



Journal of Environmental Studies

Vol. 47, No. 4, Winter 2022

Journal Homepage: www.Jes.ut.ac.ir
Print ISSN: 1025-8620 Online ISSN 2345-6922

Evaluation of Nitrate Status in Drinking Water and Vegetables of Savadkuh and Simorgh Counties and Its Relationship with the Prevalence of Gastrointestinal Cancers

Document Type
Research Paper

Seyedeh Negin Shariatpanahi¹, Mehran Hoodaji^{2*}, Mojtaba Mahmoudi³,
Reza Alizadeh Navaei⁴, Malieh Talebi Atooe⁵

Received
September 23, 2021
Accepted
December 21, 2021

1 Department of Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

2 Professor, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

3 Research Assistant professor. Soil and Water Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources, Research and Education center, Agricultural Research, Education and Extension Organization. Sari, Iran

4 Associate professor, Gastrointestinal Cancer Research Center, Non-communicable, Diseases Institute, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

5 Technical Director, Soil and Water Laboratory, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Sari, Iran

DOI: [10.22059/JES.2021.332547.1008239](https://doi.org/10.22059/JES.2021.332547.1008239)

Abstract

In this study, two areas with high incidence (Savadkuh county) and low incidence (Simorgh county) were identified, and information on cancer patients was prepared between 2014-2016. Nitrate concentration was analyzed in 30 samples of vegetables and drinking water of each county. The results showed that nitrate residue in Savadkuh vegetables, including tomatoes, onions, garlic, potatoes, cucumbers, spinach, cress, and lettuce, and in Simorgh, including tomatoes, onions, garlic, potatoes, and cucumbers, more than the maximum limit. The highest and lowest nitrate concentrations were observed in Savadkuh with an average of 4165 and 314 mg/kg in cress and potatoes and Simorgh with an average of 2477 and 239 mg/kg in garlic and potatoes, respectively. Nitrate concentrations of water in Savadkuh and Simorgh were 15.8 and 10.3 mg/L, respectively. In both counties, water nitrate concentrations were below the permissible level, which had no role in developing gastrointestinal cancers. There was a direct relationship between nitrate concentration in cucumber, watercress, garlic, and spinach and the incidence of gastrointestinal cancers.

Keywords: Drinking water, Contamination of vegetables, Cancer, Nitrate, Nitrite

* Corresponding Author:

Email: mehran.hoodajil@gmail.com

Introduction

One of the most critical and controversial issues regarding the pollution of water resources and agricultural products is the challenging relationship between nitrate intake and the risk of gastrointestinal cancers. During the last two centuries, human activities have fundamentally changed the global nitrogen cycle and increased the amount of nitrate in the soil. Nitrate and nitrite move quickly in the environment due to the high solubility. Nitrate in wastewater or fertilizers used to increase crop production can be accessed to surface and groundwater by rainfall or irrigation. Nitrate in the diet is absorbed into the bloodstream and enters the oral fluid through the salivary glands. Approximately 25% of nitrate in the human body enters the salivary glands after absorption in the upper gastrointestinal tract, and it is actively concentrated up to 20 times in saliva. Nitrite disrupts young vertebrates by destroying hemoglobin in the blood and forming the toxic compound methemoglobin. Nitrite also causes hypotension (reduction of arterial pressure), a precursor to the formation of carcinogenic nitrosamines. However, there is no conclusive evidence that nitrate can cause cancer without amines containing nitrosamines.

Since accurate information about the amount of nitrate in drinking water sources and vegetables used in Mazandaran province is not available, this study aimed to obtain accurate and up-to-date data on nitrate concentration in drinking water and vegetables. Also, the relationship between nitrate concentration in drinking water and vegetables in areas of Mazandaran province with a high and low prevalence of gastrointestinal cancers was investigated.

Materials and Methods

In this study, two areas with high incidence and low incidence of gastrointestinal cancers (Savadkuh and Simorgh counties, respectively) were identified. Information on patients with gastrointestinal cancer was prepared between 2014-2016. Then the patients living in the studied counties were separated and coded. Nitrate concentration in 30 samples of vegetables (60 samples in total) and water was analyzed by spectrophotometry and compared with international standards.

The selection of vegetable samples was made according to the prevailing consumption pattern of the people. Selected vegetables included tomatoes, lettuce, potatoes, onions, cucumbers, garlic, cress, and spinach. According to the available instructions, plant samples from each region were quickly transferred to the laboratory. Nitrate concentration was measured by the semi-micro distillation method. The relationship between nitrate concentration and the incidence of gastrointestinal cancer and the ASR index of gastrointestinal cancer were determined using SPSS (26) software for Mazandaran province.

Discussion of Results

Statistical analysis of the data showed that nitrate concentration of all studied crops in the Savadkooh region showed a significant difference compared to the Simorgh region, except potato. In the Simorgh region, nitrate concentration in lettuce, cress, potato, and spinach was lower than the maximum limit, while other vegetables were significantly higher than the standard. The data showed that in Savadkuh and Simorgh regions, the highest nitrate concentration was observed in garlic and the lowest in onion. According to the data, except for potatoes, all other vegetables in the Savadkooh region were significantly higher than the Simorgh region ($p < 0.01$). The average concentration of nitrate in the drinking water of Savadkooh and Simorgh counties was significantly lower than the standards presented in the literature.

The effect of nitrate concentration variables (in the regression model presented) in tomatoes, potato and cucumber, and drinking water was more than the allowable error (0.05). Therefore, changes in the nitrate concentration of these products and the amount of nitrate in drinking water will not significantly affect changing the dependent variable (the incidence of cancer). On the other hand, the significance level of the t-test for the effect of nitrate concentration variables in spinach, garlic, cress, and onion was less than the allowable error (0.01). Therefore, changes in the amount of nitrate in these variables significantly affect changes in the dependent variable. Based on the coefficients related to β , the most effect on the changes of the dependent variable will be the change in the amount of nitrate in spinach and garlic with a coefficient of β of 0.372 and 0.367, respectively. The amount of nitrate in the

variables of cress and onion are of the following ranks. Comparison of residual nitrate levels in vegetables in Savadkuh and Simorgh showed that nitrate levels in Simorgh city were lower than Savadkuh, and nitrate concentration in four vegetables i.e. lettuce, cress, onion, and spinach, was less than the maximum limit. However, other products far exceeded the maximum limit. According to the researchers of the Razi University of Kermanshah, the concentration of nitrate in all cases under investigation in Kermanshah was exceeded by the National Standard Institute of Iran.

The highest and lowest nitrate concentrations were observed in the Savadkuh region with an average of 3398 and 71 mg/kg in garlic and onion crops, respectively, and in the Simorgh region with an average of 2259 and 38 mg/kg in garlic and potato as well. The common denominator between the two regions is the lowest nitrate concentration observed in the onion crop.

Significant differences between the two counties in terms of nitrate concentration in the studied products, except potato, can be examined from various aspects. It seems that the management of fertilizer consumption, especially nitrogen fertilizers in the Simorgh region, has been done better. The result has been shown by reducing nitrate accumulation in agricultural products of the region. Nitrogen in chemical and organic fertilizers is converted to nitrate after use in soil by soil bacteria such as *Nitrosomonas* and *Nitrobacter*. Nitrate absorbed in the root is reduced and converted to ammonium compounds and transferred through the vascular system to different parts of the plant, and used in physiological processes of the plant. Suppose the amount of soil nitrate increases for any reason, including excessive consumption of nitrogen fertilizers, and the plant does not have the necessary ability to reduce it. This compound enters the plant organs through the mass transfer mechanism and the vascular system and accumulates there.

It has been found that there is a direct relationship between the concentration of nitrate in the environment and the amount of nitrate accumulation in agricultural and horticultural products, so that the most important environmental factor affecting the accumulation of nitrate in the product is the amount of available nitrate ions. In addition, harvest time (morning or evening) is also an essential factor in the amount of nitrate output through the harvested product. Receiving light energy during the day increases the plant's photosynthesis, and the production of more assimilates and increases the activity of the enzyme nitrate reductase in the plant.

The average nitrate concentration in drinking water was 10.4 mg/L in Savadkuh and 15.8 mg/L in Simorgh. Fortunately, this concentration is lower than the standard defined for drinking water (50 mg/L) in both areas.

Conclusions

Although the concentration of nitrate in the drinking water of Savadkuh county is significantly higher than Simorgh one, the concentration of nitrate in the drinking water of both counties is below the standard limit. Therefore, there is probably no significant relationship between the prevalence of gastrointestinal cancers and nitrate concentration in drinking water sources in these areas.

Nitrate concentration in vegetables consumed by patients with gastrointestinal cancers in the Savadkuh region was significantly higher than the Simorgh region and, to some extent, maximum contaminant level. The results showed that the consumption of spinach, garlic, cress, and onion had played an influential role in increasing the incidence of gastrointestinal cancers. Therefore, management practices in agriculture, especially changes in the consumption pattern of nitrogen fertilizers, are inevitable to reduce the accumulation of nitrate in vegetables.

It is strongly recommended that the vegetables be harvested in the afternoon to reduce nitrate accumulation in the plant tissues. It is suggested that new strategies to reduce nitrate accumulation in food, especially vegetables, be studied to reduce the incidence of gastrointestinal cancers in this province.

بررسی وضعیت نیترات در آب آشامیدنی و سبزیجات در شهرستان‌های سوادکوه و سیمرغ و ارتباط آن با شیوع سرطان‌های گوارشی

سیده نگین شریعت پناهی^۱، مهران هودجی^{۲*}، مجتبی محمودی^۳،
رضا علیزاده نوائی^۴، ملیحه طالبی اتوئی^۵

۱ دانشجوی دکتری رشته شیمی و حاصلخیزی خاک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران
۲ استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران
۳ استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران
۴ دانشیار پژوهش، مرکز تحقیقات سرطان گوارش، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۵ مدیر فنی آزمایشگاه خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۹/۳۰

تاریخ وصول مقاله: ۱۴۰۰/۷/۱

چکیده

یکی از موضوعات بحث برانگیز در خصوص آلودگی منابع آب و محصولات کشاورزی، ارتباط بین مصرف نیترات و خطر سرطان می‌باشد. در این پژوهش ابتدا دو منطقه با بروز بالا (شهرستان سوادکوه) و بروز پایین (شهرستان سیمرغ) مشخص و اطلاعات بیماران سرطانی بین سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۳ تهیه گردید. غلظت نیترات در ۳۰ نمونه سبزیجات و آب آشامیدنی هر شهرستان آنالیز گردید. نتایج نشان داد باقیمانده نیترات در سبزیجات مصرفی شهرستان‌های سوادکوه، شامل گوجه فرنگی، خیار و سیر (به ترتیب با غلظت‌های ۲۵۱، ۲۶۴ و ۳۳۹۸ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تازه)، و سیمرغ شامل گوجه فرنگی، خیار و سیر (به ترتیب با غلظت‌های ۱۶۱، ۱۶۵ و ۲۲۵۹ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تازه) بیشتر از مرز بیشینه (به ترتیب ۱۲۰، ۹۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود. بیشترین و کمترین غلظت نیترات در هر دو شهرستان سوادکوه و سیمرغ به ترتیب در سبزیجات سیر و پیاز مشاهده شد. غلظت نیترات آب آشامیدنی در سوادکوه و سیمرغ به ترتیب ۱۵/۸ و ۱۰/۳ میلی‌گرم در لیتر بود. در هر دو شهرستان غلظت نیترات آب زیر حد مجاز بود که نقشی در بروز سرطان‌های گوارشی نداشتند. بین غلظت نیترات در اسفناج، سیر، شاهی و پیاز و بروز سرطان‌های گوارشی رابطه معنی‌دار آماری مشاهده شد.

کلید واژه

آب آشامیدنی، آلودگی سبزیجات، سرطان، نیترات، نیتريت

سرآغاز

زیاد به راحتی در محیط زیست حرکت می‌کنند. نیترات موجود در فاضلاب یا انواع کودهای کشاورزی که با هدف افزایش تولید محصول مصرف می‌شوند، می‌تواند توسط بارندگی یا آبیاری به آب‌های سطحی و زیر زمینی راه یابد (صالحی‌فرد و اسکندری، ۱۳۹۹).

در طی دو قرن اخیر فعالیت‌های انسان باعث تغییر اساسی چرخه جهانی نیتروژن و افزایش مقدار نیترات در بخش عمده زمین شده است (Camargo et al., 2005; Galloway and Cowling, 2002). نیترات و نیتريت به علت انحلال

سرطان کند، وجود ندارد (DES, 2006). نیترات و نیتريت در برنامه طبقه‌بندی سرطان سازمان حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده (USEPA) در گروه D طبقه‌بندی شده است، یعنی "مدارک کافی در تأیید سرطان‌زایی" برای این ماده وجود ندارد و این ماده در گروه "اطلاعات ناکافی جهت ارزیابی پتانسیل سرطان‌زایی" طبقه‌بندی می‌شود (DES, 2006).

حدود ۸۰ درصد از نیتراتی که وارد بدن می‌شود از طریق مصرف سبزی‌ها و میوه‌ها است (Ghaffari et al., 2019). اسید اسکوربیک، بتاکاروتن و ویتامین E موجود در سبزی‌ها نقش ضد سرطانی دارند، این ترکیبات خواص آنتی‌اکسیدانی دارند و فیبر محلول موجود در آنها خطر ابتلاء به بیماری‌های قلبی را کاهش می‌دهد. اساساً کل نیترات ورودی به بدن یک فرد بالغ با وزن ۷۰ کیلوگرم روزانه می‌بایست ۵۱ میلی‌گرم یعنی ۰/۷ میلی‌گرم به ازاء هر کیلوگرم وزن بدن باشد (VanGrinsven et al., 2010). میزان توصیه شده مصرف سبزی‌ها و میوه‌ها توسط سازمان بهداشت جهانی ۴۰۰ گرم در روز است. برخی از سبزی‌ها مقدار زیادی نیترات در اندام‌های خود ذخیره می‌کنند (Alexander, 2008). غلظت نیترات در سبزی‌ها بستگی به فصل، شدت نور، دما، شرایط رشد، مقدار کود دهی، زمان برداشت و شرایط انبارداری دارد (جلالی و صالحی چگینی، ۱۳۹۹). آلودگی آب‌چاه‌ها در برخی نقاط جنوب شرقی اصفهان می‌تواند باعث آلودگی نیتراتی برخی از محصولات بویژه گیاهان جاذب نیترات مانند کاهو، کلم و اسفناج شود (قبیری و همکاران، ۱۳۸۶). زمان برداشت محصول (صبح یا عصر) و فصل برداشت از عوامل مهم در مقدار تجمع نیترات در سبزیجات به شمار می‌آیند (پورمقیم و همکاران، ۱۳۸۹).

با توجه به اینکه اطلاعات دقیقی در مورد میزان نیترات موجود در منابع آب شرب و سبزیجات مورد استفاده در استان مازندران در دست نیست، این تحقیق با هدف دستیابی به داده‌های دقیق و بروز در خصوص وضعیت

انسان از طرق مختلف در محیط بخصوص مصرف مواد غذایی و آب با نیترات در تماس است. نیترات موجود در رژیم غذایی جذب جریان خون می‌شود و از طریق غدد بزاقی وارد جریان مایع دهانی می‌گردد (Mitsui and Kondo, 2002). تقریباً ۲۵ درصد نیترات در بدن انسان بعد از جذب در دستگاه فوقانی گوارشی وارد غدد بزاقی می‌شود و در بزاق به‌طور فعالی تا ۲۰ برابر غلیظ‌تر می‌شود (Lundberg and Govoni, 2004). در حفره دهانی باکتری‌های همزیست بر روی سطح تحتانی زبان، نیترات را توسط آنزیم‌های نیترات ردوکتاز احیا می‌کنند، به‌طوری‌که ۵ درصد نیترات توسط این باکتری‌ها به نیتريت احیا می‌گردد. احیا بیشتر نیترات در دستگاه گوارش صورت گرفته، نیتريت بلعیده شده در محیط اسیدی معده به اکسید نیتريك (NO) احیا می‌گردد و نیتريتی که در طی فرآیند اسیدی دوام می‌آورد می‌تواند وارد سیستم جریان خون شود و غلظت آن در خون و بافت‌ها افزایش یابد (Sobko et al., 2010). در شرایط اسیدی معده، نیترات پروتون گرفته و به اسید نیتروز (HNO₂) تبدیل می‌شود و متعاقباً تری‌اکسید دی‌نیتروژن (N₂O₃)، اکسید نیتريك (NO) و دی‌اکسید نیتروژن (NO₂) حاصل می‌شود. پس از کشف تشکیل درون‌زای اکسید نیتريك، مشخص شد که این ماده در طیف وسیعی از اثرات فیزیولوژیکی نقش دارد؛ این نقش‌ها شامل تنظیم فشار خون و جریان خون به واسطه گشادشدن رگ‌ها، حفظ خاصیت انقباض رگ‌های خونی مهار چسبندگی و تجمع پلاکت‌ها، تعدیل عملکرد میتوکندری و چندین فرآیند دیگر می‌شود (Ward et al., 2018).

نیتريت با تخریب هموگلوبین خون و تشکیل ترکیب سمی متهموگلوبین، اختلالاتی برای مهره‌داران جوان ایجاد می‌کند. نیتريت همچنین باعث هیپوتاسیون (کاهش فشار شریان) می‌شود که مقدمه تشکیل نیتروزآمین‌های سرطان‌زا است (Gilchrist et al., 2010). با این‌حال هیچ مدرک مستدلی در مورد اینکه نیترات می‌تواند در غیاب مواد حاوی آمین لازم برای تشکیل نیتروزآمین‌ها در بدن ایجاد

مازندران با استفاده از میزان بروز ۳ ساله، میزان استاندارد شده سنی (ASR) از رابطه ذیل محاسبه و بر اساس آن شهرستان‌ها به دو منطقه دارای بروز بالا و پایین برای سرطان دستگاه گوارش تفکیک شد.

$$ASR = \sum_i d_i w_i / y_i$$

d_i = گروه‌های سنی

d_i = تعداد بیماران مبتلابه سرطان در گروه سنی

w_i = تعداد افراد در گروه‌های سنی جمعیت استاندارد

y_i = تعداد افراد در گروه‌های سنی جمعیت مورد مطالعه

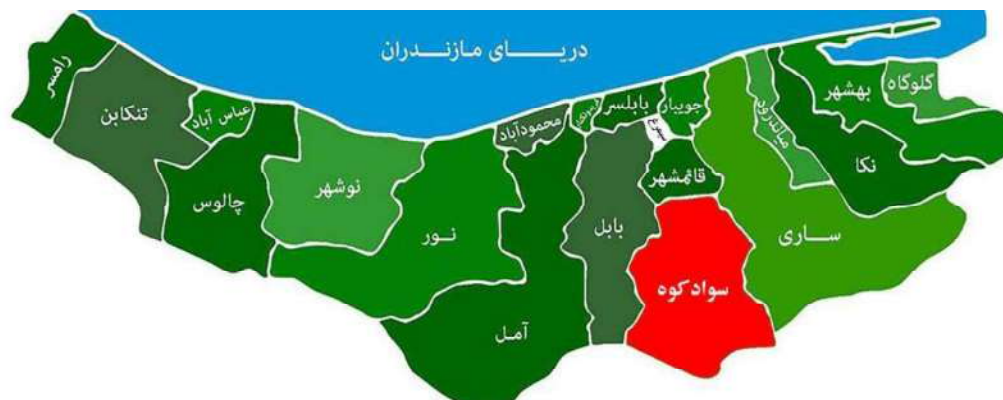
با توجه به این تقسیم‌بندی، شهرهای پل سفید، زیرآب و شیرگاه از شهرستان سوادکوه در مناطق بروز بالا و شهرستان سیمرغ در منطقه با بروز پایین این سرطان قرار گرفتند. برای ارزیابی میزان بروز سرطان دستگاه گوارش از هر شهرستان مورد مطالعه ۳۰ بیمار و (جمعاً ۶۰ بیمار) ساکن در این مناطق وارد مطالعه شدند. جهت تعیین نیترات در سبزیجات مصرفی و آب عرضه‌شده در شهرستان‌های مورد مطالعه با مراجعه مستقیم به بیماران و خانواده‌های در دسترس و همچنین مراجعه تصادفی به سه الی پنج مرکز خرده‌فروشی در فصول مختلف در سال ۱۳۹۶ نمونه‌های لازم از هر گروه به تعداد ۳۰ نمونه مرکب جمع‌آوری شد. لازم به توضیح است که هر نمونه مرکب شامل سه تا پنج نمونه اولیه بوده است. همچنین جهت جمع‌آوری

غلظت نیترات در آب آشامیدنی و سبزیجات انجام شد. همچنین ارتباط بین غلظت نیترات در آب آشامیدنی و سبزیجات در مناطقی از استان مازندران با شیوع بالا و پایین سرطان‌های دستگاه گوارش بررسی شد.

مواد و روش بررسی

در این مطالعه ابتدا اطلاعات بیماران شامل سن، جنس، محل سرطان، نوع آسیب‌شناختی تومور و آدرس محل سکونت آنها در کلیه شهرستانهای استان، بین سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۹۵ از بانک اطلاعات مرکز نیت سرطان استان مازندران استخراج شد (جان‌بابایی و همکاران، ۱۳۹۷). سپس اطلاعات بیماران ساکن شهرستان‌های مختلف و روستاها از یکدیگر تفکیک شده و کدبندی شد. همچنین جمعیت ساکن در هر شهرستان به تفکیک سن و جنس محاسبه شد. جامعه مورد مطالعه به ۳ گروه سنی تقسیم شد. با در نظر گرفتن این‌که تاکنون گزارشی از وقوع سرطان‌های دستگاه گوارش در افراد زیر ۲۰ سال منتشر نشد و افراد بالاتر از ۴۰ سال به‌عنوان افراد در معرض خطر برای ابتلا به این نوع سرطان شناخته می‌شوند و سن کهولت در ایران ۶۵ سالگی در نظر گرفته می‌شود، لذا گروه‌های سنی به صورت ۲۰-۳۹ سال، ۴۰-۶۴ سال و بالاتر از ۶۵ تعریف شدند.

در مطالعه حاضر بر اساس نتایج حاصله از آنالیز داده‌های در دسترس برای هر یک از شهرستان‌های استان



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهرستان‌های سوادکوه و سیمرغ

اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها با استفاده از کووت کوارتزی در دو طول موج ۲۲۰ و ۲۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر ۲ (UV/VIS (SP-3000 Plus انجام شد. طول موج ۲۷۰ نانومتر مربوط به جذب ماده آلی می‌باشد. اختلاف جذب بین این دو طول موج، مربوط به جذب نیترات نمونه‌های مجهول خواهد بود (امامی، ۱۳۷۵).

نتیجه آزمون نرمال بودن کلموگروف اسمیرنو نشان داد که غیر از شاهی، سایر متغیرها دارای توزیع نرمال بودند و بنابراین از آزمون t مستقل برای مقایسه غلظت نیترات باقیمانده این متغیرها در دو منطقه سوادکوه و سیمرغ استفاده شد. برای مقایسه غلظت نیترات باقیمانده در محصول شاهی دو منطقه، از آزمون غیرپارامتری مان ویتنی استفاده شد.

روش تجزیه و تحلیل آماری به روش آزمون t مستقل بوده و در این آزمون میانگین به‌دست‌آمده از نمونه‌های تصادفی مورد آنالیز قرار گرفت، بدین معنی که از ۲ جامعه مختلف نمونه‌هایی اعم از اینکه تعداد نمونه مساوی یا غیرمساوی باشند به‌طور تصادفی انتخاب شد و میانگین آن جامعه باهم مقایسه شد.

با استفاده از شاخص ASR (بروز استاندارد شده سنی) در تعداد اندازه‌گیری شده بیماران سرطان دستگاه گوارش برای هر شهرستان به‌صورت جداگانه و بر اساس میانگین کل تعداد اندازه‌گیری شده بیماری در طول دوره آماری ۹۳-۹۵ به دست آمد. بر این اساس، از میان شهرستان‌هایی که بیشترین و کمترین ASR را نشان دادند، دو شهرستان سواد کوه و سیمرغ به ترتیب با ASR بالا و پایین برای مطالعه انتخاب شدند.

برای بررسی ارتباط معنی‌داری بین غلظت نیترات و توزیع سرطان دستگاه گوارش، از مدل همبستگی رگرسیونی، نرم‌افزار SPSS و میانگین شاخص ASR سرطان دستگاه گوارش، برای شهرستان‌های مورد مطالعه استفاده شد.

برخی از سبزیجات برحسب ضرورت در فصل‌ها نیز اقدام شد. مختصات UTM نقاط نمونه برداری با دستگاه موقعیت نگار جغرافیایی (GPS) ثبت شد. نمونه‌های سبزیجات مطابق دستورالعمل موجود، به آزمایشگاه خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران انتقال داده شد (امامی، ۱۳۷۵). پس از انجام مراحل آماده‌سازی، اندازه‌گیری غلظت نیترات در آب به روش اسپکتروفتومتری (UV/Vis) و غلظت نیترات نمونه‌های سبزیجات به روش تقطیر بعد از احیا (سمی میکرو) انجام شد (امامی، ۱۳۷۵). انتخاب نمونه‌های سبزیجات بسته به مقدار استفاده مصرف غالب مردم صورت گرفت؛ سبزیجات انتخاب‌شده شامل گوجه‌فرنگی، کاهو، سیب زمینی، پیاز، خیار، سیر، شاهی و اسفناج بود. برای اندازه‌گیری مقدار نیترات در سبزیجات، نمونه‌های گیاهی هر منطقه به‌سرعت به آزمایشگاه منتقل شد و پس از شستشوی خاک و ذرات گرد و غبار از روی هر نمونه با آب مقطر، نمونه‌ها با دستمال نرم و تمیز خشک و به قطعات کوچک‌تر تقسیم‌شده و در پاکت‌های کاغذی بسته‌بندی شد. سپس بسته به بافت گیاهی، به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در آون قرار داده شد تا کاملاً خشک گردند. اندازه‌گیری نیترات ظرف حداکثر ۴۸ ساعت پس از جمع‌آوری نمونه‌های سبزیجات به روش تقطیر بعد از احیا (سمی میکرو) انجام شد. در این روش ۰/۵ گرم از ماده غذایی خشک شده از الک ۰/۵ میلی‌متری عبور داده شده و با ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به حجم رسانده و به مدت نیم ساعت شیک شد. سپس با استفاده از کاغذ صافی، صاف شد و در ادامه ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره حاصل به روش تقطیر بعد از احیا (سمی میکرو) اندازه‌گیری شد. در این روش یون‌های نیترات در محیط قلیایی در مجاورت دواردالوی ۱ احیا شده و یون‌های آمونیاک تقطیر و جذب اسید بوریک شد. عمل تقطیر به وسیله دستگاه تقطیر سمی میکرو (کج‌لدال) انجام شد (امامی، ۱۳۷۵).

غلظت نیترات در نمونه‌های آب به روش اسپکتروفتومتری

نتایج

سایر پارامترهای آماری در مناطق مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است.

نتایج تجزیه آماری شامل میانگین غلظت نیترات و

جدول ۱: میانگین غلظت نیترات و سایر داده‌های آماری در دو منطقه سوادکوه و سیمرغ

محصول	کمپنه غلظت نیترات (mg/kg)	بیشینه غلظت نیترات (mg/kg)	انحراف معیار	سیمرغ			سواد کوه		
				افزایش نسبت به مرز بیشینه (سیمرغ) (%)	افزایش نسبت به مرز بیشینه (سواد کوه) (%)	مرز بیشینه مانده نیترات ^۱ (mg/kg)	انحراف معیار	بیشینه غلظت نیترات (mg/kg)	کمپنه غلظت نیترات (mg/kg)
گوجه فرنگی	۶۱/۳۸	۶۳۸/۸	۱۳۳/۵	۱۰۹**	۱۲۰	۷۸/۵۸	۳۲۲/۷	۵۷/۶۷	۱۳۳/۵
کاهو	۱۲۰/۶۴	۱۳۵۵	۲۹۱/۷	-۴۹/۳**	۱۵۰۰	۱۴۹/۲	۶۴۰/۵	۴۱/۷۳	۲۹۱/۷
سیب زمینی	۲۵/۷۶	۱۶۹/۳	۳۴/۷۶	-۴۴/۴**	۱۷۰	۲۱/۳۸	۱۲۲/۰	۴۶/۰۳	۳۴/۷۶
پیاز	۲۲/۹۲	۱۶۹/۹	۳۵/۲۲	-۲۱/۱**	۹۰	۲۱/۵۲	۱۲۱/۴	۱۱/۸۹	۳۵/۲۲
خیار	۳۹/۰۵	۶۶۸/۳	۱۶۴/۹	۱۹۳/۵*	۹۰	۶۵/۴۲	۳۱۱/۷	۴۹/۱۰	۱۶۴/۹
شاهی	۶۵۹/۷	۴۲۵۱	۹۹۰/۶	-۳۰/۸**	۳۰۰۰ ^۲	۱۵۵/۵	۸۲۶/۰	۲۵۵/۷	۹۹۰/۶
سیر	۲۳۴۶	۴۳۹۴	۶۵۶/۹	۵۷۹/۶**	۵۰۰	۳۹۹/۸	۲۷۰۶	۱۶۸۳	۶۵۶/۹
اسفناج	۳۱۷/۴	۱۹۱۲	۳۷۹/۷	-۵۰/۸**	۲۰۰۰	۱۱۶/۹	۵۴۱/۲	۹۹/۱۲	۳۷۹/۷
آب آشامیدنی	۰/۹۳	۳۷	۸/۸	-۳۲	۵۰ (mg/L)	۷/۲	۳۵	۰/۹۰	۸/۸

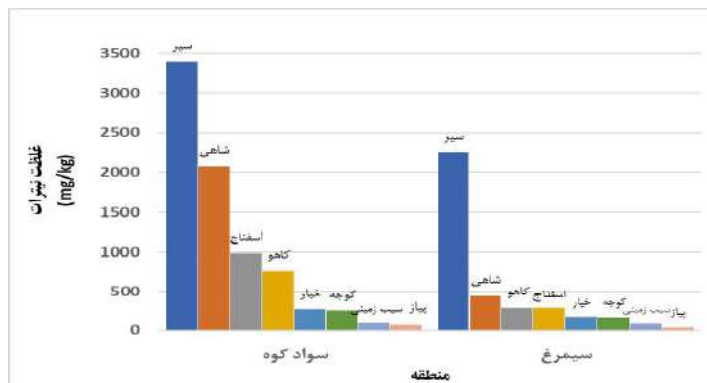
۱ بر اساس استاندارد ملی ایران (سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۹۲)

۲ بر اساس اعلام سازمان بهداشت جهانی (WHO, 1987)

** اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد (با روش One-Sample Test)

فرنگی (۱۳ درصد)، خیار (۸۳ درصد) و سیر (۳۵۱ درصد) بیشتر از مرز بیشینه و در کاهو، سیب زمینی، پیاز، شاهی و اسفناج کمتر از مرز بیشینه بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین غلظت نیترات در سبزیجات در دو منطقه مورد مطالعه در نمودار شکل ۱ نشان داده شده است.

تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که در منطقه سوادکوه غلظت نیترات در گوجه فرنگی (۱۰۹ درصد)، خیار (۱۹۳ درصد) و سیر (۵۷۹ درصد) بیشتر از مرز بیشینه باقیمانده نیترات تعریف شده، بود. در سایر محصولات شامل کاهو، سیب زمینی، پیاز و اسفناج غلظت نیترات کمتر از مرز بیشینه بود. در منطقه سیمرغ غلظت نیترات در گوجه



شکل ۲. نمودار غلظت نیترات در محصولات کشاورزی در دو شهرستان سواد کوه و سیمرغ

دلیل نرمال نبودن داده‌ها از آزمون غیرپارامتری مان ویتنی استفاده شد.

براساس این داده‌ها به غیر از سیب زمینی بقیه سبزیجات در منطقه سواد کوه به طور معنی‌داری بیشتر از منطقه سیمرغ بود ($p < 0.01$).

میانگین غلظت نیترات در آب شرب شهرستان‌های سواد کوه و سیمرغ به ترتیب غلظت آب شرب نیز با اختلاف آماری معنی‌دار ($p = 0.01$)، در منطقه سیمرغ بیشتر از سواد کوه بود.

داده‌ها نشان داد که در هر دو منطقه سوادکوه و سیمرغ بیشترین غلظت نیترات در سیر و کمترین آن در پیاز مشاهده شد (شکل ۲). مقایسه دو منطقه نشان داد که غلظت نیترات در تمام محصولات مورد بررسی در منطقه سوادکوه بیشتر از منطقه سیمرغ بود.

نتایج مقایسه میانگین غلظت نیترات در سبزیجات و آب آشامیدنی دو منطقه در جداول ۲ و ۳ ارائه شدند. همانگونه که در بخش روش‌ها گفته شد، برای مقایسه غلظت نیترات باقیمانده در محصول شاهی دو منطقه، به

جدول ۲. مقایسه میانگین غلظت نیترات در سبزیجات و آب آشامیدنی دو منطقه با بروز بالا و پایین سرطان‌های گوارشی

محصول	منطقه	میانگین	انحراف معیار	t	df	P																																																																		
گوجه فرنگی	سواد کوه	۲۵۰/۹ a	۱۳۳/۶	۳/۱۷۸	۵۸	۰/۰۰۲																																																																		
	سیمرغ	۱۶۰/۹ b	۷۸/۵۰				کاهو	سواد کوه	۷۶۰/۴ a	۲۹۱/۷	۷/۸۷۶	۵۸	۰/۰۰۱ >	سیمرغ	۲۸۹/۲ b	۱۴۹/۳	سیب زمینی	سواد کوه	۹۴/۵ a	۳۴/۸۳	۱/۱۸۵	۵۸	۰/۲۴۱	سیمرغ	۸۵/۶۷ a	۲۱/۲۹	پیاز	سواد کوه	۷۱/۰۰ a	۳۵/۲۵	۴/۱۲۸	۵۸	۰/۰۰۱	سیمرغ	۳۸/۲۳ b	۲۵/۴۵	خیار	سواد کوه	۲۶۴/۱ a	۱۴۶/۹	۳/۰۶۷	۵۸	۰/۰۰۳	سیمرغ	۱۶۴/۷ b	۶۵/۴۷	سیر	سواد کوه	۳۳۹۸ a	۶۵۷/۰	۸/۴۳۷	۵۸	۰/۰۰۱ >	سیمرغ	۲۲۵۸ b	۳۳۹/۷	اسفناج	سواد کوه	۹۸۳/۲ a	۳۷۹/۷	۹/۵۸۰	۵۸	۰/۰۰۱ >	سیمرغ	۲۸۸/۳ b	۱۱۶/۹	آب آشامیدنی	سواد کوه	۱۰/۳ b	۸/۸	-۲/۶	۵۸
کاهو	سواد کوه	۷۶۰/۴ a	۲۹۱/۷	۷/۸۷۶	۵۸	۰/۰۰۱ >																																																																		
	سیمرغ	۲۸۹/۲ b	۱۴۹/۳				سیب زمینی	سواد کوه	۹۴/۵ a	۳۴/۸۳	۱/۱۸۵	۵۸	۰/۲۴۱	سیمرغ	۸۵/۶۷ a	۲۱/۲۹	پیاز	سواد کوه	۷۱/۰۰ a	۳۵/۲۵	۴/۱۲۸	۵۸	۰/۰۰۱	سیمرغ	۳۸/۲۳ b	۲۵/۴۵	خیار	سواد کوه	۲۶۴/۱ a	۱۴۶/۹	۳/۰۶۷	۵۸	۰/۰۰۳	سیمرغ	۱۶۴/۷ b	۶۵/۴۷	سیر	سواد کوه	۳۳۹۸ a	۶۵۷/۰	۸/۴۳۷	۵۸	۰/۰۰۱ >	سیمرغ	۲۲۵۸ b	۳۳۹/۷	اسفناج	سواد کوه	۹۸۳/۲ a	۳۷۹/۷	۹/۵۸۰	۵۸	۰/۰۰۱ >	سیمرغ	۲۸۸/۳ b	۱۱۶/۹	آب آشامیدنی	سواد کوه	۱۰/۳ b	۸/۸	-۲/۶	۵۸	۰/۰۱۱	سیمرغ	۱۵/۸ a	۷/۲						
سیب زمینی	سواد کوه	۹۴/۵ a	۳۴/۸۳	۱/۱۸۵	۵۸	۰/۲۴۱																																																																		
	سیمرغ	۸۵/۶۷ a	۲۱/۲۹				پیاز	سواد کوه	۷۱/۰۰ a	۳۵/۲۵	۴/۱۲۸	۵۸	۰/۰۰۱	سیمرغ	۳۸/۲۳ b	۲۵/۴۵	خیار	سواد کوه	۲۶۴/۱ a	۱۴۶/۹	۳/۰۶۷	۵۸	۰/۰۰۳	سیمرغ	۱۶۴/۷ b	۶۵/۴۷	سیر	سواد کوه	۳۳۹۸ a	۶۵۷/۰	۸/۴۳۷	۵۸	۰/۰۰۱ >	سیمرغ	۲۲۵۸ b	۳۳۹/۷	اسفناج	سواد کوه	۹۸۳/۲ a	۳۷۹/۷	۹/۵۸۰	۵۸	۰/۰۰۱ >	سیمرغ	۲۸۸/۳ b	۱۱۶/۹	آب آشامیدنی	سواد کوه	۱۰/۳ b	۸/۸	-۲/۶	۵۸	۰/۰۱۱	سیمرغ	۱۵/۸ a	۷/۲																
پیاز	سواد کوه	۷۱/۰۰ a	۳۵/۲۵	۴/۱۲۸	۵۸	۰/۰۰۱																																																																		
	سیمرغ	۳۸/۲۳ b	۲۵/۴۵				خیار	سواد کوه	۲۶۴/۱ a	۱۴۶/۹	۳/۰۶۷	۵۸	۰/۰۰۳	سیمرغ	۱۶۴/۷ b	۶۵/۴۷	سیر	سواد کوه	۳۳۹۸ a	۶۵۷/۰	۸/۴۳۷	۵۸	۰/۰۰۱ >	سیمرغ	۲۲۵۸ b	۳۳۹/۷	اسفناج	سواد کوه	۹۸۳/۲ a	۳۷۹/۷	۹/۵۸۰	۵۸	۰/۰۰۱ >	سیمرغ	۲۸۸/۳ b	۱۱۶/۹	آب آشامیدنی	سواد کوه	۱۰/۳ b	۸/۸	-۲/۶	۵۸	۰/۰۱۱	سیمرغ	۱۵/۸ a	۷/۲																										
خیار	سواد کوه	۲۶۴/۱ a	۱۴۶/۹	۳/۰۶۷	۵۸	۰/۰۰۳																																																																		
	سیمرغ	۱۶۴/۷ b	۶۵/۴۷				سیر	سواد کوه	۳۳۹۸ a	۶۵۷/۰	۸/۴۳۷	۵۸	۰/۰۰۱ >	سیمرغ	۲۲۵۸ b	۳۳۹/۷	اسفناج	سواد کوه	۹۸۳/۲ a	۳۷۹/۷	۹/۵۸۰	۵۸	۰/۰۰۱ >	سیمرغ	۲۸۸/۳ b	۱۱۶/۹	آب آشامیدنی	سواد کوه	۱۰/۳ b	۸/۸	-۲/۶	۵۸	۰/۰۱۱	سیمرغ	۱۵/۸ a	۷/۲																																				
سیر	سواد کوه	۳۳۹۸ a	۶۵۷/۰	۸/۴۳۷	۵۸	۰/۰۰۱ >																																																																		
	سیمرغ	۲۲۵۸ b	۳۳۹/۷				اسفناج	سواد کوه	۹۸۳/۲ a	۳۷۹/۷	۹/۵۸۰	۵۸	۰/۰۰۱ >	سیمرغ	۲۸۸/۳ b	۱۱۶/۹	آب آشامیدنی	سواد کوه	۱۰/۳ b	۸/۸	-۲/۶	۵۸	۰/۰۱۱	سیمرغ	۱۵/۸ a	۷/۲																																														
اسفناج	سواد کوه	۹۸۳/۲ a	۳۷۹/۷	۹/۵۸۰	۵۸	۰/۰۰۱ >																																																																		
	سیمرغ	۲۸۸/۳ b	۱۱۶/۹				آب آشامیدنی	سواد کوه	۱۰/۳ b	۸/۸	-۲/۶	۵۸	۰/۰۱۱	سیمرغ	۱۵/۸ a	۷/۲																																																								
آب آشامیدنی	سواد کوه	۱۰/۳ b	۸/۸	-۲/۶	۵۸	۰/۰۱۱																																																																		
	سیمرغ	۱۵/۸ a	۷/۲																																																																					

جدول ۳. مقایسه میانگین غلظت نیترات در شاهی در دو منطقه با بروز بالا و پایین سرطان‌های گوارشی

برمبنای تست مان-ویتنی

محصول	منطقه	میانگین	رتبه	Z	P
شاهی	سواد کوه	۲۰۷۶	۴۵/۵	-۶/۵۶۴	۰/۰۰۱ >
	سیمرغ	۴۳۹/۵	۱۵/۵		

زمینی، پیاز، کاهو، سیر، اسفناج و شاهی مورد آزمون قرار گرفت. مقدار R و R2 مدل به ترتیب ۰/۹۳۰ و ۰/۸۶۵ بدست آمد. و مقدار R2 استاندارد شده نیز برابر با ۰/۸۴۰

مدل رگرسیونی بین دو متغیر بروز کم و بروز بالای سرطان با کدهای ترتیبی ۱ و ۲ با متغیرهای پیش بینی کننده مقدار نیترات در محصولات گوجه فرنگی، خیار، سیب

است. سطح معنی داری مدل کمتر از خطای مجاز (۰/۰۱) گردید، لذا می‌توان پذیرفت که مدل رگرسیونی برازنده است.

شد (جدول ۴). این نتیجه نشان می‌دهد بین دو متغیر مقدار بروز بیماری و مقدار نیترات موجود در سبزیجات مورد مطالعه همبستگی بالایی وجود دارد. نتیجه تجزیه واریانس باقیمانده متغیرها در مدل رگرسیونی در جدول ۵ ارائه شده

جدول ۴. مقدار ضریب همبستگی در مدلی رگرسیونی

مدل	R	R ²	R ² استاندارد شده	اشتباه معیار
۱	۰/۹۳۰	۰/۸۶۵	۰/۸۴۰	۰/۲۰۲

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس مدل رگرسیونی بین متغیرهای مستقل و وابسته

منابع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	f	Sig.
رگرسیون	۱۲/۹۷	۹	۱/۴۴	۳۵/۴۶	<۰/۰۰۱
باقیمانده	۲/۰۳	۵۰	۰/۰۴		
کل	۱۵/۰۰	۵۹			

سرطان) ایجاد نخواهد کرد. از سوی دیگر سطح معنی داری آزمون t برای تأثیر متغیرهای غلظت نیترات در محصولات پیاز، سیر، اسفناج و شاهی کمتر از خطای مجاز (۰/۰۱) شد (جدول ۶).

معنی داری اثر متغیرهای غلظت نیترات در گوجه فرنگی، کاهو، سیب زمینی، خیار و آب آشامیدنی بیشتر از خطای مجاز (۰/۰۵) شده است. لذا تغییرات در غلظت نیترات این محصولات و نیز مقدار نیترات در آب آشامیدنی تأثیر معنی دار در تغییر متغیر وابسته (میزان ابتلا به بیماری

جدول ۶. مقدار ثابت و ضرایب β در مدل رگرسیونی

مدل	ضریب استاندارد نشده	ضرائت استاندارد شده	t	سطح معنی داری
	β اشتباه معیار	β		
مقدار ثابت	۰/۱۸۷	-	۱/۱۴۵	۰/۲۵۸
غلظت نیترات در گوجه فرنگی	<۰/۰۰۱	۰/۰۵۵	۰/۹۳۸	۰/۳۵۳
غلظت نیترات در کاهو	<۰/۰۰۱	۰/۰۸۷	۰/۹۹۲	۰/۳۲۶
غلظت نیترات در سیب زمینی	<۰/۰۰۱	-۰/۰۲۶	-۰/۴۳۷	۰/۶۶۴
غلظت نیترات در پیاز	۰/۰۰۲	۰/۱۵۸	۲/۷۱۷	۰/۰۰۹
غلظت نیترات در خیار	<۰/۰۰۱	۰/۰۳۹	۰/۵۷۲	۰/۵۷۰
غلظت نیترات در شاهی	۰/۰۰۰۸	۰/۱۸۶	۱/۹۵۸	۰/۰۵۶
غلظت نیترات در سیر	<۰/۰۰۱	-۰/۳۶۷	۵/۲۸۲	<۰/۰۰۱
غلظت نیترات در اسفناج	<۰/۰۰۱	-۰/۳۷۲	۴/۶۹۳	<۰/۰۰۱
غلظت نیترات در آب آشامیدنی	۰/۰۰۲	-۰/۰۳۳	۰/۵۹۴	۰/۵۹۴

با ضریب β برابر ۰/۳۷۲ و ۰/۳۶۷ خواهند داشت. غلظت نیترات در متغیرهای شاهی و پیاز در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. با توجه مقدار ثابت مدل و مقادیر β برای چهار متغیر اثرگذار در مدل رگرسیونی، می‌توان مدل ذیل را

از این رو تغییرات مقدار نیترات در این متغیرها روی تغییرات متغیر وابسته به طور معنی داری موثر می‌باشد. بر اساس ضرایب مربوط به β ، بیشترین تأثیر در تغییرات متغیر وابسته را، تغییر در غلظت نیترات اسفناج و سیر به ترتیب

تعریف کرد:

$$Y = 0.187 + 0.372(\text{Sp}) + 0.367(\text{Ga}) + 0.186(\text{Cr}) + 0.158(\text{On})$$

در این مدل:

Sp = غلظت نیترات در اسفناج

Ga = غلظت نیترات در سیر

Cr = غلظت نیترات در شاهی

On = غلظت نیترات در پیاز

بحث و نتیجه گیری

مقایسه سطوح باقیمانده نیترات در سبزیجات در دو شهرستان سوادکوه و سیمرغ نشان داد که حتی در شهرستان سیمرغ اگرچه سطوح نیترات کمتر از شهرستان سوادکوه و غلظت نیترات در کاهو، سیب زمینی، پیاز، شاهی و اسفناج کمتر از مرز بیشینه بود اما در محصولات گوجه فرنگی، خیار و سیر به شدت از مرز بیشینه فراتر بود. بر اساس گزارش محققان دانشگاه رازی کرمانشاه، غلظت نیترات شاهی در تمامی موارد تحت بررسی در شهر کرمانشاه بیش از حد مجاز تعیین شده توسط موسسه استاندارد ملی ایران بود (فاطمی قمشه و نظامی، ۱۳۹۹). نتایج پژوهش پورمقیم و همکاران نشان داد که میانگین نیترات در نمونه‌های کاهوی بازار مرکزی تهران در هر دو فصل در محدوده مجاز بین‌المللی و در مورد گوجه فرنگی و سیب زمینی (۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، بر اساس استاندارد اتحادیه اروپا و WHO) در فصل زمستان بیشتر از حد مجاز بود (پورمقیم و همکاران، ۱۳۸۹). میانگین غلظت نیترات در سیب زمینی توزیع شده در سطح شهرستان کرمانشاه بیشتر از مقدار استاندارد توصیه شده بود (پیرصاحب و همکاران، ۱۳۹۲). Seilsepour نشان داد که در تمامی نمونه‌های کاهو، اسفناج و کرفس مورد مورد مطالعه در سبزی‌های برگی دشت ورامین غلظت نیترات به طور معنی‌داری، فراتر از حداکثر مجاز بود، در حالی که در تمامی نمونه‌های شنبلیله و گشنیز، به طور معنی‌داری کمتر از حداکثر مجاز بود (Seilsepour, 2020).

همانگونه که در نمودار ۱ نشان داده شده بیشترین و کمترین غلظت نیترات در منطقه سواد کوه با میانگین ۳۳۹۸ و ۷۱ میلی‌گرم در کیلوگرم به ترتیب در محصولات سیر و پیاز و در منطقه سیمرغ نیز با میانگین ۲۲۵۹ و ۳۸ میلی‌گرم در کیلوگرم به ترتیب در محصولات سیر و پیاز مشاهده شد. وجه اشتراک دو منطقه در کمترین غلظت نیترات مشاهده شده در محصول پیاز است. علت این تشابه و نزدیکی مقادیر غلظت نیترات در دو منطقه احتمالاً به این دلیل است که پیاز به طور عمده از خارج استان تأمین و محصول وارداتی محسوب می‌شود. علاوه بر آن پیاز تولیدی در استان بیشتر در مزارع غیر شالیزاری کشت می‌شود. Taghipour و همکاران نشان دادند که در میان سبزیجات ریشه‌ای، سیر بیشترین غلظت نیترات (۴۷۳۹ میلی‌گرم در کیلوگرم) را داشت. همچنین، جذب روزانه نیترات از طریق سبزیجات مصرفی بیش از مقدار توصیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی (۳/۷ میلی‌گرم نیترات در کیلوگرم وزن بدن انسان) بود (Taghipour et al., 2019). در این راستا پیرصاحب و همکاران در پژوهش خود نشان دادند که بیشترین میزان نیترات مربوط به اسفناج و غده تربچه و کمترین مقدار مربوط به گوجه فرنگی بود (پیرصاحب و همکاران، ۱۳۹۲).

اختلاف معنی‌دار موجود بین دو شهرستان از نظر غلظت نیترات در محصولات تحت بررسی، غیر از سیب‌زمینی (که عمدتاً از خارج استان تأمین می‌شود (جدول ۲) از جنبه‌های مختلف قابل بررسی است. به نظر می‌رسد مدیریت مصرف کودها بویژه کودهای نیتروژنی در منطقه سیمرغ به نحو بهتری صورت گرفته و نتیجه آن با کاهش تجمع نیترات در محصولات کشاورزی منطقه نمایان شده است. نیتروژن موجود در کودهای نیتروژنی و آلی بعد از مصرف در خاک توسط باکتری‌های خاک نظیر نیتروزوموناس و نیتروباکتر به نیترات تبدیل می‌شوند. نیترات جذب شده در ریشه احیاء و به ترکیبات آمونیومی تبدیل شده و از طریق سیستم آوندی به قسمت‌های

2019). سبزیجات نقش مهمی در جذب نیترات دارند، اما حاوی ویتامین‌های C و E هستند که به عنوان مهار کننده‌های احتمالی نیتروآسیون درونزا عمل کنند، از این رو می‌تواند مانع تشکیل نیتروز آمین‌ها شوند (Taneja et al, 2017). پژوهشگران نشان دادند که تنها با مصرف روزانه ۷۶ گرم کاهو یا ۹۴ گرم اسفناج دشت ورامین توسط یک فرد ۸۰ کیلوگرمی، حداکثر مجاز نیترات وارد بدن مصرف کننده می‌شود و مصرف بیشتر از این مقدار موجب افزایش ریسک خطر برای سلامتی می‌گردد (Seilsepour, 2020).

از طرفی پژوهش انجام شده روی الگوی غذایی مردم مازندران نشان داد که هیچ رابطه معنی‌داری بین سرطان معده و الگوی مصرف غذا مشاهده نشده است (Hajiahmadi et al., 2017) که به دلیل تمرکز بر روی سرطان معده و استفاده از کلیه مواد غذایی مصرفی، با نتایج این پژوهش همسو نمی‌باشد.

عواملی مانند منطقه کشت، واریته و سن گیاه، شرایط آب و هوایی، نحوه کشت، زمان برداشت و نحوه نگهداری محصول پس از برداشت و نیز مدیریت مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنی در کاهش تجمع نیترات در سبزیجات اهمیت زیادی دارد و مصرف بهینه (مقدار، زمان و نحوه مصرف) می‌تواند تا حد بسیار زیادی اثرات مضر این کودها را کاهش دهد. همچنین جایگزینی این کودها با انواع کودهای حیوانی و آلی که آزاد سازی نیترات از آنها به تدریج صورت می‌گیرد، راهکار بسیار مناسبی به شمار می‌آید. کاربرد سولنیوم در غلظت بهینه باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های نیترات ردوکتاز، نیتريت ردوکتاز و گلوتامین سونتتاز و بنابراین تحریک آسیمیلاسیون نیترات و کاهش تجمع نیترات می‌شود (جلالی و صالحی چگینی، ۱۳۹۹). همچنین کاربرد آمینوکلات آهن موجب کاهش تجمع نیترات از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های دخیل در متابولیسم نیترات می‌شود (بهرامی و همکاران، ۱۳۹۹).

میانگین غلظت نیترات آب آشامیدنی در شهرستان سوادکوه ۱۰/۴ و در شهرستان سیمیرغ ۱۵/۸ میلی‌گرم در

مختلف گیاه منتقل شده و در فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه به کار گرفته می‌شود. چنانچه میزان نیترات خاک به هر دلیلی از جمله مصرف بیش از حد کودهای نیتروژنی افزایش یابد گیاه توانایی لازم برای احیای آن را نداشته و این ترکیب با مکانیزم انتقال توده‌ای و از طریق سیستم آوندی وارد اندام‌های گیاه شده و در آنجا تجمع می‌یابد (جلالی و صالحی چگینی، ۱۳۹۹).

مشخص شده است که بین غلظت نیترات در محیط و مقدار تجمع نیترات در محصولات کشاورزی و باغی رابطه مستقیمی وجود دارد به طوری که مهم‌ترین عامل محیطی مؤثر بر تجمع نیترات در محصول، مقدار یون نیترات قابل دسترس گیاه است (Seilsepour, 2020). علاوه بر این زمان برداشت محصول (صبح یا عصر) نیز عامل مهمی در میزان خروج نیترات از طریق محصول برداشت شده می‌باشد. دریافت انرژی نوری در طول روز باعث افزایش فتوسنتز گیاه و تولید آسیمیلات بیشتر و نیز افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در گیاه شده و در نتیجه نیترات جذب شده صرف تولید پروتئین در گیاه شده و تجمع کمتری را در گیاه نشان می‌دهد (تابنده و صفرزاده شیرازی، ۱۳۹۷).

سطوح بالای دریافت نیترات از غذا را می‌توان به عنوان یک عامل خطر محوری در ایجاد برخی سرطان‌ها در نظر گرفت (Ghaffari et al., 2019). تجزیه و تحلیل آماری و برازش مدل رگرسیونی معنی‌دار حاکی از وجود ارتباط خطی بین غلظت نیترات در محصولات خیار، شاهی، سیر و اسفناج و بروز سرطان‌های گوارشی می‌باشد. در حالی که این ارتباط بین سایر محصولات تحت بررسی و آب شرب با شدت بروز سرطان‌های گوارشی وجود نداشت. گزارش‌های متضادی در خصوص این ارتباط در منابع مختلف به چاپ رسیده است.

برخی از مطالعات ارتباط مثبت بین مصرف نیترات و سرطان معده در انسان را اثبات کرده‌اند و گزارش شده است که مصرف زیاد نیترات با بروز سرطان معده در کشورهای مختلف جهان ارتباط دارد (Ghaffari et al.,)

سیمرغ نشان داد که اگرچه غلظت نیترات در آب آشامیدنی شهرستان سوادکوه با اختلاف معنی‌داری از شهرستان سیمرغ بیشتر است، اما غلظت نیترات در آب شرب هر دو شهرستان زیر حد مجاز استاندارد می‌باشد و بر این اساس، احتمالاً بین شیوع سرطان‌های گوارشی و غلظت نیترات در منابع آب شرب در این مناطق ارتباط معنی‌داری وجود ندارد.

غلظت نیترات در سبزیجات مصرفی بیماران مبتلا به سرطان‌های گوارشی در منطقه سوادکوه به‌طور قابل‌توجهی از منطقه سیمرغ و مرز بیشینه نیترات بیشتر بود. نتایج نشان داد که مصرف اسفناج و سیر و در رتبه‌های بعدی شاهی و پیاز نقش موثر و رابطه آماری معنی‌داری در افزایش بروز سرطان‌های گوارشی ایفا نموده است. بنابراین اقدامات مدیریتی در حوزه کشاورزی بویژه تغییر در الگوی مصرف کودهای نیتروژنی، جهت کاهش تجمع نیترات در سبزیجات اجتناب ناپذیر است. علاوه بر این توصیه می‌شود برداشت سبزیجات در هنگام غروب که تجمع نیترات به حداقل ممکن می‌رسد انجام گیرد. پیشنهاد می‌شود راهکارهای جدید کاهش تجمع نیترات در مواد غذایی به خصوص سبزیجات در جهت کاهش بروز سرطان‌های گوارشی در این استان مورد بررسی و تحقیق قرار گیرد.

یادداشت‌ها

1. Devarda alloy
2. Spectrophotometer

لیتر بود. خوشبختانه در هر دو منطقه این غلظت کمتر از حد استاندارد تعریف شده برای آب شرب (۵۰ میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد. از طرفی این نتیجه با نتایج پژوهش Zirati و همکاران (۲۰۱۴) و Sheikhy Narany و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد. یافته‌ها آنها نشان داد که آلودگی آب‌های زیرزمینی، در استان‌های گیلان و مازندران، در مناطق کم‌شیب بیشتر از مناطق با شیب زیاد است.

یافته‌های متعددی نشان دادند که مصرف طولانی مدت آب آشامیدنی با غلظت نیترات بالای ۴۵ میلی‌گرم در لیتر می‌تواند عامل مهمی در بروز سرطان‌های گوارشی باشد (Lowe et al., 2021; Taneja et al, 2017; Ward et al., 2018). نتایج تحقیق اخیر با این یافته‌ها مطابقت دارد. میانگین نیترات در هر دو شهرستان زیر حدود مجاز استاندارد می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت کیفیت آب شرب مصرفی که از چاه‌های عمیق استحصال و بهره‌برداری می‌شود، در حد مطلوبی بوده و نمی‌تواند نقشی در بروز سرطان گوارشی ایفا کرده باشد. تغییرات غلظت نیترات با تغییرات عمق آب زیرزمینی رابطه عکس دارد، به طوری که با افزایش عمق، غلظت نیترات کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده تاثیرپذیری کمتر اعماق بیشتر از محل سطوح کشاورزی است (فخری و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین این نکته حائز اهمیت است که تقریباً ۸۰ درصد نیترات موجود در رژیم غذایی انسان از طریق مصرف سبزیجات وارد بدن می‌شود (Ghaffari et al., 2019). اندازه‌گیری و تجزیه آماری نمونه‌های آب و سبزیجات دو شهرستان سوادکوه و

فهرست منابع

- امامی، ع، (۱۳۷۵). روش‌های تجزیه گیاه جلد اول، موسسه تحقیقات خاک و آب، ۲ (۹۸۲)، صص ۱۲۸-۱۲۸.
- بهرامی، ن؛ جلالی، م؛ زارع، ع، (۱۳۹۹). تاثیر منابع مختلف آهن بر تجمع نیترات در کاهو (*Lactuca sativa L.*)، مجله تحقیقات آب و خاک ایران (علوم کشاورزی ایران)، ۵۱ (۱۱)، صص ۲۹۶۳-۲۹۵۳.

پورمقیم، م؛ خوش طینت، خ؛ صادقی مکی، ا؛ کمیلی فنود، ر؛ گلستان، ب؛ پیرعلی همدانی، م، (۱۳۸۹). تعیین میزان نیترات در کاهو، گوجه فرنگی و سیل زمینی عرضه شده در میدان تره بار تهران به روش HPLC، *مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران*، ۵(۱)، صص ۶۳-۷۰.

پیرصاحب، م؛ شرفی، ک؛ مرادی، م، (۱۳۹۲). بررسی میزان نیتريت و نیترات صیفی جات و سبزیجات کشت شده در دشت های جنوبی و شرقی کرمانشاه در سال ۱۳۹۰، *بهداشت مواد غذایی*، ۳(۱)، صص ۱۰۶-۱۷۷.

تابنده، ل؛ صفرزاده شیرازی، ص، (۱۳۹۷). بررسی تجمع نیترات و عوامل موثر بر آن در برخی از سبزیجات برگی در منطقه زنجان، *پژوهش های خاک (علوم خاک و آب)*، ۳۲(۲)، صص ۱۸۹-۲۰۱.

جان بابایی، ق؛ عنایتی، ا؛ اعرابی، م؛ یعقوبی اشرفی، م؛ روشن دل، غ؛ موسی زاده، م؛ هدایتی زاده عمران، ا؛ علی زاده نوائی، ر؛ مرادی، س؛ نحوی جو، آ؛ اسلامی جویباری، م؛ شکرریزفومنی، ر؛ زابلی، ا؛ اسلامی پرکوهی، پ؛ قاضی زاده، ز؛ موسوی رکن آبادی، ر، (۱۳۹۷). گزارش سالانه مرکز ثبت سرطان مبتنی بر جمعیت، چاپ اول، انتشارات دانشگاه علوم پزشکی مازندران، بابل.

جلالی، م؛ صالحی چگنی، ن، (۱۳۹۹). تاثیر مثبت سلنیوم بر کاهش تجمع نیترات در اسفناج (*Spinacia oleracea L.*) و کاهو (*Lactuca sativa L.*)، *نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)*، ۳۴(۲)، صص ۳۳۴-۳۲۱.

صالحی فرد، ع؛ اسکندری، ف، (۱۳۹۹). بررسی رابطه نیترات آب آشامیدنی با سرطان مثانه در شهرستان لارستان از دیدگاه جغرافیایی پزشکی، *نشریه مراقبت سرطان*، ۱(۲)، صص ۴۷-۵۴.

فاطمی قمشه، ا؛ نظامی، س، (۱۳۹۹). بررسی وضعیت نیترات در برخی سبزیجات جمع آوری شده از بازارهای تره بار شهر کرمانشاه. *سلامت و محیط زیست*، ۱۳(۱)، صص ۷۷-۸۶.

فخری، م؛ اصغری مقدم، ا؛ برزگر، ر، (۱۳۹۴). بررسی غلظت نیترات در منابع آب زیرزمینی دشت مرند و ارزیابی آسیب پذیری آب زیرزمینی با روش AVI و GODS، *محیط شناسی*، ۴۱(۱)، صص ۶۶-۴۹.

قیصری، م؛ هودجی، م؛ نجفی، پ؛ عبدالهی، آ، (۱۳۸۶). بررسی آلودگی نیتراتی آب زیرزمینی ناحیه جنوب شرق شهر اصفهان، *محیط شناسی*، ۳۳(۴۲)، صص ۴۳-۵۰.

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، (۱۳۹۲). مرز بیشینه مانده نیترات در محصولات کشاورزی. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، تهران، ایران.

Alexander J. (2008). Nitrate in vegetables: Scientific opinion of the panel on contaminants in food chain. *The EFSA Journal*, 689: 1-79.

Camargo JA, Alonso A, Salamanca A. (2005). Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates. *Chemosphere*, 58(9), 1255-1267.

DES. (2006). Nitrate and Nitrite: Health Information Summary; Environmental Fact Sheet. New Hampshire Department of Environmental Services. ARD-EHP-16.

Galloway JN, Cowling EB. (2002). Reactive nitrogen and the world: 200 years of change. *Ambio*, 31(2), 64-71.

- Ghaffari HR, Nasser S, Yunesian M, Nabizadeh R, Pourfarzi F, Poustchi H. (2019). Monitoring and exposure assessment of nitrate intake via fruits and vegetables in high and low risk areas for gastric cancer. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 17(1), 445-456.
- Gilchrist M, Winyard PG, Benjamin N. (2010). Review; Dietary nitrate – Good or bad? *Nitric Oxide*. Elsevier, 22(2), 104–109.
- Hajiahmadi M, Shokri-Shirvani J, Moslemi D, Hasanzadeh S, Sajadi Kaboodi P, Ebrahimpour S. (2017). A Study of Food Consumption Patterns in Patients with Gastric Cancer in Mazandaran. *J. Mol. Biol. Res*, 7(1), 106-111.
- Lowe C, Kurscheid J, Lal A, Sadler R, Kelly M, Stewart D, Laksono B, Amaral S, Gray D. (2021). Health Risk Assessment for Exposure to Nitrate in Drinking Water in Central Java, Indonesia. *International journal of environmental research and public health*, 18(5), 236.
- Lundberg JO, Govoni M. (2004). Inorganic nitrate is a possible source for systemic generation of nitric oxide. *Free Radic. Biol. Med*, 37(3), 395–400.
- Mitsui T, Kondo T. (2002). Assessing nitrate metabolism in the intestinal tract by measuring breath nitric oxide and nitrous oxide, and its clinical significance. *Chimica Acta*, 319(1), 57–62.
- Seilsepour M. (2020). Study of nitrate concentration in Varamin plain leafy vegetables and evaluation of its risk for human. *Horticultural Plant Nutrition*, 31(1): 69-86.
- Sheikhy Narany T, Ramli, MF, Aris, A Z, Sulaiman WNA, Fakharian K. (2014). Spatial assessment of groundwater quality monitoring wells using indicator kriging and risk mapping, Amol-Babol Plain, Iran. *Water*, 6(1): 68-85.
- Sobko T, Marcus C, Govoni M, Kamiya S. (2010). Dietary nitrate in Japanese traditional foods lowers diastolic blood pressure in healthy volunteers. *National Library Of Medicine, Nitric Oxide*, 22(2), 136–140.
- Taghipour H, Hemmati S, Faramarzi E, Somi MH, Dastgiri S, Nowrouze P. (2019). Determination of nitrate concentration in consumed vegetables and estimation of that's dietary intake in Shabestar and Khameneh City, northwest of Iran: Azar Cohort study. *Progress in Nutrition*, 21(1): 336-40.
- Taneja P, Labhasetwar P, Nagarnaik P, Ensink JHJ. (2017). The risk of cancer as a result of elevated levels of nitrate in drinking water and vegetables in Central India. *Journal of Water and Health*, 15(4), 602-614.
- VanGrinsven HJ, Rabl A, De kok TM. (2010). Estimation of incidence and social cost of colon cancer due to Nitrate in drinking water in the EU: a tentative cost-benefit assessment. *Environmental Health*, 9: 58.
- Ward, MH, Jones RR, Brender JD, De Kok TM, Weyer PJ, Nolan, BT, Villanueva CM, Van Breda SG. (2018). Drinking water nitrate and human health: an updated review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 15(7): 1557.
- WHO. Nitrates, Nitrites and N-Nitroso Compounds. Geneva: World Health Organization; 1978.
- Ziarati P, Zendehtdel T, Bidgoli SA. (2014). Nitrate Content in Drinking Water in Gilan and Mazandaran Provinces, Iran. *J Environ Anal Toxicol*, 4(4): 1000219.