



بررسی وضعیت نیترات در خاک ، آب و گیاه اراضی سبزیکاری منطقه برآآن اصفهان

حمید رضا رحمانی

کارشناس ارشد خاک‌شناسی، بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان

Investigation of Nitrate pollution in the Soil, Water and Plants in Some Agricultural Fields in Baraan (Esfahan)

Hamid Reza Rahmani, M. Sc.

Soil and Water Division, Esfahan Agricultural and
Natural Resources Research Center

Abstract

There is concern about the harmful effect on human and animal health of excessive nitrate concentrations in edible plants. Numerous studies have been made throughout the world on nitrate accumulation, especially in vegetable plants. Therefore, studies are necessary to assess the local nitrate content of vegetable crops in major production areas. The soil, water and vegetable nitrate level were studied in Northern Baraan (20 Km East of Esfahan in the old alluvial plain of the Zayandeh-roud River in Central Iran) for two years. The vegetables selected consisted of: leafy and stem vegetables including leek, dill, fenugreek (*Trigonell*), spinach, mint, sparsely and chinese parsley; root vegetables including onion, potato and tomato; and fruit vegetables including the commonly grown of cantaloupe melons and cucumber. For each plant, three fields with similar cultural management were selected. In each field, at the beginning and end of the growing season, the top 0-30 cm of soil and irrigation well-water were sampled in three replicates. Also, edible plant parts were sampled in three replicates, in the morning and afternoon. Soil nitrate concentrations in most of the vegetable fields were higher than permissible levels, showing excessive nitrogen fertilizer application. The results showed that nitrate concentration over 75% and 79% of the soil study area was higher than the permissible level of 20 mg/kg in the first and second years, respectively. The nitrate concentration of most of the irrigation well-water was higher than the permissible range of 10 mg/l, which is the threshold limit for direct human and animal consumption and for land irrigation. The highest nitrate content in stem and leafy vegetables was found in sparsely (mean of 2121 mg/kg), and onion (mean of 238 mg/kg). The lowest nitrate concentration in leafy vegetables was found in spinach (mean of 20.8 mg/kg) and cucumber (mean of 89 mg/kg). The ranges of nitrate concentration in stem and leafy vegetables were 4 to 6,297 mg/kg and in root vegetables were 17.3 to 872.4 mg/kg fresh weight. The nitrate content of all stem and leafy vegetables except spinach, bulb and of fruit vegetables, except cucumber, were higher than permissible limits. In leafy, bulbous and fruit vegetables nitrate concentrations were higher than the permissible concentration level of 67-mg/kg fresh weight. The effect of the time of plant sampling in the morning and afternoon on nitrate content was significant. Timing of sampling shows that the nitrate level in stem and leafy vegetables were significantly lower in the afternoon than in the morning and nitrate content decreased during the day.

Keywords : nitrate, permissible level, threshold level, pollution

چکیده

به دلیل اثرات زیانبار نیترات اضافی در گیاهان خوراکی، در سال‌های اخیر مطالعات زیادی در زمینه تجمع نیترات در محصولات زراعی بویژه سبزی‌ها انجام شده است. با توجه به ضرورت موضوع، تحقیق حاضر برای بررسی وضعیت نیترات خاک، آب و گیاه اراضی کشاورزی سبزیکاری منطقه برآآن شمالی به مدت 2 سال انجام شد. سبزی‌های مورد بررسی شامل سبزی‌های برگ‌ری شوید، جعفری، نعناع، تره گشنیز، برگ چغندر، شنبلیله و اسفناج و سبزی‌های غده‌ای سبب زمینی، گوجه فرنگی، بادمجان، پیاز، طالبی و خیار بوته‌ای بودند. برای هر سبزی 3 مزرعه که دارای مدیریت زراعی تقریباً یکسان بودند انتخاب و نمونه‌گیری از اندام خوراکی سبزی در هر مزرعه با 3 تکرار و نمونه‌گیری از خاک و آب آبیاری این مزارع در شروع و پایان فصل رشد با 3 تکرار انجام گردید. نتایج نشان داد در سال اول حدود 75 درصد از سطح اراضی مورد بررسی و در سال دوم حدود 79 درصد از سطح اراضی مورد بررسی دارای غلظت نیترات فراتر از حد بحرانی بود. غلظت ازت نیتراتی در آب بیشتر چاه‌های مورد بررسی (62 درصد مزارع مورد بررسی) فراتر از حد مجاز 10 میلی‌گرم بر لیتر بود که برای شرب انسان و دام و استفاده در آبیاری و همچنین به‌عنوان آب زیر زمینی دارای محدودیت بود. در سبزی‌های مورد بررسی سبزی برگ‌ری شوید با میانگین کل نیترات 2120/9 و سبزی غده‌ای پیاز با میانگین نیترات 237/7 میلی‌گرم بر کیلوگرم بالاترین غلظت نیترات را دارا بودند. از بین سبزی‌های برگ‌ری اسفناج با میانگین نیترات 20/8 و از بین سبزی‌های غده‌ای خیار بوته‌ای با میانگین نیترات 89 میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه کمترین غلظت نیترات را به‌خود اختصاص دادند. در مجموع غلظت نیترات در سبزی‌های برگ‌ری 4الی 6297/6 (میانگین 1155/9) میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه و در سبزی‌های غده‌ای 3/3الی 872/4 (میانگین 150/5) میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه بود که نشانگر بالاتر بودن غلظت نیترات در سبزی‌های برگ‌ری نسبت به سبزی‌های غده‌ای است. مقایسه غلظت نیترات نمونه‌های گیاهی با حدود معمول نشان داد که کلیه سبزی‌های برگ‌ری (باستثنای اسفناج) و کلیه سبزی‌های غده‌ای (باستثنای خیار بوته‌ای) دارای غلظت فراتر از حد معمول نیترات در گیاه بودند. همچنین غلظت نیترات اندازه‌گیری شده در سبزی‌ها در دو زمان صبح و بعد از ظهر اختلاف قابل توجهی را نشان داد. در مجموع نتایج تحقیق بیانگر آلودگی خاک، آب و گیاه به نیترات در اثر استفاده بیش از اندازه و نامناسب کودهای ازته در اراضی سبزیکاری مورد بررسی بود.

کلید واژه‌ها : نیترات، حد مجاز، حد بحرانی، آلودگی.

مقدمه

پائیز و زمستان آبشویی و وارد آب‌های زیر زمینی گردید (Bruckler *et al.*, 1997). تحقیقی دیگر نشان داد 9 درصد از چاه‌های نمونه‌برداری شده در میشیگان دارای آلودگی به نترات بودند (Clift *et al.*, 2001).

در یک تحقیق در حومه تهران غلظت ازت نترات در خاک‌ها حتی در عمق 2/5 متری بیش از 40 میلی گرم در کیلوگرم اندازه گیری شد (ملکوئی، 1378). در تحقیقات انجام شده بر چاه‌های آب در شهر یزد (رحمانی، 1381)، چاه‌های آب واقع شده در اراضی کشاورزی اطراف ذوب آهن و چاه‌های آب واقع در اراضی کشاورزی اطراف مجتمع فولاد مبارکه (رحمانی، 1382) مشخص گردید که غلظت ازت نترات از حد مجاز جهت آب آشامیدنی و آب آبیاری بالاتر است. تجمع نترات در گیاهان یک پدیده طبیعی بوده و هنگامی رخ می‌دهد که تجمع نترات در گیاه بیشتر از کاهش آن در اثر جذب و تحلیل باشد. مقدار تجمع نترات به وسیله توان توارثی گیاه تنظیم شده و به وسیله عوامل محیطی، مدیریت، کوددهی و عملیات زراعی تغییر می‌کند. تجمع نترات برای کارشناسان تغذیه انسان و حیوان موضوع بسیار جالبی است. تبدیل نترات به نیتريت و نیتريت به نیتروز آمین، در جهاز هاضمه، منجر به سمیت مخصوصاً در نوزادان و همچنین حیوانات نشخوار کننده می‌شود. مشخص‌ترین علائم سمیت حاد نترات بیماری متهموگلوبینمیما است که در آن هموگلوبین به متهموگلوبین تبدیل می‌شود. همچنین در اثر تداوم مصرف سبزیها و یا آب آشامیدنی محتوی نترات زیاد، در داخل سیستم گوارشی نیتروز آمین تولید شده که یک ماده سمی و خطرناک و احتمالاً سرطان‌زاست (ملکوئی، 1375).

مصرف نامناسب، نامتعادل و بیش از حد نیاز گیاه از کودهای نیتروژنه در کشور سبب افزایش غلظت نترات در خاک، آب و گیاه گردیده است. از طرف دیگر سمیت حاصله از ورود نترات به زنجیره غذایی مشکلات

بیشترین مقدار ازت نترات در غده سیب زمینی را در تیمار بالاترین سطح کود ازته به دست آورده‌اند. با افزایش غلظت ازت در محیط ریشه، مقدار ازت کل در بافت‌های گیاهی افزایش یافته و سطوح ازت نترات معمولاً در ارتباط با غلظت ازت در گیاه قرار می‌گیرد (ملکوئی، 1375). همچنین در منابع گزارش شده است که مصرف بیش از 56 کیلوگرم ازت در هکتار موجب افزایش مقدار نترات در چغندر می‌شود، در مورد گندم تجمع نترات بندرت با مقداری کمتر از 400 کیلوگرم ازت یا کود اوره در هکتار رخ می‌دهد و در کشت گندم، جو دوسر و جو اگر 90 کیلوگرم یا کمتر ازت در هکتار مصرف شود به بندرت غلظت نترات در آنها از حد سمی (بیشتر از 0/2 درصد) تجاوز می‌کند (ملکوئی، 1375).

طی بررسی آب 8200 حلقه چاه در مناطق با کشت و کار متراکم میزان نترات آب فراتر از حد 10 میلی گرم در لیتر اندازه گیری گردید (Tung, 1986). نوع کود مصرفی در میزان نترات شسته شده به آب زیر زمینی نقش دارد. بررسی‌ها نشان داده است آبشویی نترات توسط کودهای شیمیایی به مراتب بیش از کود حیوانی و کود کمپوست بوده است. آمار شستشوی حاصل از کود حیوانی در یک تحقیق 2 درصد و برای کود شیمیایی 25 درصد بوده است (Busscher, 1996). در یک تحقیق بررسی حرکت نترات حاصل از استفاده از کودهای شیمیایی نشان داد غلظت نترات آب زیرزمینی در یک ماه بعد از استفاده از کود ازت دار افزایش یافت که حاصل مکانیسم شستشو و حمل نترات آزاد شده از کود شیمیایی به آب‌های زیر زمینی عنوان گردید (Bhatt, 1997). همچنین نتایج بررسی تغییرات فصلی و فاصله‌ای نترات در کشت محصولات مختلف نشان داد که 97 کیلوگرم در هکتار نترات در طول فصول بهار و تابستان و 199 کیلوگرم در هکتار نترات در طول فصول

حاد ایجاد می کند. با توجه به ضرورت بررسی در این زمینه، تحقیق حاضر جهت بررسی وضعیت غلظت نیترات در خاک، آب و گیاه اراضی سبزیکاری منطقه بر آن اصفهان به اجرا در آمد. در اراضی سبزیکاری به دلیل دخالت ازت در افزایش رشد رویشی، مصرف کودهای نیتروژنه بسیار بالاست.

مواد و روش ها

جهت بررسی وضعیت نیترات در خاک، آب و گیاه این تحقیق طی 2 سال در اراضی کشاورزی منطقه بر آن اصفهان به اجرا در آمد. گیاهان مورد بررسی شامل سبزی های برگی نعناع، شوید، شنبلیله، تره، اسفناج، گشنیز، جعفری، برگ چغندر و سبزی های غده ای پیاز، گوجه فرنگی، سیب زمینی، بادمجان، خیار بوته ای و طالبی بودند. برای هر گیاه 3 مزرعه (هر مزرعه به وسعت 0/5 هکتار) که دارای شرایط یکسان مدیریتی بود انتخاب گردید. مزارع مورد بررسی در سال اول 16 مزرعه و در سال دوم به علت تغییر کشت در برخی مزارع انتخابی چند مزرعه از سال اول حذف و مزارع دیگر جایگزین گردید. در هر مزرعه نمونه گیری از گیاه با 3 تکرار از اندام مصرفی گیاه در دو زمان صبح و بعد از ظهر و در ماه های اردیبهشت و خرداد، نمونه گیری از خاک از عمق 0 تا 30 سانتی متر و در سه تکرار و دو نوبت در سال و نمونه گیری از آب آبیاری (چاه های آب) در چند نوبت در طول فصل رشد انجام شد. نمونه های گیاه و آب بعد از برداشت داخل یخدان های قابل حمل قرار گرفته و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند. با اندازه گیری نیترات در نمونه های خاک، آب و گیاه داده ها به صورت سالانه به روش آزمون T با یکدیگر و با مقادیر مجاز مقایسه و تجزیه و تحلیل گردیدند.

نتایج و بحث

الف) سال اول تحقیق

جدول 1 دامنه غلظت نیترات سبزی های مورد مطالعه را در مقایسه با حدود مجاز نشان می دهد. با توجه به حد

مجاز نیترات مقادیر نیترات اندازه گیری شده در برگ چغندر کمتر از حد مجاز و در گوجه فرنگی در برخی نمونه ها فراتر از حد مجاز بود. مقایسه حدود مجاز نیترات با مقادیر اندازه گیری شده نیترات در سبزی ها نشان داد تنها غلظت نیترات در سبزی های شوید، نعناع و شنبلیله در برخی از نمونه ها فراتر از حد مجاز ذکر شده بود و سایر سبزی ها دارای غلظت نیترات کمتر از حد مجاز بودند. بدین ترتیب طبق نظر لورنز غلظت نیترات در سبزی گوجه فرنگی و طبق نظر محسنوف غلظت نیترات در سبزی های برگی شوید، نعناع و شنبلیله فراتر از حد مجاز بود و سایر سبزی ها به ویژه سبزی های غده ای دارای غلظت فراتر از حد مجاز نبودند.

کلیه داده های به دست آمده بر حسب ازت نیتراتی در سبزی های برگی و غده ای با حد مجاز 67 میلی گرم بر کیلوگرم وزن تازه (I.S.O, شماره 3091) توسط آزمون T مقایسه گردید. نتایج نشان داد میانگین غلظت ازت نیتراتی در کلیه محصولات در مقایسه با حد مجاز دارای اختلاف معنی دار (در سطح یک درصد به استثنای برگ چغندر که دارای اختلاف معنی دار در سطح 5 درصد بوده است) بوده اند. داده ها نشان دادند کلیه سبزی های برگی دارای غلظت فراتر از حد مجاز بوده و کلیه سبزی های غده ای (به استثنای پیاز که دارای میانگین غلظت ازت نیتراتی اندکی فراتر از حد مجاز می باشد) دارای میانگین غلظت ازت نیتراتی کمتر از حد مجاز بودند. از طرفی در بسیاری از نمونه های غده پیاز غلظت ازت نیتراتی از حد مجاز بالاتر بود. بدین ترتیب در مقایسه با حد مجاز نیترات در کلیه سبزی های برگی و سبزی غده ای پیاز دارای غلظت ازت نیتراتی بیشتر از حد مجاز بود. مقایسه غلظت نیترات در سبزی های مورد بررسی با غلظت معمول ذکر شده در جدول 1 نشان داد که کلیه سبزی های برگی دارای غلظت نیترات فراتر از حد معمول بودند. در بین سبزی های غده ای پیاز (کلیه

جدول 1- مقایسه غلظت نیترات اندازه گیری شده در سبزی ها در مقایسه با حد مجاز نیترات

غلظت نیترات (mg/kg وزن تازه)				نوع گیاه
حد مجاز نیترات	غلظت معمول (حد مجاز نیترات)	حد مجاز نیترات	دامنه مقادیر اندازه گیری شده	
3000	500	-	989/8 - 6297/9	شوید
3000	500	-	872/4 - 3386/1	نعناع
3000	500	-	821/9 - 3400/3	شنبلیله
3000	500	150-5690	1555/3 - 2210/3	برگ چغندر
3000	500	-	1068/6 - 2759/0	گشنیز
3000	500	-	914/9 - 2561/5	جعفری
3000	500	-	694/0 - 2181/5	تره
300	200	100-200	17/7 - 296/7	گوجه فرنگی
1000	200	-	239/1 - 872/4	پیاز
250	200	-	105/4 - 204/6	سیب زمینی

به ذکر است میزان مصرف کود اوره در اراضی مورد بررسی بین 3000 تا 6000 کیلو گرم در هکتار در سال است. مقایسه میانگین غلظت نیترات نمونه ها با حد بحرانی توسط آزمون T نیز بیانگر وجود اختلاف معنی دار در سطح 5 درصد و یک درصد بود. جدول 3 میانگین و دامنه غلظت ازت نیتراتی را در نمونه های آب چاه های آب مزارع مورد مطالعه نشان می دهد. میانگین ازت نیتراتی نمونه های آب در مزارع (به استثنای مزارع 2، 3، 5، 7، 15 و 16) از حد مجاز 10 mg/lit فراتر است و دارای اختلاف معنی داری نسبت به حد مجاز است. بنابراین طبق حد مجاز 10 تا 40 میلی گرم در لیتر (ملکوتی، 1378) کلیه نمونه های آب در محدوده حد مجاز قرار دارند. طبق حد مجاز ازت نیتراتی برای آب آشامیدنی توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (10 میلی گرم در لیتر) آب چاه های مورد بررسی در مزارع 1، 4، 6، 8، 9، 10، 11، 12، 13، 14 و 16 برای آشامیدن مناسب نیست و محدودیت دارند. در مجموع دامنه

نمونه ها)، گوجه فرنگی (بسیاری از نمونه ها) و سیب زمینی (برخی از نمونه ها) دارای غلظت نیترات فراتر از حد معمول ذکر شده بودند. دامنه غلظت و میانگین نیترات اندازه گیری شده در نمونه های خاک مزارع مختلف در جدول 2 ارائه شده است. دامنه غلظت کلی برای نمونه های خاک 6/2-806 میلی گرم بر کیلوگرم و میانگین کل 53/0 میلی گرم بر کیلوگرم خاک است. حداکثر غلظت نیترات خاک در مزارع 2 و 10 اندازه گیری شد. در کلیه مزارع مورد بررسی (به استثنای مزارع 12، 13، 8، 6 و 16) میانگین غلظت نیترات از حد بحرانی نیترات در خاک بالاتر بود. حد بحرانی نیترات در خاک در منابع مختلف بین 20 تا 22 میلی گرم در کیلوگرم ذکر شده است. با توجه به این حد بحرانی بسیاری از نمونه های خاک در تحقیق حاضر دارای غلظت نیترات فراتر از حد بحرانی می باشد. بنابراین نتایج بیانگر غلظت بالای نیترات خاک ها و عدم نیاز به افزایش بیش از اندازه کود از ته در بسیاری از مزارع است. لازم

جدول 2- دامنه غلظت و میانگین نیترات اندازه گیری شده در نمونه های خاک				
غلظت نیترات (mg/kg خاک خشک)				
شماره مزرعه	تعداد تکرار	دامنه مقادیر اندازه گیری شده	میانگین	مقایسه میانگین با حد مجاز
1	6	204/6 - 24/8	89/9	**
2	6	549/1 - 18/6	127/5	*
3	3	37/2 - 18/6	28/9	**
4	6	43/4 - 6/2	22/58	*
5	3	155/0 - 18/6	27/3	**
6	3	15/5 - 12/4	13/4	*
7	18	229/4 - 7/1	49/6	**
8	3	18/6 - 12/4	16/5	*
9	9	49/6 - 6/2	22/1	*
10	6	806/0 - 24/8	188/1	*
11	3	186/0 - 18/6	78/5	*
12	3	24/8 - 15/5	19/6	*
13	6	49/6 - 12/4	20/7	*
15	3	31/0 - 12/4	24/8	*
16	6	31/0 - 12/4	19/6	*

جدول 3- میانگین ازت نیتراتی در نمونه های آب چاه های مورد بررسی در مزارع مختلف				
غلظت ازت نیتراتی (mg/lit)				
شماره مزرعه	تعداد تکرار	دامنه مقادیر اندازه گیری شده	میانگین	مقایسه میانگین با حد مجاز 10mg/lit
1	2	21/0 - 8/8	14/90	*
2	2	04/6 - 4/6	04/60	*
3	2	09/5 - 8/5	09/15	**
4	2	22/8 - 21/3	22/10	*
5	2	0/35	0/35	ns
6	2	17/5 - 16/1	16/80	**
7	3	01/8 - 0/7	1/28	*
8	3	16/8 - 7/4	10/80	**
9	1	11/9	11/90	ns
10	2	11/2	11/20	ns
11	1	15/4	15/40	ns
12	1	17/1	17/10	ns
13	3	13/0 - 11/6	12/53	**
14	2	19/9 - 17/9	18/90	ns
15	2	07/4 - 6/7	7/1	**
16	3	19/2 - 1/8	6/53	*

** معنی دار در سطح 1%
* معنی دار در سطح 5%
n.s فاقد اختلاف معنی دار

غده‌ای بادمجان، طالبی و پیاز دارای غلظت نیترات فراتر از حدود مجاز ذکر شده بودند و سبزی‌های خیار بوته‌ای و گوجه فرنگی دارای غلظت کمتر از حدود مجاز بودند. بدین ترتیب در مجموع مقایسه داده‌ها با حدود مجاز نشان داد که سبزی‌های برگ‌ی شوید، نعناع، شنبلیله، برگ چغندر، گشنیز، جعفری و تره و سبزی‌های غده‌ای طالبی، بادمجان و پیاز دارای غلظت نیترات فراتر از حد مجاز بودند. نتایج حاصل از اندازه‌گیری غلظت نیترات در نمونه‌های خاک برداشت شده از مزارع مختلف (جدول 5) برابر 285/3-10/2 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود. با توجه به حد بحرانی نیترات در خاک (20 تا 22 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) می‌توان گفت میانگین غلظت نیترات خاک در کلیه مزارع فراتر از حد بحرانی است و خاک‌ها دارای غلظت نیترات بالا می‌باشند.

غلظت و میانگین ازت نیتراتی در نمونه‌های آب 22/8-0/3 و 11/3 میلی‌گرم در لیتر بود.

ب) سال دوم تحقیق

کلیه داده‌های به‌دست آمده برحسب ازت نیتراتی در سبزی‌های برگ‌ی و غده‌ای با حد مجاز 67 میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه (شماره 3091، I.S.O) توسط آزمون T مقایسه گردید. نتایج نشان داد میانگین غلظت ازت نیتراتی در کلیه محصولات در مقایسه با حد مجاز دارای اختلاف معنی‌دار (در سطح یک درصد) است. همچنین میانگین غلظت ازت نیتراتی در کلیه سبزی‌های برگ‌ی (به‌استثنای اسفناج) فراتر از حد مجاز ذکر شده و در سبزی‌های غده‌ای مورد بررسی کمتر از حد مجاز بود. در مقایسه داده‌های جدول 4 با چند حدود مجاز مشاهده شد کلیه سبزی‌های برگ‌ی (باستثنای اسفناج) و سبزی‌های

جدول 4- مقایسه غلظت نیترات اندازه‌گیری شده سبزی‌ها با چندین حدود مجاز (ملکوتی، 1378)

غلظت نیترات (mg/kg وزن تازه)				گیاه
حد مجاز نیترات	حد مجاز نیترات	حد مجاز نیترات	دامنه مقادیر اندازه‌گیری شده	
500	3000	-	244/9 - 3649/6	شوید
500	3000	-	82/4 - 608/5	نعناع
500	3000	-	14/6 - 976/5	شنبلیله
500	3000	150-5690	435/3 - 2532/7	برگ چغندر
500	3000	-	294/9 - 1215/6	گشنیز
500	3000	-	69/9 - 533/2	جعفری
500	3000	-	126/7 - 1075/7	تره
500	3000	345-3890	4/0 - 46/9	اسفناج
200	400	-	124 - 201/5	بادمجان
200	60	-	93 - 217	طالبی
200	1000	-	17/3 - 345/0	پیاز
200	150	20-300	70/9 - 102/3	خیار بوته‌ای
200	300	10-200	44/3 - 93/0	گوجه فرنگی

جدول 5- دامنه غلظت و میانگین نیترات اندازه‌گیری شده در نمونه‌های خاک

شماره مزرعه مورد بررسی	غلظت نیترات (mg/kg)			تعداد تکرار نمونه	
	میانگین	دامنه مقادیر			
۱	۶۱/۸	۵۵/۴ -	۶۸/۲	۳	
۳	۵۰/۵	۱۵/۱ -	۷۴/۴	۶	
۴	۱۶۹/۳	۵۳/۲ -	۲۸۵/۳	۳	
۸	۸۹/۱	۳۱/۰ -	۱۴۷/۱	۳	
۱۱	۷۳/۸	۶۲/۰ -	۸۵/۵	۳	
۱۳	۲۹/۹	۱۲/۴ -	۴۲/۵	۶	
۱۶	۱۰۴/۸	۳۱/۰ -	۱۷۸/۵	۳	
۱۷	۵۰/۷	۳۹/۴ -	۶۲/۰	۳	
۱۸	۳۶/۳	۱۰/۲ -	۶۶/۴	۳	
۱۹	۳۳/۷	۳۲/۵ -	۳۳/۷	۳	
۲۰	۴۹/۶	۱۵/۵ -	۹۶/۱	۳	

220-2 و میانگین 24/5 میلی‌گرم در لیتر است.

جمع‌بندی خاک

در سال اول تحقیق میانگین غلظت نیترات نمونه‌های خاک در بیشتر مزارع مورد بررسی (75 درصد مزارع) و در سال دوم تحقیق در کلیه مزارع مورد مطالعه از حد مجاز نیترات در خاک فراتر بود. چنانکه قبلاً نیز ذکر شد مقایسه میانگین نیترات نمونه‌ها با حد مجاز نیز با استفاده از آزمون T اختلاف معنی‌داری را نشان داد. با توجه به حد بحرانی نیترات در خاک و وضعیت نیترات در نمونه‌های خاک مورد بررسی مشاهده شد که غلظت نیترات در بیشتر نمونه‌های خاک فراتر از حد بحرانی بوده به‌طوریکه در سال دوم 85/2 درصد از نمونه‌ها دارای

مقایسه داده‌های غلظت ازت نیتراتی (جدول 6) با حد مجاز ازت نیتراتی در آب آبیاری (چاه‌های آب) (10 میلی‌گرم در لیتر) نشان می‌دهد که به جز آب چاه مزرعه 18، آب چاه‌های سایر مزارع دارای غلظت ازت نیتراتی فراتر از حد مجاز فوق می‌باشد. حال اگر حد مجاز ازت نیتراتی در آب آبیاری را 10 تا 40 میلی‌گرم در لیتر در نظر بگیریم آب چاه‌های کلیه مزارع (به‌استثنای مزرعه 8) در محدوده مجاز قرار گرفته و محدودیتی ندارند. همچنین جهت استفاده از آب چاه‌ها به عنوان آب آشامیدنی در مقایسه با حد مجاز (10 میلی‌گرم در لیتر) کلیه چاه‌های آب مورد بررسی (به‌استثنای چاه آب مزرعه 18) برای آشامیدن دارای غلظت ازت نیتراتی فراتر از حد مجاز بوده و محدودیت جدی دارند. در مجموع دامنه غلظت ازت نیتراتی در نمونه‌های آب

جدول 6- دامنه غلظت و میانگین ازت نیتراتی در نمونه‌های آب چاه‌های مزارع مورد مطالعه

غلظت ازت نیتراتی (میلی گرم در لیتر)		تعداد تکرار نمونه	شماره مزرعه مورد بررسی
میانگین	دامنه مقادیر		
24/5	18/5 - 30/5	4	1
19/5	12/9 - 26/0	2	3
9/5	8/0 - 12/0	4	4
122/3	24/5 - 220/0	2	8
16/3	8/8 - 37/9	4	11
10/7	3/0 - 18/6	4	13
10/6	5/2 - 12/6	4	16
17/7	13/3 - 22/0	2	17
4/9	2/0 - 7/8	2	18
14/9	14/0 - 15/8	2	19
18/5	18/5	1	20

که کود شیمیایی نیتروژنه اضافه شده بخشی از آن جذب گیاه شده و بخش اعظم آن از دسترس گیاه خارج و به لایه‌های زیرین خاک آبشویی شده است لذا مقدار کم یا به عبارتی مقدار نیترات کمتر از حد بحرانی در خاک مزارع در پایان فصل رشد بیانگر توصیه جهت افزایش بیش از اندازه کود ازته در شروع فصل بعدی رشد نیست و اضافه سازی کود باید با احتیاط و با توجه به میزان نیاز گیاه و به صورت سرک صورت پذیرد. در این مورد بررسی بیشتر ضرورت دارد.

آب

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ازت نیتراتی در آب آبیاری نشان داد دامنه غلظت ازت نیتراتی در سال اول برابر 22/8-0/35 (میانگین کل 11/3) میلی گرم در لیتر و در سال دوم تحقیق 220-2 (میانگین کل 24/5) میلی گرم در

نیترات فراتر از حد مجاز بود. بنابراین ضرورت دارد مصرف کود نیترا ته با توجه به مقدار نیترات خاک و نیاز گیاه انجام شود. مقایسه غلظت نیترات در نمونه‌های خاک مزارع در اول و آخر فصل رشد (جدول 7) ارتباط مشخصی نشان نداد. در نمونه‌های خاک مزارع 1، 3 و 4 غلظت نیترات خاک در نمونه‌های آخر فصل افزایش نشان داد اما در سایر مزارع غلظت نیترات خاک در آخر فصل کاهش چشمگیری را نشان داد. بنابراین می‌توان این کاهش را به برداشت یا جذب نیترات توسط محصولات یا شستشوی آن به عمق پائین‌تر خاک نسبت داد. غلظت نیترات در خاک بسیار متغیر است و بستگی به زمان کوددهی، نوع کود، مقدار کود، زمان آبیاری و میزان جذب نیترات توسط گیاه دارد. به نظر می‌رسد با توجه به برداشت نیترات توسط گیاه و آبشویی آسان آن نتوان نتیجه‌گیری مشخص نمود اما آنچه مسلم است این است

جدول 7- مقایسه غلظت نیترات خاک (عمق 0 تا 30 سانتی متر) در سال دوم تحقیق

غلظت نیترات (mg/kg)		شماره مزرعه
آخر فصل رشد	اول فصل رشد	
15/4	12/5	1
3/4-16/8	12/3-13/0	3
64/4	12/0	4
7/0	33/2	8
14/0	19/3	11
2/8-5/6	9/0-9/6	13
7/0	40/3	16
8/9	14/0	17
2/3	15/0	18
4/2	21/7	20

بررسی دارای محدودیت می باشند. نتایج نشان داد که در بسیاری از چاه های آب غلظت ازت نیتراتی در پایان فصل افزایش یافته و در برخی چاه ها تغییر چندانی دیده نشد یا کمی کاهش یافت (جدول 8). افزایش غلظت ازت نیتراتی در اکثر چاه های آب در پایان فصل رشد نشانگر آبخوئی نیترات از خاک و ورود آن به آب زیر زمینی است. چنانکه قبلاً ذکر شد غلظت ازت نیتراتی در بیشتر چاه های آب مورد مطالعه بیش از حد مجاز بوده که خود بیانگر آلودگی آب زیر زمینی به نیترات حاصل از افزایش کودهای ازته و آبخوئی آنها به طبقات پائین خاک و نهایتاً آب زیر زمینی است. در مجموع نتایج به صورت کلی بیانگر آلودگی آب های زیر زمینی به ازت نیتراتی و روند رو به افزایش آن حتی در یک فصل زراعی است که نشانگر آن است که مدیریت استفاده از کودهای ازته در اراضی سبزیکاری بر آن شمالی نامناسب بوده و آب های زیر زمینی تحت آلودگی مداوم نیترات

لیتر بود. جهت استفاده از آب چاه ها برای آشامیدن انسان و دام و برای آبیاری (در صورتی که حد مجاز 10 میلی گرم در لیتر در نظر گرفته شود) کلیه نمونه های آب مزارع در سال اول به استثنای مزارع 2، 3، 5، 7 و 15 و کلیه مزارع در سال دوم به استثنای مزرعه 19 از نظر غلظت ازت نیتراتی دارای محدودیت بودند. میانگین غلظت نیتراتی نمونه ها نیز بیانگر محدودیت آب چاه ها از نظر غلظت ازت نیتراتی است. اما اگر حد مجاز غلظت ازت نیتراتی در آب آبیاری 10 تا 40 میلی گرم در لیتر در نظر گرفته شود آب چاه های کلیه مزارع مورد بررسی در 2 سال تحقیق به استثنای مزرعه 8 (سال دوم) دارای غلظت ازت نیتراتی در محدوده ذکر شده بوده و برای استفاده جهت آبیاری محدودیتی ندارند. حد مجاز ازت نیتراتی برای آب آبیاری در بسیاری از منابع همان 10 میلی گرم در لیتر ذکر شده است و با توجه به این حد مجاز چنانکه ذکر شد بیشتر چاه های آب مزارع مورد

جدول 8 - مقایسه غلظت ازت نیتراتی نمونه‌های آب چاههای مزارع مورد مطالعه در شروع و پایان فصل رشد

شماره مزرعه	عمق چاه	غلظت ازت نیتراتی (mg/l)	
		اول فصل رشد	آخر فصل رشد
1	100	24/5	30/5
3	50	26/0	12/9
4	25	10/0	8/0
8	17	24/5	220/0*
11	50	9/6	8/8
13	22	3/0	18/4
16	16	12/0	12/6
17	15	11/0	13/3
19	18	14/0	15/8

* این اندازه گیری میتواند خطای ناشی از اندازه گیری باشد.

قرار دارند.

سال تحقیق نشان داد که کلیه سبزی‌های برگی در دو سال و کلیه سبزی‌های غده‌ای (سال دوم) دارای غلظت ازت نیتراتی فراتر از حد مجاز ذکر شده بودند که از نظر آماری نیز میانگین غلظت ازت نیتراتی نمونه‌ها با حد مجاز فوق اختلاف معنی‌داری را در سطح یک درصد نشان داد. مقایسه نتایج با حد مجاز نشان داد که کلیه سبزی‌های برگی دارای غلظت نیترات فراتر از حد مجاز (500 میلی گرم بر کیلوگرم وزن تازه) (به استثنای اسفناج) بوده و سبزی‌های غده‌ای (برخی نمونه‌ها) گوجه فرنگی، پیاز، طالبی، سیب زمینی و بادمجان نیز دارای غلظت نیترات فراتر از حد مجاز (200 میلی گرم بر کیلوگرم وزن تازه) بودند. در جدول 9 متوسط غلظت نیترات در سبزی‌ها در دو زمان صبح و بعد از ظهر نشان داده شده است. غلظت نیترات سبزی‌ها در بعد از ظهر کاهش قابل ملاحظه‌ای را نشان داد. درصد کاهش نیترات از 9/1 درصد (تره) تا 39/6 درصد (شوید) متفاوت بود. مقایسه میانگین نیترات سبزی‌ها در صبح و بعد از ظهر از نظر آماری نیز دارای اختلاف معنی‌دار (در سطح یک درصد) بود. بنابراین

گیاه

باتوجه به متوسط غلظت نیترات اندازه گیری شده در سبزی‌های غده‌ای و برگی می‌توان ترتیب آنها را از نظر مقدار نیترات در دو سال تحقیق به صورت زیر نوشت:

الف) سبزیهای برگی

اسفناج > تره > جعفری > گشنیز > شنبلیله > نعناع > برگ چغندر > شوید

ب) سبزیهای غده‌ای

خیار بوته‌ای > گوجه فرنگی > طالبی > سیب زمینی > بادمجان > پیاز
در مجموع سبزی‌های برگی دارای دامنه غلظت نیترات 4 الی 6297/6 و میانگین 1155/9 و سبزی‌های غده‌ای دارای دامنه غلظت 17/3 الی 872/4 و میانگین 150/5 میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر بودند. مقایسه میانگین غلظت نیترات در سبزی‌ها نشان داد که غلظت نیترات در سبزی‌های برگی بسیار بالاتر از سبزی‌های غده‌ای است و میانگین نیترات در سبزی‌های برگی نسبت به سبزی‌های غده‌ای از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه داده‌های ازت نیتراتی با حد مجاز 67 میلی گرم بر کیلوگرم وزن تازه (I.S.O, No.3091) در دو

جدول 9-مقایسه میانگین غلظت نیترات چند سبزی در دو زمان صبح و بعد از ظهر

نوع سبزی	متوسط غلظت نیترات (mg/kg وزن خشک)		درصد کاهش نیترات در مقایسه میانگین از نظر آماری
	صبح	بعد از ظهر	
شوید	5880	4242	39/6**
شنبلله	3906	2646	32/2**
گشنیز	3529	2797	20/7**
جعفری	2100	1344	36/0**
تره	1848	1680	9/1**

**مقایسه میانگین‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار است.

کم تا متوسط سطح آب زیر زمینی در منطقه آبخوئی نیترات به آب زیر زمینی محتمل است.

- 4- غلظت نیترات در سبزی‌های برگی فراتر از سبزی‌های غده‌ای و فراتر از حدود مجاز (به‌استثنای گیاه اسفناج) بود بنابراین استفاده از سبزی‌های برگی با غلظت بالای نیترات می‌تواند در ایجاد مشکلاتی در سیستم گوارشی و سلامتی انسان و دام مؤثر باشد.
- 5- غلظت نیترات در کلیه سبزی‌های غده‌ای به‌استثنای خیار فراتر از غلظت معمول اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد علاوه بر سبزی‌های برگی، سبزی‌های غده‌ای نیز دارای غلظت بالای نیترات هستند. این نتایج با برخی نتایج که حکایت از جذب کم نیترات توسط برخی سبزی‌های غده‌ای دارند متفاوت است.

- 6- در بین سبزی‌های برگی شوید دارای بالاترین غلظت نیترات و اسفناج دارای کمترین غلظت نیترات و در بین سبزی‌های غده‌ای پیاز دارای بالاترین غلظت نیترات و خیار بوته‌ای دارای کمترین غلظت نیترات در این تحقیق بوده است.

- 7- مقایسه نتایج حاصل از اندازه‌گیری نیترات سبزی‌ها در صبح و بعد از ظهر نشانگر کاهش قابل توجه غلظت نیترات سبزی‌های در بعد از ظهر است.

برداشت سبزی‌ها در بعد از ظهر می‌تواند در کاهش نیترات سبزی‌ها مؤثر باشد.

نتیجه‌گیری

- 1- غلظت نیترات در بیشتر نمونه‌های خاک برداشت شده از مزارع سبزیکاری فراتر از حد بحرانی بود (در سال اول حدود 75 درصد از سطح اراضی مورد بررسی و در سال دوم حدود 79 درصد از سطح اراضی مورد بررسی دارای غلظت نیترات فراتر از حد بحرانی بوده‌اند) که نشانگر استفاده بیش از حد کود ازته در این اراضی است.
- 2- غلظت ازت نیتراتی در آب بیشتر چاه‌های مورد بررسی فراتر از حد مجاز 10 میلی‌گرم بر لیتر بود که برای شرب انسان و دام و استفاده در آبیاری و همچنین به‌عنوان آب زیر زمینی دارای محدودیت بود. براساس نتایج بیشتر چاه‌های مورد بررسی در 70 درصد مزارع مورد بررسی دارای غلظت ازت نیتراتی فراتر از حد مجاز مذکور بود.
- 3- در بسیاری از چاه‌های آب غلظت ازت نیتراتی در پایان فصل رشد فراتر از غلظت ازت نیتراتی در ابتدای فصل رشد بود. با توجه به مصرف بالای کود ازته در هر آبیاری، بالا بودن تعداد آبیاری و عمق

Clift, J., D. Dempsey, L. Pollack and S. Cibula (2001). Fertilizer and septic waste may be polluting one in ten Michigan rural household wells, the report is available on MEC'S website at <http://www.mecprotects.Org/Nitrates>. Pdf.

I.S.O.Dr.no 3091. Determination of Nitrate content (Referecne Method).

Tung, T. (1986). Nitrate pollution, Texas water Resources, Vol. 12, No.1.



8- غلظت بالای نیترات در خاک، آب و گیاهان مورد

بررسی نشانگر مصرف بالای کود ازته و بیش از نیاز گیاه در اراضی سبزیکاری مورد بررسی است. بازدیدهای صحرائی نیز تأیید کننده این مطلب است. بنابراین چنین مدیریت زراعی در مصرف کود می تواند به آلودگی آب و خاک و گیاه و تهدید سلامتی انسان و جانداران منجر شود.

منابع

رحمانی، ح. (1381). بررسی و شناخت منابع آلوده کننده مهم خاک و آب و گیاه در استان یزد. گزارش نهایی طرح مصوب شورای پژوهشهای علمی کشور دانشگاه یزد.

رحمانی، ح. (1382). استفاده بهینه از پسابهای صنعتی در کشاورزی. گزارش نهائی طرح تحقیقاتی استانی ویژه توسعه کشور. سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان اصفهان.

ملکوتی، م. ج. (1378). بررسی وضعیت تعادل عناصر غذایی در خاکهای ایران. مجله آب، خاک، ماشین، جلد 10: صفحات 12 تا 17.

ملکوتی، م. ج. (1375). کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران. تهران: انتشارات سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی.

Bhatt, K. (1997). Occurance and distribution of Nitrate and pesticides in Bowdle aquifer, South Dakotau(USA). *Environmental Monitoring and Assessment*, 47: 223-237.

Bruckler, L., A. D. Cockborne, P. Renault and B. Claudot (1997). Spacial and temporal variability of Nitrate in irrigated salad crops. *Irrigation Science*, 17: 53-61.

Busscher, W. J. (1996). *Soil , water and air quality research*. Florence: Coastal plain soil, water and plant research laboratory.