علوم محیطی ۱۱ ، بهار ۱۳۸۵
ENVIRONMENTAL SCIENCES 11 , Spring 2006
۲۳-۳٤

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

**حمید رضا رحمانی**

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

## 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 به‌مدت ۲ سال انجام شد. سبزی‌های مورد بررسی شامل سبزی‌های برگی شوید ، جعفری ، نعناع ، تره گشنیز ، برگ چغندر ، شنبلیله و اسفناج و سبزی‌های غده‌ای سیب زمینی ، گوجه فرنگی ، بادمجان ، پیاز ، طالبی و خیار بوته‌ای بودند. برای هر سبزی ۳ مزرعه که دارای مدیریت زراعی تقریباً یکسان بودند انتخاب و نمونه‌گیری از اندام خوراکی سبزی در هر مزرعه با ۳ تکرار و نمونه‌گیری از خاک و آب آبیاری این مزارع در شروع و پایان فصل رشد با ۳ تکرار انجام گردید. نتایج نشان داد در سال اول حدود ۷۵ درصد از سطح اراضی مورد بررسی و در سال دوم حدود ۷۹ درصد از سطح اراضی مورد بررسی دارای غلظت نیترات فراتر از حد بحرانی بود. غلظت ازت نیراتی در آب بیشتر چاه‌های مورد بررسی (۶۲ درصد مزارع مورد بررسی) فراتر از حد مجاز ۱۰ 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 برگی شوید با میانگین کل نیترات ۲۱۲۰/۹ و سبزی غده‌ای پیاز با میانگین نیترات ۲۳۷/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم بالاترین غلظت نیترات را دارا بودند. از بین سبزی‌های برگی اسفناج با میانگین نیترات ۲۰/۸ و از بین سبزی‌های غده‌ای خیار بوته‌ای با میانگین نیترات ۸۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه کمترین غلظت نیترات را به‌خود اختصاص دادند. در مجموع غلظت نیترات در سبزی‌های برگی ۴ الی ۶۲۹۷/۶ ( میانگین ۱۱۵۵/۹) میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه و در سبزی‌های غده‌ای ۱۷/۳ الی ۸۷۲/۴ ( میانگین ۱۵۰/۵) میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه بود که نشانگر بالاتر بودن غلظت نیترات در سبزی‌های برگی نسبت به سبزی‌های غده‌ای است. مقایسه غلظت نیترات نمونه‌های گیاهی با حدود معمول نشان داد که کلیه سبزی‌های برگی ( 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.

## 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

## مقدمه

بیشترین مقدار ازت نیراتی در غده سیب زمینی را در تیمار بالاترین سطح کود ازته به‌دست آورده‌اند. با افزایش غلظت ازت در محیط ریشه ، مقدار ازت کل در بافت‌های گیاهی افزایش یافته و سطوح ازت نیراتی معمولاً در ارتباط با غلظت ازت در گیاه قرار می گیرد(ملکوتی، ۱۳۷۵). همچنین در منابع گزارش شده است که مصرف بیش از ۵۶ کیلوگرم ازت در هکتار موجب افزایش مقدار نیرات در چغندر می‌شود، در مورد گندمیان تجمع نیترات بندرت با مقداری کمتر از ۴۰۰ کیلوگرم ازت یا کود اوره در هکتار رخ می‌دهد و در کشت گندم، جو دوسر و جو اگر ۹۰ کیلوگرم یا کمتر ازت در هکتار مصرف شود به ندرت غلظت نیترات در آنها از حد سمی ( بیشتر از ۰/۲ درصد) تجاوز می کند (ملکوتی، ۱۳۷۵).

طی بررسی آب ۸۲۰۰ حلقه چاه در مناطق با کشت و کار متراکم میزان نیترات آب فراتر از حد ۱۰ میلی گرم در لیتر اندازه گیری گردید (Tung, 1986). نوع کود مصرفی در میزان نیترات شسته شده به آب زیر زمینی نقش دارد. بررسی‌ها نشان داده است آبشویی نیترات توسط کودهای شیمیایی به مراتب بیش از کود حیوانی و کود کمپوست بوده است. آمار شستشوی حاصل از کود حیوانی در یک تحقیق ۲ درصد و برای کود شیمیایی ۲۵ درصد بوده است (Busscher, 1996). در یک تحقیق بررسی حرکت نیترات حاصل از استفاده از کودهای شیمیایی نشان داد غلظت نیترات آب زیرزمینی در یک ماه بعد از استفاده از کود ازت دار افزایش یافت که حاصل مکانیسم شستشو و حمل نیترات آزاد شده از کود شیمیایی به آب‌های زیر زمینی عنوان گردید (Bhatt, 1997). همچنین نتایج بررسی تغییرات فصلی و فاصله‌ای نیترات در کشت محصولات مختلف نشان داد که ۹۷ کیلوگرم درهکتار نیترات در طول فصول بهار و تابستان و ۱۹۹ کیلوگرم در هکتار نیترات در طول فصول پائیز و زمستان آبشویی و وارد آب‌های زیر زمینی گردید (Bruckler *et al.*, 1997). تحقیقی دیگر نشان داد ۹ درصد از چاه‌های نمونه‌برداری شده در میشیگان دارای آلودگی به نیترات بودند (Clift *et al.*, 2001).

در یک تحقیق در حومه تهران غلظت ازت نیراتی خاک‌ها حتی درعمق ۲/۵ متری بیش از ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم اندازه گیری شد (ملکوتی، ۱۳۷۸).در تحقیقات انجام شده بر چاه‌های آب در شهر یزد (رحمانی، ۱۳۸۱)، چاه‌های آب واقع شده در اراضی کشاورزی اطراف ذوب آهن و چاه‌های آب واقع در اراضی کشاورزی اطراف مجتمع فولاد مبارکه (رحمانی، ۱۳۸۲) مشخص گردید که غلظت ازت نیراتی از حد مجاز جهت آب آشامیدنی و آب آبیاری بالاتر است. تجمع نیترات در گیاهان یک پدیده طبیعی بوده و هنگامی رخ می‌دهد که تجمع نیترات در گیاه بیشتر از کاهش آن در اثر جذب و تحلیل باشد. مقدار تجمع نیترات به وسیله توان توارثی گیاه تنظیم شده و به وسیله عوامل محیطی ، مدیریت ، کوددهی و عملیات زراعی تغییر می کند. تجمع نیترات برای کارشناسان تغذیه انسان و حیوان موضوع بسیار جالبی است . تبدیل نیترات به نیتریت و نیتریت به نیتروز آمین، در جهاز هاضمه ، منجر به سمیت مخصوصاً در نوزادان و همچنین حیوانات نشخوار کننده می‌شود. مشخص‌ترین علائم سمیت حاد نیترات بیماری متهموگلوبینمیا است که در آن هموگلوبین به متهموگلوبین تبدیل می‌شود. همچنین در اثر تداوم مصرف سبزیها و یا آب آشامیدنی محتوی نیترات زیاد، در داخل سیستم گوارشی نیتروز آمین تولید شده که یک ماده سمی و خطرناک و احتمالاً سرطان‌زاست (ملکوتی، ۱۳۷۵).

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

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 برآآن اصفهان به اجرا در آمد. در اراضی سبزیکاری به دلیل دخالت ازت در افزایش رشد رویشی، مصرف کودهای نیتروژنه بسیار بالاست.

## مواد و روش‌ها

جهت بررسی وضعیت نیترات در خاک ، آب و گیاه این تحقیق طی ۲ سال در اراضی کشاورزی منطقه برآن اصفهان به اجرا در آمد. گیاهان مورد بررسی شامل سبزی‌های برگی نعناع، شوید ، شنبلیله ، تره ، اسفناج ، گشنیز، جعفری، برگ چغندر و سبزی‌های غده‌ای پیاز ، گوجه فرنگی ، سیب زمینی ، بادمجان ، خیار بوته‌ای و طالبی بودند . برای هر گیاه ۳ مزرعه(هر مزرعه به وسعت ۰/۵ هکتار) که دارای شرایط یکسان مدیریتی بود انتخاب گردید. مزارع مورد بررسی در سال اول ۱۶ مزرعه و در سال دوم به‌علت تغییر کشت در برخی مزارع انتخابی چند مزرعه از سال اول حذف و مزارع دیگر جایگزین گردید. در هر مزرعه نمونه‌گیری از گیاه با ۳ تکرار از اندام مصرفی گیاه در دو زمان صبح و بعد از ظهر و در ماه‌های اردیبهشت و خرداد ، نمونه‌گیری از خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر و در سه تکرار و دو نوبت در سال و نمونه گیری از آب آبیاری ( چاه‌های آب ) در چند نوبت در طول فصل رشد انجام شد. نمونه‌های گیاه و آب بعد از برداشت داخل یخدان‌های قابل حمل قرار گرفته و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند. با اندازه گیری نیترات در نمونه‌های خاک ، آب و گیاه داده‌ها به صورت سالانه به روش آزمون T با یکدیگر و با مقادیر مجاز مقایسه وتجزیه و تحلیل گردیدند.

## نتایج و بحث

### الف) سال اول تحقیق

جدول ۱ دامنه غلظت نیترات سبزی‌های مورد مطالعه را در مقایسه با حدود مجاز نشان می‌دهد. با توجه به حد مجاز نیترات مقادیر نیترات اندازه‌گیری شده در برگ چغندر کمتر از حد مجاز و در گوجه‌فرنگی در برخی نمونه‌ها فراتر از حد مجاز بود . مقایسه حدود مجاز نیترات با مقادیر اندازه‌گیری شده نیترات در سبزی‌ها نشان داد تنها غلظت نیترات در سبزی‌های شوید، نعناع و شنبلیله در برخی از نمونه‌ها فراتر از حد مجاز ذکر شده بود و سایر سبزی‌ها 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 سبزی‌های برگی شوید، نعناع و شنبلیه فراتر از حد مجاز بود و سایر سبزی‌ها به ویژه سبزی‌های غده‌ای دارای غلظت فراتر از حد مجاز نبودند.

کلیه داده‌های به‌دست آمده بر حسب ازت نیتراتی در سبزی‌های برگی و غده‌ای با حد مجاز ۶۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه( I.S.O, شماره ۳۰۹۱ ) 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 به استثنای برگ چغندر که دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد بوده است) بوده‌اند. داده‌ها نشان دادند کلیه سبزی‌های برگی دارای غلظت فراتر از حد مجاز بوده و کلیه سبزی‌های غده‌ای ( به استثنای پیاز که دارای میانگین غلظت ازت نیتراتی اندکی فراتر از حد مجاز می‌باشد) دارای میانگین غلظت ازت نیتراتی کمتر از حد مجاز بودند. از طرفی در بسیاری از نمونه‌های غده پیاز غلظت ازت نیتراتی از حد مجاز بالاتر بود. بدین ترتیب در مقایسه با حد مجاز نیترات در کلیه سبزی‌های برگی و سبزی غده‌ای پیاز دارای غلظت ازت نیتراتی بیشتر از حد مجاز بود. مقایسه غلظت نیترات در سبزی‌های مورد بررسی با غلظت معمول ذکر شده در جدول ۱ نشان داد که کلیه سبزی‌های برگی دارای غلظت نیترات فراتر از حد معمول بودند. در بین سبزی‌های غده‌ای پیاز (کلیه

جدول ۱- مقایسه غلظت نیترات اندازه‌گیری شده در سبزیها در مقایسه با حد مجاز نیترات

| نوع گیاه | غلظت نیترات (mg/kgوزن تازه) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | دامنه مقادیر اندازه‌گیری شده | حد مجاز نیترات | غلظت معمول (حدمجاز نیترات) | حد مجاز نیترات |
| شوید | ۶۲۹۷/۹ - ۹۸۹/۸ | - | ۵۰۰ | ۳۰۰۰ |
| نعناع | ۳۳۸۶/۱ - ۸۷۲/۴ | - | ۵۰۰ | ۳۰۰۰ |
| شنبلیله | ۳۴۰۰/۳ - ۸۲۱/۹ | - | ۵۰۰ | ۳۰۰۰ |
| برگ چغندر | ۲۲۱۰/۳ - ۱۵۵۵/۳ | ۱۵۰-۵۶۹۰ | ۵۰۰ | ۳۰۰۰ |
| گشنیز | ۲۷۵۹/۰ - ۱۰۶۸/۶ | - | ۵۰۰ | ۳۰۰۰ |
| جعفری | ۲۵۶۱/۵ - ۹۱۴/۹ | - | ۵۰۰ | ۳۰۰۰ |
| تره | ۲۱۸۱/۵ - ۶۹۴/۰ | - | ۵۰۰ | ۳۰۰۰ |
| گوجه‌فرنگی | ۲۹۶/۷ - ۱۷/۷ | ۱۰۰-۲۰۰ | ۲۰۰ | ۳۰۰ |
| پیاز | ۸۷۲/۴ - ۲۳۹/۱ | - | ۲۰۰ | ۱۰۰۰ |
| سیب‌زمینی | ۲۰۴/۶ - ۱۰۵/۴ | - | ۲۰۰ | ۲۵۰ |

نمونه‌ها) , گوجه فرنگی (بسیاری از نمونه‌ها ) و سیب‌زمینی (برخی از نمونه‌ها) دارای غلظت نیترات فراتر از حد معمول ذکر شده بودند. دامنه غلظت و میانگین نیترات اندازه‌گیری شده در نمونه‌های خاک مزارع مختلف در جدول ۲ ارائه شده است. دامنه غلظت کلی برای نمونه‌های خاک ۸۰۶-۶/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم و میانگین کل ۵۳/۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است.حداکثر غلظت نیترات خاک در مزارع ۲ و ۱۰ اندازه گیری شد. در کلیه مزارع مورد بررسی ( به استثنای مزارع ۱۲،۱۳، ۸ ، ۶و ۱۶ ) میانگین غلظت نیترات از حد بحرانی نیترات در خاک بالاتر بود. حد بحرانی نیترات در خاک در منابع مختلف بین ۲۰ تا ۲۲ میلی‌گرم در کیلوگرم ذکر شده است. با توجه به این حد بحرانی بسیاری از نمونه‌های خاک در تحقیق حاضر دارای غلظت نیترات فراتر از حد بحرانی می‌باشد. بنابراین نتایج بیانگر غلظت بالای نیترات خاک‌ها و عدم نیاز به افزایش بیش از اندازه کود ازته در بسیاری از مزارع است.لازم به ذکر است میزان مصرف کود اوره در اراضی مورد بررسی بین ۳۰۰۰ تا ۶۰۰۰ کیلو گرم در هکتار در سال است. مقایسه میانگین غلظت نیترات نمونه‌ها با حد بحرانی توسط آزمون T نیز بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد و یک درصد بود. جدول ۳ میانگین و دامنه غلظت ازت نیتراتی را در نمونه‌های آب چاه‌های آب مزارع مورد مطالعه نشان می‌دهد. میانگین ازت نیتراتی نمونه‌های آب در مزارع ( به استثنای مزارع ۱۵،۷،۵،۳،۲و۱۶)از حد مجاز mg/lit ۱۰ فراتر است و دارای اختلاف معنی‌داری نسبت به حد مجاز است . بنابراین طبق حد مجاز ۱۰ تا ۴۰ میلی گرم در لیتر (ملکوتی، ۱۳۷۸) کلیه نمونه‌های آب در محدوده حد مجاز قرار دارند. طبق حد مجاز ازت نیتراتی برای آب آشامیدنی توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (۱۰ میلی‌گرم در لیتر) آب چاه‌های مورد بررسی در مزارع ۱۴،۱۳،۱۲،۱۱،۱۰،۹،۸،۶،۴،۱ و ۱۶ برای آشامیدن مناسب نیست و محدودیت دارند. در مجموع دامنه

**جدول ۲- دامنه غلظت و میانگین نیترات اندازه‌گیری شده در نمونه‌های خاک**

| شماره مزرعه | تعداد تکرار | غلظت نیترات (mg/kg خاک خشک) دامنه مقادیر اندازه‌گیری شده | میانگین | مقایسه میانگین با حد مجاز |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۶ | ۲۰۴/۶ - ۲۴/۸ | ۸۹/۹ | ** |
| ۲ | ۶ | ۵۴۹/۱ - ۱۸/۶ | ۱۲۷/۵ | * |
| ۳ | ۳ | ۳۷/۲ - ۱۸/۶ | ۲۸/۹ | ** |
| ۴ | ۶ | ۴۳/۴ - ۶/۲ | ۲۲/۵۸ | * |
| ۵ | ۳ | ۱۵۵/۰ - ۱۸/۶ | ۲۷/۳ | ** |
| ۶ | ۳ | ۱۵/۵ - ۱۲/۴ | ۱۳/۴ | * |
| ۷ | ۱۸ | ۲۲۹/۴ - ۷/۱ | ۴۹/۶ | ** |
| ۸ | ۳ | ۱۸/۶ - ۱۲/۴ | ۱۶/۵ | * |
| ۹ | ۹ | ۴۹/۶ - ۶/۲ | ۲۲/۱ | * |
| ۱۰ | ۶ | ۸۰۶/۰ - ۲۴/۸ | ۱۸۸/۱ | * |
| ۱۱ | ۳ | ۱۸۶/۰ - ۱۸/۶ | ۷۸/۵ | * |
| ۱۲ | ۳ | ۲۴/۸ - ۱۵/۵ | ۱۹/۶ | * |
| ۱۳ | ۶ | ۴۹/۶ - ۱۲/۴ | ۲۰/۷ | * |
| ۱۵ | ۳ | ۳۱/۰ - ۱۲/۴ | ۲۴/۸ | * |
| ۱۶ | ۶ | ۳۱/۰ - ۱۲/۴ | ۱۹/۶ | * |

**جدول ۳- میانگین ازت نیتراتی در نمونه‌های آب چاههای مورد بررسی در مزارع مختلف**

| شماره مزرعه | تعداد تکرار | غلظت ازت نیتراتی(mg/lit) دامنه مقادیر اندازه‌گیری شده | میانگین | مقایسه میانگین با حد مجاز ۱۰mg/lit |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۲ | ۲۱/۰ - ۸/۸ | ۱۴/۹۰ | * |
| ۲ | ۲ | ۰۴/۶ - ۴/۶ | ۰۴/۶۰ | * |
| ۳ | ۲ | ۰۹/۵ - ۸/۵ | ۰۹/۱۵ | ** |
| ۴ | ۲ | ۲۲/۸ - ۲۱/۳ | ۲۲/۱۰ | * |
| ۵ | ۲ | ۰/۳۵ | ۰/۳۵ | ns |
| ۶ | ۲ | ۱۷/۵ - ۱۶/۱ | ۱۶/۸۰ | ** |
| ۷ | ۳ | ۰۱/۸ - ۰/۷ | ۱/۲۸ | * |
| ۸ | ۳ | ۱۶/۸ - ۷/۴ | ۱۰/۸۰ | ** |
| ۹ | ۱ | ۱۱/۹ | ۱۱/۹۰ | ns |
| ۱۰ | ۲ | ۱۱/۲ | ۱۱/۲۰ | ns |
| ۱۱ | ۱ | ۱۵/۴ | ۱۵/۴۰ | ns |
| ۱۲ | ۱ | ۱۷/۱ | ۱۷/۱۰ | ns |
| ۱۳ | ۳ | ۱۳/۰ - ۱۱/۶ | ۱۲/۵۳ | ** |
| ۱۴ | ۲ | ۱۹/۹ - ۱۷/۹ | ۱۸/۹۰ | ns |
| ۱۵ | ۲ | ۰۷/۴ - ۶/۷ | ۷/۱ | ** |
| ۱۶ | ۳ | ۱۹/۲ - ۱/۸ | ۶/۵۳ | * |

** معنی‌دار در سطح ۱٪
* معنی‌دار در سطح ۵٪
n.s فاقد اختلاف معنی‌دار

غلظت و میانگین ازت نیتراتی در نمونه‌های آب ۲۲/۸- ۰/۳۵ و ۱۱/۳ میلی گرم در لیتر بود.

## ب) سال دوم تحقیق

کلیه داده‌های به‌دست آمده برحسب ازت نیتراتی در سبزی‌های برگی و غده‌ای با حد مجاز ۶۷ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تازه (شماره ۳۰۹۱، I.S.O) توسط آزمونT 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 ۴ با چند حدود مجاز مشاهده شد کلیه سبزی‌های برگی ( باستثنای اسفناج) و سبزی‌های 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 (جدول۵) برابر ۲۸۵/۳-۱۰/۲ میلی گرم در کیلوگرم خاک بود. با توجه به حد بحرانی نیترات در خاک( ۲۰ تا ۲۲ میلی گرم در کیلوگرم خاک) می‌توان گفت میانگین غلظت نیترات خاک در کلیه مزارع فراتر از حد بحرانی است و خاک‌ها دارای غلظت نیترات بالا می‌باشند.

**جدول ٤- مقایسه غلظت نیترات اندازه‌گیری شده سبزیها با چندین حدود مجاز (ملکوتی، ۱۳۷۸)**

| گیاه | غلظت نیترات (mg/kg وزن تازه) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | دامنه مقادیر اندازه‌گیری شده | | حد مجار نیترات | حد مجار نیترات |
| شوید | ۳۶۴۹/۶ | ۲۴۴/۹ | - | ۳۰۰۰ | ۵۰۰ |
| نعناع | ۶۰۸/۵ | ۸۲/۴ | - | ۳۰۰۰ | ۵۰۰ |
| شنبلیله | ۹۷۶/۵ | ۱۴/۶ | - | ۳۰۰۰ | ۵۰۰ |
| برگ چغندر | ۲۵۳۲/۷ | ۴۳۵/۳ | ۱۵۰-۵۶۹۰ | ۳۰۰۰ | ۵۰۰ |
| گشنیز | ۱۲۱۵/۶ | ۲۹۴/۹ | - | ۳۰۰۰ | ۵۰۰ |
| جعفری | ۵۳۳/۲ | ۶۹/۹ | - | ۳۰۰۰ | ۵۰۰ |
| تره | ۱۰۷۵/۷ | ۱۲۶/۷ | - | ۳۰۰۰ | ۵۰۰ |
| اسفناج | ۴۶/۹ | ۴/۰ | ۳۴۵-۳۸۹۰ | ۳۰۰۰ | ۵۰۰ |
| بادمجان | ۲۰۱/۵ | ۱۲۴ | - | ۴۰۰ | ۲۰۰ |
| طالبی | ۲۱۷ | ۹۳ | - | ۶۰ | ۲۰۰ |
| پیاز | ۳۴۵/۰ | ۱۷/۳ | - | ۱۰۰۰ | ۲۰۰ |
| خیار بوته‌ای | ۱۰۲/۳ | ۷۰/۹ | ۲۰-۳۰۰ | ۱۵۰ | ۲۰۰ |
| گوجه‌فرنگی | ۹۳/۰ | ۴۴/۳ | ۱۰-۲۰۰ | ۳۰۰ | ۲۰۰ |

جدول ۵- دامنه غلظت و میانگین نیترات اندازه‌گیری شده در نمونه‌های خاک

| شماره مزرعه مورد بررسی | تعداد تکرار نمونه | غلظت نیترات (mg/kg) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | دامنه مقادیر | | میانگین |
| ۱ | ۳ | ٦٨/٢ | ٥٥/٤ | ٦١/٨ |
| ۳ | ٦ | ٧٤/٤ | ١٥/١ | ٥٠/٥ |
| ٤ | ۳ | ٢٨٥/٣ | ٥٣/٢ | ١٦٩/٣ |
| ٨ | ۳ | ١٤٧/١ | ٣١/٠ | ٨٩/١ |
| ١١ | ۳ | ٨٥/٥ | ٦٢/٠ | ٧٣/٨ |
| ١٣ | ٦ | ٤٢/٥ | ١٢/٤ | ٢٩/٩ |
| ١٦ | ۳ | ١٧٨/٥ | ٣١/٠ | ١٠٤/٨ |
| ١٧ | ۳ | ٦٢/٠ | ٣٩/٤ | ٥٠/٧ |
| ١٨ | ۳ | ٦٦/٤ | ١٠/٢ | ٣٦/٣ |
| ١٩ | ۳ | ٣٣/٧ | ٣٢/٥ | ٣٣/٧ |
| ٢٠ | ۳ | ٩٦/١ | ١٥/٥ | ٤٩/٦ |

مقایسه داده‌های غلظت ازت نیتراتی (جدول ۶) با حد مجاز ازت نیتراتی در آب آبیاری (چاه‌های آب) (۱۰میلی گرم در لیتر) نشان می‌دهد که به جز آب چاه مزرعه ۱۸ ، آب چاه‌های سایر مزارع دارای غلظت ازت نیتراتی فراتر از حد مجاز فوق می‌باشد. حال اگر حد مجاز ازت نیتراتی در آب آبیاری را ۱۰ تا ۴۰ میلی گرم در لیتر در نظر بگیریم آب چاه‌های کلیه مزارع (به‌استثنای مزرعه ۸) در محدوده مجاز قرار گرفته و محدودیتی ندارند. همچنین جهت استفاده از آب چاه‌ها به عنوان آب آشامیدنی در مقایسه با حد مجاز(۱۰ میلی گرم در لیتر) کلیه چاه‌های آب مورد بررسی ( به‌استثنای چاه آب مزرعه۱۸ ) برای آشامیدن دارای غلظت ازت نیتراتی فراتر از حد مجاز بوده و محدودیت جدی دارند . در مجموع دامنه غلظت ازت نیتراتی در نمونه‌های آب ۲۲۰ –۲ و میانگین ۲۴/۵ میلی گرم در لیتر است.

## جمع‌بندی

### خاک

در سال اول تحقیق میانگین غلظت نیترات نمونه‌های خاک در بیشتر مزارع مورد بررسی ( ۷۵ 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 ۸۵/۲ درصد از نمونه‌ها دارای

جدول ٦- دامنه غلظت و میانگین ازت نیتراتی در نمونه‌های آب چاه‌های مزارع مورد مطالعه

| شماره مزرعه مورد بررسی | تعداد تکرار نمونه | غلظت ازت نیتراتی (میلی گرم در لیتر) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | دامنه مقادیر | | | میانگین |
| ۱ | ۴ | ۳۰/۵ | - | ۱۸/۵ | ۲۴/۵ |
| ۳ | ۲ | ۲۶/۰ | - | ۱۲/۹ | ۱۹/۵ |
| ۴ | ۴ | ۱۲/۰ | - | ۸/۰ | ۹/۵ |
| ۸ | ۲ | ۲۲۰/۰ | - | ۲۴/۵ | ۱۲۲/۳ |
| ۱۱ | ۴ | ۳۷/۹ | - | ۸/۸ | ۱۶/۳ |
| ۱۳ | ۴ | ۱۸/۶ | - | ۳/۰ | ۱۰/۷ |
| ۱۶ | ۴ | ۱۲/۶ | - | ۵/۲ | ۱۰/۶ |
| ۱۷ | ۲ | ۲۲/۰ | - | ۱۳/۳ | ۱۷/۷ |
| ۱۸ | ۲ | ۷/۸ | - | ۲/۰ | ۴/۹ |
| ۱۹ | ۲ | ۱۵/۸ | - | ۱۴/۰ | ۱۴/۹ |
| ۲۰ | ۱ | ۱۸/۵ | | ۱۸/۵ | ۱۸/۵ |

نیترات فراتر از حد مجاز بود. بنابراین ضرورت دارد مصرف کود نیتراته با توجه به مقدار نیترات خاک و نیاز گیاه انجام شود. مقایسه غلظت نیترات در نمونه‌های خاک مزارع در اول و آخر فصل رشد (جدول۷) ارتباط مشخصی نشان نداد. در نمونه‌های خاک مزارع ۳،۱ و ۴ 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. به‌نظر می‌رسد با توجه به برداشت نیترات توسط گیاه و آبشویی آسان آن نتوان نتیجه‌گیری مشخص نمود اما آنچه مسلم است این است 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 به‌صورت 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 ۲۲/۸ –۰/۳۵( میانگین کل ۱۱/۳) میلی‌گرم در لیتر و در سال دوم تحقیق ۲۲۰-۲ ( میانگین کل ۲۴/۵) میلی‌گرم در

جدول ۷- مقایسه غلظت نیترات خاک ( عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر ) در سال دوم تحقیق

| شماره مزرعه | غلظت نیترات (mg/kg) | |
|---|---|---|
| | اول فصل رشد | آخر فصل رشد |
| ۱ | ۱۲/۵ | ۱۵/۴ |
| ۳ | ۱۲/۳-۱۳/۰ | ۳/۴-۱۶/۸ |
| ۴ | ۱۲/۰ | ۶۴/۴ |
| ۸ | ۳۳/۲ | ۷/۰ |
| ۱۱ | ۱۹/۳ | ۱۴/۰ |
| ۱۳ | ۹/۰-۹/۶ | ۲/۸-۵/۶ |
| ۱۶ | ۴۰/۳ | ۷/۰ |
| ۱۷ | ۱۴/۰ | ۸/۹ |
| ۱۸ | ۱۵/۰ | ۲/۳ |
| ۲۰ | ۲۱/۷ | ۴/۲ |

لیتر بود . جهت استفاده از آب چاه‌ها برای آشامیدن انسان و دام و برای آبیاری ( در صورتی که حد مجاز ۱۰ میلی‌گرم در لیتر در نظر گرفته شود) کلیه نمونه‌های آب مزارع در سال اول به‌استثنای مزارع ۲، ۳، ۵، ۷ و ۱۵ و کلیه مزارع در سال دوم به‌استثنای مزرعه ۱۹ از نظر غلظت ازت نیتراتی دارای محدودیت بودند. میانگین غلظت نیتراتی نمونه‌ها نیز بیانگر محدودیت آب چاه‌ها از نظر غلظت ازت نیتراتی است . اما اگر حد مجاز غلظت ازت نیتراتی در آب آبیاری ۱۰ تا ۴۰ میلی‌گرم در لیتر در نظر گرفته شود آب چاه‌های کلیه مزارع مورد بررسی در ۲ سال تحقیق به‌استثنای مزرعه ۸ ( سال دوم ) دارای غلظت ازت نیتراتی در محدودهٔ ذکر شده بوده و برای استفاده جهت آبیاری محدودیتی ندارند. حد مجاز ازت نیتراتی برای آب آبیاری در بسیاری از منابع همان ۱۰ میلی‌گرم در لیتر ذکر شده است و با توجه به این حد مجاز چنانکه ذکر شد بیشتر چاه‌های آب مزارع مورد بررسی دارای محدودیت می‌باشند. نتایج نشان داد که در بسیاری از چاه‌های آب غلظت ازت نیتراتی در پایان فصل افزایش یافته و در برخی چاه‌ها تغییر چندانی دیده نشد یا کمی کاهش یافت (جدول ۸) . افزایش غلظت ازت نیتراتی در اکثر چاه‌های آب در پایان فصل رشد نشانگر آبشوئی نیترات از خاک و ورود آن به آب زیر زمینی است . چنانکه قبلاً ذکر شد غلظت ازت نیتراتی در بیشتر چاه‌های آب مورد مطالعه بیش از حد مجاز بوده که خود بیانگر آلودگی آب زیر زمینی به نیترات حاصل از افزایش کودهای ازته و آبشویی آنها به طبقات پائین خاک و نهایتاً آب زیر زمینی است. در مجموع نتایج به‌صورت کلی بیانگر آلودگی آب‌های 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 براآن شمالی نامناسب بوده و آب‌های زیر زمینی تحت آلودگی مداوم نیترات

جدول ۸ - 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 |
| ۱ | ۱۰۰ | ۲۴/۵ | ۳۰/۵ |
| ۳ | ۵۰ | ۲۶/۰ | ۱۲/۹ |
| ۴ | ۲۵ | ۱۰/۰ | ۸/۰ |
| ۸ | ۱۷ | ۲۴/۵ | ۲۲۰/۰* |
| ۱۱ | ۵۰ | ۹/۶ | ۸/۸ |
| ۱۳ | ۲۲ | ۳/۰ | ۱۸/۴ |
| ۱۶ | ۱۶ | ۱۲/۰ | ۱۲/۶ |
| ۱۷ | ۱۵ | ۱۱/۰ | ۱۳/۳ |
| ۱۹ | ۱۸ | ۱۴/۰ | ۱۵/۸ |

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

قرار دارند.

## گیاه

باتوجه به متوسط غلظت نیترات اندازه‌گیری شده در سبزی‌های غده‌ای و برگی می‌توان ترتیب آنها را از نظر مقدار نیترات در دو سال تحقیق به‌صورت 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 ۴ الی ۶۲۹۷/۶ و میانگین ۱۱۵۵/۹ و سبزی‌های غده‌ای دارای دامنه غلظت ۱۷/۳ الی ۸۷۲/۴ و میانگین ۱۵۰/۵ میلی‌گرم برکیلوگرم وزن تر بودند. مقایسه میانگین غلظت نیترات درسبزی‌ها 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 ۶۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه( I.S.O,No.3091 ) در دو 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 باحد 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( ۵۰۰ میلی‌گرم برکیلوگرم وزن تازه) (به‌استثنای اسفناج) بوده و سبزی‌های غده‌ای ( برخی نمونه‌ها ) گوجه فرنگی ، پیاز، طالبی، سیب زمینی و بادمجان نیز دارای غلظت نیترات فراتر از حد مجاز( ۲۰۰ میلی‌گرم برکیلوگرم وزن تازه) بودند. در جدول ۹ 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 ۹/۱ درصد ( تره) تا ۳۹/۶ 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

جدول ۹-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 |
|---|---|---|---|---|
| | صبح | بعدازظهر | بعد از ظهر | نظر آماری |
| شوید | ۵۸۸۰ | ۴۲۴۲ | ۳۹/۶ | ** |
| شنبلیله | ۳۹۰۶ | ۲۶۴۶ | ۳۲/۲ | ** |
| گشنیز | ۳۵۲۹ | ۲۷۹۷ | ۲۰/۷ | ** |
| جعفری | ۲۱۰۰ | ۱۳۴۴ | ۳۶/۰ | ** |
| تره | ۱۸۴۸ | ۱۶۸۰ | ۹/۱ | ** |

** مقایسه میانگین‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار است.

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

## نتیجه‌گیری

۱- غلظت نیترات در بیشتر نمونه‌های خاک برداشت شده از مزارع سبزیکاری فراتر از حد بحرانی بود (در سال اول حدود ۷۵ درصد از سطح اراضی مورد بررسی و در سال دوم حدود ۷۹ 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.

۲- غلظت ازت نیتراتی در آب بیشتر چاه‌های مورد بررسی فراتر از حد مجاز ۱۰ 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 ۷۰ درصد مزارع مورد بررسی دارای غلظت ازت نیتراتی فراتر از حد مجاز مذکور بود.

۳- 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 کم تا متوسط سطح آب زیر زمینی در منطقه آبشویی نیترات به آب زیر زمینی محتمل است.

۴- 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.

۵- 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.

۶- 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.

۷- 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.

۸- 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 صحرایی نیز تأیید کننده این مطلب است. بنابراین چنین مدیریت زراعی در مصرف کود می‌تواند به آلودگی آب و خاک و گیاه و تهدید سلامتی انسان و جانداران منجر شود.

## منابع


رحمانی، ح. (۱۳۸۱). *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. (۱۳۸۲). *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. ( ۱۳۷۸). بررسی وضعیت تعادل عناصر غذایی در خاکهای ایران. *مجله آب ، خاک ، ماشین*، جلد ۱۰ : صفحات ۱۲تا ۱۷.

ملکوتی، م. ج. (۱۳۷۵). *کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد بابهینه 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.

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.