۱۸	پسر ۱٤-۱۸	زن ۱۸-٥٤	مرد ۱۸-٥٤	زن ٥٥≤	مرد ٥٥≤	منبع
ED(years)	۴	۴	۷	۷	۴	۴	۲۷	۲۷	۱۵	۱۵	AghilI, 2009
BW(kg)	۱۷/۵	۱۸/۷	۳۹	۳۵	۵۶	۵۹/۱	۶۱	۷۶/۴	۶۰/۶	۶۵/۱	Roohani, 2012
EF(dy-1)											مشاهدات
توت‌فرنگی	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	
گوجه‌فرنگی	۳۵۰	۳۵۰	۳۵۰	۳۵۰	۳۵۰	۳۵۰	۳۵۰	۳۵۰	۳۵۰	۳۵۰	سبد غذایی مطلوب
خیار	۳۵۰	۳۵۰	۳۵۰	۳۵۰	۳۵۰	۳۵۰	۳۵۰	۳۵۰	۳۵۰	۳۵۰	ایرانیان، ۱۳۹۲
IR(gd^{-1})											
توت‌فرنگی	۱۳/۲۵	۱۳/۲۵	۲۶/۵	۲۶/۵	۲۶/۵	۲۶/۵	۲۶/۵	۲۶/۵	۲۶/۵	۲۶/۵	
گوجه‌فرنگی	۷۰	۷۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	
خیار	۷۰	۷۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	

میزان جذب روزانه نیترات

میزان جذب روزانه نیترات با استفاده از رابطه (۱) برای محصولات و گروه‌های سنی مختلف محاسبه شد (جدول ۷). میزان مصرف روزانه نیترات که توسط اتحادیه اروپا معرفی شده است ۳/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز می‌باشد که معادل روزانه ۲۲۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات برای فردی با وزن ۶۰ کیلوگرم می‌باشد (EUSCF, 1995).

با توجه به جدول ۷، بیشترین میزان جذب روزانه نیترات در خیار گلخانه با پوست میزان ۰/۰۹۸۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز محاسبه شده است. میزان جذب روزانه نیترات در توت‌فرنگی و گوجه‌فرنگی پایین‌ترین مقدار را دارا می‌باشد. مقدار جذب روزانه نیترات در خیار (گلخانه‌ای و مزرعه) با پوست تقریبا دو برابر مقدار جذب در خیار بدون پوست می‌باشد. به طور کلی در همه محصولات میزان جذب روزانه در بزرگسالان نسبت به افراد در سنین پایین‌تر کمتر می‌باشد. همچنین در سنین بالای ۱۴ سال مقدار آن برای زنان بیشتر از مردان می‌باشد.

مطالعات دیگر نیز نشان دادند که با وجود رژیم غذایی با نیترات بیش از حد، افراد مسن و نوزادان بیشتر در معرض خطر قرار می‌گیرند (Cavaiuolo and ferrante, 2014). سازمان بهداشت جهانی (۲۰۲۰)، میزان جذب روزانه نیترات در اثر مواد غذایی را ۴۰ میلی‌گرم در روز و در اثر خوردن گوجه‌فرنگی، ۱/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز گزارش کرد. این اعداد برای شرق دور به ترتیب ۲۴ و ۰/۱ میلی‌گرم در روز گزارش شدند.

جدول۷- میزان جذب روزانه نیترات (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز) از طریق مصرف محصولات مورد بررسی

گروه هدف	توت‌فرنگی	گوجه‌فرنگی	خیار گلخانه با پوست	خیار گلخانه بدون پوست	خیار مزرعه با پوست	خیار مزرعه بدون پوست
۶≤ دختر	۰/۰۰۱۴	۰/۰۲۵۹	۰/۰۹۸۴	۰/۰۴۱۳	۰/۰۶۸۱	۰/۰۲۷۱
۶≤ پسر	۰/۰۰۱۳	۰/۰۲۴۲	۰/۰۹۲۱	۰/۰۳۸۶	۰/۰۶۳۷	۰/۰۲۵۴
۱۴-۷دختر	۰/۰۰۱۲	۰/۰۲۳۲	۰/۰۸۸۳	۰/۰۳۷	۰/۰۶۱۱	۰/۰۲۴۳
۱۴-۷پسر	۰/۰۰۱۴	۰/۰۲۵۹	۰/۰۹۸۴	۰/۰۴۱۲	۰/۰۶۸۱	۰/۰۲۷۱
۱۸-۱۴دختر	۰/۰۰۰۸۶	۰/۰۱۶۲	۰/۰۶۱۵	۰/۰۲۵۸	۰/۰۴۲۶	۰/۰۱۶۹
۱۸-۱۴پسر	۰/۰۰۰۸۱	۰/۰۱۵۳	۰/۰۵۸۳	۰/۰۲۴۴	۰/۰۴	۰/۰۱۶
۵۴-۱۸زن	۰/۰۰۰۷۸	۰/۰۱۴۸	۰/۰۵۶۵	۰/۰۲۳۷	۰/۰۳۹۱	۰/۰۱۵۶
۵۴-۱۸مرد	۰/۰۰۰۶	۰/۰۱۱۹	۰/۰۴۵	۰/۰۱۸۹	۰/۰۳۱۲	۰/۰۱۲۴
۵۴≤ زن	۰/۰۰۰۷۹	۰/۰۱۴۹	۰/۰۵۶۹	۰/۰۲۳۸	۰/۰۳۹۳	۰/۰۱۵۷
۵۴≤مرد	۰/۰۰۰۷۴	۰/۰۱۳۹	۰/۰۵۲۹	۰/۰۲۲۲	۰/۰۳۶۶	۰/۰۱۴۶

ریسک تهدید سلامت مصرف کنندگان با بیماری‌های غیرسرطانی ناشی از نیترات موجود در محصولات مورد بررسی

احتمال خطرپذیری به بیماری‌های غیر سرطانی (HQ) نیترات در خیار، گوجه و توت‌فرنگی برای مصرف‌کنندگان در جدول ۸ نشان داده شده است. مقدار پتانسیل خطر برای سلامتی (HQ) برای نیترات از طریق مصرف هرکدام از نمونه‌های مورد نظر زیر یک می‌باشد که این موضوع نشان می‌دهد که در این مناطق احتمال خطر تهدید سلامتی ناشی از نیترات، از طریق مصرف خیار، گوجه‌فرنگی و توت‌فرنگی وجود نخواهد داشت.

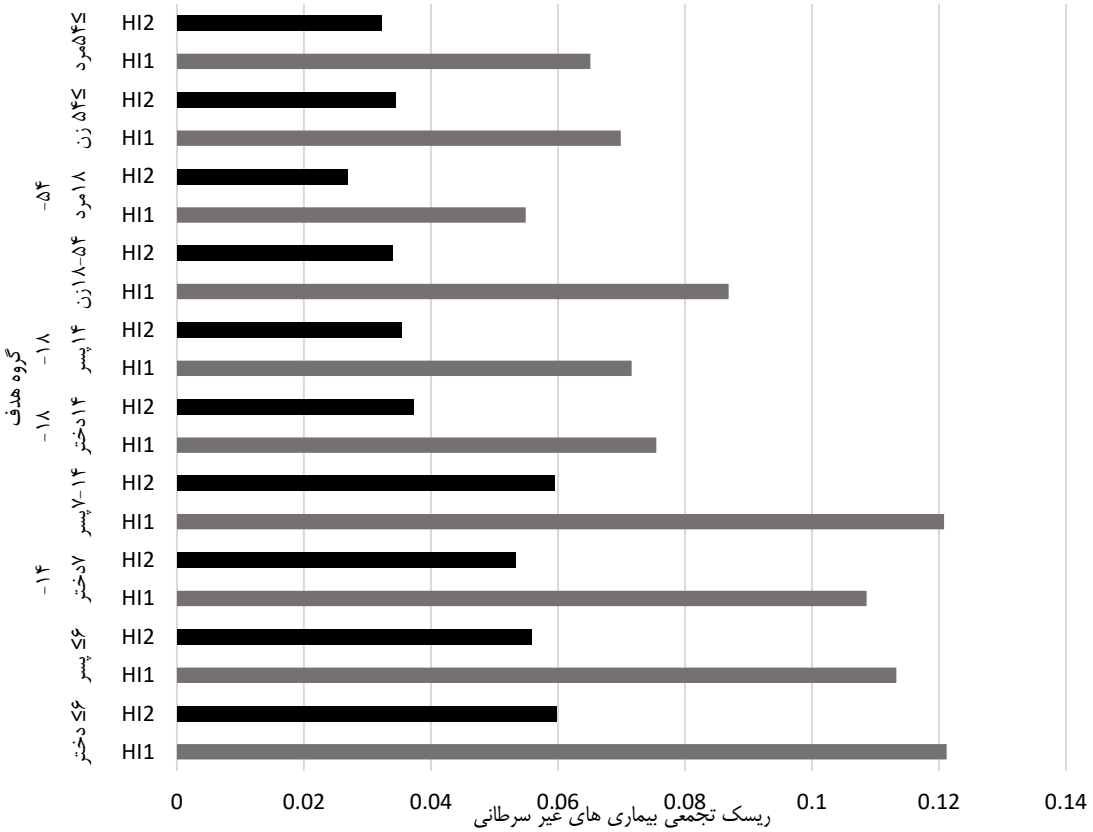
مقدار پتانسیل خطر نیترات در همه گروه‌های سنی زمانی که از محصولات مورد بررسی به طور متوسط استفاده شود کمتر از یک می‌باشد. علی‌رغم وجود نیترات بالا و بیشتر از حد مجاز در برخی از نمونه‌های خیار خطرپذیری غیرسرطانی آن کمتر از یک می‌باشد.

شاخص خطرپذیری کل (HI)

شاخص خطرپذیری کل در دو حالت خوردن توت‌فرنگی، گوجه‌فرنگی، خیار گلخانه با پوست، خیار مزرعه با پوست و توت‌فرنگی، گوجه‌فرنگی، خیار گلخانه بدون پوست، خیار مزرعه بدون پوست محاسبه شد (شکل ۲). میزان HI1 در گروه سنی کمتر از ۶ سال دختر و ۷ تا ۱۴ سال پسر به ترتیب برابر با ۰/۱۲۱۲ و ۰/۱۲۰۸ می‌باشد که بیشترین میزان HI این محصولات می‌باشد.

جدول ۸- احتمال خطرپذیری به بیماری‌های غیر سرطانی در محصولات مورد بررسی

گروه هدف	توت‌فرنگی	گوجه‌فرنگی	خیار گلخانه با پوست	خیار گلخانه بدون پوست	خیار مزرعه با پوست	خیار مزرعه بدون پوست
۶≤ دختر	۰/۰۰۰۸۶	۰/۰۱۶۲	۰/۰۶۱۵	۰/۰۲۵۸	۰/۰۴۲۶	۰/۰۱۷۰
۶≤ پسر	۰/۰۰۰۸۰	۰/۰۱۵۱	۰/۰۵۷۶	۰/۰۲۴۱	۰/۰۳۹۸	۰/۰۱۵۹
۱۴-۷دختر	۰/۰۰۰۷۰	۰/۰۱۴۵	۰/۰۵۵۲	۰/۰۲۳۱	۰/۰۳۸۲	۰/۰۱۵۰
۱۴-۷پسر	۰/۰۰۰۸۰	۰/۰۱۶۰	۰/۰۶۱۵	۰/۰۲۵۷	۰/۰۴۲۵	۰/۰۱۷۰
۱۸-۱۴دختر	۰/۰۰۰۵۴	۰/۰۱۰۰	۰/۰۳۸۴	۰/۰۱۶۱	۰/۰۲۶۶	۰/۰۱۰۶
۱۸-۱۴پسر	۰/۰۰۰۵۱	۰/۰۰۹۵	۰/۰۳۶۴	۰/۰۱۵۳	۰/۰۲۵۲	۰/۰۱۰۰
۵۴-۱۸زن	۰/۰۰۰۵۰	۰/۰۰۹۰	۰/۰۳۵۰	۰/۰۱۴۸	۰/۰۲۴۴	۰/۰۰۹۷
۵۴-۱۸مرد	۰/۰۰۰۴۰	۰/۰۰۷۰	۰/۰۲۸۰	۰/۰۱۱۸	۰/۰۱۹۵	۰/۰۰۷۷
۵۴≤ زن	۰/۰۰۰۵۰	۰/۰۰۹۳	۰/۰۳۵۵	۰/۰۱۴۹	۰/۰۲۴۶	۰/۰۰۹۷
۵۴≤مرد	۰/۰۰۰۴۶	۰/۰۰۸۷	۰/۰۳۳۰	۰/۰۱۳۹	۰/۰۲۲۹	۰/۰۰۹۱



شکل ۲- ریسک تجمعی بیماری‌های غیر سرطانی ناشی از نیترات موجود در محصولات مورد بررسی

HI1: توت‌فرنگی،گوجه‌فرنگی،خیار گلخانه با پوست، خیار مزرعه با پوست

HI2: توت‌فرنگی،گوجه‌فرنگی،خیار گلخانه بدون پوست، خیار مزرعه بدون پوست

بحث

غلظت نیترات در خیار

براساس یافته‌های این مطالعه میزان تجمع نیترات در نمونه‌های گلخانه‌ای به طور معنی‌داری بیشتر از مزرعه می‌باشد ($P< 0.05$). نتایج این بخش با نتایج تحقیق دوماری و همکاران (۱۳۹۶) مطابقت دارد که میانگین میزان نیترات نمونه‌های برداشت شده از گلخانه‌ها ۱۲۶/۵۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر و نمونه‌های مزرعه ۱۰۸/۰۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر حاصل شد و با تحلیل داده‌ها دریافتند که اختلاف معنی‌داری بین میزان نیترات در خیارهای گلخانه‌ای و خیارهای مزرعه وجود دارد. همچنین در تحقیق هفت برادران و همکاران (۱۳۹۵) بر روی صیفی‌جات و سبزیجات اصفهان نیز گزارش شده است که میزان نیترات در محصولات گلخانه‌ای بیشتر از مزرعه است. در تحقیق بهشتی و همکاران (۱۳۹۷) بین قسمت‌های مختلف خیار از نظر مقدار نیترات اختلاف معنی داری گزارش شد.

تفاوت در مقدار نیترات در محیط گلخانه و مزرعه را می‌توان به کنترل و تنظیم شرایط آب وهوایی شامل: نور و درجه حرارت محیط و مصرف کودهای نیتروژنه (جدول ۱ و ۲) نسبت داد. جذب خالص نیترات در گیاه تحت تأثیر شدت نور است. کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردکتاز و میزان فتوسنتز در نور پایین و عدم تبدیل نیترات به مواد آلی سبب ذخیره بیشتر نیترات در شرایط گلخانه می‌شود (Huarte-Mendicoa *et al*., 1997). افزایش دما می تواند رشد گیاه را تحت تأثیر قرار دهد و باعث تجمع نیترات در گیاه شود (دوماری و همکاران، ۱۳۹۶). عوامل تاثیرگذار بر غلظت نیترات محصولات شامل فاصله بین بوته‌ها و ردیف‌های کشت، شیوه آبیاری و وجود یا عدم وجود علف‌های هرز می‌باشد (دوماری و همکاران، ۱۳۹۵).

غلظت نیترات در گوجه‌فرنگی

نتایج این پژوهش نشان داد که میانگین نیترات در نمونه‌های گوجه‌فرنگی خیلی پایین‌تر از حد مجاز نیترات در گوجه‌فرنگی تعیین شده توسط سازمان ملی استاندارد ایران می‌باشد. پیر صاحب و همکاران (۱۳۹۰) دلیل پایین بودن غلظت نیترات در نمونه‌های گوجه‌فرنگی را اسیدی بودن محیط ریزوسفری ریشه گوجه‌فرنگی ربط دادند زیرا به دلیل محیط اسیدی موجود در گوجه‌فرنگی قسمت اعظم نیترات آن به نیتریت تبدیل می‌شود. به همین دلیل کمترین غلظت نیترات اندازه گیری شده مربوط به گوجه‌فرنگی است.

در پژوهش دوماری (۱۳۹۵) میانگین نیترات در گوجه‌فرنگی‌های مزارع جیرفت ۱۰۱/۲۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر گزارش شده است. در بررسی عباس‌زاده و ظریفیان (۱۳۸۷) که بر روی گوجه‌فرنگی‌های مزارع استان خراسان رضوی انجام داده‌اند نتایج نشان داد که در مزارعی که کود ازته مطابق با نیاز واقعی و آزمون خاک مصرف شده است تجمع نیترات کمتر از ۱۵۰ و در مزارعی که مصرف کود ازته زیاد بوده تجمع نیترات تا چند برابر بیشتر بوده است.

پیر صاحب و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی سبزیجات و صیفی‌جات کشت شده در دشت‌های جنوبی و شرقی کرمانشاه مقدار نیترات را در گوجه‌فرنگی کشت شده در مزرعه را برابر ۱۱/۴۲ (دشت ماهیدشت) و ۹/۱۰ (دشت درود و فرامان) میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر گزارش کردند. مقدار نیترات در کشت مزرعه ای محصول گوجه‌فرنگی در کشور لهستان برابر ۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر گزارش شد که با نتایج ما همخوانی دارد (Sušin *et al*., 2006). آن‌ها نیز کمترین میزان نیترات را در محصول گوجه‌فرنگی گزارش کردند.

غلظت نیترات در توت‌فرنگی

متوسط میزان کل نیترات اندازه‌گیری شده در میوه توت‌فرنگی گلخانه‌ای ۵۵/۲۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. این در حالی است که دوماری و شهدادی (۱۳۹۵) و همچنین Nabrzyski and Gajewska (۱۹۹۴) میانگین نیترات توت‌فرنگی را به ترتیب ۳۵/۹۶ و ۵۸/۷۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کردند. به گزارش دوماری و شهدادی (۱۳۹۵) عواملی از قبیل نوع رقم، سن گیاه، میزان نیتروژن معدنی خاک، Hخاک، نوع خاک، شکل و دفعات کود نیتروژنه مصرفی و ... باعث می‌شوند که مقادیر متفاوتی برای میزان نیترات توسط محققین مختلف گزارش گردد (Shahlaei et al., 2007؛ Thomson et al., 2007؛ Onyesom and Okoh, 2006؛ Santamaria, 2006).

Colla et al. (2018) نشان دادند که در فصل بهار و پاییز به دلیل دمای مناسب رشد گیاه در منطقه جیرفت، فتوسنتز بیشتری توسط گیاه انجام شده که منجر به رشد بیشتر گیاه و مصرف زیاد نیترات توسط گیاه می‌شود. لذا از تجمع نیترات در میوه جلوگیری می‌گردد. بر اساس گزارش Colla et al. (2018) توت‌فرنگی از میوه‌هایی است که تجمع نیترات در آن کم است و در دسته گیاهان با نیترات پایین قرار داده می‌شود. در تحقیق انجام شده توسط سالاری نژاد و همکاران (۱۳۹۷) متوسط میزان نیترات اندازه گیری شده در توت‌فرنگی گلخانه‌ای ۹۹/۴۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است که بیشترین تجمع نیترات در نمونه‌های برداشت شده در فصل زمستان بوده

است. همچنین دوماری و شهدادی (۱۳۹۵) میانگین نیترات توت‌فرنگی در گلخانه‌های جیرفت را ۳۵/۹۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کردند.

شاخص خطرپذیری (HQ)

در بین محصولات مورد نظر خیار گلخانه‌ای بالاترین مقدار HQ و توت‌فرنگی کمترین مقدار HQ را دارد. نکته مورد توجه اینجاست که تنها منبع ورود این آلاینده به بدن محصولات مورد بررسی نیستند و این آلاینده روزانه از طریق مصرف غذا، سبزیجات و میوه‌ها و فراورده‌های آنها نیز وارد بدن می‌شود.

نتایج پژوهش هفت‌برادران و همکاران (۱۳۹۵) در اصفهان نشان داد که غلظت نیترات در سیب زمینی و خیار زیر حد بحرانی نیترات از لحاظ سلامت مصرف‌کننده بود و نقشه خطرپذیری نیترات برای خیار در گروه سنی کودکان و بزرگسالان، نسبت خطرپذیری کمتر ۱ به‌دست آمد که عدم بروز آسیب محسوس در طول دوره سلامتی گروه‌ها به دلیل وجود نیترات در خیار را اثبات می‌کند.

Khoshgoftarmanesh et al., (2009) با بررسی جذب روزانه نیترات و پتانسیل خطر ابتلا به بیماری برای انسان در خیار و فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ها در استان قم به این نتیجه رسیدند که میانگین غلظت نیترات در خیار گلخانه‌ای حدود ۲/۷ برابر بیشتر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) بود که علت آن مدیریت تغذیه‌ای ضعیف و مصرف زیاد کودهای شیمیایی و دامی در گلخانه‌ها بیان شد. نتایج همچنین نشان دادند احتمال بیماری‌های غیرسرطانی از نظر انباشتگی نیترات برای مصرف‌کننده بسیار کم بود.

شاخص خطرپذیری کل (HI)

در همه گروه‌های سنی میزان شاخص خطرپذیری کمتر از یک می‌باشد که این مقدار نشان‌دهنده ایمنی مصرف‌کنندگان این محصولات در منطقه جیرفت نسبت به بیماری‌های غیرسرطانی است همچنین افراد زیر ۱۴ سال بیشتر در معرض خطر بیماری‌های غیرسرطانی از طریق مصرف این محصولات می‌باشند. شاخص ریسک محاسبه شده برای محصولات مورد بررسی در محدوده متداول گزارش شده توسط سایر محققین در دنیا و ایران قرار دارد و بسیار کمتر از حد قابل قبول ریسک می‌باشد، بنابراین نگرانی از نظر تهدید سلامت مصرف کنندگان از طریق محصولات بررسی شده در این تحقیق وجود ندارد.

نتیجه‌گیری

غلظت نیترات در تمام محصولات بررسی شده کمتر از حد استاندارد روسیه (خیار گلخانه، خیار مزرعه و گوجه‌فرنگی مزرعه، به ترتیب: ۴۰۰، ۱۵۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) و استاندارد ملی ایران (خیار و گوجه‌فرنگی، به ترتیب: ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) بود. در مورد غلظت نیترات در توت‌فرنگی استاندارد ملی و یا بین‌المللی معتبری یافت نشد.

با توجه به این که شاخص خطرپذیری برای تمام سنین کمتر از ۱ بود، لذا احتمال مواجهه با بیماری‌های غیر سرطانی ناشی از نیترات از مسیر خوردن محصولات گوجه‌فرنگی، خیار و توت‌فرنگی در این مطالعه به طور جدی وجود ندارد.

از آنجایی که مطالعات ارزیابی ریسک، مدلسازی و پیش بینی تهدید سلامت در آینده است، این محاسبات ذاتاً دارای عدم قطعیت‌های زیادی هستند. مانند تمام مطالعات ارزیابی ریسک، در این تحقیق نیز عدم قطعیت‌هایی وجود دارد. یکی از منابع عدم قطعیت‌ها معمولاً فرضیاتی است که قبل از شروع محاسبات انجام می‌گیرد، فرضیات این تحقیق را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

۱–نمونه‌ها نماینده خوبی برای خیار، گوجه‌فرنگی و توت‌فرنگی تولید شده در منطقه جیرفت هستند.

۲– کلیه خیار، گوجه‌فرنگی و توت‌فرنگی مصرفی ساکنین جیرفت در خود شهرستان جیرفت تولید می‌شوند.

۳– طول عمر انسان ۷۰ سال در نظر گرفته شد،

منبع دیگر عدم قطعیت در این تحقیق می‌تواند غلظت نیترات در نمونه‌ها و اطلاعات مربوط به وزن بدن و میزان مصرف موادغذایی مردم جیرفت باشد. خطاهای آنالیز نیترات در آزمایشگاه و عدم قطعیت های مربوط به آن، با استفاده از کنترل کیفیت بین آزمایشگاهی و بررسی نتایج با آزمایشگاه مرجع کاهش یافت. در ایران داده مشخص و تفکیک شده برای وزن بدن و سبد غذایی مربوط به شهرهای مختلف یا گروه‌های سنی و جنسی متفاوت وجود ندارد. ما از آخرین اطلاعات گزارش شده در مورد وزن بدن و سبد غذایی ایرانیان که تقریباً ۱۰ سال پیش منتشر شده است استفاده کردیم.

این پژوهش نشان می‌هد نگرانی از نظر محتوای نیترات موجود در خیار، گوجه‌فرنگی و توت‌فرنگی تولید شده در شهرستان جیرفت

وجود ندارد. اگرچه بهتر است همواره در جهت کاهش میزان آلاینده‌ها از جمله نیترات اقدامات موثر صورت بگیرد.

پیشنهادها

باید توجه داشت که در این مطالعه فقط یک سری از سبزیجات مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. مقادیر محاسبه شده می‌تواند در صورتی که سایر سبزیجات نیز در نظر گرفته شوند، بالاتر باشد. بنابراین در مطالعات آینده بهتر است سایر سبزیجات و سایر منابع حاوی نیترات نیز در نظر گرفته شوند.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

منابع

بهشتی، مهدی؛ شهبازی، کریم؛ بازرگان، کامبیز؛ ملک‌زاده، الهه. (۱۳۹۷). بررسی وضعیت نیترات در گوجه‌فرنگی و خیار توزیع شده در بازار استان البرز. *نشریه دانشگاه علوم پزشکی البرز*، ۸(۳)، ۲۸۱-۲۹۹.

پیرصاحب، مقداد؛ شرفی، کیومرث؛ مرادی، مسعود. (۱۳۹۲). بررسی میزان نیتریت و نیترات صیفی‌جات و سبزیجات کشت شده در دشت‌های جنوبی و شرقی کرمانشاه در سال ۱۳۹۰. *بهداشت مواد غذایی*، ۳(۱ (۹) بهار)، ۷۷-۷۸.

تفضلی، علی. (۱۳۸۰). نشریه ترویجی شماره ۱۶ کشت توت‌فرنگی، شیراز: انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه شیراز.

خوشگفتارمنش، امیرحسین. (۱۳۸۶). مبانی تغذیه گیاه. چاپ اول، مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان.

دوماری، حسین. (۱۳۹۵). اندازه‌گیری نیترات و بررسی عوامل مؤثر بر میزان آن در سبزیجات اقتصادی و پر تولید در منطقه جیرفت. رساله دکتری، بهداشت و کنترل کیفیت مواد غذایی، دانشگاه تهران.

دوماری، حسین؛ کامکار، ابوالفضل؛ شریفی، حمید. (۱۳۹۶). اندازه‌گیری میزان نیترات و بررسی عوامل مؤثر بر میزان آن در خیار سبزهای منطقه جیرفت. *مجله تحقیقات دامپزشکی*، ۷۲ (۳)، ۳۶۵-۳۷۳.

دوماری، حسین؛ و شهدادی، فاطمه. (۱۳۹۵). *بررسی میزان نیترات در توت‌فرنگی‌های کشت شده در شهرستان جیرفت*. مقاله ارائه شده در اولین همایش بین‌المللی و دومین همایش ملی کشاورزی، محیط زیست و امنیت غذایی، جیرفت، ایران.

رحمانی، حمیدرضا. (۱۳۸۵). بررسی وضعیت نیترات در خاک، آب و گیاه اراضی سبزیکاری منطقه برا آن اصفهان. *فصلنامه علوم محیطی*، ۳ (۱۱)، ۲۳-۳۴.

سالاردینی، علی اکبر. (۱۳۷۶). حاصلخیزی خاک و کودها، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

سالاری نژاد، پروین؛ شریف، مهری؛ رشیدی، ام لیلا؛ و رودباری، زهرا. (۱۳۹۷). *ارزیابی غلظت نیترات (NO_3^-) توت‌فرنگی گلخانه ای در منطقه جیرفت*، مقاله ارائه شده در دومین همایش بین المللی و سومین همایش ملی کشاورزی، محیط زیست و امنیت غذایی، جیرفت، ایران.

سبد مطلوب غذایی برای جامعه ایرانی . (۱۳۹۲). وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، شماره کتابشناسی ملی: ۳۲۹۳۲۸۸. انتشارات اندیشه ماندگار، قم.

عباس‌زاده، مهدی؛ و ظریفیان سبحانی، رامین. (۱۳۸۷). بررسی تجمع نیترات در گوجه‌فرنگی بر اثر مصرف کودهای ازته. مقاله ارائه شده در اولین کنگره ملی فناوری تولید و فراوری گوجه‌فرنگی، مشهد، ایران.

علی احیایی، مریم؛ و بهبهانی زاده، علی اصغر. (۱۳۷۲). شرح روشهای تجزیه شیمیایی خاک. موسسه تحقیقات خاک و آب.

فوث، ه. د. (۱۳۸۴). مبانی خاک‌شناسی ترجمه محمودی، ش .و م .حکیمیان. چاپ ششم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

ملکوتی، محمد جعفر؛ و غیبی، محمد نبی. (۱۳۷۹). تعیین حد بحرانی عناصر غذایی موثر در خاک، گیاه و میوه در راستای افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات استراتژیک کشور، چاپ دوم، تهران: نشر آموزش کشاورزی.

ملکوتی، محمد جعفر. (۱۳۸۱). بررسی اثر کودهای نیتروژنه در تجمع نیترات در سبزی‌های مزارع کشور. گزارش نهایی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی. تهران، ایران.

هفت برادران، شیرین؛ ملکوتی، محمدجعفر؛ و خوش گفتارمنش، امیرحسین. (۱۳۹۷). بررسی خطرپذیری نیترات در اندام‌های خوراکی برخی محصولات کشاورزی استان اصفهان. *تحقیقات کاربردی خاک*، ۶(۱)، ۱-۱۲.

REFERENCES

Abbaszadeh, M., Zarifian Sobhani, R. (2008). *Investigating the accumulation of nitrates in tomatoes due to the use of nitrogen fertilizers*. Paper presented at the first national congress of tomato production and

processing technology, Mashhad, Iran. (In Persian)
Aghili, F., Khoshgoftarmanesh, A. H., Afyuni, M., & Schulin, R. (2009). Health risks of heavy metals through consumption of greenhouse vegetables grown in central Iran. *Human and Ecological Risk Assessment*, *15*(5), 999-1015.
Ali Ehyaei, M., and Behbahani Zadeh, A. A. (1993). *Methods of soil chemical analysis*. Soil and Water Research Institute. (In Persian)
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(3), 281-299. (In Persian)
Bouyoucos, G. J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils 1. *Agronomy journal*, *54*(5), 464-465.
Cavaiuolo, M., & Ferrante, A. (2014). Nitrates and glucosinolates as strong determinants of the nutritional quality in rocket leafy salads. *Nutrients*, *6*(4), 1519-1538.
Chan, T. Y. (2011). Vegetable-borne nitrate and nitrite and the risk of methaemoglobinaemia. *Toxicology letters*, *200*(1-2), 107-108.
Colla, G., Kim, H. J., Kyriacou, M. C., & Rouphael, Y. (2018). Nitrate in fruits and vegetables. *Scientia Horticulturae*, 237, 221-238.
Crock, J. G. (2006). Mercury. In: D. L., Sparks (ed), *Methods of Soil Analysis*. *Part 3, Chemical methods*. Agron. Monogr. 9. ASA, Madison, WI. 769-791
Dejon, C. W., & Stekbaut, W. (1995). Nitrate in food commodities vegetable origin and the total diet in belgium, ghent university. *Faculties Bio-Ingenious Wetenschappen (FLTBW)*, 15, 625-631.
Doomary, H. (2015). Nitrate measurement and investigation of factors affecting its amount in economic and high production vegetables in Jiroft region. PhD Thesis, *Health and Food Quality Control, University of Tehran*. (In Persian)
Doomary, H. and Shahdadi, F. (2015). *Investigating the amount of nitrate in strawberries grown in Jiroft city*. Paper presented at the first international conference and the second national conference on agriculture, environment and food security, Jiroft, Iran. (In Persian)
Doomary, H., Kamkar, A., & Sharifi, H. (2017). Study of nitrate content and the effective factors on it in the cucumbers of Jiroft area. *Journal of Veterinary Research*, 72(3), 363- 373. (In Persian)
EU Scientific Committee for Food, (1995). Opinion on Nitrate and Nitrite (Expressed on 22 September 1995), Annex 4 to Document III/56/95, CS/CNTM/NO3/20-FINAL. European Commission DG III, Brussels.
Foth, H. D. (2005). *Fundamentals of Soil Sciences*. Sixth edition. Translated by: Mahmoudi, Sh. and Hakimian, M. Tehran: Tehran university publication. (In Persian)
Haftbaradaran, S., Malakouti, M. J., & Khoshgoftarmanesh, A. H. (2018). Investigation of nitrate risk assessment in edible parts of some crops grown in Isfahan province. *Applied Soil Research*, 6(1), 1-12. (In Persian)
Hammad, S. A., Abou-Seeda, M. A., El-Ghamry, A. M., & Selim, E. M. (2007). Nitrate accumulation in spinach plants by using N-fertilizer types in alluvial soil. *Journal of Applied Sciences Research*, *3*(7), 511-518.
Hashemi Majd, K., Fathi achachiloi, B. (2008). Estimation of nitrate dietary intake to food of Ardabil citizens. *Agricultural Science*, 95(1), 91-99.
Hou, J. C., gang Jiang, C., & chen Long, Z. (2013). Nitrite level of pickled vegetables in Northeast China. *Food Control*, 29(1), 7-10.
Hsu, J., Arcot, J., & Lee, N. A. (2009). Nitrate and nitrite quantification from cured meat and vegetables and their estimated dietary intake in Australians. *Food Chemistry*, *115*(1), 334-339.
Huarte-Mendicoa, J. C., Astiasaran, I., & Bello, J. (1997). Nitrate and nitrite levels in fresh and frozen broccoli. Effect of freezing and cooking. *Food chemistry*, 58(1-2), 39-42.
Inal, A., & Tarakcioglu, C. (2001). Effects of nitrogen forms on growth, nitrate accumulation, membrane permeability, and nitrogen use efficiency of hydroponically grown bunch onion under boron deficiency and toxicity. *Journal of plant nutrition*, 24(10), 1521-1534.
Khoshgoftarmanesh, A. H. (2007). *Basics of Plant Nutrition*. First Edition. Isfahan: Isfahan University of Technology publication. (In Persian)
Khoshgoftarmanesh, A. H., Aghili, F., & Sanaeiostovar, A. (2009). Daily intake of heavy metals and nitrate through greenhouse cucumber and bell pepper consumption and potential health risks for human. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(1), 199-208.
Kladivko, E. J., Frankenberger, J. R., Jaynes, D. B., Meek, D. W., Jenkinson, B. J., & Fausey, N. R. (2004).

Nitrate leaching to subsurface drains as affected by drain spacing and changes in crop production system. *Journal of environmental quality*, 33(5), 1803-1813.

Klute, A. (1986). Method of soil Analysis part I- Physical and Mineralogical Methods. Second edition. Agronomy NO. 9, America Soprety of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Inc. Publisher Madison, Wisconsin. United States of America.

Lundberg, J. O., Weitzberg, E., & Gladwin, M. T. (2008). The nitrate–nitrite–nitric oxide pathway in physiology and therapeutics. *Nature reviews Drug discovery*, 7(2), 156-167.

Magnusson, B. and Ornemark, U. (eds.), (2014). Eurachem Guide: The Fitness for Purpose of Analytical Methods – A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics, (2nd ed). ISBN 978-91-87461-59-0.

Malakouti, M. J. and Gheibi, M. N. (2000). Determination of critical levels of nutrients in soil, plant and fruits In order to increase the quantitative and qualitative yield of the country's strategic products. Second Edition. Tehran Agricultural Education publication. (In Persian)

Malkouti, M. J. (2002). Investigating the effect of nitrogen fertilizers on the accumulation of nitrates in In the vegetables of the country's farms. Final report, Agricultural Research and Education Organization, Tehran, Iran. (In Persian)

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 reversal. *Food chemistry*, *120*(2), 615-620.

Nabrzyski, M., & Gajewska, R. (1994). The content of nitrates and nitrites in fruits, vegetables and other foodstuffs. *Roczniki Panstwowego Zakladu Higieny*, 45(3), 167-180.

Noguero, M., & Lacombe, B. (2016). Transporters involved in root nitrate uptake and sensing by Arabidopsis. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1-7.

Olsen, S. R., & Sommers, L. E. (1990). Phosphorus. *method of soil analysis.* Agronomy Monogeraph., *ASA*, Madison, Wisconsin, 403-431.

Onyesom, I., & Okoh, P. N. (2006). Quantitative analysis of nitrate and nitrite contents in vegetables commonly consumed in Delta State, Nigeria. *British Journal of Nutrition*, 96(5), 902-905.

Pirsaheb, M., Sharafi, K., & Morad, M. (2013). A survey on nitrite and nitrate levels in vegetables and cucurbits cultivated in northern and western plains of Kermanshah City in 2012. *Food Hygiene*, 3(1 (9)), 77-88. (In Persian)

Pourmoghim, M., Khoshtinat, K. H., Golestan, B., & Pirali, M. (2010). Determination of nitrate contents of lettuce, tomatoes and potatoes on sale in Tehran central fruit and vegetable market by HPLC. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, *5*(1), 63-70.

Rahmani, H. R. (2006). Investigation of nitrate pollution in the soil, water and plants in same agricultural fields in Baraan (Esfahan). *Environmental Sciences*, 11, 23- 34. (In Persian)

Rathod, K. S., Velmurugan, S., & Ahluwalia, A. (2016). A 'green'diet-based approach to cardiovascular health? Is inorganic nitrate the answer? *Molecular nutrition & food research*, 60(1), 185-202.

Roohani, N. (2012). Human zinc nutrition in arid regions with zinc deficiency in soils and crops: a case study in central Iran (Doctoral dissertation, ETH Zurich).

RoustaA, M. J., LotfiB, E., ShamsalamC, N., MousaviD, F., & Soleiman, L. (2010). *Nitrate situation in some vegetables and the necessity of crop production via organic farming*. Paper presented at the 19th World Congress of Soil Science. Brisbane, Australia.

Salardini, A. 1997. *Soil Fertility and Fertilizers*. Tehran: Tehran university publication. (In Persian)

Salarinejad, P., Sharif, M., Rashidi, M. L., and Rudbari, Z. (2019). *Evaluation of nitrate concentration of greenhouse strawberry in Jiroft region*, Paper presented at the second international conference and the third national conference on agriculture, environment and food security. Jiroft, Iran. (In Persian)

Santamaria, P. (2006). Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(1), 7-10.

Seilsepour, M. (2020). Study of nitrate concentration in Varamin plain leafy vegetables and evaluation of its risk for human. *Horticultural Plants Nutrition*, *3*(1), 69-86.

Shahlaei, A., Ansari, N. A., & Dehkordie, F. S. (2007). Evaluation of nitrate and nitrite content of Iran Southern (Ahwaz) vegetables during winter and spring of 2006. *Asian Journal of Plant Sciences*, 6(1), 12-97.

Suitable Food Basket for Iranian Society (2013). Ministry of Health and Medical Education. National Number: 3293288. Andishe Mandegar, Qom. (In Persian)

Sušin, J., Kmecl, V., & Gregorčič, A. (2006). A survey of nitrate and nitrite content of fruit and vegetables grown in Slovenia during 1996–2002. *Food additives and contaminants*, *23*(4), 385-390.

Tafazzoli, A. 2001. *Strawberry cultivation*. Technical bulletin (16), Jihad University Publishing Organization. Shiraz: Shiraz University. (In Persian)

Thomson, B. M., Nokes, C. J., & Cressey, P. J. (2007). Intake and risk assessment of nitrate and nitrite from New Zealand foods and drinking water. *Food additives and contaminants*, 24(2), 113-121.

USEPA, U. (2000). Risk-based concentration table. United States Environmental Protection Agency Philadelphia, PA.

WHO Food Additives, Series: 50. (2020). *NITRATE and NITRITE, Australia New Zealand Food Authority*, Canberra, Australia.

Yousefi, H., & Douna, B. K. (2023). Risk of Nitrate Residues in Food Products and Drinking Water. *Asian Pacific Journal of Environment and Cancer*, 6(1), 69-79.

Human health risk assessment caused by nitrate in cucumbers, tomatoes, and strawberries produced in Jiroft city

EXTENDED ABSTRACT

Introduction:
Indiscriminate use of nitrogen fertilizers causes the nitrate accumulation in agricultural products, especially vegetables. The high concentration of nitrate in vegetables can threaten the health of society.

Purpose:
The purpose of this research is to investigate the nitrate status as one of the product quality characteristics and to estimate the nitrate daily uptake and to determine the hazard quotients (HQ) and calculating the probable risk of developing non-cancerous diseases arising from nitrate in cucumber, tomato and strawberry grown in Jiroft.

Research method:
Soil and fruit sampling from greenhouses (cucumber and strawberry) and fields (cucumbers and tomatoes) in Jiroft region was done during the harvest season (spring and late autumn, winter of 2019). After preparing the samples, nitrate concentration was measured by distillation method.

Results:
The findings of this research showed that the average concentration (mg/kg fresh weight) of nitrates in strawberries (55.23), tomatoes (16.86), greenhouse cucumbers (64.16), and field cucumbers (44.39) is less than the standard level, based on the Russian and the Iran national standard. The calculated daily uptake for all receptor groups in the present study was lower than the permitted level (3.7 mg/kg- body weight). Hazard Quotients in all products and for all receptor groups were less than 1, with the lowest amount in strawberries for girls under 6 years old (0.00086) and the highest amount in greenhouse cucumbers for girls under 6 years old and boys 7-14 years old (0.0615). Therefore, strawberry has the least and greenhouse cucumber has the most health threat potential for the health of consumers in the region.
Always there are some uncertainties in risk assessment studies. One source of uncertainties is the assumptions taken before starting the calculations. The assumptions in this study can be listed as below:

1-samples are good representatives for cucumbers, tomatoes, and strawberries produced in Jiroft region,
2-all cucumbers, tomatoes, and strawberries consumed by residents of Jiroft, grown in Jiroft city,
3-life length was assumed to be 70 years,

The other source of uncertainties in this research could be nitrate concentration in samples and information about body weight and food consumption rate of people in Jiroft. Errors in nitrate analysis in the laboratory and related uncertainties were reduced using laboratories quality control and checking the results with a reference laboratory. There is no specific value for body weight and food basket related to different cities or different age and sex groups, in Iran. Iranian food basket was published almost 10 years ago. Calculations in this research was done using Iranian food basket.

Conclusion:
According to the risk index of less than 1 for all age groups, there is no possibility of encountering non-cancerous diseases caused by nitrates through the consumption of vegetables in Jiroft region.

Keywords: Cucumber, Nitrate accumulation, Risk assessment, Strawberry, Tomato.