بررسی خطرپذیری نیترات در اندام‌های خوراکی برخی محصولات کشاورزی استان اصفهان

شیرین هفت برادران[۱]، محمدجعفر ملکوتی[۲*]، امیرحسین خوشگفتارمنش[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۲۰)

چکیده

نیترات (NO_3^-) به عنوان یک منبع غذایی برای رشد گیاهان ضروری است اما مقادیر زیاد آن در رژیم غذایی انسان با امکان ابتلا به بیماری‌های جدی مانند سرطان‌های گوارشی و متهموگلوبینمیا در نوزادان در ارتباط است. سبزیجات منبع اصلی نیترات هستند به‌طوری‌که ۸۰ درصد متوسط جذب روزانه نیترات را تشکیل می‌دهند و یکی از دلایل اصلی وجود نیترات مازاد در سبزیجات، مصرف بیش از اندازه کودهای نیتروژنی و استمرار در مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی نیتروژن است. با توجه به نگرانی‌های جدی درباره امکان آلودگی محصولات کشاورزی مختلف به نیترات، این مطالعه با هدف بررسی انباشتگی نیترات در اندام خوراکی تعدادی از محصولات کشاورزی غالب شهرستان‌های استان اصفهان و مقایسه آن با حد بحرانی غلظت نیترات در این محصولات انجام شد. محصولات کشاورزی غالب استان شامل سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*) محصول پرمصرف غذایی و خیار (*Cucumis sativus*) محصول پرمصرف خام‌خواری که در فصل سرد سال امکان انباشتگی نیترات محتمل‌تر است، از گلخانه‌ها و مزارع کشاورزان پیشرو جمع‌آوری شد. سپس نمونه مرکب تهیه و غلظت نیترات نمونه‌ها با استفاده از روش دی‌آزو تعیین شد. براساس سرانه مصرف این محصولات توسط ساکنین استان اصفهان، نقشه پهنه‌بندی خطرپذیری نیترات برای گروه سنی کودکان و بزرگسالان ترسیم شد. نتایج نشان داد میانگین غلظت نیترات در خیار و سیب‌زمینی در تمام شهرستان‌های مورد بررسی کم‌تر از حد مجاز نیترات بود. نقشه‌های پهنه‌بندی خطرپذیری نیترات در استان اصفهان نشان داد که در تمام مناطق این نسبت کمتر از ۱ (بیشینه ۰/۰۵۱ و ۰/۰۲ به‌ترتیب برای سیب‌زمینی و خیار) بود، لذا از لحاظ نیترات اندام‌های خوراکی کیفیت سلامت محصولات کشاورزی مورد مطالعه در شرایط مطلوب قرار داشت. با این حال پایش مستمر محصولات کشاورزی جهت اطمینان از کیفیت سلامت آن ضروری است.

واژه‌های کلیدی: انباشت نیترات، خیار (*Cucumis sativus*)، سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*)

۱-دانشجوی دکتری شیمی و حاصلخیزی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
۲-استاد بازنشسته حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس (مکاتبه کننده)
۳-استاد حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده کشاورزی
*پست الکترونیک: mjmalakouti@modares.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

نیتروژن (N) محدودکننده‌ترین عامل رشد گیاه و عنصر غذایی کلیدی در دستیابی به عملکرد مطلوب در بیشتر محصولات زراعی است. مهم‌ترین روش تأمین نیتروژن مورد نیاز کشاورزی، استفاده از کودهای نیتروژنی است. از همین رو پرمصرف‌ترین کود در میان کودهای شیمیایی، کودهای نیتروژن می‌باشد. منابع آلی و معدنی زیادی برای تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه در دسترس هستند. منبع اصلی نیتروژن برای گیاه، نیتروژن معدنی است که به یکی از دو شکل نیترات و آمونیوم برای گیاه قابل جذب است. در حال حاضر سالیانه حدود ۹۸ میلیون تن نیتروژن به صورت انواع کودهای شیمیایی در جهان مصرف می‌شود. در ایران نیز از ۴/۲ میلیون تن کود مصرفی بیش از ۶۰ درصد آن را کود نیتروژنی تشکیل می‌دهد که با توجه به تولید ۸۵ میلیون تن محصولات کشاورزی (زراعی و باغی)، کارایی پایینی دارد (Malakouti *et al.*, 2013). بنابر اطلاعات سالنامه آماری سال ۱۳۹۱ در استان اصفهان، ۸۲ درصد از کل کودهای مصرفی استان را انواع کودهای نیتروژن، ۱۲ درصد آن را کودهای فسفردار، ۲ درصد کوهای پتاسه و ۴ درصد باقیمانده را سایر کودها تشکیل می‌دهند.

با وجود نقش کودهای نیتروژنی به‌عنوان ابزاری برای نیل به بیشینه تولید در واحد سطح، مدیریت مصرف کود باید به‌نحوی باشد که علاوه بر افزایش تولید، کیفیت محصولات کشاورزی را ارتقا داده و ضمن آلوده نکردن محیط زیست به‌ویژه منابع آب زیرزمینی، انباشتگی مواد آلاینده نظیر نیترات را در اندام‌های مصرفی محصولات کشاورزی به کمترین مقدار ممکن کاهش دهد تا سلامتی انسان و دام با مشکل مواجه نشود (Malakouti *et al.*, 2004). تحقیقات نشان داده است مصرف مقادیر بیش از حد کودهای نیتروژنی سبب افزایش انباشتگی نیترات در گیاه می‌شود (Malakouti, Malakouti *et al.*, 2004 ,1999). به‌نظر می‌رسد زمانی‌که مقدار نیترات گیاه کم باشد، انتقال نیترات از ریشه به اندام هوایی گیاه کم است ولی با افزایش مقدار نیترات، انتقال به ساقه و برگ‌ها تحریک می‌شود. بنابراین تحت شرایطی که مقدار زیادی کود نیتروژنی مصرف شود، ظرفیت احیای نیترات کاهش می‌یابد و در نهایت مقادیر مازاد نیترات به برگ‌ها انتقال می‌یابد (Malakouti *et al.*, 2013). نیترات به خودی خود غیرسمی است ولی متابولیت‌ها و محصولات واکنش آن نظیر نیتریت، اکسید نیتریک و ترکیبات نیتروز[1] به دلیل اثرهای زیان‌باری که بر سلامتی دارند مانند مت-هموگلوبینمیا[2] و سرطان‌زایی، برای کارشناسان تغذیه انسان و دام بسیار حائز اهمیت هستند (Malakouti *et al.*, 2004). به‌طوری‌که مقادیر بالاتر از حد مجاز نیترات، سلامت انسان به ویژه نوزادان و کودکان را تهدید می‌کند (EPA, 2007). مشخص‌ترین نشانه سمیت حاد نیترات، بیماری مت‌هموگلوبینمیاست که در آن هموگلوبین به مت‌هموگلوبین تبدیل می‌شود (EPA, 1991). تبدیل آهن دوظرفیتی به سه ظرفیتی سبب کاهش میل ترکیبی آهن با اکسیژن شده و انتقال اکسیژن در بدن را مختل می-کند. همچنین در اثر تداوم مصرف سبزیجات و یا آب آشامیدنی حاوی نیترات زیاد، نیتروز آمین در دستگاه گوارش تولید می‌شود که ماده‌ای سمی وخطرناک است و احتمال بروز سرطان‌های خون، تومور مغزی و حلق و بینی[3]را در افراد بالغ افزایش می‌دهد. از آنجا که نیترات به طور طبیعی در سبزیجات حضور دارد، مصرف آن‌ها منجر به تماس روزانه با نیترات می‌شود. در واقع سبزیجات منبع اصلی نیترات هستند که ۸۰٪ متوسط جذب روزانه انسان را تشکیل می‌دهند (EPA, 1991). به عبارتی از یک طرف سبزیجات برای سلامتی مفیدند به‌طوری‌که مصرف روزانه ۴۰۰ گرم انواع میوه و سبزی توسط سازمان بهداشت جهانی برای جلوگیری از بیماری‌های غیرواگیردار مانند بیماری‌های قلبی- عروقی، سرطان، چاقی مفرط و دیابت نوع ۲ پیشنهاد شده‌است (FAO/WHO, 2003). از سوی دیگر چنانچه مدیریت مصرف کودهای نیتروژن درست انجام نشود و مقادیر بیش از حد نیترات در سبزیجات انباشته شود، با توجه به حجم و دفعات زیاد مصرف سبزیجات، ممکن است نیترات مازاد، سلامت انسان را تحت تأثیر قرار دهد. مطالعات متعددی در ایران و سایر کشورها در رابطه با میزان ورود نیترات از طریق سبزیجات و سایر محصولات غذایی به بدن انسان انجام شده است. به‌عنوان مثال، یاسارت و همکاران (Ysart *et al.*, 1999) تخمین زدند که برای یک انسان بالغ، کل نیترات جذب شده معادل ۹۳ میلی‌گرم در

1- N-nitroso compounds
2- Blue baby syndrome
3- Nasopharyngeal

Archive of SID

www.SID.ir

روز است که عموما از طریق سیب‌زمینی (۳۳٪)، سبزیجات سبز (۲۱٪)، سایر سبزیجات (۱۵٪)، نوشابه (۸/۵٪)، فرآورده‌های گوشتی (۴/۲٪)، میوه‌های تازه (۳/۵٪)، لبنیات (۳/۱٪)، شیر (۲/۹٪)، غلات گوناگون (۲/۱٪)، نان (۱/۶٪) و سایر منابع (۵/۱٪) تأمین می‌شود. در سال ۲۰۰۶ موسسه ایمنی غذای اروپا[1] (EFSA, 2006) به‌منظور بررسی تعادل بین خطرات و مزایای مصرف سبزیجات، غلظت نیترات در سبزیجات مصرفی در اروپا را اندازه‌گیری کرد. نتایج نشان داد تنوع زیادی از لحاظ میانگین غلظت نیترات در سبزیجات مختلف وجود داشت که دامنه آن از کمتر از ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم در نخود و کلم بروکسل تا بیشتر از ۴۸۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در منداب[2] بود.

خوشگفتارمنش و همکاران (Khoshgoftarmanesh, 2009) با بررسی جذب روزانه نیترات و پتانسیل خطر ابتلا به بیماری برای انسان در خیار و فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای 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) (۱۵۰ میکروگرم بر گرم وزن تر) بود که علت آن مدیریت تغذیه‌ای ضعیف و مصرف زیاد کودهای شیمیایی و دامی در گلخانه‌ها بیان شد. نتایج همچنین نشان دادند احتمال بیماری‌های سرطانی و غیرسرطانی از نظر انباشتگی نیترات برای مصرف‌کننده بسیار کم بود.

یگانه و بازرگان (Yeganeh & Bazargan, 2016) در بررسی وضعیت نیترات در سیب‌زمینی‌های کشت شده در ۹ استان کشور به این نتیجه رسیدند که بالاترین انباشتگی نیترات در سیب‌زمینی در استان کرمان اندازه-گیری شد. با توجه به اهمیت پایش دقیق غلظت نیترات اندام خوراکی محصولات کشاورزی غالب مورد مصرف توسط افراد جامعه و نیز نگرانی‌های گسترده اخیر درباره آلودگی این محصولات به نیترات، این پژوهش با هدف تعیین غلظت نیترات در تعدادی از سبزیجات و صیفی جات غالب کشت شده در مزارع و گلخانه های شهرستان-های استان اصفهان انجام شد. از بین انواع مختلف سبزی یا صیفی‌جات کشت شده در استان، دو محصول سیب زمینی و خیار با توجه به سطح بالای کشت در مزارع و گلخانه‌های استان اصفهان انتخاب شد و مورد بررسی قرار گرفت.

1- European Food Safety Authority
2- Arugula

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه: این پژوهش در استان اصفهان که یکی از کلان‌شهرهای ایران است، انجام گرفت. استان اصفهان با مساحتی حدود ۱۰۷۰۴۴ کیلومتر مربع، بین ۳۰ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی قرار دارد. این استان که در مرکز ایران واقع شده از شمال به استان‌های مرکزی، قم و سمنان و از جنوب به استان‌های فارس و کهکیلویه و بویراحمد و از غرب به استان‌های لرستان و چهارمحال و بختیاری و خوزستان و از شرق به استان یزد محدود می شود.جمعیت استان ۴/۵ میلیون نفر است که ۸۳٪ در مناطق شهری و ۱۷٪ در مناطق روستائی سکنی گزیده‌اند. این استان طبق تقسیم‌بندی سال ۱۳۹۳، ۲۴ شهرستان و ۹۶ شهر دارد. غلظت نیترات در ۱۸۸ نمونه سیب‌زمینی (۶۴ نمونه از بازارهای شهرستان‌ها و ۱۲۴ نمونه از مزارع) و ۱۱۲ نمونه خیار (۱۶ نمونه از بازارهای شهرستان‌ها و ۹۶ نمونه از گلخانه‌ها) و در ۳ تکرار اندازه‌گیری شد.

نمونه‌برداری از محصولات: به‌منظور اندازه‌گیری غلظت نیترات در سبزیجات و صیفی‌جات کشت شده غالب در اصفهان نمونه‌برداری از شهرستان‌های استان اصفهان و در فصل سرد سال انجام گرفت. دلیل انتخاب فصل سرد برای نمونه‌برداری این بود که با توجه به نقش موثر نور خورشید در احیای نیترات، وضعیت نیترات موجود در محصولات کشاورزی در بیشینه مقدار موجود بررسی شود. همچنین علت انتخاب سبزیجات و صیفی‌جات در مطالعه، جایگاه ویژه این گروه در تغذیه روزانه مردم ایران است. در واقع گروه سبزیجات و صیفی‌جات بیشترین نقش را در کاهش یا افزایش ورود نیترات به زنجیره غذایی ساکنین اصفهان خواهند داشت. در هر شهرستان نمونه‌برداری از سبزی و صیفی غالب منطقه در مزارع، گلخانه‌های کشاورزان پیشرو و بازارهای محلی انجام گرفت. از میان محصولات کشت شده در این استان، دو محصول سیب‌زمینی و خیار به دلیل غالب بودن کشت در شهرستان‌های استان اصفهان، نقش مهم در تغذیه روزانه مردم و مقایسه بین دو نوع کشت (مزرعه‌ای در سیب‌زمینی و گلخانه‌ای در خیار)

Archive of SID
www.SID.ir

انتخاب شدند. به‌منظور امکان تعمیم نتایج حاصله برای کل استان اصفهان، تلاش شد نمونه‌برداری از مزارع و گلخانه‌های بزرگ که به نوعی پیشرو بوده و بخش اعظم محصول کشاورزی استان را تأمین می‌کنند انجام شود. در هر مزرعه یا گلخانه برای تهیه نمونه مرکب، تعداد نمونه‌ها بسته به وسعت سطح زیرکشت و تعداد ارقام کشت شده تعیین شد به‌نحوی‌که نماینده سطح زیر کشت باشد. هر نمونه مرکب در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. مختصات هر نقطه نمونه‌برداری و با GPS موقعیت جغرافیایی آن ثبت شد.

اندازه‌گیری نیترات اندام خوراکی گیاه: نمونه‌های گیاهی (شامل اندام خوراکی سیب زمینی و خیار) پس از انتقال به آزمایشگاه با دستمال تمیز کاملاً پاک شدند، سپس نمونه‌ها خردشده و بسته به بافت گیاهی به مدت ۴۸-۲۴ ساعت در دمای ۶۰ درجه سلسیوس در دستگاه خشک‌کن و تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شدند. غلظت نیترات در نمونه‌های خشک و آسیاب شده با استفاده از روش دی‌آزو (Singh, 1988) که بر پایه احیای نیترات به نیتریت در مجاورت پودر روی و یون هیدروژن است تعیین شد. به این صورت که یون‌های نیتریت ایجاد شده با نمک سولفانیل آمید تولید ترکیبات دیازنوم می‌کنند که در مجاورت ان (۱-نفتیل) اتیلن دی آمین، کمپلکس آمینوآزو ایجاد می‌شود. شدت رنگ کمپلکس رنگی در طول موج ۵۴۰ نانومتر با اسپکتروفتومتر مدل Rayleigh UV-1601 اندازه‌گیری شد. به‌منظور جلوگیری از هرگونه آلایندگی تمامی وسایل و تجهیزات با دقت شسته شدند. همچنین کاغذهای صافی پیش از استفاده با آب دوبار تقطیر[1]شسته شده و بعد از خشک‌شدن در خشک‌کن، در ظروف شیشه‌ای تمیز دربسته نگهداری شدند.

تجزیه‌های آماری: مقادیر بیشینه، کمینه، میانگین و انحراف معیار غلظت نیترات در اندام خوراکی هر محصول به تفکیک شهرستان نمونه‌برداری با استفاده از نرم‌افزار Microsoft office Excel 2013 محاسبه و ترسیم شد. احتمال بروز بیماری‌های غیرسرطانی به واسطه مصرف یک آلاینده نظیر نیترات بر اساس نسبت خطرپذیری کل (THQ[2]) محاسبه شد (USEPA, 2000) که نسبت میزان آلاینده جذب شده تقسیم بر میزان مبنا[3] است و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$THQ=\frac{Intake}{RfD} \qquad (۱)$$

که در آن THQ نسبت خطر برای بیماری‌های غیرسرطانی، RfD، میزان مبناست که برای نیترات معادل ۱/۶ میلی گرم بر کیلوگرم بر روز است (Human Health Fact Sheet 2005) و Intake میزان جذب نیترات (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم بر روز) است. به منظور محاسبه جذب نیترات از راه مصرف سیب زمینی و خیار، کمترین و بیشترین غلظت نیترات در هر منطقه نمونه‌برداری و در هر محصول در میانگین مصرف روزانه محصول توسط ایرانیان ضرب شد. سپس این مقدار در نسبت هضم آلاینده[4] ضرب شد. میانگین FI برابر ۰/۲۵ و در بدترین حالت ۰/۴ است که در این پژوهش مقدار ۰/۴ در نظر گرفته شد که بیان‌کننده ۹۵٪ بالایی باشد (USEPA, 1989). میزان مصرف سرانه سیب زمینی و خیار در ایران در بزرگسالان به ترتیب ۱۲۳/۲۹ (Yeganeh *et al.*, 2013) و ۱۵۰ (Khoshgoftarmanesh *et al.*, 2009) گرم در روز و در کودکان به‌ترتیب ۳۵ (Yeganeh *et al*., 2013) و ۴۰ (Khoshgoftarmanesh *et al.*, 2009) گرم در روز است. متوسط وزن کودکان زیر ۱۴ سال ۲۳/۲۵ کیلوگرم (متوسط وزن کودکان زیر ۶ سال ۱۷/۵ و کودکان ۱۴-۷ سال ۲۹ کیلوگرم) و میانگین وزن بزرگسالان بالای ۱۴ سال، ۶۶/۲ کیلوگرم (متوسط وزن بزرگسالان ۱۸-۱۴ سال ۵۶ و بزرگسالان بالای ۱۸ سال ۷۶/۴ کیلوگرم) در نظر گرفته شد. نقشه پهنه‌بندی غلظت و خطرپذیری نیترات برای گروه سنی کودکان و بزرگسالان به روش فاصله وزنی معکوس[5] (IDW) برای سیب زمینی و خیار توسط نرم افزار Arc GIS 10.3.1 ترسیم شد.

نتایج و بحث

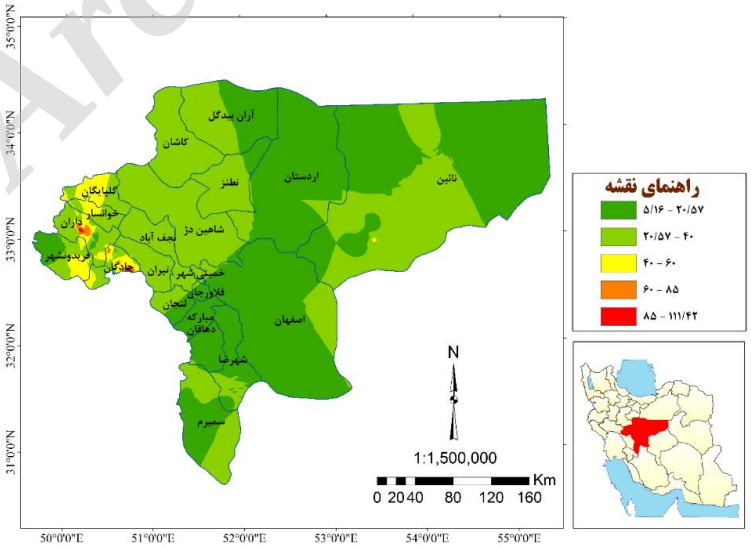
غلظت نیترات در سیب‌زمینی: دامنه غلظت نیترات در سیب‌زمینی از حدود ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر تا حدود ۱۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر متغیر بود. به جز

1 -Dionized
2 -Total Hazard Quotient
3- Reference Dose (RfD)
4- Fraction Ingested from the Contaminated Source (FI)
5- Inverse Distance Weighted

Archive of SID
www.SID.ir

مناطق محدودی در شهرستان داران و چادگان و بویین و میاندشت (شکل ۱)، میانگین غلظت نیترات در سایر نقاط کمتر از ۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر (حد مجاز نیترات ارائه شده توسط ولچ، ۲۰۰۳) بود (از ۵۵/۹۹ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر در بویین و میاندشت تا ۱۷/۷۱ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر در نایین) (شکل ۲- الف و ب). نقشه پهنه‌بندی خطرپذیری نیترات برای سیب زمینی برای هر دو رده سنی کودکان و بزرگسالان نشان می‌دهد نسبت خطرپذیری در بزرگسالان بیش از کودکان (بیشینه بزرگسالان ۰/۰۵۱ و بیشینه کودکان ۰/۰۰۸۵) و مناطقی از شهرستان‌های گلپایگان، خوانسار، داران، فریدونشهر، بویین و میاندشت و چادگان بالاتر از سایر شهرستان‌ها است ولی در سراسر استان اصفهان، این نسبت کمتر از ۱ به‌دست آمد. نسبت خطرپذیری کمتر از یک برای بیماری-های غیرسرطانی نشان‌دهنده این است که در طول دوره زندگی فرد، اثرات آسیب زننده محسوس بر سلامتی افراد به‌دلیل جذب نیترات ناشی از مصرف سیب‌زمینی مشاهده نخواهد شد (Barnes & Dourson, 1988).

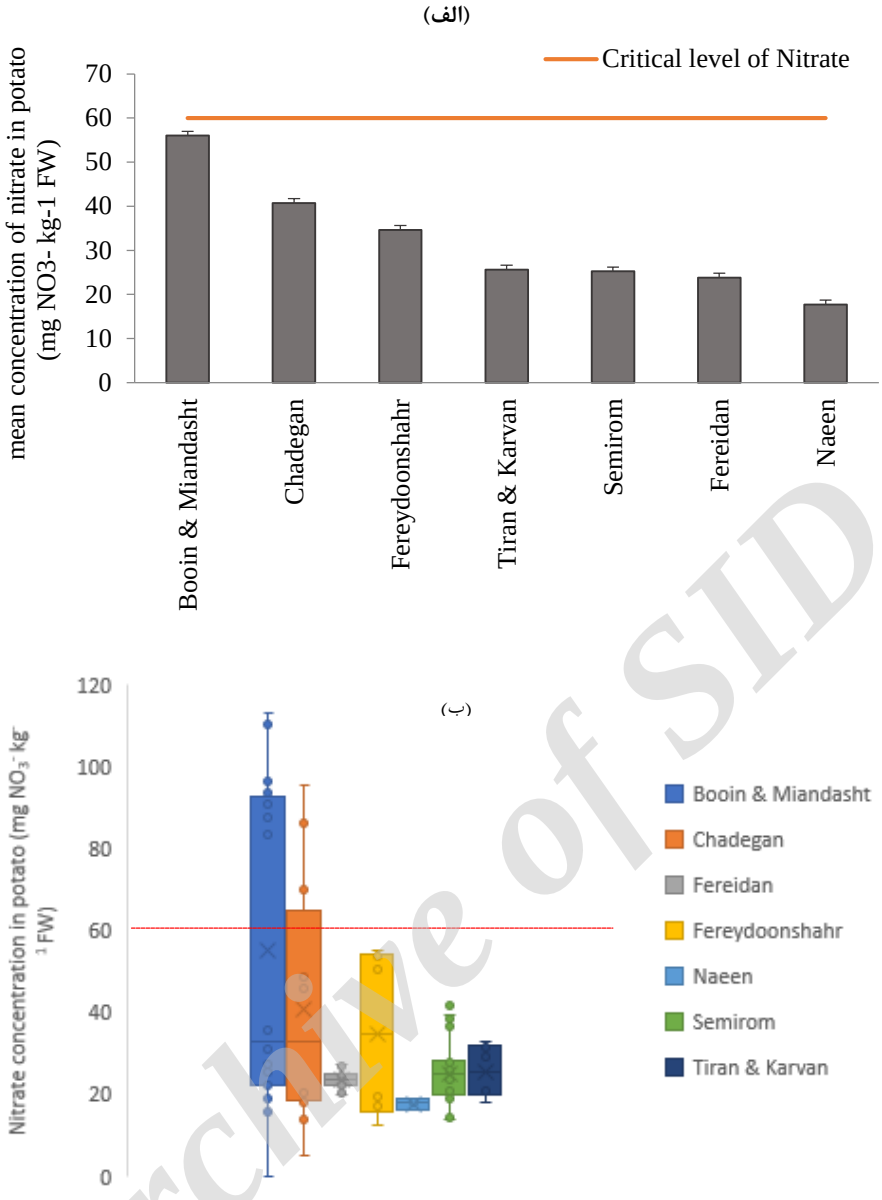
غلظت نیترات در خیار: دامنه غلظت نیترات در خیار از حدود ۰/۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر تا حدود ۵۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر متغیر بود ولی در سراسر استان اصفهان (شکل ۴) و به ویژه در شهرستان‌هایی که خیار محصول غالب آن‌هاست (شکل ۵-الف)، غلظت نیترات کمتر از ۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر (حد مجاز نیترات ارائه شده توسط ولچ، ۲۰۰۳) بود. دامنه غلظت نیترات در شکل ۵- ب مشخص است.در شهرستان‌هایی که کشت خیار هم به صورت سنتی در گلخانه‌های چوبی موقت و هم به صورت مکانیزه در گلخانه‌های مجهز کشت شده بود، میانگین غلظت نیترات در خیار کشت شده در گلخانه سنتی بالاتر از خیار کشت شده در گلخانه مکانیزه بود (شکل ۵- الف) .نقشه پهنه‌بندی خطرپذیری نیترات برای خیار برای هر دو رده سنی کودکان و بزرگسالان نشان می‌دهد نسبت خطرپذیری در کودکان و بزرگسالان بسیار نزدیک به هم (بیشینه بزرگسالان ۰/۰۲ و بیشینه کودکان ۰/۰۱۵) و مناطقی از شهرستان‌های اردستان، نطنز، شاهین‌شهر، خمینی‌شهر، فلاورجان و کاشان بالاتر از سایر شهرستان‌ها است ولی در سراسر استان اصفهان، این نسبت کمتر از ۱ به‌دست آمد. نسبت خطرپذیری کمتر از یک برای بیماری‌های غیرسرطانی نشان‌دهنده این است که در طول دوره زندگی فرد، اثرات آسیب زننده محسوس بر سلامتی افراد در اثر تماس با نیترات ناشی از مصرف خیار مشاهده نخواهد شد (Barnes & Dourson, 1988). مدیریت تغذیه‌ای نیتروژن نقش به‌سزایی در غلظت نیترات در محصولات کشاورزی دارد. علاوه بر نوع و مقدار کود نیتروژن مصرفی، به‌منظور کاهش غلظت نیترات در سبزیجات مصرفی، به ویژه در فصل سرد سال (که به‌دلیل کاهش شدت تابش نور خورشید، مقدار انباشتگی نیترات بیشتر است)، زمان مصرف کود و نوع و مدیریت کاشت هم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.



شکل ۱- نقشه پهنه بندی غلظت نیترات سیب زمینی کشت شده در مزارع و بازارهای استان اصفهان ($mg\ NO_3^-\ kg^{-1}\ FW$)

Figure 1. Interpolation map of nitrate concentration of potato grown in farms and markets in Isfahan Province ($mg\ NO_3^-\ kg^{-1}\ FW$)

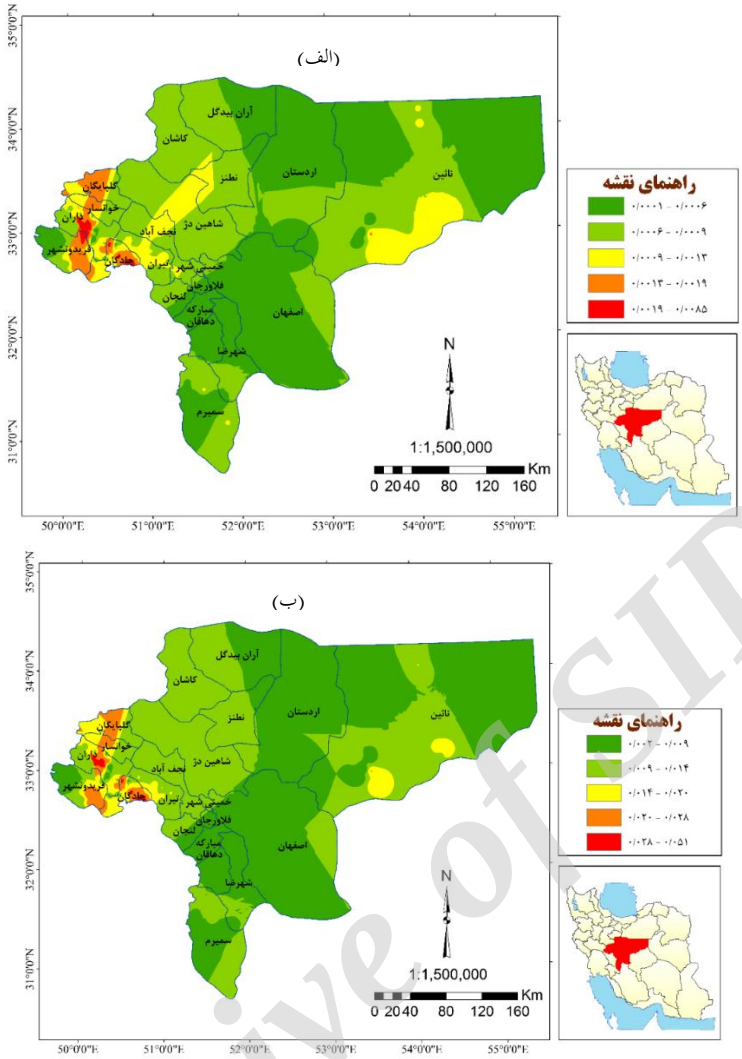
Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۲- الف (بالا) مقایسه میانگین غلظت نیترات سیب‌زمینی (بر حسب میلی‌گرم نیترات بر کیلوگرم وزن تر) در استان اصفهان با حد بحرانی نیترات ارایه شده توسط ولچ (۲۰۰۳)، ب (پایین) مقادیر کمینه، بیشینه، میانگین (با علامت ×) و انحراف معیار غلظت نیترات سیب‌زمینی (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) در شهرستانهای استان اصفهان که در آن‌ها کشت سیب‌زمینی غالب است (خط نقطه‌چین نشاندهنده حد بحرانی ارایه شده توسط ولچ (۲۰۰۳) برای غلظت نیترات در سیب‌زمینی است)

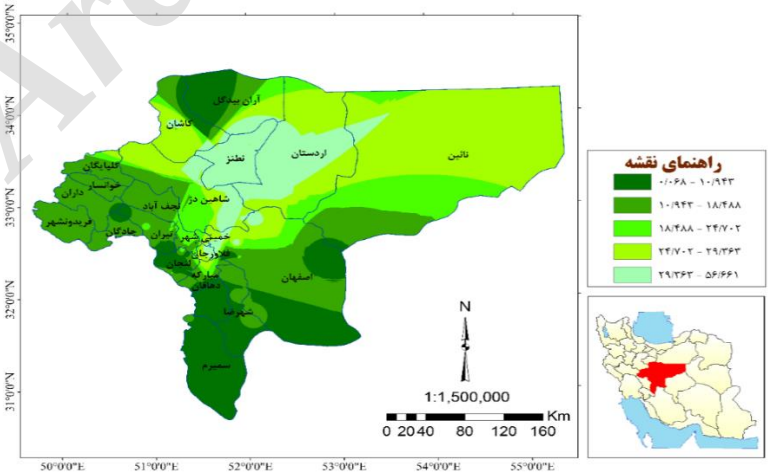
Figure 2. (a) (top) compared to the average concentration of nitrate in potato (mg NO_3^- kg^{-1} FW) in Isfahan province with the critical level of nitrate provided by Welch (2003), b (bottom) levels of minimum, maximum, average (marked with ×) and standard deviation of nitrate concentrations in potato (mg NO_3^- kg^{-1} FW) in the cities where potato cultivation is predominant in them (see the dotted line indicates the critical level by Welch (2003) for nitrate concentration in potato)

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی خطرپذیری بیماری‌های غیرسرطانی نیترات برای سیب‌زمینی، الف (بالا) برای کودکان زیر ۱۴ سال و ب (پایین) بزرگسالان بالای ۱۴ سال در استان اصفهان

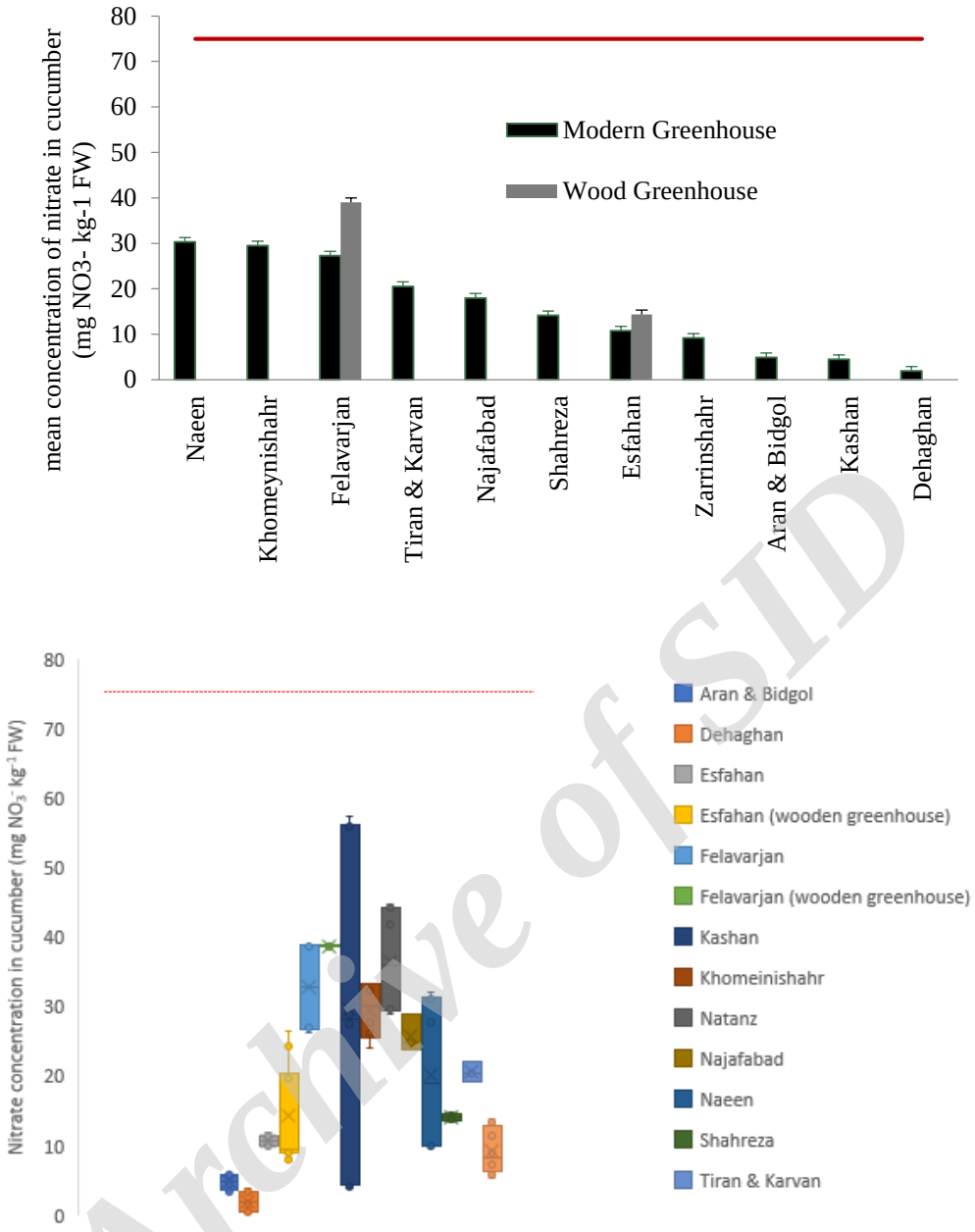
Figure 3. Interpolation map of nitrate hazard quotient for non-carcinogenic disease by potato (a) (top) children below 14 years, b (bottom) adults over 14 years in Isfahan Province



شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی غلظت نیترات خیار کشت شده در گلخانه ها و بازارهای استان اصفهان (بر حسب میلی‌گرم نیترات بر کیلوگرم وزن تر)

Figure 4. Interpolation map of nitrate concentration of cucumber in greenhouses and markets in Isfahan Province (mg NO_3^- kg^{-1} FW)

Archive of SID
www.SID.ir

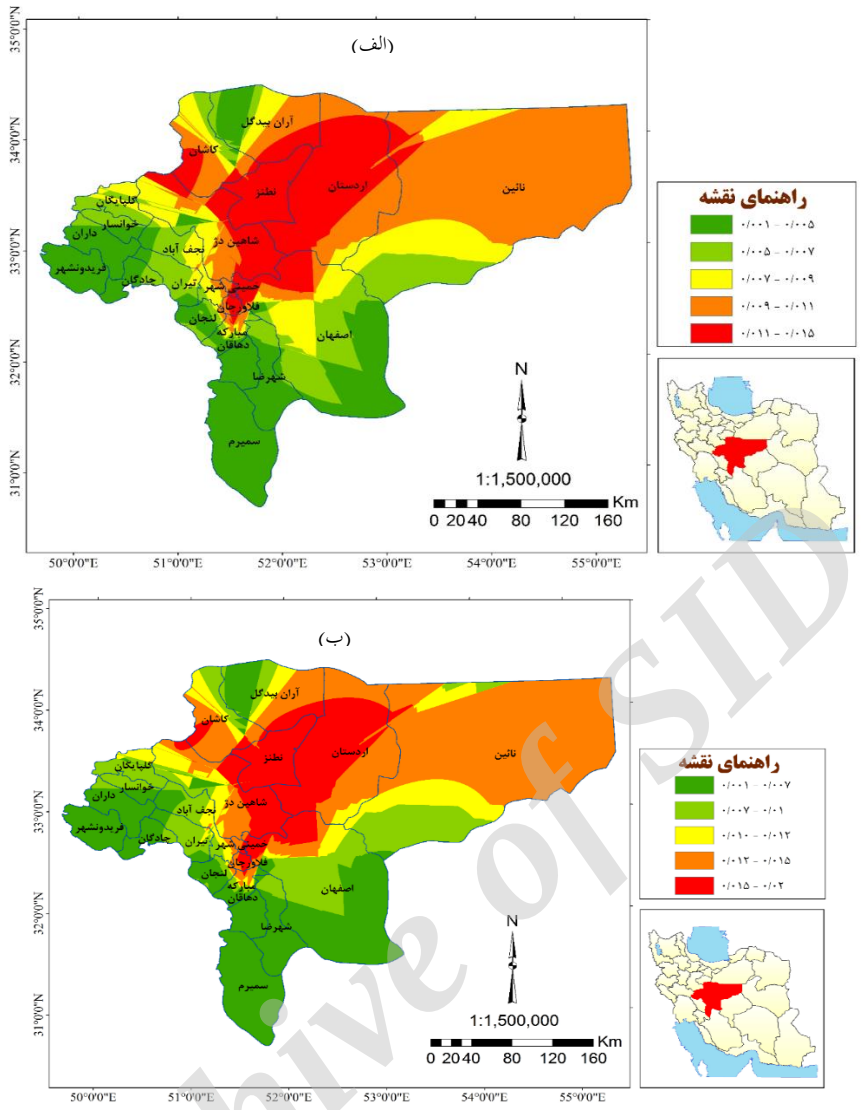


شکل ۵- الف (بالا) مقایسه میانگین غلظت نیترات خیار (بر حسب میلی‌گرم نیترات بر کیلوگرم وزن تر) در استان اصفهان با حد بحرانی نیترات ارایه شده توسط ولچ (۲۰۰۳)، ب (پایین) مقادیر کمینه، بیشینه، میانگین (با علامت ×) و انحراف معیار غلظت نیترات خیار (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) در شهرستان‌های استان اصفهان که در آن‌ها کشت خیار غالب است (خط نقطه‌چین نشاندهنده حد بحرانی ارایه شده توسط ولچ (۲۰۰۳) برای غلظت نیترات در خیار است)

Figure 5. (a) (top) compared to the average concentration of nitrate in cucumber (mg NO_3^- kg^{-1} FW) in Isfahan province with the critical level of nitrate provided by Welch (2003), b (bottom) levels of minimum, maximum, average (marked with ×) and standard deviation of nitrate concentrations in cucumber (mg NO_3^- kg^{-1} FW) in the cities where cucumber cultivation is predominant in them (see the dotted line indicates the critical level by Welch (2003) for nitrate concentration in cucumber)

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۶- نقشه پهنه‌بندی خطرپذیری بیماری‌های غیرسرطانی نیترات برای خیار، الف (بالا) برای کودکان زیر ۱۴ سال و ب (پایین) بزرگسالان بالای ۱۴ سال در استان اصفهان

Figure 6. Interpolation map of nitrate hazard quotient for non-carcinogenic disease by cucumber (a) (top) children below 14 years, b (bottom) adults over 14 years in Isfahan Province

نتایج نشان داد غلظت نیترات در محصولات گلخانه‌ای بیشتر از محصولات مزرعه‌ای بود. نظر به اینکه مصرف متعادل کود در گلخانه‌ها به‌مراتب بیش از مزارع سنتی رعایت می‌شود، احتمالاً عاملی که بیش از همه در کاهش غلظت نیترات در محصولات زراعی در مقایسه با گلخانه-ای تأثیرگذار بوده است (با وجود یکسان بودن نوع گیاه و رقم مورد مطالعه)، شدت تابش خورشید بوده است. همچنین در گلخانه‌های مکانیزه که مدیریت و کنترل بر عوامل محیطی و تغذیه‌ای بیشتر بوده است، مقدار انباشتگی نیترات کمتر از کشت در گلخانه‌های سنتی (گلخانه‌های موقتی که با الوارهای چوب و پلاستیک ایجاد می‌شود) بود. علاوه بر این در بررسی‌های انجام شده در نحوه مدیریت کوددهی در مناطق مورد بررسی مشخص شد در بیشتر گلخانه‌های مکانیزه، کوددهی براساس دستورات غذایی کارشناسان مشاور و به صورت علمی انجام می‌گیرد و شناخت بیشتر گلخانه‌داران از انواع کودهای موجود در بازار و تا حدودی نقش آن‌ها در گیاه در مصرف بهینه کودها نقش به سزایی دارد. با توجه به گران‌تر شدن کودهای نیتروژنی (حتی یارانه‌ای) در ۶-۵ سال اخیر، چنین به نظر می‌رسد که رویکرد زارعین در تولید سیب‌زمینی در مزرعه، برمبنای صرفه‌جویی در مصرف کودهای نیتروژنی بوده است و در مقابل از

Archive of SID
www.SID.ir

کودهای آلی بیشتر استفاده نموده‌اند که یکی از دلایل کاهش غلظت نیترات در این محصولات غده‌ای است. چنانچه مقدار کلی مصرف کود در کشور از بیش از چهار میلیون تن در سال ۱۳۸۵، به کمتر از دو میلیون تن در دهه ۹۰ کاهش یافته است. با این وجود نتایج نشان‌دهنده اینست که جای نگرانی از نظر نیترات موجود در محصولات مورد بررسی برای کودکان و بزرگسالان ساکن شهرستان‌های استان اصفهان وجود ندارد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد غلظت نیترات در سیب زمینی (از ۵۵/۹۹ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر در بویین میاندشت تا ۱۷/۷۱ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر در نایین) و خیار (از ۳۹/۰۱ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر در فلاورجان تا ۱/۱۹ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر در دهاقان) زیر حد بحرانی نیترات از لحاظ سلامت مصرف‌کننده بودند و نقشه خطرپذیری برای گروه سنی کودکان و بزرگسالان، بروز آسیب محسوس در طول دوره سلامتی آنها به دلیل وجود نیترات در این دو محصول را اثبات نمی‌کند. این در حالی است که رحمانی در بررسی نیترات سبزیجات برگی و غده‌ای در منطقه براآن اصفهان به این نتیجه رسید که کلیه سیزیجات برگی (به استثنای اسفناج) و کلیه سبزی‌های غده‌ای (به استثنای خیار بوته‌ای) دارای غلظت فراتر از حد معمول نیترات در گیاه بودند. نکته قابل توجه اینست که در این بررسی، مقایسه بر اساس حد مجاز ارائه شده توسط ولچ در نظر گرفته شده است که در مقایسه با سایر سطوح مجاز ارایه شده، سخت گیرانه‌تر است.

References

Barnes D.G., and Dourson M. 1988. Reference Dose (RfD): Description and use in health risk assessments. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 8: 471-486.

Chemical Summary Form. 2007. Nitrates and nitrites. U.S. EPA and ATSDR resources and the TEACH Database. Environmental Protection Agency, United States (Abstract)

EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). 2010. Statement on possible public health risks for infants and young children from the presence of nitrates in leafy vegetables. European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy. *European Food Safety Authority (EFSA) Journal* 8(12): 1935 (Abstract)

FAO/WHO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations/World Health Organization), 2003. Nitrate (and potential endogenous formation of N-nitroso compounds). *Geneva: World Health Organisation*. WHO Food Additive series 50 (Abstract)

Human Health Fact Sheet. 2005. EVS Chicago, Illinois. *Argonne National Laboratory* (Abstract)

Khoshgoftarmanesh A.H., Aghili F., and 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.

Malakouti M.J. 1996. Sustainable Agriculture and Yield Increase through Balanced Fertilization. Ministry of Agriculture Press. Karaj, Iran, 350p. (In Persian)

Malakouti M.J., Bybordi A., and Tabatabaei S.J. 2004. Balanced Fertilization of Vegetable Crops: An Approach to Enhance the Yield and Quality of Vegetables, Reduce Contaminants and Improve Human Health. Ministry of Jihad-e-Agriculture Press, Tehran, Iran, 338p. (In Persian)

Malakouti M.J., Ladan Sh. and Tabatabaee S.J. 2013. Nitrate in leafy vegetables: Toxicity and safety measures. In: Umar Sh., Anjum N.A., and Khan N.A. (Ed.), Content in the edible parts of vegetables: Origin, safety, toxicity limits and the prevalence of cancer in Iran. International Publishing House Pvt. *Ltd*. New Delhi, India. pp. 93-122.

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

Singh J. P., 1988. A rapid method for determination of nitrate in soil and plant extract. *Plant and Soil* 11: 137-139.

U.S. Environmental Protection Agency. 1991. *Integrated risk information system (IRIS): Nitrate* (Abstract)

Archive of SID

www.SID.ir

USEPA. 1989. Risk assessment guidance for superfund. Human Health Evaluation Manual Part A. EPA/540/1-89/002. *Office of Health and Environmental Assessment*,Washington, DC, USA. (Abstract)

USEPA. 2000. Risk-based concentration table. *Office of Health and Environmental Assessment*,Washington, DC, USA. (Abstract)

Welch R.M. 2003. Farming for nutritious foods: Agricultural technologies for improved human health. *IFA-FAO Agricultural Conference on Global Food Security and the Role of Sustainable Fertilization. Rome, Italy*, pp. 1-24.

World Health Organization. 1978. Nitrates, nitrites and N-nitrozo compounds. *Geneva, Switzerland: Environmental Health Criteria.* pp. 1-5.

Ximenes, M.I.N., Rath, S. and Reyes, F.G.R. 2000. Polargraphic determination of nitrate in vegetables, *Talanta*, 51: 49-56.

Yeganeh M., Afyuni M., Khoshgoftarmanesh A.H., Khodakarami L., Amini M., Soffyanian A.R., and Schulin R. 2013. Mapping of human health risks arising from soil nickel and mercury contamination, *Hazardous Materials*, 244-245: 225-239.

Yeganeh, M. and Bazargan, K. 2016. Human health risks arising from nitrate in potatoes consumed in Iran and calculation nitrate critical value using risk assessment study, *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 22(3):817-824.

Ysart G., Miller P., Barrett G., Farrington D., Lawrance P., Harrison N. 1999. Dietary exposures to nitrate in the UK, *Food Additive and Contaminant*, 16:521-532.

Archive of SID

www.SID.ir

Investigation of Nitrate Risk Assessment in Edible Parts of Some Crops Grown in Isfahan Province

Shirin Haftbaradaran[1], Mohammad Jafar Malakouti[2*], Amir Hossein Khoshgoftarmanesh[3]

(Received: November 2016 Accepted: March 2017)

Abstract

Nitrate (NO_3) is an essential nutrient for growth of plants, but high concentration of nitrate in human diet increases risk of serious illnesses such as gastric cancer and infantile methemoglobinemia. Vegetables constitute the major source of nitrate, providing 80% of the average daily human dietary intake. Unbalanced fertilization and overuse of nitrogen-based fertilizers are the main reasons for excess accumulation of nitrate in vegetables.In regard with the recent concerns about contamination of vegetables to nitrate, the present study was conducted to compare nitrate accumulation in edible parts of some predominant crops in Isfahan province in comparision with critical level of nitrate in vegetables.Predominant crops grown in Isfahan including potato (*Solanum tuberosum*) which is basic vegetable in human diet and cucumber (*Cucumis sativus*) which is basic raw-used vegetable were sampled in cold season (mid-October until end-November), with high probability of nitrate accumulation, from pioneer greenhouses and farms. Nitrate concentration in edible parts of compound sampled plants were measured by diazo method. Interpolation maps of nitrate hazard quotient for children and adults based on per capita consumption of these crops were drawn. Results showed that mean nitrate concentrations in cucumber and potato samples collected from all cities were below permisible level. According to the results obtained from interpolation maps of nitrate and the fact that in all cities THQ for nitrate was below 1 (Maximum 0.051 and O.2 for potato and cucumber, respectively). Therefore, the health quality of the studied crops in terms of nitrate concentrations was acceptable. Although continuous monitoring of crops is essential.

Key words: Cucumber (*Cucumissativus*), Nitrate accumulation, Potato (*Solanum tuberosum*)

Archive of SID

1-PhD student of Soil Chemistry and Fertility, Tarbiat Modares University
2-Emeritus Professor, Soil Science Department, Tarbiat Modares University
3-Professor, Isfahan University of Technology
* Corresponding Author Email: mjmalakouti@modares.ac.ir

www.SID.ir