بررسی تجمع نیترات و عوامل مؤثر بر آن در برخی از سبزیجات برگی در منطقه زنجان

لیلا تابنده[1] و صدیقه صفرزاده شیرازی

کارشناس ارشد بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران؛ ltabande@yahoo.com

استادیار بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ایران؛ safarzadeh@shirazu.ac.ir

دریافت: 96/4/13 و پذیرش: 96/10/11

چکیده

کودهای نیتروژنی، نقش مهمی در عملکرد و کیفیت محصول بازی می‌کنند. نیترات اضافی، ممکن است از طریق آبشویی و فرسایش خاک، باعث آلودگی آب سطحی و زیر زمینی شود. جذب و توزیع نیترات در گیاهان با توجه به نگرانی های زیست محیطی و کیفیت محصولات کشاورزی، ازاهمیت زیادی برخوردار است. این مطالعه، بر روی انواع سبزیجات مانند تره، جعفری، نعناع، شوید، گشنیز و برگ‌چغندر، در7 منطقه‌ی مطالعاتی در استان زنجان با نمونه‌برداری به صورت تصادفی در فصل برداشت انجام گردید. غلظت نیتروژن، نیترات، فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در سبزیجات و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب و خاک تعیین شد. نتایج نشان داد که علی‌رغم مدیریت زراعی و شرایط اقلیمی یکسان، بیشترین تجمع نیترات، در نمونه‌های آب آبیاری، خاک و گیاهان مزارع سبزی‌کاری مجاور به مسیر خروجی فاضلاب شهری که در سال‌های قبل، تحت کشت گیاهان لگومینوز (لوبیا و یونجه) بوده و نیاز چندانی به مصرف کودهای نیتروژنی نداشتند، مشاهده شد. در کلیه مزارع تحت مطالعه، غلظت نیترات در سبزیجات تره و جعفری، در محدوده مجاز بود ولی در 14/3 درصد از مزارع سبزی‌کاری تحت کشت گیاهان نعناع و برگ چغندر و 28/6 درصد مزارع شوید و گشنیز، آلودگی نیترات بالاتر از حد مجاز مشاهده گردید. غلظت نیترات در انواع سبزیجات، با غلظت نیتروژن گیاهی، نیترات آب و خاک، همبستگی مثبت و با فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز همبستگی منفی نشان داد و اختلاف آماری معنی‌داری بین مقدار فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در سبزیجات مختلف به دست آمد. از بین ویژگی‌های مطالعه شده ، مقدار نیترات خاک نقش مهمی در تجمع نیترات در سبزیجات داشته است.

واژه‌های کلیدی: آب آبیاری، آلودگی نیترات، نیترات خاک، سبزیجات، فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز

[1] نویسنده مسئول، آدرس: مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، بخش تحقیقات خاک و آب

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

نیتروژن در ساختمان اسیدهای آمینه، نوکئیک، بازهای پورینی، آلکالوئیدها و کلروفیل وجود دارد. مقدار نیتروژن مورد نیاز گیاه به نوع گونه گیاهی و خاک بستگی دارد. این عنصر به دو شکل آمونیم و نیترات جذب گیاه می‌شود.گیاهان عمدتاً یون نیترات را جهت جذب ترجیح می‌دهند (دورداس و سیولاس، 2008). نیترات در بدن انسان بالغ به نیتریت تبدیل شده و در ترکیب با آمین‌ها، به نیتروزآمین تبدیل شده که از عوامل اصلی ایجاد سرطان می‌باشد. در معده نوزادان، نیترات به نیتریت احیا شده و در گردش خون، آهن هموگلوبین را اکسید کرده و آهن دو ظرفیتی را به آهن سه ظرفیتی تبدیل می‌کند. از این رو رنگدانه‌های مت هموگلوبین، باعث اختلال در رسیدن اکسیژن به بدن نوزاد شده و در نهایت منجر به خفگی و مرگ نوزاد خواهند شد (فیوترل، 2004). البته بسیاری از تحقیقات اخیر نشان داده است که وجود نیترات در رژیم غذایی انسان می‌تواند اثرات مفیدی داشته باشد، بطوریکه تشکیل اکسید نیتریک در معده ناشی از مصرف نیترات، اثرات ضد میکروبی بر پاتوژن‌های روده داشته و نهایتاً منجر به حفاظت میزبان از عوامل بیماریزا خواهد شد (چانگ و همکاران، 2003). تجمع نیترات در گیاهان تحت تأثیر بسیاری از عوامل محیطی و ژنتیکی می‌باشند.

آنزیم نیترات ردوکتاز به عنوان یک آنزیم تنظیمی و محدودکننده مقدار نیترات گیاهی شناخته شده است. نحوه تغییرات فعالیت این آنزیم در گیاهان و گونه-های مختلف و شرایط و مکان‌های محیطی، تفاوت‌های بارزی نشان داده است و عمده‌ی این تفاوت‌ها منشاء ژنتیکی دارند. نیترات در سیتوسول سلولی گیاهان بوسیله-ی آنزیم نیترات ردوکتاز به نیتریت تبدیل می‌شود. سپس، نیتریت بوسیله آنزیم نیتریت ردوکتاز به آمونیوم یا آمونیاک احیا می‌شود. این ترکیبات به ساختار ترکیبات آلی وارد شده و ترکیبات NADPH و NADH تولیدشده، به عنوان عامل دهنده‌ی الکترون برای فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز عمل خواهند کرد. بنابراین سنتز آنزیم نیترات ردوکتاز بوسیله‌ی نیترات کنترل می‌شود و این یون سنتز آنزیم را القا می‌کند (کافی، 2005). از این رو هر عاملی که منجر به کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در گیاه شود، به نحوی با تجمع نیترات در اندام هوایی گیاه همراه می‌باشد. گیاهان در شرایط مدیریتی بدون مصرف کودهای نیتروژنه و با دریافت نیترات کم، با کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز مواجه می‌شوند، ولیکن با قرار گرفتن در معرض یون نیترات، سرعت فعالیت این آنزیم افزایش یافته و سپس با یک روند نزولی منجر به بروز تجمع نیترات در گیاه می‌شود (کمپبل، 1999). مقدار کودهای شیمیایی بکار برده شده، به عنوان یکی از عوامل مؤثر بر تجمع نیترات شناخته شده است. غالباً تجمع نیترات در سبزیجات وابسته به مقدار و نوع مواد غذایی موجود در خاک بوده و ارتباط نزدیکی با مقدار و زمان مصرف کودهای شیمیایی دارد (فیوترل، 2004). به دلیل اثرات سوء نیترات بر سلامتی انسان، امروزه توجه زیادی به تجمع این یون در سبزیجات شده است و به عنوان یک شاخص بیولوژیک کیفی در سبزیجات در نظر گرفته شده است (چن و همکاران، 2004). تقریباً 85 درصد نیترات موجود در رژیم غذایی انسان از طریق مصرف سبزیجات می‌باشد (آمر و هدیدی، 2001). سبزیجات در بسیاری از کشورهای جهان به دلیل ارزش غذایی فراوانی که دارند، از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشند، بنابراین تعیین یک برنامه و آیین نامه بین‌المللی، جهت تعیین حد مجاز مصرف نیترات ناشی از محصولات غذایی، ارزش بسیار قابل توجه و انکارناپذیری دارد. ولیکن از آنجا که تهیه این برنامه‌ها همراه با تغییرات مقدار و نحوه مصرف ترکیبات غذایی در سرتاسر مناطق جهان مختلف می‌باشد، بهتر است که انجام این مطالعات، مختص به مناطقی با کشت متراکم گیاه و سطح بالای احتمال آلودگی به تجمع نیترات صورت گیرد (منارد، 2008).

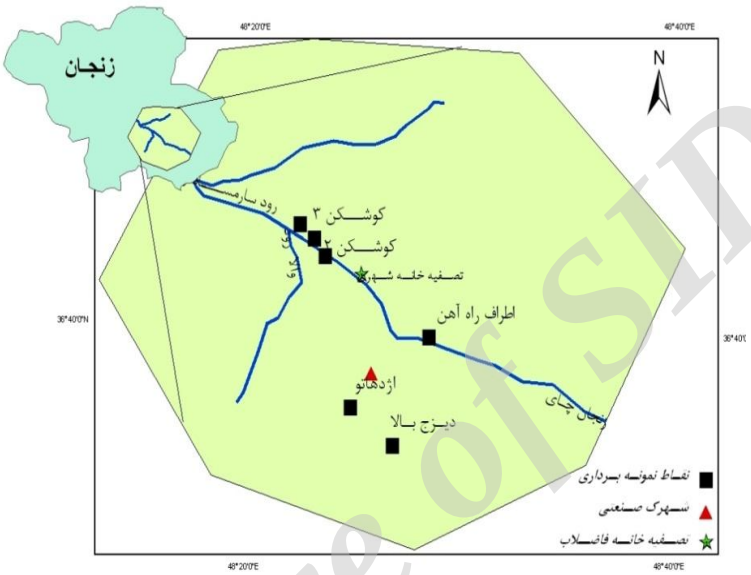
اکنون بیش از هر زمان دیگر، به منظور پاسخگویی به تقاضای روز افزون جمعیت و با انتخاب سیاست‌های سازگار، راه حل‌هایی برای عرضه مواد غذایی سالم و با ملاحظات زیست محیطی احساس می‌شود. در بسیاری از منابع تحقیقاتی، در اکثر مزارع سبزی‌کاری، مقدارکاربرد کودهای نیتروژنی بیشتر از مقدار توصیه کودی بوده است. در بین گروه‌های مختلف انواع سبزیجات تولیدی (برگی، غده‌ای، جالیزی و دانه‌ای)، سبزیجات برگی، جزء گروه محصولات سبزی با تجمع زیاد نیترات، دسته بندی می‌شوند. بنابراین، با توجه به اهمیت این قبیل محصولات زراعی و عدم اطلاعات کافی در ارتباط با سلامت و کیفیت سبزیجات برگی استان زنجان، مقدار تجمع نیترات در سبزیجات برگی و مقایسه آن با استاندارد ملی ایران (1392) انجام شد. همچنین در مناطق عمده‌ی سبزی‌کاری تحت مطالعه استان، عوامل مؤثر بر تجمع نیترات گیاهی (محیطی و ژنتیکی) مانند ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب و خاک (بویژه مقدار نیترات در منابع آب و خاک)، فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز گیاهی و سایر عوامل ناشی از مدیریت زراعی از قبیل نوع، مقدار، نحوه‌ی کوددهی، سیستم آبیاری، منبع آب و ... مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت.

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

استان زنجان با مساحت 22164 کیلومتر مربع (معادل 1/34 درصد مساحت کل کشور) بین مختصات جغرافیائی 47 درجه و 10 دقیقه تا 49 درجه و 26 دقیقه طول شرقی و 35 درجه و 33 دقیقه تا 37 درجه و 15 دقیقه عرض شمالی قراردارد و دارای شهرستان‌های ماهنشان، خدابنده، ایجرود، سلطانیه، ابهر، خرمدره می‌باشد. قسمت عمده‌ی مزارع سبزی‌کاری استان، در قسمت‌های جنوبی شهرستان زنجان می‌باشند. جهت انجام تحقیق حاضر، تعداد 7 مزرعه از روستاهای کوشکن، اژدهاتو، دیزج بالا و قسمت جنوبی شهر زنجان (اطراف راه آهن) انتخاب شدند (شکل1).



شکل 1- نقشه مربوط به نقاط نمونه برداری از مزارع سبزی کاری استان زنجان

سبزیجات برگی مورد بررسی در این مزارع شامل، تره *Allium cepa* L.، جعفری *Petroselinum crispum*، برگ‌چغندر *vulgaris subsp*، شوید *Anethum graveolens*، گشنیز *Coriandrum sativum* و نعناع *Mentha Piperita* بودند. نمونه‌برداری از هرگیاه در هر یک از مزارع انتخاب شده، به صورت کاملاً تصادفی و در سه تکرار، صورت گرفت. لازم به ذکر است که جهت حذف شرایط اقلیمی متفاوت، برداشت کلیه محصولات در صبح انجام گردید و همچنین جهت جلوگیری از هدر رفتن رطوبت گیاهان پس از زدن بر چسب، در داخل نایلون‌های پلی‌اتیلن گذاشته و به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه، پس از جدا کردن علف‌های هرز از سبزی-های نمونه برداری شده، قسمت خوراکی آنها تفکیک و با آب مقطر شستشو و در آون با دمای 60 الی 65 درجه سلسیوس خشک و با آسیاب برقی پودر شدند. پس از خشک شدن نمونه ها و پودر کردن آنها، از هر نمونه 0/1 تا 0/5 گرم (بسته به نوع نمونه) توزین و به ارلن مایر100 میلی لیتر منتقل گردید و به روش کالریمتری بعد از احیا (روش دی‌آزو)، به آن 50 میلی‌لیتر اسید استیک دو درصد اضافه و به مدت نیم ساعت با دستگاه شیکر تکان داده شد. برای از بین بردن رنگ عصاره و داشتن عصاره شفاف، 0/2گرم کربن اکتیو به هر یک از نمونه‌ها در 5 دقیقه پایانی زمان تکان خوردن، اضافه شد و پس از عبور از کاغذ صافی 10میلی لیتراز عصاره بدست آمده داخل لوله آزمایش ریخته و به آن 0/5گرم از پودر (مخلوط اسید استیک، سولفات منگنز مونو هیدرات، سولفانیل امید، ان-1- نفتیل اتیلن دی هیدروکلراید و روی) اضافه و در لوله آزمایشگاه به مدت30 ثانیه به‌هم زده شد. پس از عبور از کاغذ صافی واتمن شماره 42 و تنظیم دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 540 نانومتر، غلظت نیترات گیاهی، اندازه‌گیری گردید. علاوه براین، مقدار غلظت نیتروژن درنمونه‌های گیاهی، بر طبق روش‌های استاندارد در موسسه تحقیقات خاک و آب و به روش کلدال اندازه-گیری گردید (امامی، 1998). از طرفی، به منظور اندازه-گیری آنزیم نیترات ردوکتاز، نمونه‌های گیاهی در حداقل زمان ممکن، به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه،

Archive of SID

www.SID.ir

سبزیجات با آب معمولی و سپس با آب مقطر شست و شو داده شدند. سپس، با دستمال کاغذی خشک و با قیچی به قطعات ریز خرد شدند. از نمونه خردشده با پنس 0/5گرم داخل لوله های آزمایش ریخته شد و برای جلوگیری از خشک شدن نمونه‌ها، درب آنها گذاشته شد. ابتدا داخل هر کدام از لوله‌های آزمایش، 5 میلی‌لیتر از بافر فسفات و 50 میکرولیتر الکل N- پروپانل اضافه شد. نسبت الکل به بافر باید 1 درصد باشد. برای خارج کردن گاز اکسیژن، با استفاده از سوزن‌های دو طرفه، گاز نیتروژن به داخل لوله‌های آزمایش تزریق شدند. سپس، نمونه‌ها به مدت نیم ساعت در حمام آب گرم در دمای 40 درجه سلسیوس قرار گرفتند.

بعد از خروج از حمام آب گرم و خنک شدن، 2 میلی‌لیتر از نمونه برداشته و به آن 4 میلی‌لیتر معرف سولفانیل آمید و 4 میلی‌لیتر معرف N- نفتیل آمید افزوده شد، که در این حالت حجم نهایی نمونه‌ها به 10 میلی‌لیتر رسید. پس از 15 دقیقه که نمونه‌ها به رنگ ارغوانی درآمدند، مقدار جذب آنها با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 540 نانومتر قرائت گردید (تقاو و بابالار 2008). لازم به ذکر است، به منظور برآورد صدمات احتمالی ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و شستشوی نیترات و ورود آنها به منابع آب زیرزمینی و آلودگی خاک، از هر مزرعه مطالعاتی نمونه‌برداری از آب آبیاری و خاک‌های زراعی، در سه تکرارصورت گرفت. برخی ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مزارع سبزی‌کاری، از قبیل، پ‌هاش در خمیر اشباع، شوری، کربن آلی، آهک و بافت خاک، طبق روش‌های مرسوم در موسسه تحقیقات خاک و آب، اندازه‌گیری گردید (علی احیایی و بهبهانی‌زاده، 1993).

همچنین، به منظور اندازه‌گیری مقدار نیترات در آب آبیاری مزارع مطالعاتی، 5 میلی‌لیتر از نمونه صاف شده یا نمونه آب بی‌رنگ و تمیز، داخل یک بشر 50 میلی‌لیتر خشک ریخته شد. سپس مقدار 1 میلی‌لیتر معرف بروسین اسید سولفانیلیک اضافه شد. در یک بشر 50 میلی‌لیتری دیگر، مقدار 10 میلی‌لیتر اسید سولفوریک ریخته و محتویات بشر اول که شامل آب مورد آزمایش و معرف بروسین سولفانیلیک بود را روی بشر محتوی اسید خالی کرده و این عمل انتقال بین بشر سری اول و سری دوم شش بار به آرامی انجام شد. در نهایت بشرها، به مدت 10 دقیقه در جای تاریک (داخل کابینت) قرار داده شدند و زمانی که تغییر رنگ مشاهده شد، مقدار10 میلی-لیتر آب مقطر در داخل بشر خالی(بشر سری دوم) ریخته و پس از ده دقیقه دوباره محتویات بشر سری یک را به بشر سری دوم که حاوی 10 میلی‌لیتر آب مقطر هستند، می‌ریزیم و تا 6 بار بهم‌زده و سپس،20 الی30 دقیقه در محل تاریک قرار می‌دهیم. دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 410 نانومتر را تنظیم و غلظت نیترات در نمونه‌های آب آبیاری بر حسب میلی‌گرم در لیتر قرائت شدند.

جدول 1- برخی ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری در مناطق مورد مطالعه

منطقه	قابلیت هدایت الکتریکی	پ هاش	سدیم	پتاسیم	کلر	کربنات	بی‌کربنات	کلسیم- منیزیم	نیترات
	دسی زیمنس بر متر		(میلی‌گرم درلیتر)						
راه آهن زنجان	1/09	8	2/67	0/06	2/4	0/6	2/2	8	53
دیزج بالا1	0/641	7/98	2/23	0/03	1	0/8	1/9	3/8	22/6
دیزج بالا2	0/633	8/11	2/2	0/02	1	0/6	2/8	4/6	14/6
کوشکن1	1/81	7/92	6/72	0/07	5/2	0/6	2/4	11/2	6/3
کوشکن2	1/98	7/87	8/38	0/06	8/2	0/8	1/8	11/6	7/6
کوشکن3	1/26	8/17	4/5	0/29	2/6	0/6	2	8/2	30/4
اژدهاتو	0/812	8/02	2/85	0/03	1/1	1	1/7	5/1	9/1

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 2- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مناطق مورد مطالعه

منطقه	قابلیت هدایت الکتریکی	پ هاش	کربنات کلسیم معادل	کربن آلی	شن	سیلت	رس	نیترات	آمونیم
	(دسی زیمنس بر متر)		(درصد)					(میلی‌گرم درکیلوگرم)	
راه آهن زنجان	0/96	7/93	22/9	1/69	42	28	30	92/68	8/68
دیزج بالا1	0/90	7/83	25/3	1/75	30	32	38	73/22	14/42
دیزج بالا2	1/90	7/7	19/6	1/57	34	32	34	32/06	9/94
کوشکن1	3/51	7/79	16/7	2/17	29	41	30	40/74	12/04
کوشکن2	3/17	7/81	11/4	1/42	35	45	20	31/36	3/64
کوشکن3	1/37	8/02	18/1	1/83	45	37	18	42/7	9/1
اژدهاتو	4/31	7/52	10/5	1/72	37	35	28	65/52	20/02

حد تشخیص[1] و حد تعیین[2] به ترتیب برابر با 0/31 و 0/093 میلی‌گرم درلیتر، مشخص شد. بیشینه مقدار تئوری دریافتی روزانه ملی، تخمینی از مقدار قابل قبول دریافت روزانه نیترات در مدت طولانی می‌باشد که از مجموع حاصل ضرب مرز بیشینه مانده نیترات برای هر محصول، در مقدار متوسط مصرف روزانه محصول کشاورزی مورد نظر به دست می‌آید (استاندارد ملی ایران،1392). به عبارت دیگر:

$$NTMDI = \Sigma\ MRLi \times Fi$$

MRLi : مرز بیشینه مانده نیترات برای هر محصول، برحسب (میلی‌گرم درکیلوگرم)

Fi :سرانه مصرف ملی آن محصول، بر حسب (کیلوگرم در روز)

بیشینه مقدار تئوری دریافتی روزانه ملی که بر حسب میلی‌گرم مانده نیترات در بدن هر فردبالغ محاسبه می‌شود، به عنوان درصدی از مقدار قابل قبول دریافت روزانه نیترات بیان می‌شود. در این روش، مرجع اصلی برای انتخاب مرزبیشینه مانده نیترات، استانداردهای اتحادیه اروپا بوده است. همچنین مرجع اصلی برای سرانه مصرف ملی هر محصول، اطلاعات انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای ایران است. بر این اساس، کمیته مشورتی JECFA[3]و کمیته ملی غذا در کمسیون اروپا، مقدار ADI[4] برای نیترات را صفر الی 3/7 میلی‌گرم درکیلوگرم وزن بدن انسان تعیین نموده است.

در نهایت، با استفاده از نرم افزارSPSS، ابتدا نرمال بودن داده های گیاهی (غلظت نیتروژن، نیترات، آنزیم نیترات ردوکتاز، مصرف روزانه نیترات و ADI) با آزمون کولموگروف- اسمیرنوف بررسی شد. پس از اطمینان از نرمال بوده داده‌ها، با انجام آزمون دانکن، مقایسه میانگین، بین ویژگی‌های مذکور در انواع سبزیجات برگی صورت گرفت و نهایتاً، با آزمون-One sample T-test، بین ویژگی‌های غلظت، مصرف روزانه نیترات و ADI با شاخص‌های استاندارد ملی ایران (1392) و اتحادیه اروپا (2002)، مقایسه آماری، صورت گرفت. همچنین با استفاده از مدل رگرسیون ترتیبی لجستیک، اثر عوامل مختلف محیطی و ژنتیکی تحت مطالعه و مؤثر بر مقدار تجمع نیترات گیاهی، مورد بررسی و تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند.

نتایج

با توجه به نتایج مندرج در جدول‌های 1 و 2، بیشترین مقدار غلظت نیترات در خاک زراعی (92/6 میلی‌گرم در کیلوگرم) و آب آبیاری (53 میلی‌گرم درلیتر) در مزرعه‌ی سبزی‌کاری اطراف راه آهن شهری به‌دست آمده است و همانطور که در شکل 1 مشاهده می‌شود، این مزرعه مطالعاتی از زمانهای گذشته در مسیر فاضلاب شهری قرار داشته است. در این تحقیق، میانگین غلظت نیترات در انواع سبزیجات برگی تحت مطالعه، 398/7 میلی‌گرم درکیلوگرم وزن تر سبزی به‌دست آمد (جدول3)، که پایین‌تر از حد مجاز استاندارد ایران (1392) بود و این اختلاف از حد استاندارد از نظر آماری، در سطح 0/1 درصد، معنی‌دار می‌باشد.کمترین و بیشترین میانگین غلظت نیترات به ترتیب در سبزیجات جعفری و شوید، با میانگین 211 و 630 میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر مشاهده شد. بنابراین نحوه تغییرات غلظت نیترات در سبزیجات تحت مطالعه به صورت زیر می‌باشد (جدول3):

[1] Detection limit
[2] Quantitation limit
[3] Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives(JECFA)
[4] Acceptable Daily Intake

Archive of SID

www.SID.ir

جعفری< تره< برگ‌چغندر< نعناع<گشنیز < شوید

در کلیه مزارع سبزی‌کاری تحت مطالعه، غلظت نیترات در سبزیجات تره و جعفری، در محدوده مجاز و استاندارد ملی ایران بود (جدول3). بنابراین، هیچ گونه اثراتی از تجمع نیترات در این گیاهان مشاهده نگردید و سبزیجات مذکور سالم و عاری از آلودگی نیتراتی بودند. این در حالی است که در 14/3 درصد از مزارع سبزی-کاری تحت کشت گیاهان نعناع و برگ چغندر و 28/6 درصد مزارع شوید و گشنیز، آلودگی و تجمع نیترات مشاهده گردید، بطوریکه غلظت نیترات بالاتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران (1392) بدست آمد.

با توجه به فقدان اطلاعات در زمینه اثرات احتمالی ماتریس‌های گیاهی بر قابلیت دسترسی زیستی نیترات و همچنین اثرات سودمند مصرف سبزیجات بر سلامت انسان، کمیته تخصصی مشورتی کشاورزی و غذا سازمان ملل متحد - سازمان بهداشت جهانی در زمینه محصولات غذایی (JECFA)، مفهوم مقداردریافت قابل تحمل روزانه نیترات (ADI)، را به جای سنجش مستقیم نیترات موجود در سبزیجات، جایگزین نمودند. بر این اساس، کمیته مشورتی JECFA و کمیته ملی غذا در کمیسون اروپا، مقدار ADI برای نیترات را صفر الی 3/7 میلی‌گرم درکیلوگرم وزن بدن انسان بالغ تعیین نموده است. از این رو، در استاندارد ملی ایران، مبنای محاسبات 3/7 میلی‌گرم درکیلوگرم وزن بدن انسان بالغ تعریف شده است. بنابراین، با توجه به نتایج جدول 3، میانگین مقدار این ویژگی برای یک شخص بالغ 60 کیلوگرمی، 0/385 میلی-گرم نیترات برای هر کیلوگرم وزن بدن انسان محاسبه گردید که کمتر از حد استاندارد مذکور (3/7میلی‌گرم در کیلوگرم وزن بدن) به دست آمد. نتایج، نشان داد که با آزمون one sample-T test تفاوت بین میانگین حد قابل تحمل مصرف روزانه نیترات (ADI) در سبزیجات مورد مطالعه با حد استاندارد ملی در سطح 0/1 درصد معنی‌دار بود. از طرفی در این تحقیق، مصرف روزانه نیترات برابر با 23/12 میلی‌گرم در روز برآورد گردید که کمتر از محدوده استاندارد بود (جدول3) و اختلاف بین آن و محدوده استاندارد در سطح 0/1 درصد معنی‌دار به دست آمد. همانطور که در نتایج جدول 3 مشاهده می‌شود، سبزی شوید با میانگین 0/609 میلی‌گرم درکیلوگرم وزن بدن، بیشترین حد قابل تحمل مصرف روزانه نیترات را داشته است که تقریباً 16درصد از مصرف روزانه نیترات را می‌توان به این گیاه اختصاص داد. همچنین، نتایج حاکی از آن است که محدوده‌ی تغییرات غلظت، حدقابل تحمل و مصرف روزانه نیترات در انواع سبزیجات برگی تحت مطالعه، متفاوت بوده است. ولیکن، مقایسه این اختلاف‌ها با آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول3).

جدول 3- غلظت، حدقابل تحمل (ADI) و مصرف روزانه نیترات در سبزیجات برگی

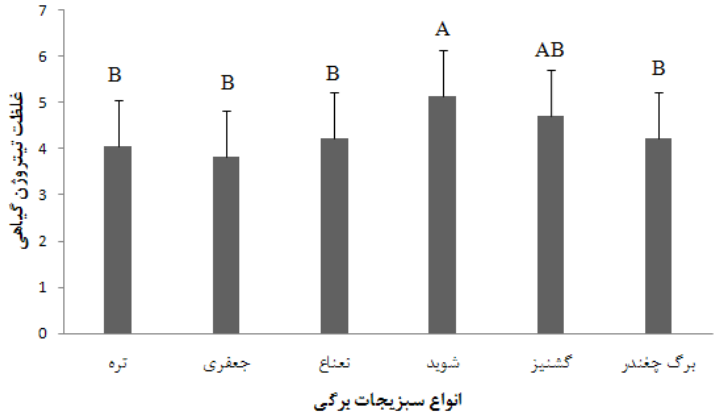
سبزی	غلظت نیترات میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گیاه		ADI میلی‌گرم در کیلوگرم وزن بدن		مصرف نیترات میلی‌گرم در روز
	دامنه	میانگین	دامنه	میانگین	میانگین
تره	11/58 -816/32	329A	0/0112 -0/7892	0/3182A	19/09A
جعفری	3/9–556/94	211 A	0/0038 -0/5384	0/2044A	12/26A
نعناع	50/84-1609/26	379A	0/0492-1/5556	0/3666A	21/99A
شوید	15/5 -1185/02	630 A	0/015 -1/1456	0/6092A	36/55A
گشنیز	45/76 -1780/92	504 A	0/0442 -1/7216	0/4872A	29/23A
برگ چغندر	47/98 -1451/6	337 A	0/0464-1/4032	0/3266A	19/6A
میانگین		398/7		0/385	23/12
محدوده مجاز		1000		3/7	40

همانطور که در نتایج مندرج درجدول 3 و شکل-های 2 و 3 مشاهده می‌شود، از بین کلیه ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در گیاهان (غلظت نیتروژن، نیترات، فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز، حد قابل تحمل و مصرف روزانه نیترات)، تنها بین غلظت نیتروژن (شکل2) و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز (شکل3) در برخی سبزیجات، اختلاف آماری معنی‌داری در سطح 5 درصد مشاهده شده است. بیشترین غلظت نیتروژن گیاهی، با میانگین 5/15 درصد در سبزی شوید مشاهده گردید (شکل2). سپس گیاه گشنیز با میانگین 4/7 درصد، پس از سبزی شوید در رتبه‌ی بعدی قرار گرفته است. همانطور که قبلاً اشاره شد، از بین سبزیجات تحت مطالعه، به

Archive of SID

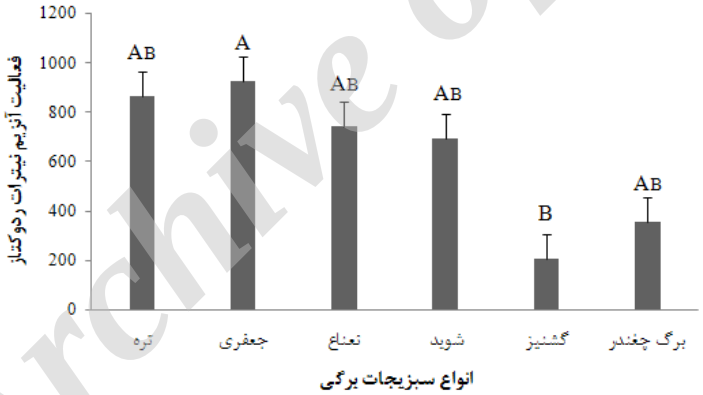
www.SID.ir

ترتیب سبزی شوید و گشنیز، بالاترین مقدار تجمع نیترات گیاهی را به خود اختصاص داده‌اند (جدول3).



شکل 2- مقایسه میانگین بین غلظت نیتروژن (درصد) در سبزیجات برگی

همچنین طبق یافته‌های این تحقیق، بین مقدار فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در سبزیجات مختلف در سطح 5 درصد، اختلاف آماری معنی‌داری به دست آمد (شکل3). بیشترین و کمترین مقدار فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز به ترتیب در سبزی جعفری و گشنیز با میانگین 927/78 و 207/39 نانومول در گرم وزن تازه در ساعت به دست آمد. این در حالی است که بر طبق یافته‌های جدول 3، کمترین مقدار تجمع نیترات گیاهی در سبزی جعفری به دست آمد، که نشان دهنده فعالیت بیشتر آنزیم نیترات ردوکتاز می‌باشد.



شکل 3- مقایسه میانگین بین فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز (نانومول درگرم وزن تازه در ساعت) در سبزیجات برگی

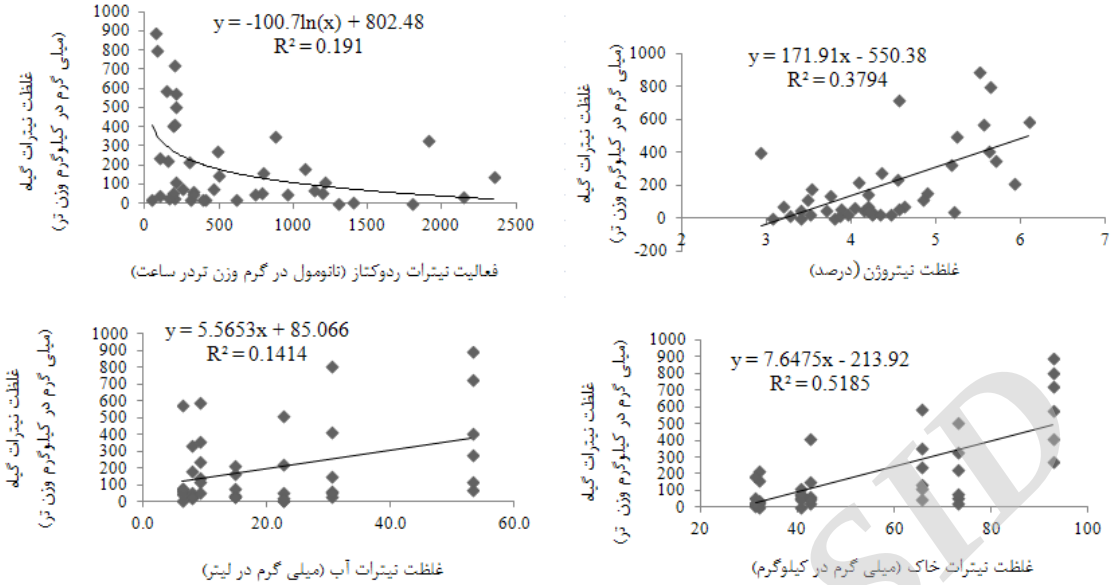
ضرایب همبستگی پیرسون بین کلیه ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در نمونه‌های آب و خاک (ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی) و گیاه (غلظت نیتروژن و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز) نشان داد که از بین عوامل مؤثر بر تجمع نیترات گیاهی، غلظت نیترات در گیاه، به طور معنی‌داری تحت تأثیر برخی از ویژگی‌های آب، خاک و گیاه قرار دارد. همانگونه که مشاهده می‌شود، رابطه‌ی معنی‌داری بین غلظت نیترات و نیتروژن گیاهی در سطح 1 درصد وجود دارد ($r = 0/616^{**}$) و تجمع نیترات گیاهی، با مقدار نیترات خاک و آب آبیاری، به ترتیب در سطح 1 و 5 درصد ($r = 0/72^{**}$ و $r = 0/376^{*}$) همبستگی مثبت معنی‌داری نشان داده است (شکل4). همچنین بین مقدار تجمع نیترات گیاه با فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در سطح 5 درصد، همبستگی منفی معنی‌داری مشاهده شد ($r = 0/322^{*}$) (شکل4).

به منظور انجام رگرسیون گام به گام، نیترات گیاهی به عنوان متغیر وابسته و سایر ویژگی‌های خاک، آب و گیاه به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج (جدول4) حاکی از آن است که نیترات خاک بیشترین سهم را در تعیین غلظت نیترات گیاهی نشان داده است.



شکل 4- معادلات رگرسیونی بین غلظت نیترات گیاهی (میلی‌گرم درکیلوگرم وزن تر) با غلظت‌های نیترات آب، نیترات خاک و نیتروژن گیاه

جدول 4- نتایج رگرسیونی گام به گام بین غلظت نیترات گیاهی (میلی گرم در کیلوگرم وزن تر) با برخی از ویژگی‌های خاک و گیاه

ضریب تبیین	ضرایب استاندارد شده	معادلات رگرسیونی
0/519***	X1:0/72	$No_{3\text{-}Plant} = -213/918 + 7/64x_1$
0/726***	X1:0/607 X2:0/469	$No_{3\text{-}Plant} = -720/291 + 6/644X_1 + 131/028X_2$
0/77**	X1:0/641 X2:0/463 X3: -0/212	$No_{3\text{-}Plant} = -617/894 + 6/811X_1 + 129/195X_2 - 10/277X_3$

X_1, X_2, X_3 : به ترتیب غلظت‌های نیترات خاک (میلی گرم در کیلوگرم)، نیتروژن گیاه (درصد) و آمونیاک خاک (میلی‌گرم در کیلوگرم) می‌باشد.
، * : به ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال 1 و 0/1 درصد است.

بحث

در بسیاری از کشورها بحث بر این است که وجود نیترات در غذا سمی نبوده و این یکی از دلایل عدم وجود آیین نامه کنترل نیترات در سبزیجات می‌باشد (چونگ، 2003). تا قبل از سال 1392، به دلیل عدم وجود استاندارد ملی در ایران مبنای مقایسه و مقدار آلودگی و تجمع نیترات در محصولات کشاورزی، بر اساس استاندارد اتحادیه اروپا (سانتاماریا 2006) و به صورت گروه بندی غلظت نیترات در گیاهان به کمتر از 200، 200-500، 500-1000، 1000-2000 و بالاتر از 2000 میلی‌گرم درکیلوگرم مشخص می‌گردید. ولیکن، از سال 1392 تاکنون، با انتشار استاندارد ملی ایران، نتایج و یافته-های تحقیقاتی مطابق با استاندارد ملی ایران تحت بررسی و مقایسه، قرار می‌گیرند. حد مجاز نیترات در محصولات کشاورزی با توجه به مصرف سرانه خواربار متفاوت است و در صورت مصرف بیشتر، می‌بایست حد مجاز کمتری در نظر گرفته شود. بنابراین، میانگین سطوح نیترات در

Archive of SID

www.SID.ir

سبزیجات مصرفی کشورهای مختلف، روند متفاوتی نشان داده‌است (چونگ و همکاران 2003). در استاندارد ملی ایران با وجود مصرف سرانه کمتر سبزی نسبت به سایر کشورهای دیگر، محدوده پر خطر نیترات در کلیه سبزیجات مصرفی غالب در یک خانوار ایرانی، بسیار پایین‌تر از کشورهای آسیایی، اروپایی و آمریکایی در نظرگرفته شده است. بطوریکه، در استاندارد ملی ایران و انستیتیو تحقیقات تغذیه‌ای ایران (1392)، حد مجاز غلظت نیترات در انواع سبزیجات برگی، 1000 میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گیاه و در کشورهای چین و سنگاپور، حد مجاز نیترات در محصولات به ترتیب برابر با 3100 و 4570 میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گزارش شده است (سانتاماریا 2006) که نتایج این تحقیق، گویای عدم آلودگی به تجمع نیترات در سبزیجات تحت مطالعه بود.

همانطور که قبلاً اشاره شد تجمع نیترات در گیاهان تحت تاثیر عوامل محیطی و ژنتیکی مانند، مدیریت متفاوت زراعی (مقدار، نوع، دفعات کوددهی، سیستم آبیاری)، شرایط اقلیمی (مقدار و شدت تابش نور) و رقم، جنس و گونه گیاه (کلادیوکو و همکاران،2004) می‌باشد. در این میان، عدم رعایت اصول صحیح مدیریت زراعی ممکن است منجر به آلودگی خاک‌های زراعی، آب آبیاری و نهایتاً محصولات کشاورزی شود. در بسیاری از تحقیقات پیشین، در اکثر مزارع سبزی‌کاری، مقدار کاربرد کودهای نیتروژنی را بیشتر از مقدار توصیه کودی گزارش کرده‌اند (چونگ و همکاران، 2003). محققان در بررسی مقدار تجمع نیترات در سبزی و صیفی‌جات شهر کرمانشاه به این نتیجه رسیدند که، تفاوت میزان تجمع نیترات در محصولات مختلف، ناشی از عواملی مانند نوع گونه گیاهی کشت شده، pH خاک، سن گیاه، تنش رطوبتی، نوع کود، دفعات و میزان کوددهی، نحوه کشت (سنتی و گلخان-های)، زمان برداشت محصول (صبح یا عصر)، فصل برداشت، نحوه نگهداری محصول پس از برداشت و شرایط آب و هوایی (از جمله درجه حرارت و شدت نور) می‌باشد (پیرصاحب و همکاران، 1391).

موسوی مؤید و همکاران (1395) نشان دادند که در شهرستان همدان، غلظت‌های نیترات و فسفات در پیازهای قرمز جمع‌آوری شده در اردیبهشت ماه و پیازهای سفید و قرمزجمع‌آوری شده در بهمن ماه، بیشتر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی می‌باشد. آنها، دلیل بالا بودن یون‌های نیترات و فسفات در پیازهای مصرفی شهر همدان را احتمالاً به مصرف نامناسب، نامتعادل و بیش از حد نیاز گیاه ازکودهای نیتروژنه و فسفره عنوان کردند. در تحقیقی دیگر که بر روی غلظت نیترات در سبزی و میوه-های خریداری شده در شهر اردبیل انجام گرفت، نتایج حاکی از آن است که، میانگین غلظت نیترات در پیاز بیشتر از رهنمود سازمان بهداشت جهانی بود. آنها، غلظت نیترات در سبزی‌های برگی را بیش از سبزی‌های غده‌ای و ریش ای گزارش کردند و میوه‌ها از نظر میزان تجمع نیترات نسبت به سبزی‌ها در حد پایینی قرار داشتند. بیشترین غلظت نیترات در برگ پیازچه، کلم بنفش و اسفناج به ترتیب 1555/8، 1394/8 و 1021 میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد (شهباززرادگان و همکاران، 1389).

رضائیان باجگیران (1385) در تحقیقی به بررسی وضعیت تجمع نیترات در سبزی و صیفی شهرستان‌های مشهد، نیشابور و سبزوار پرداختند. نتایج نشان داد که میانگین غلظت نیترات در نمونه‌های شهرستان‌های مورد نظر در محصولات گوجه فرنگی، خیار، بادمجان، هندوانه، فلفل سبز و فلفل قرمز به ترتیب برابر با 36، 8، 25، 6، 46 و 2 میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک بود که همگی از حد بحرانی پایین‌تر به دست آمد.

بین غلظت نیترات در محیط و مقدار تجمع نیترات گیاهی رابطه مستقیمی وجود دارد و مهم ترین عامل محیطی مؤثر بر تجمع نیترات مقدار یون نیترات قابل دسترس گیاهی می‌باشد (دارنل و استوت، 2001). محققان نشان دادند که، با افزایش میزان آب مصرفی و کاربرد کود اوره، میزان باقیمانده نیترات در گیاهان به ترتیب روند کاهشی و افزایشی نشان داده است (جلینی و دوستی، 1390). در تحقیق حاضر، مدیریت زراعی کشاورزان بر روی 7 منطقه مطالعاتی، از نظر نوع، مقدار و نحوه‌ی مراحل کوددهی (شیمایی- آلی) و سایر مدیریت‌های زراعی و سیستم آبیاری، کاملاً مشابه بوده است. اما در بین مزارع مطالعاتی، بیشترین غلظت نیترات در کلیه سبزیجات مورد بررسی و بالاترین مقدار غلظت نیترات در خاک و آب آبیاری مزرعه سبزی‌کاری اطراف راه‌آهن شهری واقع در قسمت جنوبی استان زنجان به دست آمده است. کشاورزان این منطقه، قبل از سبزی‌کاری، گیاهان لوبیا و یونجه کشت می‌کردند. این گیاهان، جزء گیاهان لگومینوز بوده و توانایی بالایی در تثبیت نیتروژن دارا می‌باشند. علاوه براین، براساس شکل 1، این منطقه مطالعاتی، از زمان‌های گذشته، در مجاورت مسیر خروجی فاضلاب شهری قرار داشته است. سازمان محیط زیست ایالات متحده‌ی آمریکا (1996)، حداکثر غلظت مجاز نیترات در آب آبیاری را 45 میلی‌گرم در لیتر گزارش کردند. بنابراین، نتایج گویای آن است که این مزرعه بر خلاف سایر مزارع مطالعاتی، با توجه به منابع غنی نیتروزن در خاک و نوع محصول کاشته شده قبلی (یونجه و لوبیا)، نیاز چندانی به

Archive of SID

www.SID.ir

مصرف کودهای نیتروژنی نداشته است و نهایتاً در هر بار برداشت محصول با کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژنه، منجر به تجمع نیترات اضافی در سبزیجات کشت شده در این منطقه شده است. بنابراین، مقدار نیترات قابل دسترس گیاهان می‌تواند، نقش مؤثری بر تجمع نیترات گیاهی بازی کند. نتایج این تحقیق نشان داد که، میانگین مصرف روزانه نیترات برای هر شخص بالغ در محصولات مذکور، کمتر از حد استاندارد ملی (40 میلی‌گرم در روز) بدست آمده است. این در حالی است که در آمریکا (تام و همکاران 2006)، در حدود 40 تا100 میلی‌گرم در روز و در اروپا (2002)، در محدوده بین 50 تا 140 میلی‌گرم در روز برای هر شخص بالغ گزارش شده است.

ملکوتی و طباطبائ (1377) در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که با مصرف بیش از 400 کیلوگرم اوره در هکتار، منجر به تجمع نیترات بیش از حد نرمال در سیب زمینی می‌گردد. بنابراین، تجمع نیترات در اندام‌های قابل مصرف سبزیجات و محصولات زراعی رابطه تنگاتنگی با مقدار کودهای نیتروژنه و نحوه مصرف آنها دارد، به طوری که اگر میزان کود نیتروژنی در مزارع سیب زمینی و هویج را از 90 به 120 کیلوگرم در هکتار برسانیم مقدار نیترات در سیب‌زمینی بیش از 5 بار و در هویج حدود 1/5 برابر میزان مطلوب خواهد شد. در پژوهشی که با هدف بررسی نیترات در خاک، آب و گیاه اراضی سبزیکاری منطقه برآآن اصفهان انجام یافت، نتایج نشان داد، که میانگین غلظت نیترات در نمونه‌های پیاز بیشتر از سازمان بهداشت جهانی می‌باشد (رحمانی، 1385). محققان نشان دادند که، غلظت نیترات در سیب زمینی توزیع شده در شهر کرمانشاه با میانگین 347/7 میلی‌گرم در کیلوگرم گیاه بیش از غلظت مجاز توصیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی برای این محصول بود و بیشترین غلظت نیترات در سبزیجات برگی (673/8 میلی‌گرم درکیلوگرم) و کم‌ترین غلظت در سبزیجات بوته‌ای (12/5 میلی‌گرم در کیلوگرم) بود. آنها، بالا بودن میزان نیترات در سیب زمینی و سبزیجات را به مصرف زیاد کودهای ازته، عوامل زراعی و غیره مکانیزه بودن کشاورزی ربط دادند. جلینی و دوستی (1390) گزارش کردند که با افزایش میزان مصرف کود اوره، مقدار نیترات باقیمانده خاک در انتهای فصل، روند افزایشی داشته و میزان باقیمانده نیترات در میوه گوجه‌فرنگی بین 223 تا 1314 میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک گزارش کردند و در غده‌های سیب زمینی بین 11 تا 111 میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک برآورد شده است.

از عوامل ژنتیکی مؤثر بر تجمع نیترات گیاهی، نوع و گونه گیاهان می‌باشد، که می‌توان آن را به توانایی گیاهان مختلف در تولید آنزیم نیترات ردوکتاز نسبت داد. علیرغم، کوددهی یکسان در مزارع سبزی‌کاری تحت مطالعه، بین برخی سبزیجات از نظر ذخیره‌ی نیتروژن در بافت‌های خوراکی، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. گیاهان با ارقام و گونه‌های متفاوت، به دلیل تفاوت‌های ژنتیکی، مقدار نیتروژن متفاوتی در برگ‌های خود ذخیره می‌کنند. از آنجا که این ویژگی به عنوان یکی از عوامل ژنتیکی مؤثر بر تجمع نیترات گیاهی شناخته شده است، به نحوی گویای تفاوت بین گیاهان مختلف از نظر جنس، رقم و گونه می‌باشد. از این رو، نتایج این تحقیق نشان داد که، همبستگی معنی‌داری بین غلظت نیترات در گیاه با برخی از پارامترهای شیمیایی گیاه، آب و خاک به دست آمده است که، مشابه با یافته‌های سایر محققان است (اسفندیاری و همکاران، 2011). بطوریکه، با افزایش یک واحد نیترات خاک و نیتروژن گیاه، به ترتیب 0/641 و 0/463 واحد به نیترات در گیاه افزوده می‌شود.

این در حالی است که با افزایش یک واحد آمونیاک خاک، 0/212 واحد از نیترات گیاهی کاسته شد. محققان در بررسی غلظت نیترات در گیاهانی از قبیل کلم، اسفناج و شلغم نشان دادند که در غلظت‌های زیاد یون نیترات، مقدار تجمع نیترات تحت تأثیر مقدار نیترات خارجی بوده است و نقش عوامل ژنتیکی در تجمع نیترات در غلظت‌های کم نیترات محسوس و قابل اغماض است (چن و همکاران، 2004). همچنین در این تحقیق، همبستگی منفی معنی‌دار به دست آمده، بین غلظت نیترات گیاهی با فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز، می‌تواند نشان دهد که، در شرایط یکسان مدیریت زراعی و محیطی مناطق مطالعاتی، بین گیاهان مختلف و ارقام و گونه‌های یک گیاه از نظر تجمع نیترات تفاوت بارزی وجود دارد و برخی از گیاهان قدرت بیشتری جهت جذب نیترات دارند (سانتاماریا، 2006). فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز، به عنوان یک عامل ژنتیکی و اولین آنزیم مؤثر در متابولیسم و احیا یون نیترات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از این رو، یون نیترات در حضور این آنزیم، به یون آمونیوم تبدیل شده و بدین طریق از تجمع نیترات در بافت گیاهی کاسته می‌شود (کمپبل، 1999). ارتباط مشخص و معینی بین آنزیم نیترات ردوکتاز و غلظت نیترات در دسترس نیست. ولیکن در بسیاری از منابع گزارش شده است که با افزایش فعالیت آنزیم در برگ، پتانسیل استفاده از نیترات، افزایش می‌یابد. با افزایش تجمع نیترات در واکوئل سلول-های ریشه، ورود نیترات به واکوئل کاهش یافته و به

Archive of SID

www.SID.ir

موازت آن، نیترات بیشتری به بخش هوایی منتقل می‌شود (سیدیقی و همکاران، 1990). محققان، مشاهده کردندکه بین غلظت نیترات در محلول غذایی و غلظت آن در اندام هوایی سبزیجات کاهو و اسفناج رابطه مستقیمی وجود دارد. بطوریکه با گذشت زمان تجمع بیشتر نیترات گیاهی صورت می‌گیرد. مقدار تجمع نیترات در دو محصول مذکور با فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز رابطه‌ی غیر مستقیم نشان داد و با گذشت زمان مقدار فعالیت آنزیم کاهش یافته، که خود دلیلی بر تجمع نیترات گیاهی است. همچنین، آنان بیان کردند که نیترات گیاهی بیشتر تحت تأثیر مقدار نیترات محلول و سپس گونه گیاهی می‌باشد و فعالیت آنزیم به عنوان یک عامل ژنتیکی بیشتر تحت تأثیر گونه گیاهی است (قشلاقی و همکاران، 2015).

پژوهشگران نشان دادند که با افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک، مقدار رطوبت، آمونیم و نیترات خاک کاهش می‌یابد (جلینی، 1381). بنابراین، همانطور که درنتایج نشان داده شد، از بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی تحت مطالعه در نمونه‌های آب آبیاری و خاک مزارع سبزی‌کاری، مقدار نیترات خاک، بیشترین همبستگی را با تجمع نیترات گیاهی نشان داده است. از این رو می‌بایست، قبل از هرگونه عملیات کودهی، مدیریت زراعی منطقه در سالهای گذشته و سایر عوامل مؤثر بر تجمع نیترات گیاهی، مورد بررسی دقیق قرارگیرد. زیرا مصرف بیش از حد نیاز کودهای نیتروژنی، می‌تواند علاوه بر صدمات متعدد بر شیوع بیماریها و آفات مزارع، منجر به برهم خوردن رابطه‌ی بین عناصر غذایی و افت کیفیت محصولات زراعی شود. توصیه می‌شود که جهت کاهش مقدار تجمع نیترات در محصولات کشاورزی، مدیریت جامع تغذیه‌ای گیاه و استفاده از یک برنامه‌ی تغذیه‌ای دقیق و مطابق با نیاز گیاهان، استفاده از موادآلی کمپوست شده، کودهای زیستی، تقسیط کودهای نیتروژنی در طی دوره‌ی رشد گیاه صورت گیرد. به طوریکه، با صرفه جویی در مصرف کودهای نیتروژنی درمزارع سبزی‌کاری، علاوه بر افزایش عملکرد هکتاری، بهبود کیفیت سبزیجات کشت شده، فراهم گردد. از آنجا که، قسمت عمده‌ای از نیترات مصرفی توسط انسان، از سبزیجات مصرف شده در رژیم غذایی روزانه، وارد بدن می‌شود، لازم است که مدیریت صحیح و مصرف بهینه کودهای شیمیایی بویژه کودهای نیتروژنی صورت گیرد، تا از افزایش غیرمجاز غلظت یون نیترات در خاک و حرکت آن به سوی سفره‌های آب زیرزمینی و آلودگی محصولات کشاورزی، جلوگیری شود.

فهرست منابع:

1. اسفندیاری س، افتخاری س آ و حیدری م. 1390. اثر نیتروژن بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در توده‌های منتخب اسفناج (Spinacia oleracea L.) بومی ایران. هفتمین کنگره علوم باغبانی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران.
2. امامی آ. 1375. روش‌های تجزیه شیمیایی گیاه (جلد اول)، وزارت جهاد کشاورزی، موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه شماره 982.
3. پیرصاحب، م. رحیمیان، س و پاسدار خشکناب، ی. 1391. مقدار نیترات و نیتریت در سبزیجات و صیفی‌جات مصرفی شهر کرمانشاه (سال 1389). مجله دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، دوره 16، شماره1، 83-76ص.
4. تقوی ت و بابالار م. 1383.اثر نسبت های مختلف نیترات آمونیم و سطوح مختلف آهن و برروی کیفیت و کمیت میوه توت فرنگی و فعالیت نیترات ردکتاز. پایان نامه دکتری رشته علوم باغبانی دانشکده کشاورزی تهران، کرج.
5. جلینی، م.1381 بررسی حرکت آب و ازت تحت شرایط تنش آبی .پایان نامه مقطع دکتری ، رشته آبیاری و زهکشی، دانشگاه آزاد اسلامی – واحد علوم و تحقیقات. 169ص.
6. جلینی، م. دوستی، ف. 1390. بررسی میزان تجمع نیترات در محصول سیب‌زمینی و گوجه فرنگی. فصلنامه علمی محیط زیست. شماره50، 71- 62 ص.
7. رحمانی، ح ر. 1385. بررسی وضعیت نیترات در خاک، آب و گیاه در اراضی سبزیکاری منطقه براآن اصفهان. مجله علوم محیطی. شماره 11، 34-23ص.

Archive of SID

www.SID.ir

8. رضائیان باجگبران، س. 1385. بررسی وضعیت تجمع نیترات در سبزی و صیفی شهرستانهای مشهد، نیشابور و سبزوار . گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، سازمان جهاد کشاورزی و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی
9. شهباززادگان، س. هاشمی مجد، س و شهبازی، ب. 1389. اندازه‌گیری غلظت نیترات در سبزی‌ها و میوه‌های عرضه شده در شهر اردبیل. مجله دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی اردبیل. دوره 10، شماره 1، 47-38ص.
10. علی احیایی م و بهبهانی زاده ع آ. 1372. روش‌های تجزیه شیمیایی خاک و آب (جلد اول). وزارت جهاد کشاورزی، موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه شماره 893.
11. کافی م، زند ا، کامکار ب، شریفی ح و گلدانی م. 1388. فیزیولوژی گیاهی (جلد اول)، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
12. ملکوتی، م . ج و س . ج .طباطبایی1377. استفاده از کودهای آلی و شیمیایی برای افزایش تولید و کنترل غلظت نیترات در غده های سیب زمینی در ایران . شورای عالی سیاستگذاری کاهش مصرف سموم و کودهای شیمیایی، نشر آموزش کشاورزی، معاونت تات وزارت جهاد کشاورزی، کرج، ایران.
13. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، استاندارد ملی ایران، 1392، مرز بیشینه مانده نیترات در محصولات کشاورزی (چاپ اول)، شماره 16596.
14. موسوی موید، ف. چراغی، م و لرستانی، ب. 1395. مجله دانشکده علوم پزشکی نیشابور. بررسی میزان تجمع نیترات و فسفات در پیاز مصرفی بازار شهر همدان. 1395. شماره 4، 89-82ص.
15. Amr, A., and Hadidi N. 2001. Effect of cultivar and harvest date on nitrate (NO3) and nitrite (NO2) content of selected vegetables grown under open field and greenhouse conditions in Jordan. Journal of Food Composition and Analysis. 14(1): 59-67.
16. Campbell, W.H. 1999. Nitrate reductase structure, function and regulation: bridging the gap between biochemistry and physiology. Annual review of plant biology. 50(1): 277-303.
17. Chen, B.M., Wang, Z.H., Li, S.X., Wang, G.X., Song, H.X., and Wang, X.N. 2004. Effects of nitrate supply on plant growth, nitrate accumulation, metabolic nitrate concentration and nitrate reductase activity in three leafy vegetables. Plant Science. 167(3): 635-643.
18. Chung, S.Y., Kim, J.S., Kim, M., Hong, M.K., Lee, J.O., Kim, C.M., and Song,I.S. 2003. Survey of nitrate and nitrite contents of vegetables grown in Korea. Food Additives & Contaminants, 20(7): 621-628.
19. Darnell, R.L., and Stutte, G.W. 2001. Nitrite concentration effects on NO3-N uptake and reduction, growth, and fruit yield in strawberry. Journal of the American Society for Horticultural Science. 126(5): 560-563.
20. Dordas, C.A., and Sioulas, C. 2008. Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. Industrial Crops and Products. 27(1), pp.75-85.
21. European Union. 2002f. Commission Regulation (EC) No563/2002 of 2 April 2002 amending regulation (EC) No466/2001 setting maximum levels for certain contaminants infoodstuffs. Official Journal 77: 1-13.
22. Fewtrell, L. 2004. Drinking-water nitrate, methemoglobinemia, and global burden of disease: a discussion. Environmental health perspectives. 1371-1374.
23. Gheshlaghe, Z., Khorasane, R., Haghnia, G.H., and Kafe, M. 2015. The effect of nitrate concentration and harvest time on the concentration of iron, zinc, copper, potassium and nitrate reductase activity in lettuce and spinach. Journal of Crop Production and Processing, 16(5). 315-330.

Archive of SID

www.SID.ir

24. Kladivko, E.J., Frankenberger, J.R., Jaynes, D.B., Meek, D.W., Jenkinson, B.J., and 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.
25. Menard, C., Heraud, F., Volatier, J.L., and Leblanc, J.C. 2008. Assessment of dietary exposure of nitrate and nitrite in France. Food Additives and Contaminants. 25(8):971-988.
26. Santamaria, P. 2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. Journal of the Science of Food and Agriculture. 86(1): 10-17.
27. Siddiqi, M.Y., Glass, A.D., Ruth, T.J., and Rufty, T.W. 1990. Studies of the uptake of nitrate in barley I. Kinetics of 13NO3− influx. Plant Physiology. 93(4): 1426-1432.
28. Tamme, T., Reinik ,M., Roasto, M., Juhkam, K., Tenno, T., and Kiis, A. 2006. Nitrates and nitrites in vegetables and vegetable-based products and their intakes by the Estonian population. Food additives and contaminants. 23(4): 355-361.
29. US-EPA. 1996. Drinking water regulations and health advisories. Washington, D.C., U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water. 822-B-96-002, 11 p.

Archive of SID

www.SID.ir

Evaluation of Nitrate Accumulation and Factors Affecting It in Some Leafy Vegetables in Zanjan Province

L. Tabande[1], and S. Safarzadeh Shiraze

MSc., Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Shiraz, Iran; E-mail: ltabande@yahoo.com

Assist. Professor., Department of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran; E-mail: safarzadeh@shirazu.ac.ir

Received: July, 2017 and Accepted: January, 2018

Abstract

Nitrogen (N) fertilizer plays an important role in crop yield and its quality. Excess nitrates may cause surface and groundwater pollution, through nitrate leaching and soil erosion. The uptake and distribution of nitrate in crops is important with respect to environmental concerns and the quality of crop products. This study was conducted in a randomized design at harvesting time on some vegetables such as *Allium cepa* L, *Petroselinum crispum*, *vulgaris subsp*, *Anethum graveolens*, *Coriandrum sativum* and *Mentha Piperita* in 7 fields in Zanjan Province. Concentration of nitrogen, nitrate, and activity of nitrate reductase enzyme in the vegetables as well as some physical and chemical properties of soil and water were determined. Results showed that, despite the same climatic conditions and crop management, the highest accumulation of nitrate was observed in samples of irrigation water, soil, and plants in the fields near the municipal sewage sludge outlet that were cultivated with leguminous plants i.e. beans and alfalfa, in previous years; therefore, no nitrogen fertilizer application was required. In all studied field, nitrate concentration in *Allium cepa* L and *Petroselinum crispum* was in critical range; however, nitrate concentration in 14.3% of *vulgaris subsp* and *Mentha Piperita* vegetable fields and 28.6% of *Anethum graveolens* and *Coriandrum sativum* vegetable fields were higher than critical range. Concentration of nitrate in vegetables had positive correlation with concentrations of plant nitrogen and water and soil nitrate content and had negative correlation with nitrate reductase activity. Also, significant differences were observed in nitrate reductase activity in various vegetables. Among the studied soil properties, soil nitrate concentration had an important role in nitrate accumulation in vegetables.

Keywords: Irrigation water, Nitrate reductase activity, Nitrate pollution, Soil nitrate, Vegetables

[1] Corresponding author: Fars Agricultural and Natural Resources Research Center, Soil and Water Research Department

Archive of SID

www.SID.ir