اثر رژیم های مختلف رطوبتی و نیتروژن بر عملکرد و غلظت نیترات در غده‌های سیب‌زمینی

سیدحسن موسوی‌فضل[۱*] و فرامرز فائزنیا

مربی پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی استان سمنان (شاهرود)؛ **HMousavifazl@yahoo.com**

کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی استان سمنان (شاهرود)؛ **Ffaezniya@yahoo.com**

چکیده

به منظور بررسی اثر مقادیر مختلف آب و کود نیتروژن بر خصوصیات کمی و کیفی سیب‌زمینی، آزمایشی در مرکز تحقیقات کشاورزی سمنان (شاهرود) در طی سال‌های ۱۳۸۰- ۱۳۷۹ (به مدت دو سال) آن جام شد. این طرح در قالب، نوارهای خرد شده (اسپیلت پلات) با دو فاکتور اجرا شد. فاکتورها شامل، مقادیر آب مصرفی گیاه در چهار سطح (۵۰، ۷۵،۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) و کود نیتروژن نیز در چهار سطح (۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه بر اساس آزمون خاک) به ترتیب به عنوان عوامل اصلی و فرعی، انتخاب شدند. آب آبیاری بر اساس داده‌های تشتک تبخیر کلاس A، محاسبه و با روش آبیاری شیاری (فارو) با دور ۵ روز در اختیار گیاه قرار گرفت. آب آبیاری در تیمارهای آبی ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد به ترتیب برابر ۴۰۰۰، ۶۰۰۰، ۸۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ متر مکعب و کود نیتروژن نیز برابر ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. نتایج تحقیق نشان داد، اثر مشترک آب و کود نیتروژن بر عملکرد محصول در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین عملکرد از تیمارهای $W_{75}N_{75}$ و $W_{125}N_{125}W_{125}N_{75}$،$W_{125}N_{100}$ (که همگی در گروه اول قرار گرفته بودند)، به دست آمد. کمترین عملکرد از تیمار آبی ۵۰ درصد حاصل شد. تفاوت بیشترین و کمترین عملکرد در تیمارها، ۴۰ درصد بود. اثر فاکتورهای آب و کود نیتروژن بر غلظت نیتروژن غده‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار شد. با افزایش مصرف آب، غلظت نیتروژن غده‌ها کاهش یافت. اما با افزایش کود نیتروژن غلظت نیتروژن غده‌ها افزایش یافت. ماکزیمم غلظت نیتروژن غده‌ها از تیمار آبی ۵۰ درصد در تمام سطوح کودی مختلف به دست آمد. تیمار $W_{75}W_{75}$ از نظر غلظت نیتروژن غده‌ها در پایین‌ترین گروه آماری و عملکرد این تیمار در بالاترین گروه (۲۳/۵ تن در هکتار) آماری قرار گرفت. حداکثر کارایی مصرف آب (۳/۹ کیلوگرم به ازاء هر متر مکعب در هکتار) نیز از همین تیمار حاصل شد. بنابراین تیمار $W_{75}N_{75}$ به دلیل صرفه‌جویی در مصرف آب، کاهش هزینه‌های تولید، پایین بودن غلظت نیتروژن نیتراتی غده‌ها، آلودگی کمتر محیط زیست و منابع آب زیرزمینی به عنوان تیمار برتر معرفی شد.

واژهای کلیدی: آب مصرفی، کود نیتروژن، سیب‌زمینی، غلظت نیتروژن

مقدمه

آب در ایران به علت واقع شدن کشور در منطقه خشک و نیمه خشک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با افزایش جمعیت، نیاز به استفاده از این ماده حیاتی بیشتر می‌شود. براساس آمار موجود، در حال حاضر میزان برداشت و مصرف آب در کشور حدود ۹۴ میلیارد متر مکعب در سال است. از این رقم، ۸۴ درصد در بخش کشاورزی و بقیه در بخش‌های شرب، صنعت و موارد متفرقه دیگر به مصرف می‌رسد. از آن جایی که بخش

۱- نویسنده مسئول، آدرس: شاهرود، مرکز تحقیقات کشاورزی استان سمنان، صندوق پستی ۳۱۳-۳۶۱۵۵

* دریافت: ۸۵/۷/۱۱ و پذیرش: ۸۷/۵/۳

کشاورزی عمده‌ترین مصرف کننده آب به شمار می‌رود، هر گونه صرفه‌جویی در این بخش کمک مؤثری به صرفه‌جویی در منابع آب خواهد نمود. اصلاح سیستم‌های آبیاری سنتی و تبدیل آنها به روش‌های مدرن، بهبود در مدیریت استفاده از آب با بکارگیری تکنیک‌های صحیح در امر کنترل مصرف آب، از جمله راه‌هایی است که به رفع بحران کمبود آب کمک خواهند نمود (موسوی فضل و همکاران، ۱۳۸۰).

محمدی و همکاران (۱۳۸۰) گزارش کردند سیب‌زمینی گیاهی حساس به تنش خشکی است. زیرا سیستم ریشه‌ای آن در لایه ۳۰ سانتیمتر اول خاک تجمع می‌یابد. تنش خشکی برای سیب زمینی زمانی اتفاق می‌افتد که۴۰ –۳۰ درصد آب قابل دسترس خاک به مصرف گیاه برسد. این مقادیر بر اساس شرایط اقلیمی، نوع خاک و نوع رقم متغیر است. وقتی به گیاه سیب‌زمینی تنش رطوبت وارد می‌شود، این گیاه نسبت به سایر گیاهان زراعی سریعتر روزنه‌های خود را می‌بندد. بنابراین انتقال مواد فتوسنتزی و سرعت تبخیر و تعرق سریعتر کاهش می‌یابد. در گیاهان تحت تنش رطوبت، میزان کربن نشان‌دار در برگهای بالای ساقه کاهش می‌یابد. همچنین مقدار آن در غده‌ها کمتر از ساقه و برگها است. به هر حال تنش رطوبت تأثیر سوء بر رشد و عملکرد سیب‌زمینی دارد.

ملکوتی و نفیسی (۱۳۸۰) گزارش نمودند که کود نیتروژن یکی از کودهایی است که نقش زیادی در افزایش عملکرد محصول دارد. نیتروژن جزء عناصر پر مصرف گیاه محسوب می‌شود. مقدار آن در وزن خشک گیاه، ۵ – ۱ درصد است. بخش اعظم نیتروژن مورد نیاز گیاه به صورت نیترات (NO_3^-) جذب می‌شود. نیتروژن در ساختن کلروفیل گیاه نقش اساسی دارد. همچنین نیتروژن سبب افزایش پروتیین، در اندام های ذخیره پروتیین می‌گردد. نیتروژن نسبت اندام هوایی به ریشه گیاه را افزایش و قدرت پنجه‌زنی را بالامی‌برد. اما تجمع بیش از حد نیتروژن در محصولات از قبیل غده سیب‌زمینی و میوه گوجه‌فرنگی می‌تواند سلامت مصرف کننده را به خطر اندازد. از طرف دیگر مصرف بیش از حد کودهای حاوی نیتروژن سبب آلودگی منابع آبهای زیرزمینی و افزایش هزینه‌های تولید می‌گردد.

صوفیان (۱۳۷۱) در بررسی اثر متقابل نیتروژن و پتاسیم در کیفیت و کمیت محصول دو رقم سیب‌زمینی گزارش نمود، که کاربرد نیتروژن سبب افزایش عملکرد، ارتفاع بوته، تعداد برگ، وزن غده‌ها و میزان پروتیین غده‌ها می‌شود.

فکرمندی (۱۳۷۱) به منظور تعیین نیاز غذایی سیب‌زمینی، تحقیقی در منطقهٔ زنجان با سه سطح نیتروژن (۰، ۹۰، ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) و سه سطح فسفر (۰،۹۰،۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) در خاکی با بافت متوسط تا نسبتاً سنگین آن جام داد. نتایج نشان داد اثر نیتروژن در سطح یک درصد در افزایش محصول معنی‌دار شد.

هاشمی و کاشی (۱۳۷۱) در پژوهشی نتیجه گرفتند بین عملکرد گوجه فرنگی در سطوح مختلف کود نیتروژن که شامل ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بود، تفاوت معنی‌داری وجود دارد. بیشترین محصول در سطوح ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص به دست آمد.

به عقیده Dangler و همکاران (۱۹۹۰) افزایش مقدار نیتروژن باعث کاهش عملکرد محصول گوجه‌فرنگی می‌شود.

فرهمند و همکاران (۱۳۸۲) در پژوهشی اثر تیمارهای آبیاری به میزان ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی و مقادیر مختلف نیتروژن به میزان ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار را بر عملکرد و بازده مصرف آب در گوجه‌فرنگی بررسی نمودند. نتایج نشان داد مقادیر آب آبیاری و مقادیر مختلف نیتروژن و اثر متقابل آنها بر عملکرد محصول و بازده مصرف آب در سطح یک درصد معنی دار است. حداکثر عملکرد و حداکثر بازده مصرف آب در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. همچنین با کاهش مصرف آب به میزان ۲۰، ۴۰، ۶۰ درصد نیاز آبی، عملکرد محصول به ترتیب ۲۴، ۵۷، ۷۴ درصد کاهش یافت.

ملکوتی (۱۳۷۹) گزارش نمود که حد مجاز نیترات برای انسان حدود ۵ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز می باشد. بدیهی است چنانچه در مواد خوراکی، مقدار نیترات از حد مجاز فراتر رود، برای سلامتی انسان در طولانی مدت تهدیدآمیز خواهد بود. تجمع نیترات در انواع سبزی‌ها، پیاز و سیب‌زمینی بستگی به عوامل مختلفی از جمله مقدار، نوع کود نیتروژنه، دفعات مصرف، رقم، شدت نور، دما، طول روز، شدت آفتابی بودن و زمان برداشت دارد. مصرف سرانه سیب‌زمینی در ایران ۱۰۰ گرم در هر روز است. به دلیل آنکه رابطهٔ بسیار نزدیکی بین مقدار کودهای نیتروژن مصرفی و تجمع نیترات در محصولاتی که غده، پیاز ساقه و برگ آنها به طور مستقیم مصرف می‌شود، وجود دارد. لذا بایستی ضمن رعایت مصرف بهینهٔ‌کود، در مصرف کودهای نیتروژنه نهایت صرفه‌جویی را به عمل آورد تا نیتروژن مصرفی فقط صرف تولید اسیدهای آمینه و پروتیین گردد. از آن جا که مولدان بخش کشاورزی تأثیر چشمگیر نیتروژن را بر رشد

رویشی گیاهان مشاهده می‌کنند، در اکثر موارد مقادیر کودهای نیتروژنه را بیش از نیاز (حداکثر مجاز کود اوره مصرفی ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) مصرف می‌کنند که این امر سبب تجمع نیترات در برگها و اندامهای سبز گیاه می‌شود. نقش نیترات بر سلامتی انسان از جهات مختلفی قابل بررسی است. ایجاد بیماری متهموگلوبینمیا (Methemoglobinemia) در خردسالان و نیز سرطان‌زایی در بزرگسالان با نیترات موجود در آب و مواد غذایی ارتباط مستقیم دارد.

Porter و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که در اثر مصرف مواد آلاینده از جمله سموم شیمیایی و نیترات، مردان نسل آینده با کاهش تعداد اسپرم مواجه خواهند شد.

بر اساس گزارش فائو، سطح زیر کشت سیب‌زمینی در کشور ۱۶۱۰۰۰ هکتار و متوسط تولید ۲۱/۶ تن در هکتار است (نوری، ۱۳۸۰). میزان آب مصرفی سیب‌زمینی در استان سمنان حدود ۱۲۰۰۰ –۱۱۰۰۰ مترمکعب در هکتار برآورد شده است. به منظور بررسی اثرات مصرف مقادیر مختلف آب و کود نیتروژن و ارتباط آنها با عملکرد و برخی خصوصیات کیفی محصول و تعیین حدود بهینه برای مصرف آب و کود نیتروژن، این طرح در طول سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ به مدت دو سال آن جام شد.

مواد و روشها

محل اجرای طرح، اراضی مرکز تحقیقات کشاورزی سمنان (شاهرود) واقع در کیلومتر ۳ جاده شاهرود – بسطام، با متوسط بارندگی سالانه ۱۷۵ میلی‌متر بود. بر اساس آمار درجه حرارت و رسم منحنی آمبروترمیک، دوره خشک از اواسط اردیبهشت شروع و تا نیمه آبان ماه ادامه دارد و بقیه ماههای سال جزء دوره مرطوب منطقه محسوب می‌گردد. اقلیم منطقه مطابق طبقه‌بندی آمبروژه، خشک و سرد است.

به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از مراحل آماده‌سازی زمین، نمونه‌گیری از عمق‌های (۳۰–۰) و (۶۰–۳۰) سانتی‌متر آن جام و نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شد. جدول۱، خلاصه نتایج آزمایش خاک را نشان می‌دهد.

آب آبیاری این طرح از چاه شماره ۷ اراضی مرکز تحقیقات کشاورزی سمنان (شاهرود) تأمین شد. به منظور تعیین کیفیت آب، دو نمونه تهیه و آزمایش شد که نتایج تجزیه کیفی آن مطابق جدول ۲ است.

آزمایش در قالب طرح اسپلیت پلات (Split– Plot) با دو فاکتور در چهار تکرار آن جام شد. فاکتورهای طرح عبارت بودند از: ۱ـ مقادیر مختلف آب آبیاری به عنوان عامل اصلی (Main Plot) در چهار سطح ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و۱۲۵ درصد تبخیر از تشتک ۲ـ مقادیر مختلف کود نیتروژن به عنوان عامل فرعی (Sub Plot) در چهار سطح ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و۱۲۵ درصد نیتروژن مورد نیاز براساس آزمون خاک. بدین ترتیب تعداد پلاتهای فرعی در داخل هر پلات اصلی ۴ و تعداد کل پلاتها در هر بلوک آزمایشی ۱۶ بود. لذا طرح با ۶۴ کرت آزمایشی انجام شد.

در این تحقیق، روش آبیاری، شیاری یا فارو (روش رایج منطقه) با دور ۵ روز انتخاب شد. آب آبیاری توسط کنتورهای حجمی اندازه‌گیری می‌شد. نیاز آبی در هر نوبت براساس تبخیر و تعرق بالقوه (پتانسیل)، دور آبیاری و ضریب گیاهی مربوطه تعیین می‌شد. برای تعیین تبخیر و تعرق پتانسیل منطقه از رابطه تبخیر از تشتک استفاده شد. با توجه به وجود ایستگاه هواشناسی در مجاورت مزرعه آزمایشی و آمار قبلی موجود در آن، از روش تشتک تبخیر که یکی از روشهای تجربی است، برای تعیین تبخیر و تعرق پتانسیل استفاده شد. تبخیر و تعرق پتانسیل از رابطه‌ی زیر به دست می آید:

$$ET0=Kpan.Epan$$

که در آن:

Kpan = ضریب تشتک

Epan = تبخیر از تشتک بر حسب میلی‌متر در روز، که میزان تبخیر تجمعی در دوره مورد نظر است.

بنابراین به منظور برآورد آب مورد نیاز گیاه، ابتدا با توجه به آمار گذشته موجود از تشتک در ایستگاه هواشناسی، Epan مشخص و سپس با استفاده از جداول مربوط به تشتک کلاس A و با توجه به عوامل اقلیمی و محل استقرار تشتک، ضریب تشتک تعیین و سپس مقادیر ET0 محاسبه می‌شد. پس از آن با تعیین ضریب گیاهی در هر مرحله، مقدار نیاز آبی از رابطه زیر محاسبه می‌شد:

$$ETc=Kc.ET0$$

با توجه به اینکه در این تحقیق آب آبیاری با استفاده از شبکه لوله‌های پلی اتیلن تا محل هر کرت منتقل می‌شد و شیارهای هر کرت طوری تنظیم شده بودند که آبی از انتهای شیارها خارج نشود، راندمان آبیاری ۹۰ درصد در نظر گرفته شد. پس از محاسبه نیاز آبیاری کامل (تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی)، جهت تعیین نیاز آبی تیمارهای مختلف (۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی)، نیاز آبیاری کامل در ضرایب ۰/۵، ۰/۷۵، ۱/۰ و ۱/۲۵ ضرب شد.

هر کرت شامل چهار پشته به طول ۸ متر با فواصل ۷۵ سانتی‌متر بود. فواصل بوته‌ها روی هر ردیف ۲۵ سانتی‌متر انتخاب گردید. به منظور حذف اثرات ناشی از نفوذ آب و کود از تیمارهای مختلف روی یکدیگر،

فواصل بین هر تیمار کودی دو خط نکاشت (۱/۵ متر) و فاصله بین تیمارهای آبی سه خط نکاشت (۲/۲۵ متر) انتخاب شد. بنابراین سطح هر کرت کودی حدود ۴۰ متر مربع و هر کرت آبی ۱۶۰ مترمربع و هر بلوک ۶۴۰ مترمربع بود. این طرح در دو فصل زراعی (۱۳۷۹ و ۱۳۸۰) اجرا شد. برداشت محصول در هر سال به صورت دستی آن جام شد. به منظور حذف اثرات حاشیه‌ای، یک متر از ابتدا و انتهای دو خط وسط هرکرت حذف و برداشت محصول از وسط دو خط میانی کرت‌ها آن جام شد. برای آن جام برخی آزمایشات کیفی مانند غلظت نیتروژن غده‌ها، نمونه‌هایی از هر تیمار تهیه و به آزمایشگاه منتقل شدند. اندازه گیری نیتروژن نیترات غده ها به روش دی آزو آن جام شد. پارامترهای اندازه‌گیری شده با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری MSTAT-C در هر سال مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و داده‌های دو سال تجزیه مرکب شد.

نتایج

خصوصیات کمی محصول (عملکرد)

فاکتورهای آب و نیتروژن و اثرات متقابل آنها در هر دو سال آزمایش، عملکرد محصول را تحت تأثیر قرار دادند. عملکرد محصول در تیمارهای مختلف در سطح یک درصد معنی‌دار شد. نتایج حاصل از ادغام داده‌های دو سال نشان داد حداکثر عملکرد (۲۵/۲ تن در هکتار) مربوط به تیمار آبی ۱۲۵ درصد بود. تیمارهای آبی ۷۵ و ۱۰۰ با عملکرد ۲۰/۲ در یک گروه آماری قرار گرفتند و حداقل عملکرد از تیمار آبی ۵۰ درصد (۱۱ تن در هکتار) حاصل شد (جدول ۳).

عامل نیتروژن نیز بر عملکرد محصول موثر بود. تجزیه مرکب نتایج حاصل از دو سال نشان داد که بین عملکرد محصول در تیمارهای کودی اختلاف معنی‌داری وجود داشت. تیمارهای ۷۵، ۱۲۵، ۱۰۰ درصد به ترتیب با متوسط عملکرد ۲۰/۷ ، ۲۰/۵ و ۱۹/۲ تن در هکتار در یک گروه مشابه و تیمار کودی ۵۰ درصد با متوسط عملکرد ۱۶/۲ تن در هکتار در گروهی متفاوت با سایر تیمارها جای گرفت (جدول ۴).

اثر مشترک (متقابل) فاکتورهای آب و نیتروژن نیز اختلاف معنی‌داری (سطح یک درصد) در عملکرد محصول ایجاد نمود. به طوری که بیشترین عملکرد محصول از تیمار W_{125} N_{75} (تیمار آبی ۱۲۵ و کودی ۷۵ درصد) با متوسط عملکرد ۲۷/۸ تن در هکتار و حداقل عملکرد از تیمار $W_{50}N_{125}$ با متوسط ۹/۵ تن در هکتار حاصل شد (۴۰ درصد اختلاف عملکرد). جدول ۵ مقایسه میانگین اثر مشترک فاکتورهای آب و نیتروژن بر عملکرد محصول را نشان می دهد.

خصوصیات کیفی محصول

غلظت نیتروژن نیترات غده‌های سیب‌زمینی

براساس نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده‌های دو سال مشخص شد که اثر فاکتور آب بر غلظت نیتروژن نیتراته غده‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار است. حداکثر غلظت نیتروژن غده‌ها در تیمار آبی ۵۰ درصد برابر با ۳۱۰ میلی گرم در کیلوگرم بود (جدول ۶). تنش های رطوبتی از جمله عوامل محیطی هستند که از طریق تأثیر بر فعالیت آنزیم کاهش دهنده نیترات (نیترات رداکتاز) باعث افزایش تجمع نیتروژن نیتراته در گیاه می گردد (ملکوتی، ۱۳۷۹)، که با نتایج این آزمایش همخوانی دارد.

کود نیتروژن نیز بر غلظت نیتروژن غده‌های سیب‌زمینی موثر بود، به طوری که تیمارهای کودی ۱۰۰ ، ۱۲۵ و ۷۵ درصد به ترتیب با غلظت نیتروژن نیتراته ۳۱۱/۸ ، ۳۰۳/۴ و ۲۷۸ میلی گرم در کیلوگرم در یک گروه آماری و تیمار کودی ۵۰ درصد در گروه پایین‌تر قرار گرفتند (جدول ۷).

نتایج نشان داد اثر متقابل آب و کود نیتروژن بر میزان تجمع غلظت نیتروژن نیتراته در غده‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار است. گروه‌بندی میزان متوسط غلظت نیتروژن نیتراته غده‌ها متأثر از اثر متقابل آب و کود نیتروژن در جدول ۸ ارایه شده است.

کارآیی مصرف آب

متوسط آب مصرفی در سطوح آبی ۵۰، ۷۵، ۱۰۰و ۱۲۵ درصد در دو سال آزمایش به ترتیب ۴۰۰۰، ۶۰۰۰، ۸۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ مترمکعب در هر هکتار بود. کارایی مصرف آب از تقسیم متوسط عملکرد تیمارهای مختلف بر متوسط آب مصرفی در هر تیمار به دست آمد. نتایج تجزیه مرکب نشان داد که فاکتورهای آب و کود نیتروژن و اثر متقابل آنها بر کارایی مصرف آب در سطح یک درصد معنی‌دار است. بیشترین کارایی مصرف آب (در اثر جداگانه عامل آب) مربوط به سطح آبی ۷۵ درصد (۳/۴ کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار) بود. سطوح آبی ۵۰، ۱۲۵ و ۱۰۰ درصد به ترتیب با کارایی ۲/۷، ۲/۵ و ۲/۵ در گروه پایین‌تری نسبت به سطح آبی ۷۵ درصد قرار گرفتند (جدول ۹).

اثر جداگانه کود نیتروژن نیز سبب شد که بیشترین کارایی مصرف آب از سطح کودی ۷۵ درصد با متوسط ۳ و کمترین کارایی مصرف آب از تیمار کودی ۵۰ درصد با متوسط ۲/۴ کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار حاصل شود (جدول ۱۰).

در بررسی اثر متقابل (مشترک) آب و کود نیتروژن، بیشترین کارایی مصرف آب از تیمارهای N_{75} W_{75}

و N_{125} W_{75} به ترتیب با مقادیر ۳/۹۷ و ۳/۹۰ کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار به دست آمد. سایر تیمارها در گروه‌های پایین‌تری قرار گرفتند.

بحث و نتیجه‌گیری

اثر آبیاری و نیتروژن بر عملکرد

اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر عملکرد محصول در جدول ۳ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، اثر تیمارهای آبیاری بر عملکرد میوه در سطح یک درصد معنی‌دار شد. افزایش ۲۵ درصدی آب آبیاری نسبت به آبیاری کامل، سبب افزایش ۲۰ درصدی عملکرد شد. کاهش ۵۰ درصد آب آبیاری نسبت به آبیاری کامل نیز سبب کاهش ۵۰ درصد عملکرد محصول شد. این مساله نشان می‌دهد که گیاه سیب زمینی بسیار حساس به تنش‌های آبی است و عملکرد آن به شدت تحت تأثیر شرایط کم آبیاری قرار می‌گیرد. در شرایط کم آبی که ناچار به آن جام کم آبیاری هستیم، کم آبیاری فقط در حد ۲۵ درصد مجاز است و با کاهش بیشتر از ۲۵ درصد آب آبیاری، محصول دارای عملکرد اقتصادی نخواهد بود. از مطالعات موسوی و همکاران، محمدی و همکاران و پژوهش‌های دیگران نیز نتایج مشابه به دست آمده است.

اثر تیمارهای مختلف نیتروژن بر عملکرد محصول نیز در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اما بین تیمارهای مصرف کامل، ۲۵ درصد مصرف بیشتر از نیاز و ۲۵ درصد کمتر از نیاز کامل کود نیتروژن تفاوتی مشاهده نشد. دلیل این امر علاوه بر دلایل فیزیولوژیکی، ممکن است به خاطر تنش‌های اسمزی حاصل از مصرف زیاد نیتروژن باشد که در جذب آب توسط ریشه اختلال ایجاد می‌کند.

با افزایش کود نیتروژن از سطح ۷۵ درصد به بالا در تیمارهای آبی یکسان، عملکرد محصول کاهش یافت (جداول ۴ و ۵). علت آن این است که با افزایش مقدار کود نیتروژن (در تیمارهای آبیاری یکسان)، برخی عوامل بیماری‌زا در گیاه سیب‌زمینی افزایش می‌یابد. بررسی‌ها نشان داده است که افزایش مصرف کود نیتروژن، بیماری شوره سیاه که یکی از مهمترین بیماری‌های سیب‌زمینی است و نقش زیادی در مرگ و میر بوته‌ها و عملکرد محصول دارد را افزایش می‌دهد (موسوی فضل، ۱۳۸۲). در این تحقیق اثر آب و کود نیتروژن بر بیماری شوره سیاه نیز بررسی شد. در تیمارهای $W_{100}N_{100}$ و $W_{125}N_{125}$ بیشترین آلودگی به بیماری شوره سیاه (به ترتیب ۱/۳ و ۱/۰۷ درصد) مشاهده شد. کمترین درصد آلودگی به این بیماری (۰/۹ درصد) در تیمار $W_{75}N_{75}$ مشاهده گردید. بنابراین افزایش آب و کود نیتروژن از سطح ۷۵ درصد به بالا سبب افزایش بیماری شوره سیاه و در نتیجه مرگ و میر بوته‌ها می‌شود که این امر کاهش محصول را باعث می‌شود. تیمار کودی ۵۰ درصد نیاز کامل، سبب افت شدید عملکرد شد. از طرفی تأمین کود نیتروژن در حد نیاز واقعی و بیشتر از آن به دلیل افزایش هزینه‌های تولید، بی‌اثر بودن در عملکرد و گاهی تأثیر منفی بر عملکرد و کیفیت محصول (تجمع نیتروژن نیتراته در غده‌ها) ضرورتی ندارد. بنابراین تأمین ۷۵ درصد نیاز کودی برای تولید محصولی با عملکرد و کیفیت مطلوب مناسب خواهد بود. در پژوهش فرهمند و همکاران (۱۳۸۴) نیز همین نتیجه در مورد محصول گوجه‌فرنگی حاصل شده است.

اثر آبیاری و نیتروژن بر غلظت نیتروژن نیتراته غده‌ها

اثر آبیاری بر غلظت نیتروژن جمع شده در غده‌های سیب‌زمینی براساس جدول ۶ در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین غلظت نیتروژن نیتراته غده‌ها از تیمارهایی که فقط ۵۰ درصد نیاز آبی آنها تأمین شد و تیماری که ۲۵ درصد بیشتر از نیاز واقعی آبیاری شد، به دست آمد. دلیل آن این است که در اثر هر عامل یا محدودیتی که متابولیسم گیاه تحت تأثیر منفی قرار گیرد، نیتروژن موجود در گیاه نمی‌تواند به اشکال دیگر تبدیل شود. بنابراین نیتروژن به صورت نیتروژن نیتراته (نیتروژن مضر) به ناچار در غده‌ها یا میوه تجمع می‌یابد. در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی، محدودیت آب سبب تجمع نیتروژن شد و در تیمار آبیاری ۱۲۵ درصد (آبیاری ۲۵ درصد بیشتر از نیاز کامل) نیز آب زیاد سبب شیوع بیماری شوره سیاه و کاهش عملکرد گردید. بنابراین سطح آبی ۷۵ درصد، مناسب‌ترین سطح تأمین آب به منظور دستیابی به عملکرد مناسب وغلظت مطلوب نیترات می‌باشد.

اثر تیمارهای کودی نیز بر تجمع نیتروژن نیتراته غده‌ها موثر بود. هر چه مصرف کود نیتروژن افزایش یافت، میزان تجمع نیتروژن نیتراته در غده‌ها نیز افزایش نشان داد. این حالت امری بدیهی است، زیرا هر چه نیتروژن در دسترس گیاه افزایش یابد، تجمع نیتروژن نیتراته در غده‌ها افزایش خواهد یافت. اثر متقابل آب و کود نیتروژن بر تجمع نیتروژن نیتراته غده‌ها نیز در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول۸). این نتایج نشان می‌دهد که هر عامل محدود کننده مانند کمبود آب، فراوانی آب (تشدید بیماری شوره سیاه) و فراوانی نیتروژن باعث می‌شود که تجمع نیتروژن نیتراته در گیاه آن جام شود. بنابراین تیمارهای دارای این محدودیت، دارای غلظت نیتروژن نیتراته زیادی بودند، لذا تیمار $N_{75}W_{75}$ دارای نیتروژن نیتراته مناسبی است.

اثر تیمارهای آبیاری و کود نیتروژن بر کارایی مصرف آب

براساس نتایج تحقیق، تیمارهای آبیاری بر کارایی مصرف آب مؤثر بودند. آبیاری کامل و بیشتر از نیاز واقعی (تیمار آبی ۱۲۵ درصد) و همچنین تیمار کم آبیاری به مقدار ۵۰ درصد سبب کاهش کارایی مصرف آب شد. این امر به دلیل حساسیت گیاه سیب‌زمینی به کم آبیاری زیاد (۵۰ درصد) و آبیاری بیش از نیاز کامل (به علت افزایش بیماری شوره سیاه و نیز اینکه مصرف زیاد آب مطابق فرمول، کارایی مصرف آب را کاهش می‌دهد) موجب کاهش عملکرد و کارایی مصرف آب می‌شود. تیمارهای کودی نیز بر کارایی مصرف آب مؤثر بودند. کارایی مصرف آب در تیمارهای کودی به جزء تیمار کودی ۵۰ درصد نیاز کامل، تفاوتی با یکدیگر نداشتند.

جدول۱ ـ خصوصیات فیزیکی ـ شیمیایی خاک مزرعه

پارامترهای اندازه‌گیری شده	عمق خاک (سانتی‌متر)	
	۰ – ۳۰	۳۰-۶۰
بافت خاک	لوم	لوم
ـ درصد شن	۴۵	۴۵
ـ درصد سیلیت	۳۲	۳۴
ـ درصد رس	۲۳	۲۱
وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب)	۱/۴۶	۱/۵۹
رطوبت وزنی در حد ظرفیت مزرعه (درصد)	۲۰/۷	۱۹/۷
رطوبت وزنی در نقطه پژمردگی (درصد)	۹/۵	۹
پ-هاش	۷/۹	۷/۸
هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (دسی زیمنس بر متر)	۱/۴	۱/۳
عناصر غذایی		
ـ پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)	۳۷۰	۳۶۰
ـ فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)	۱۶	۱۲
ـ نیتروژن کل (میلی گرم بر کیلوگرم)	۵۰۰	۵۰۰

جدول ۲ - نتایج تجزیه کیفی آب

هدایت‌الکتریکی (دسی زیمنس برمتر)	اسیدیته گل اشباع pH	کاتیونهای محلول (میلی اکی والان برلیتر)				آنیونهای محلول (میلی اکی والان بر لیتر)		SAR
		$Ca^{2+}+Mg^{2+}$	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	SO_4^{2-}	$HCO_3^{-}+CO_3^{2-}$	
۱/۱۵	۸/۱	۵/۶	۳/۵	–	۵/۲	۰/۹۲	۲/۹۸	۲/۱

جدول ۳ - اثر تیمارهای آبی بر متوسط عملکرد

تیمار	W_{125}	W_{100}	W_{75}	W_{50}
عملکرد (تن درهکتار)	۲۵/۲ A*	۲۰/۲B	۲۰/۲B	۱۱/۰C

* میانگین هایی که در هر ستون در یک حرف مشترک می باشند، از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند.

جدول ۴- اثر تیمارهای کود نیتروژن بر متوسط عملکرد

تیمار	N_{75}	N_{125}	N_{100}	N_{50}
عملکرد (تن در هکتار)	۲۰/۷ A*	۲۰/۵ A	۱۹/۲A	۱۶/۲B

* میانگین هایی که در هر ستون در یک حرف مشترک می باشند، از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند.

جدول ۵- گروه‌بندی متوسط عملکرد تیمارها (اثر مشترک فاکتورها)

تیمار	$W_{125}N_{75}$	$W_{125}N_{125}$	$W_{125}N_{100}$	$W_{75}N_{125}$	$W_{75}N_{75}$	$W_{100}N_{125}$	$W_{100}N_{100}$	$W_{125}N_{50}$	$W_{100}N_{75}$	$W_{75}N_{100}$	$W_{100}N_{50}$	$W_{75}N_{50}$	$W_{50}N_{100}$	$W_{50}N_{75}$	$W_{50}N_{125}$
عملکرد (تن در هکتار)	۲۷/۸	۲۷/۷	۲۵/۸	۲۳/۷	۲۳/۵	۲۲	۲۱/۵	۲۰/۶	۲۰/۲	۱۷/۵	۱۶/۸	۱۶/۲	۱۲	۱۱/۳	۱۱/۱	۹/۵
گروه‌بندی	A*	A	AB	ABC	ABC	BCD	BCD	CDE	CDE	DE	E	E	F	F	F	F

* میانگین هایی که در هر ستون در یک حرف مشترک می باشند، از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند.

جدول ۶- اثر تیمارهای آبی بر غلظت نیتروژن غده‌ها (میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک)

تیمار	W_{50}	W_{125}	W_{100}	W_{75}
غلظت نیتروژن غده‌ها (میلی گرم بر کیلوگرم)	۳۱۰ A*	۲۹۶/۶Ab	۲۹۲B	۲۷۷B

*میانگین هایی که در هر ستون در یک حرف مشترک می باشند، از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند.

جدول ۷- اثر تیمارهای کود نیتروژن بر غلظت نیتروژن غده‌ها

تیمار	N_{100}	N_{125}	N_{75}	N_{50}
غلظت نیتروژن غده‌ها (میلی گرم بر کیلوگرم)	۳۱۱/۸A*	۳۰۳/۴Ab	۲۷۸Ab	۲۷۱/۷B

*میانگین هایی که در هر ستون در یک حرف مشترک می باشند، از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند.

جدول ۸ ـ گروه‌بندی نیتروژن نیتراته غده‌های سیب‌زمینی (اثر مشترک فاکتورها)

تیمار	$W_{50}N_{100}$	$W_{50}N_{125}$	$W_{125}N_{50}$	$W_{100}N_{75}$	$W_{100}N_{125}$	$W_{100}N_{100}$	$W_{75}N_{125}$	$W_{50}N_{50}$	$W_{75}N_{100}$	$W_{125}N_{100}$	$W_{125}N_{75}$	$W_{75}N_{75}$	$W_{125}N_{125}$	$W_{75}N_{50}$	$W_{50}N_{75}$	$W_{100}N_{50}$
غلظت نیتروژن غده ها (میلی گرم بر کیلوگرم)	۳۵۵/۳	۳۴۵/۱	۳۴۲/۶	۳۱۸/۴	۳۰۵/۳	۳۰۲/۴	۳۰۰/۴	۲۹۹/۶	۲۹۷/۸	۲۹۱/۶	۲۸۵/۵	۲۶۸/۴	۲۶۲/۸	۲۴۲/۴	۲۳۹/۸	۲۰۲/۱
گروه‌بندی	A*	AB	ABC	ABCD	ABCD	ABCD	ABC D	ABC D	ABC D	ABC D	ABC D	BCD E	CDE	DE	DE	E

* میانگین هایی که در هر ستون در یک حرف مشترک می باشند، از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند.

جدول ۹ - اثر تیمارهای آبی بر کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار)

تیمار	W_{75}	W_{50}	W_{125}	W_{100}
کارایی مصرف آب	۳/۴A*	۲/۷B	۲/۵۴B	۲/۵B

* میانگین هایی که در هر ستون در یک حرف مشترک می باشند، از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند.

جدول ۱۰- اثر تیمارهای کود نیتروژن بر کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار)

تیمار	N_{125}	N_{75}	N_{100}	N_{50}
کارایی مصرف آب	۲/۹ A*	۳/۰A	۲/۸A	۲/۴B

* میانگین هایی که در هر ستون در یک حرف مشترک می باشند، از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند.

فهرست منابع:

۱. صوفیان م. ۱۳۷۱. خلاصه مقالات اولین سمینار تحقیقات سبزی و صیفی. انتشارات فردابه.

۲. فرهمند، ع.ر.،ح. فرداد، ع.م. لیاقت و ع.ک. کاشی. ۱۳۸۴. بررسی تأثیر میزان آب آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد و بازده مصرف آب در گوجه‌فرنگی. مجله علوم خاک و آب. شماره ۲. جلد ۱۹. صفحه ۲۷۰-۲۶۳.

۳. فکرمندی، ع. ۱۳۷۱. خلاصه مقالات اولین سمینار تحقیقات و صیفی انتشارات فردابه.

۴. محمدی، ع.ر و ف. فائزنیا. ۱۳۸۰. اثر تنش رطوبتی بر رشد و عملکرد دو رقم سیب زمینی. گزارش پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی سمنان (شاهرود).

۵. ملکوتی، م.ج. و م. نفیسی. ۱۳۸۰. عزم ملی برای تولید کود در داخل کشور. انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب.

۶. ملکوتی، م.ج. ۱۳۷۹. کنترل غلظت نیترات در سیب‌زمینی، پیاز و سبزی‌ها ضرورت انکارناپذر در حفظ سلامت جامعه. مجله علمی و پژوهشی موسسه تحقیقات خاک و آب، جلد ۱۲، شماره ۹. تهران، ایران.

۷. موسوی فضل، ح.، ف. فائزنیا، و ف. امتی. ۱۳۸۲. تأثیر مقادیر مختلف آب و کود نیتروژن عملکرد، کیفیت و بیماری‌های قارچی سیب‌زمینی. گزارش پژوهشی. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی.

۸. نوری، الف. ع. ۱۳۸۰ . اثر کودهای پتاسمی و سولفات روی بر عملکرد و کیفیت سیب‌زمینی و کاهش غلظت نیترات و کادمیم در سیب‌زمینی منطقه زنجان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران.

۹. هاشمی، ح.ر. و ع.ک. کاشی. ۱۳۷۱. اثر نیتروژن روی خواص کمی وکیفی چهار رقم گوجه‌فرنگی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

10. Dangler, J.M. and S. J. Locascio. 1990. Yield of trickle irrigated tomatoes as effected by time of N and K application. Journal of American Society Horticulture Science, 115: 585-589.

11. Porter, W.P., J. Jaeger and I. Carlson. 1999. Endoerine, immune, and behaviorl effects of aldicarb (carbamate), atrazine (tviazine), and nitrate (fertilizer) mixtures at ground water concentrations. Toxicology and Industrial Health, 15 (1-2):133-150.