نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۳ / شماره ۲/ ۱۳۹۸
Archive of SID
10.22092/JWRA.2019.119739

تأثیر تنش آبی و کود نیتروژن بر عملکرد و بهره‌وری آب سیب‌زمینی

رحیم مطلبی‌فرد [۱] *

استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران.

motalebifard@gamil.com

چکیده

تنش آبی به‌عنوان مهم‌ترین تنش غیر زیستی، اثرهای بسیار نامطلوب بر جذب عناصر غذایی، رشد و عملکرد گیاهان دارد. عناصر غذایی از جمله نیتروژن در مقابله با تنش آبی مؤثر هستند و مصرف مناسب نیتروژن می‌تواند از کاهش شدید عملکرد در شرایط تنش آبی جلوگیری نماید. پژوهش حاضر برای بررسی تأثیر نیتروژن و آبیاری بر عملکرد و کیفیت سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) اجرا شد. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و با دو فاکتور آبیاری در چهار سطح (با فواصل ۳-۰، ۶-۳، ۹-۶ و ۱۲-۹ متر از خط اصلی آبیاری) و نیتروژن در ۳ سطح (۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) و در سه تکرار با استفاده از سیستم آبیاری بارانی تک‌شاخه اجرا شد. برای اندازه‌گیری کل آب رسیده به هر واحد آزمایشی از قوطی‌هایی که در وسط آن مستقر شده بود، استفاده شد. آنالیز آماری نتایج با استفاده از روشی که توسط هنکز تشریح شده است انجام شد. نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که مصرف نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار عملکرد، طول ساقه، تعداد برگ، بهره‌وری آب و غلظت نیتروژن بخش هوایی سیب‌زمینی شد. افزایش فاصله از خط آبیاری باعث کاهش عملکرد، طول ساقه، تعداد برگ و بهره‌وری آب شد. اثر دوجانبه آبیاری و نیتروژن بر هیچ کدام از ویژگی‌های اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود. مناسبترین تیمار از نظر بهره‌وری آب (۳/۹۱ کیلوگرم بر مترمکعب آب) مصرف ۶۲۱ میلی‌متر آب آبیاری همراه با مصرف ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص بود و قابل توصیه می‌باشد. حداکثر عملکرد سیب‌زمینی (۴۲۱۵۸ کیلوگرم در هکتار) هم از تیمار کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و مصرف ۸۱۱ میلی‌متر آب آبیاری به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری بارانی تک شاخه‌ای، اثر توام آب و کود، تنش غیر زیستی

---

۱ – آدرس نویسنده مسئول: بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

* – دریافت: آذر ۱۳۹۷ و پذیرش: مرداد ۱۳۹۸

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

سیب‌زمینی جزو مهم‌ترین محصولات زراعی دنیا می‌باشد و بعد از ذرت، گندم و برنج چهارمین محصول از نظر تولید محصول در دنیا می‌باشد (فائو، ۲۰۱۷). در ایران هم سیب‌زمینی با ٤/٥ میلیون تن تولید سالانه بعد از گندم، نیشکر، گوجه‌فرنگی و یونجه بیشترین مقدار تولید را به خود اختصاص داده است. ضریب تبدیل انرژی در محصول سیب‌زمینی بسیار مطلوب می‌باشد و با مصرف یک واحد آب بیشترین ماده خشک را در بین محصولات زراعی عمده کشور تولید می‌نماید به‌طوری‌که با استفاده از ۱/۳ درصد سطح زیر کشت کل اراضی کشور و حدود ۲/۵ درصد اراضی آبی کشور، حدود هفت درصد کل تولیدات زراعی به محصول سیب‌زمینی اختصاص دارد (بی‌نام، ۱۳۹۵). تولید سیب‌زمینی در کشور با مشکلات زیادی روبرو است که شاید کمبود آب یکی از مهم‌ترین مشکلات باشد. قرار گیری ایران در منطقه خشک و نیمه خشک باعث شده است توجه جدی به کمبود آب در اولویت قرار گیرد.

در مناطق خشک و نیمه‌خشک کمبود آب مهم‌ترین عامل محدودکننده تولیدات کشاورزی می‌باشد. در کشورهای در حال توسعه مانند ایران افزایش سطح زیر کشت همراه با کاهش منابع آب نقش این عامل را بارزتر کرده است. به‌علت مصرف عمده آب در بخش کشاورزی، مصرف مؤثر این ماده حیاتی برای حفظ منابع موجود ضروری می‌باشد (ایرنا و مائوریمیکاله، ۲۰۱۲). برای عملکرد مطلوب سیب‌زمینی وجود رطوبت کافی در خاک مخصوصاً در دوره‌های تشکیل و پر شدن غده‌ها ضروری است (جفریز و مک‌کرون، ۱۹۹۳). سیب‌زمینی به‌علت سامانه ریشه سطحی و کم پشت به‌عنوان محصول حساس به کمبود آب شناخته شده است و بر اثر تنش کمبود آب عملکرد آن به‌شدت کاهش می‌یابد (ایرنا و مائوریمیکاله، ۲۰۱۲). کمبود آب رشد و توسعه ریشه، برگ و غده سیب‌زمینی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به‌عنوان مثال شاخص سطح برگ، ارتفاع ساقه و وزن بخش هوایی در شرایط کمبود آب به‌شدت کاهش می‌یابد (دبلونده و لدنت،۲۰۰۱؛ فلیشر و همکاران، ۲۰۰۸). برای دستیابی به حداکثر عملکرد، نباید رطوبت خاک مخصوصاً در زمان تشکیل غده کم‌تر از ۵۰ درصد آب قابل‌استفاده باشد. تنش جزئی کمبود آب باعث کاهش تعداد و اندازه برگ، فتوسنتز و به‌دنبال آن تعداد، اندازه و درصد غده‌های قابل‌فروش خواهد شد (حسن‌پناه، ۲۰۱۰). تأثیر تنش کمبود آب بر عملکرد سیب‌زمینی به‌شدت، مدت و دوره اعمال (فلیشر و همکاران، ۲۰۱۲) تنش بستگی دارد. تنش کمبود آب در تمام دوره رشد میزان فتوسنتز سیب‌زمینی را کاهش می‌دهد ولی بیش‌ترین تأثیر تنش کمبود آب بر عملکرد سیب‌زمینی در مرحله تشکیل و پر شدن غده‌ها اتفاق می‌افتد (اوندر و همکاران، ۲۰۰۵).

پژوهش‌هایی در مورد تأثیر تنش کمبود آب در دنیا و ایران بر سیب‌زمینی انجام شده است که از جمله آنها می‌توان به پژوهشهای دبلونده و لدنت (۲۰۰۱)، اوندر و همکاران (۲۰۰۵)، حسن‌پناه (۲۰۱۰) و مطلبی‌فرد و همکاران (۱۳۹۳) انجام شده است. یکی از روش‌هایی که می‌تواند در شناخت عکس‌العمل گیاهان به تنش‌های رطوبتی مورد استفاده قرار گیرد، استفاده از سیستم آبیاری بارانی تک شاخه‌ای است. با استفاده از این سیستم و بر اساس فاصله از لوله لاترال مرکزی می‌توان شیب رطوبتی ایجاد کرد تا شرایط مواجهه گیاه با مقادیر مختلف آب آبیاری فراهم شود. این سیستم روشی ساده، قابل اعتماد و مطمئن برای اجرای سطوح مختلف تنش آبی است (هنکز و همکاران، ۱۹۷٦). در سطح دنیا و ایران از این روش در پژوهش‌هایی استفاده شده که از آن‌جمله می‌توان به سینگ و همکاران (۱۹۹٤) بر روی سیب‌زمینی، توحیدلو و همکاران (۲۰۰٤)، بر روی چغندرقند و گنج‌اوقلان و همکاران (۲۰۰٦) بر روی فلفل اشاره کرد. در این پژوهش‌ها عمدتاً اثر دوجانبه سطوح آبیاری همراه با رقم، یا در بعضی موارد فاکتور تغذیه‌ای (عمدتاً نیتروژن) مورد ارزیابی قرارگرفته است.

www.SID.ir

Archive of SID

فراهمی نیتروژن در خاک به دلیل نقش بارزش در گیاه، اهمیت زیادی در تولید پروتئین، اسیدهای نوکلئیک و سنتز کلروفیل دارد (هور و همکاران، ۲۰۱٤). نیتروژن باعث افزایش سرعت تشکیل و ت-وسعه برگ‌ها می‌شود (زمان و همکاران، ۲۰۱۱؛ هور و همکاران، ۲۰۱٤) و به دلیل تأثیر آن در ساختمان کلروفیل در فتوسنتز نقش اساسی دارد. نیتروژن در واکنش‌های متابولیکی نقش کلیدی ایفا نموده و در دیواره سلول نقش ساختمانی دارد (زمان و همکاران، ۲۰۱۱). سیب‌زمینی نیاز بسیار زیادی به نیتروژن دارد. غلظت این عنصر در گیاه سیب‌زمینی بسیار بالا می‌باشد و یک هکتار سیب‌زمینی حدود ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از خاک جذب می‌کند (بصیرت و مطلبی‌فرد، ۱۳۹۵). مصرف مناسب نیتروژن در مرحله رشد رویشی باعث رشد رویشی قوی‌تر و توسعه مناسب‌تر برگ‌ها می‌شود. اگر نیتروژن کم‌تر از مقدار نیاز مصرف شود، رسیدگی تسریع شده و عملکرد کاهش می‌یابد. در واقع رابطه مثبت و معنی‌داری بین عملکرد و میزان نیتروژن مصرفی وجود دارد و مصرف نیتروژن باعث افزایش عملکرد، نشاسته، پروتئین محلول و ویتامین C غده سیب‌زمینی می‌گردد. ولی مصرف زیادتر نیتروژن به‌خصوص در مراحل انتهایی رشد عملکرد، مقدار نشاسته و کیفیت انباری غده‌ها را کاهش می‌دهد (یانگ و همکاران، ۲۰۱۷).

در شرایط تنش آبی غلظت عناصر غذایی در بخش هوایی و غده گیاه ممکن است افزایش یا کاهش یابد؛ در واقع غلظت نهایی عناصر غذایی به ویژه نیتروژن در شرایط تنش آبی، به نسبت کاهش جذب عنصر غذایی به کاهش وزن خشک گیاه بستگی دارد. اگر کاهش رشد شدیدتر از کاهش جذب باشد عناصر غذایی تجمع می‌یابند و اگر کاهش جذب شدیدتر باشد غلظت عناصر غذایی کاهش می‌یابد (سامارا و مولن، ۲۰۰٤). همچنین در شرایط تنش کمبود آب ممکن است معدنی‌شدن نیتروژن آلی خاک کاهش یافته و درنتیجه جذب و انتقال نیتروژن از ریشه به بخش هوایی نیز کاهش یابد. کاهش غلظت نیتروژن به علت تنش کمبود آب در مطالعاتی از جمله گندم، سویا، برنج و ذرت مشاهده شده است (اکرم و همکاران، ۲۰۰۸). افزایش نیتروژن مصرفی زمانی عملکرد را افزایش می‌دهد که تنش آبی شدید نباشد. همچنین، در شرایط رطوبت کافی مصرف نیتروژن مناسب باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود در حالی که در شرایط تنش رطوبتی، مصرف نیتروژن عمدتاً غلظت آن را در دانه افزایش می‌دهد. درحالی‌که تنش آبی معدنی شدن نیتروژن را در خاک کم می‌کند و بنابراین فراهمی آن را کاهش می‌دهد، کاهش جذب نیتروژن به وسیله گیاه به کاهش میزان تعرق و انتقال نیتروژن از ریشه به ساقه نسبت داده می‌شود (یونجای و اشمیدهالتر، ۲۰۰۵).

سبحانی و حمیدی (۱۳۹۲) با استفاده از سیستم آبیاری بارانی تک‌شاخه تأثیر تنش آبی و پتاسیم را بر عملکرد و بهره‌وری آب در سیب‌زمینی بررسی کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد سیب‌زمینی در شرایط بدون تنش آبی و مصرف ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار اکسید پتاسیم به دست آمد. درحالی‌که با افزایش تنش آبی عملکرد سیب‌زمینی حدود ۷۰ درصد کاهش یافت و بیشترین راندمان مصرف آب در شرایط تنش خیلی شدید آبی و مصرف ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار اکسید پتاسیم به دست آمد.

بدر و همکاران (۲۰۱۲) با انجام آزمایشی بر روی سیب‌زمینی، چهار سطح آبیاری شامل ٤۰، ٦۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق پتانسیل را در تمام دوره رشد در ترکیب با تیمارهای نیتروژن به‌کار بردند. نتایج نشان داد که تمام تیمارهای تنش کمبود آب باعث کاهش عملکرد سیب‌زمینی شدند. تنش کمبود آب میانگین وزن غده را بیش‌تر از تعداد غده تحت تأثیر قرار داده و باعث کاهش عملکرد شد. مصرف تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی را در تمام سطوح آبیاری افزایش داد ولی با افزایش بیشتر نیتروژن در شرایط تنش آبی عملکرد کاهش یافت.

www.SID.ir

Archive of SID

باقری و همکاران (۱۳۹۵) تأثیر تنش کم آبی و مقادیر مختلف نیتروژن را بر عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی بررسی کردند. نتایج نشان داد که با اعمال تنش کم‌آبی و کاهش مصرف نیتروژن تعداد غده در بوته و وزن غده‌ها کاهش یافت. تنش آبی منجر به افت شدید عملکرد گردید. در شرایط تنش شدید آبی کاهش ۳۵ درصدی مصرف نیتروژن نه تنها باعث کاهش عملکرد نشد بلکه عملکرد را حدود ۲۰ درصد افزایش داد. نتایج مشابه با این نتایج در بررسی موسوی‌فضل و فائزنیا (۱۳۸۷) نیز به دست آمد.

گاتونگو و همکاران (۲۰۱۳) تأثیر آب آبیاری، نیتروژن و فسفر را بر عملکرد و ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر سیب‌زمینی بررسی کردند. نتایج نشان داد کاهش مصرف آب آبیاری باعث کاهش وزن غده‌ها، طول و تعداد جوانه‌های روی بذر و درصد جوانه‌زنی بذور گردید. مصرف نیتروژن اثرهای منفی تنش آبی را بر ویژگی‌های یاد شده کاهش داد.

ساراویا و همکاران (۲۰۱٦) گزارش نمودند با افزایش تنش کم آبی، بهره‌وری نیتروژن در اکثر ارقام سیب‌زمینی کاهش یافت. در شرایط بدون تنش آبی بیشترین بهره‌وری نیتروژن در شرایط مصرف متوسط نیتروژن مشاهده شد. در تمام ارقام تنش آبی باعث کاهش عملکرد گردید و اثر نیتروژن بر افزایش عملکرد سیب‌زمینی در شرایط تنش آبی بارزتر بود.

فاندیکا و همکاران (۲۰۱٦) تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری و نیتروژن را بر عملکرد و بهره‌وری آب ارقام سنتی و مدرن سیب‌زمینی بررسی کردند. نتایج نشان داد که ارقام مدرن سیب‌زمینی پاسخ بیشتری به مصرف آب آبیاری و نیتروژن در مقایسه با ارقام قدیمی دادند. با مصرف مقادیر نیتروژن بیشتر از ۸۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد ارقام سنتی کاهش و ارقام مدرن افزایش یافت. آبیاری باعث افزایش عملکرد تمام ارقام گردید.

نادری و همکاران (۱۳۹۵) تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری را بر خواص کمی و کیفی سیب‌زمینی در منطقه شهرکرد بررسی کردند. نتایج نشان داد با افزایش آب مصرفی عملکرد سیب‌زمینی افزایش یافت و بیشترین مقدار آن از ۱۳۰ درصد آبیاری کامل (٤٥۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد که نسبت به ٤۰ درصد آبیاری، عملکرد را بیش از سه برابر افزایش داد. ایشان ۸۲٦ میلی-متر آبیاری را بهترین تیمار معرفی نمودند.

همانگونه که مشاهده می‌گردد مطالعاتی در مورد نقش نیتروژن و آب آبیاری جداگانه و یا در تقابل با هم بر روی محصول سیب‌زمینی انجام شده است. ولی عمده این مطالعات در مناطق با شرایط آب وهوایی بسیار متفاوت با شرایط کشور ما انجام شده‌اند ولی به دلیل تفاوتهای شرایط خاکی و اقلیمی، مهارت‌های متفاوت کشاورزان منطقه، الگوهای بارش و رژیم آبیاری متفاوت در منطقه قابل توصیه برای خیلی از مناطق نیستند و با توجه به اطلاعات بسیار محدود در داخل کشور نتایج این پژوهش می‌تواند باعث افزایش آگاهی و بهبود بهره‌وری آب و بهره‌وری آب سیب‌زمینی شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه اکباتان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان با طول جغرافیایی ("۳۱ '۳۱ °٤۸ شرقی) و عرض جغرافیایی ("۳۸ '۵۲ °۳٤ شمالی) و در سری خاک بهار با مشخصات (Fine mixed, mesic active calcixerepts) که سری غالب دشت بهار و ایستگاه اکباتان (منطقه غالب کشت سیب‌زمینی همدان) است اجرا شد. آمار هواشناسی ایستگاه در جدول یک گنجانده شده است. باران مؤثر با استفاده از روش سازمان حفاظت خاک وزارت کشاورزی آمریکا محاسبه گردید (فرشی و همکاران، ۱۳۷٦). این پژوهش به‌صورت آزمایش اسپلیت‌بلوک و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و با دو عامل آبیاری و نیتروژن و در سه تکرار و به مدت دو سال اجرا شد. نحوه اجرای پژوهش بر اساس روش پیشنهادی هنکز و همکاران (۱۹۸۰) بود. در این روش یک سیستم آبیاری

www.SID.ir

Archive of SID

تک‌شاخه‌ای با یک خط لاترال با فاصله آب‌پاش‌های شش متر و در دو نیمه راست و چپ لوله اصلی نصب شد. خط آبیاری موازی با باد غالب منطقه نصب شد تا غیر یکنواختی بین سطوح آبیاری در دو نیمه چپ و راست به حداقل برسد. در سیستم آبیاری مورد استفاده مقدار آب آبیاری برای کلیه واحدهای آزمایشی که در یک ستون قرار می‌گیرند (در هر دو طرف لوله اصلی) یکسان و پیوسته است؛ درحالی‌که برای واحدهای آزمایشی که در ردیف قرار دارند، مقدار پاشش آب از مرکز به طرفین کاهش می‌یابد.

سطوح آبیاری بر اساس فاصله از خط آبیاری اصلی شامل I1) فاصله ۳-۰ متر از خط آبیاری، I2) فاصله ٦-۳ متر از خط آبیاری، I3) فاصله ۹-٦ متر از خط آبیاری و I4) فاصله ۱۲-۹ متر از خط آبیاری و سطوح نیتروژن شامل مقادیر ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بود که در دو نیمه چپ و راست مصرف شد. سطح ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص معادل توصیه کودی برای سیب‌زمینی و در شرایط استان همدان بود و سطوح دیگر کمتر از توصیه بیان شده انتخاب شدند چرا که در شرایط تنش آبی ممکن است نیاز به عناصر غذایی از جمله نیتروژن کاهش یابد. یک چهارم کود نیتروژنه مطابق تیمار همزمان با کشت مصرف و سه چهارم مابقی طی دو تقسیط (همزمان با فارو و ۷۰ روز بعد از کاشت) مصرف شد. در سال اول اجرای پژوهش ۱۷ بار و در سال دوم ۱۵ بار آبیاری انجام شد.

هر کدام از واحدهای آزمایشی در این پژوهش شامل چهار خط کاشت جوی‌پشته با فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متری بود که بر روی هر پشته فاصله بوته‌ها ۲۵ سانتی‌متر بود. هر واحد آزمایشی در این پژوهش دارای هشت متر طول (موازی با خط آبیاری) و سه متر عرض بود. پس از کاشت آبیاری تا سبز شدن کامل یکنواخت انجام شد و سپس خط آبیاری بارانی تک‌شاخه‌ای با فاصله آب‌پاشهای شش متر و با آب‌پاش‌های نلسون F33 (شعاع پاشش ۱۵ متر و فشار کار ۳/۵ اتمسفر) نصب شد. دور آبیاری بر اساس تخلیه رطوبت خاک به میزان ٦۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای در سطح I1 (بدون تنش) تعیین شد. اندازه‌گیری رطوبت خاک به روش وزنی قبل از هر آبیاری انجام (از سه روز قبل از هر آبیاری نمونه خاک با استفاده از مته از عمق‌های مختلف خاک تا ٤۰ سانتی‌متر تهیه و رطوبت آن اندازه‌گیری و زمانی که رطوبت خاک به حدود ٦۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای کاهش یافته بود انجام شد) و میزان آبیاری بر اساس رساندن رطوبت خاک در سطح آبیاری I1 تا عمق ٤۰ سانتی‌متر به حد ظرفیت مزرعه‌ای (قبل از اجرای پژوهش در هر سال رطوبت ظرفیت زراعی خاک محل پژوهش تعیین می‌شد) تعیین شد. خصوصیات کیفی آب آبیاری مورد استفاده در پژوهش در جدول دو قابل مشاهده است. برای تعیین مقدار آب دریافت شده توسط هر واحد آزمایشی، ظروفی با قطر دهانه ۱۰ سانتی‌متر در مرکز هر واحد آزمایشی و بر روی سه‌پایه در ارتفاع ٦۰ سانتی‌متر قرار داده شد. بلافاصله بعد از هر آبیاری مقدار آب دریافت شده با استفاده از هر لیوان اندازه‌گیری و با در دست بودن سطح دهانه ظروف ارتفاع آب دریافت شده توسط هر واحد آزمایشی محاسبه شد.

برای اجرای پژوهش هر سال یک قطعه زمین به ابعاد ۲۷×۷۵ مترمربع انتخاب شد و از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر نمونه مرکب خاک تهیه و پس از هواخشک برخی ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی آن شامل فسفر قابل‌جذب گیاه در خاک به‌روش اولسن، روی، آهن، منگنز و مس قابل‌جذب گیاه در خاک با عصاره‌گیر DTPA، پتاسیم قابل‌جذب گیاه در خاک به‌روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم یک نرمال، بافت خاک به‌روش هیدرومتری، کربن آلی به‌روش اکسایش تر، pH خاک در سوسپانسیون ۱:۱ آب به خاک، قابلیت هدایت الکتریکی (EC) محلول ۱:۱ آب به خاک (جونز ۲۰۰۱) و کربنات کلسیم معادل خاک به‌روش خنثی‌سازی با اسید و تیتر کردن با سود (ریچاردز ۱۹٥٤) تعیین شد. بر اساس نتایج تجزیه خاک (جدول ۳)، ۱۵ کیلوگرم سکوسترین ۱۳۸ آهن، ۲۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات‌تریپل و ۳۰ کیلوگرم

www.SID.ir

Archive of SID

سولفات روی در دو سال و ۲۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در سال اول همزمان با کشت مصرف شدند.

جدول ۱- آمار هواشناسی ایستگاه اکباتان در دو سال اجرای پژوهش

سال اول						سال دوم					
ماه‌های فصل رشد	بارندگی (mm)	باران مؤثر (mm)	حداکثر مطلق درجه حرارت (°C)	حداقل مطلق درجه حرارت (°C)	میانگین درجه حرارت (°C)	ماه‌های فصل رشد	بارندگی (mm)	باران مؤثر (mm)	حداکثر مطلق درجه حرارت (°C)	حداقل مطلق درجه حرارت (°C)	میانگین درجه حرارت (°C)
فروردین	۴۰/۹	۳۸/۲	۱۶/۴	۲/۶	۹/۴	فروردین	۶۹/۶	۶۱/۸	۱۸	۴/۱	۱۰/۹
اردیبهشت	۲۱/۲	۲۰/۵	۲۲/۱	۷/۲	۴/۸	اردیبهشت	۱۷/۷	۱۷/۲	۲۳	۷/۵	۱۵/۶
خرداد	۳/۶	۰	۲۸/۱	۱۰/۱	۱۹/۶	خرداد	۲/۸	۰	۳۱	۱۰/۹	۲۱/۸
تیر	۰	۰	۳۴/۴	۱۵/۱	۲۵	تیر	۰	۰	۳۴/۹	۱۵/۲	۲۵/۵
مرداد	۱۲	۱۱/۷	۳۳/۹	۱۴/۴	۲۴/۲	مرداد	۰	۰	۳۵	۱۴/۳	۲۴/۶
شهریور	۰	۰	۳۰/۳	۹	۱۹/۶	شهریور	۰	۰	۳۰/۱	۸/۴	۱۹/۲
مهر	۱/۲	۰	۲۳/۳	۴/۵	۱۳/۹	مهر	۲۷/۶	۲۶/۳	۲۲	۷	۱۴/۵

در طی مرحله چهارم رشد سیب‌زمینی (شروع گلدهی) با تهیه نمونه برگی و در زمان برداشت با تهیه نمونه غده از هرکدام از واحدهای آزمایشی غلظت نیتروژن با استفاده از روش هضم با مخلوط سولفات‌ها و اندازه‌گیری با استفاده از روش تیتراسیون بعد از تقطیر در دستگاه کجلدال انجام شد (والینگ و همکاران، ۱۹۸۹). در هر کدام از واحدهای آزمایشی برداشت از دو خط وسط و به طول سه متر انجام شد و در پایان تجزیه واریانس و تجزیه و تحلیل آماری اثر تیمارها و اثر دوجانبه میزان آب و کود نیتروژنه بر عملکرد و سایر صفات به روش Hanks انجام شد. تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای MSTATC و SPSS انجام شد. ابتدا آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها انجام و در صورت نیاز از تبدیل مناسب برای داده‌های غیرنرمال استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون‌های Duncan در سطح احتمال پنج درصد انجام و شکل‌ها با نرم‌افزار Excel رسم شد.

جدول ۲- نتایج تجزیه آب آبیاری مورد استفاده در پژوهش

	EC 10^3ds/m	PH	بیکربنات	کلر	سولفات	کلسیم	منیزیم	سدیم	SAR	ازت کل
			میلی اکی والان بر لیتر							درصد
آب ایستگاه اکباتان	۷۵۰	۷/۵	۵/۶	۲/۷	۰	۳/۷	۲/۴	۲/۲	۱/۲	۰/۰۱

جدول ۳- برخی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

	گروه بافت	CCE	SP	FC	OC	چگالی ظاهری (g/cm^3)	pH (۱:۱)	EC (۱:۱) (dS/m)	P	K	Fe	Zn	Mn	Cu
		(%)							(mg/kg)					
سال اول	لوم رس شنی	۲۰	۴۴/۴	۱۹/۵	۰/۵۲	۱/۷۱	۸/۰۱	۰/۵۴	۱۰/۶	۲۶۴	/۷۵	۰/۸۵	۸/۲	۱/۴
سال دوم	لوم	۱۳	۴۷/۰	۱۹/۰	۰/۴۵	۱/۷۴	۸/۱۲	۰/۵۸	۱۰/۶	۳۴۶	/۵۴	۰/۹۴	۹/۵	۱/۵

CCE: کربنات کلسیم معادل؛ OC: کربن آلی خاک؛ SP: درصد رطوبت اشباع خاک (وزنی)، FC: درصد رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای (وزنی)

نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی خاک مورد استفاده در این آزمایش در جدول (۳) ارائه شده است. همانطور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود خاک مورد نظر خاکی آهکی و قلیایی و بدون محدودیت شوری بود. خاک محل اجرای پژوهش فقیر از نظر مواد آلی بود و از

www.SID.ir

Archive of SID

نظر فسفر، آهن و روی دارای کمبود بود. بافت خاک مورد نظر برای کشت سیب‌زمینی و عمده محصولات غده‌ای خاک ایده‌آل است. جدول (٤) میانگین ارتفاع آب مصرفی را برای سطوح مختلف آبیاری در دو سال اجرای پژوهش نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود به‌دلیل اجرای خط لاترال موازی با باد غالب و آبیاری در مواقع با باد حداقل الگوی توزیع بین دو نیمه چپ و راست تقریباً مناسب بود و تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین دو نیمه از نظر ارتفاع آب دریافت شده وجود نداشت.

جدول ۴- میانگین دوسالانه ارتفاع آب مصرف شده در سطوح مختلف آبیاری در دو نیمه چپ و راست

سطح آبیاری	نیمه	آب مصرف شده (mm)
بدون تنش (۱۰۰ درصد آبیاری) (فاصله ۳-۰ متر از خط آبیاری اصلی)	چپ	۱۰۴۱ a
	راست	۱۰۴۹ a
	میانگین	۱۰۴۵
تنش ملایم (حدود ۸۰ درصد آبیاری) (فاصله ۶-۳ متر از خط آبیاری اصلی)	چپ	۸۰۵ b
	راست	۸۱۷ b
	میانگین	۸۱۱
تنش متوسط (حدود ۶۰ درصد آبیاری) (فاصله ۹-۶ متر از خط آبیاری اصلی)	چپ	۶۱۴ c
	راست	۶۲۸ c
	میانگین	۶۲۱
تنش شدید (حدود ۴۰ درصد آبیاری) (فاصله ۱۲-۹ متر از خط آبیاری اصلی)	چپ	۴۲۲ d
	راست	۴۲۴ d
	میانگین	۴۲۳

عملکرد سیب‌زمینی

جدول (۵) نتایج تجزیه و تحلیل آماری ویژگی‌های اندازه‌گیری شده سیب‌زمینی تحت اثر سطوح مختلف آب آبیاری و نیتروژن مصرفی را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود اثرهای اصلی نیتروژن و آبیاری بر عملکرد سیب‌زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، ولی اثر دوجانبه این دو فاکتور بر عملکرد در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف نیتروژن باعث افزایش عملکرد سیب‌زمینی گردیده است، به‌طوری که بیشترین مقدار عملکرد (۳٤۳٦۱ کیلوگرم در هکتار) از مصرف ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و کمترین آن (۲۷٥٦۲ کیلوگرم در هکتار) در شرایط مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌دست آمد (جدول ٦). مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن باعث افزایش ۲۵ درصدی عملکرد سیب‌زمینی در مقایسه با شرایط مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن شد. با افزایش مصرف نیتروژن عملکرد سیب‌زمینی به‌طور خطی افزایش یافت افزایش خطی عملکرد سیب‌زمینی با مصرف نیتروژن با نتایج بدر و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت داشت. شکل (۱) نشان داد که معادله خطی و معنی‌دار بین نیتروژن مصرفی و عملکرد سیب‌زمینی طبق معادله (۱) وجود دارد. از معادله رگرسیونی ارائه‌شده در شکل و معادله (۱) می‌توان عملکرد سیب‌زمینی را در مقادیر مختلف نیتروژن با دقت مناسبی به‌دست آورد. تحلیل رگرسیونی نشان داد که بین نیتروژن مصرفی (N) و عملکرد (Y) معادله رگرسیونی معنی‌دار با ضریب همبستگی بیش از ۰/۹۸ وجود داشت که در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف ۱۳۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن تأثیر معنی‌دار بر عملکرد سیب‌زمینی در مقایسه با مصرف ۹۰ یا ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن نداشت.

$$Y= 75.54\ (N)+2105,\ R^2=0.978^{*}\ \text{and}\ P=0.047 \quad (1)$$

نیتروژن نقش بارزی در رشد و عملکرد سیب‌زمینی دارد. مصرف نیتروژن باعث افزایش طول ساقه و تعداد برگ سیب‌زمینی شد. غلظت نیتروژن بخش هوایی را افزایش داد و این افزایش منجر به افزایش عملکرد سیب‌زمینی

www.SID.ir

Archive of SID

شد. کومار و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند افزایش مصرف نیتروژن از صفر تا ۳٦۰ کیلوگرم در هکتار افزایش عملکرد سیب‌زمینی را تا حدود سه برابر باعث شد. تأثیر نیتروژن بر افزایش عملکرد سیب‌زمینی با نتایج تحقیقات زیادی از جمله ماسیگنام و همکاران (۲۰۰۹) و وابکوا و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت داشت.

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ویژگی‌های اندازه‌گیری شده سیب‌زمینی در این پژوهش

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد	بهره‌وری آب	طول ساقه	تعداد برگ	غلظت نیتروژن بخش هوایی	غلظت نیتروژن غده	ماده خشک غده
سال	1	۹۸۳۰۲۲۶۷۵۶ **	۱۴/۶ **	۲۲/۲ ns	۸/۲ ns	۱/۲**	۱/۳۳ ns	۷/۸ ns
تکرار (سال)	4	۱۲۵۷۵۰۰۱۶ *	۲/۲ *	۳۵/۳ ns	۱۱/۳ ns	۰/۲۲ ns	۰/۰۸ ns	۵/۲ ns
نیتروژن	3	۵۶۶۴۹۸۱۵۵ **	۵/۰ *	۱۱۰**	۹۸ **	۳/۲ **	۱/۲ **	۰/۵۳ ns
نیتروژن×سال	3	۵۵۱۷۰۷۹۳ ns	۳/۸ *	۲۷/۲ ns	۴۱/۳ ns	۰/۰۹ ns	۰/۰۲ ns	۲/۳۶ ns
خطا	12	۲۷۰۵۶۸۹۷ ns	۰/۶ ns	۹/۱ ns	۱۸/۲ ns	۰/۰۵ ns	۰/۰۶ ns	۴/۷۹ ns
آبیاری	3	۳۱۳۹۵۰۰۷۶۹ **	۱۷/۴ **	۱۷۵**	۷۵**	۰/۱۱ ns	۰/۱۸ ns	۳/۲۹ ns
آبیاری×سال	3	۵۵۱۶۵۳۲۶۹ **	۶/۲ **	۴۳/۱ ns	۱۱/۲ ns	۰/۰۲ ns	۰/۲۳ ns	۱/۵۲ ns
خطا	12	۲۷۸۶۵۸۸۲ ns	۰/۶ ns	۸/۸ ns	۰/۸۹ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۷ ns	۲/۲۹ ns
نیتروژن×آبیاری	9	۱۲۱۷۶۵۹۷ ns	۰/۰۹ ns	۳۲/۱ ns	۲۵/۲ ns	۰/۰۴ ns	۰/۰۵ ns	۱/۸۳ ns
نیتروژن×آبیاری ×سال	9	۸۸۳۵۹۰۱ ns	۰/۰۸ ns	۲۷/۵ ns	۱۴/۱ ns	۰/۰۵ ns	۰/۰۲ ns	۲/۷۳ ns
خطا	36	۱۹۲۰۹۸۶۳ ns	۰/۲۸ ns	۱۸/۸ ns	۳۲/۳ ns	۰/۰۴ ns	۰/۰۵ ns	۱/۳۲ ns
نیمه	1	۱۶۵۷۰۱۲۵۶ ns	۰/۰۰۱ ns	۳۸/۴ ns	۱۵/۲ ns	۰/۰۷ ns	۰/۰۴ ns	۳/۲۵ ns
نیمه×سال	1	۴۰۱۵۶۸۲۰۰ ns	۱۳/۳ *	۵۴/۳ ns	۱۱/۲ ns	۰/۰۲ ns	۰/۰۰۲ ns	۶/۳۹ ns
خطا	4	۷۵۰۵۷۵۴۹ ns	۰/۷۶ ns	۲۷/۱ ns	۱۶/۵ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۲ ns	۲/۳۹ ns
نیتروژن×نیمه	3	۱۳۶۰۰۶۲۷ ns	۰/۱۰ ns	۳۲/۵ ns	۳۵/۴ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۶ ns	۰/۹۴ ns
نیتروژن×نیتروژن ×سال	3	۳۴۵۵۴۸۸ ns	۰/۰۵ ns	۱۳/۴ ns	۷/۲ ns	۰/۰۷ ns	۰/۰۰۶ ns	۱/۰۷ ns
خطا	12	۱۴۹۰۹۱۳۴ ns	۰/۱۶ ns	۹/۱ ns	۱۷/۳ ns	۰/۰۷ ns	۰/۰۳ ns	۲/۲۵ ns
آبیاری ×نیمه	3	۱۸۲۵۴۰۲۴۶ ns	۱۷/۱ **	۱۵/۹ ns	۲۵/۴ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۱ ns	۲/۰۰ ns
نیمه×آبیاری ×سال	3	۲۵۸۵۹۶۰۸۰ ns	۳/۰ **	۳۸/۵ ns	۲۲/۳ ns	۰/۰۲ ns	۰/۰۰۶ ns	۱/۱۷ ns
خطا	12	۱۴۹۶۹۰۷۰ ns	۰/۳۴ ns	۲۵/۵ ns	۱۹/۱ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۲ ns	۵/۳۲ ns
نیتروژن×آبیاری ×نیمه	9	۴۸۵۳۷۲۳ ns	۰/۱۵ ns	۲۳/۴ ns	۱۴/۲ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۴ ns	۴/۱۹ *
نیتروژن×آبیاری× نیمه×سال	9	۱۵۶۱۱۹۱۸ ns	۰/۴۱ *	۳۶/۳ ns	۱۹/۹ ns	۰/۰۴ ns	۰/۰۳ ns	۱/۷۷ ns
خطا	36	۱۸۶۱۶۷۵۰ ns	۰/۱۳	۲۱/۳	۶/۱	۰/۰۸	۰/۰۴۰	۱/۵۴
ضریب تغییرات (٪)		۱۴	۱۰/۴	۱۱	۱۰	۱۲	۱۴/۴	۶/۲

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

مقایسه میانگین‌های عملکرد سیب‌زمینی برای اثر اصلی آبیاری نشان داد که با افزایش شدت تنش آبی عملکرد سیب‌زمینی کاهش‌یافته است. بیشترین عملکرد سیب‌زمینی مربوط به شرایط بدون تنش (مصرف ۱۰٤۵ میلی‌متر آب آبیاری در طی فصل) به‌میزان ۳۸۳۳۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن مربوط به شرایط تنش شدید آبی با عملکرد ۱۸۳۳۳ کیلوگرم در هکتار بود و با افزایش شدت تنش آبی از شرایط بدون تنش تا تنش شدید، عملکرد حدود ۵۳ درصد کاهش یافت. بین سطوح بدون تنش و تنش ملایم تفاوت آماری در سطح احتمال پنج درصد وجود نداشت ولی این دو سطح آبیاری از نظر عملکرد اختلاف معنی‌دار با شرایط تنش شدیدتر داشتند (جدول ٦) و با کاهش سطح آب مصرفی عملکرد به‌طور خطی کاهش یافت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن

فاکتور	سطوح	عملکرد (kg/ha)	طول ساقه (cm)	تعداد برگ	بهره‌وری آب (kg yield/m³ water)	غلظت نیتروژن بخش هوایی (٪)	غلظت نیتروژن غده (٪)	ماده خشک غده (٪)
آبیاری	بدون تنش (۱۰۰ درصد آبیاری)	۳۸۳۳۰a	۹۶/۹a	۳۰/۲a	۳/۸۳a	۲/۴۴a	۱/۲۴a	۲۰/۱۰a
	تنش ملایم (حدود ۸۰ درصد آبیاری)	۳۷۸۷۸a	۹۵/۲a	۲۷/۷b	۳/۹۶a	۲/۶۸a	۱/۳۱a	۲۰/۴۶a
	تنش متوسط (حدود ۶۰ درصد آبیاری)	۳۰۴۵۴b	۹۰/۵b	۲۶/۹bc	۳/۴۳b	۲/۵۲a	۱/۳۵a	۱۹/۷۴a
	تنش شدید (حدود ۴۰ درصد آبیاری)	۱۸۳۳۰c	۷۹/۸c	۲۶/۲c	۲/۴۲c	۲/۴۹a	۱/۴۱a	۲۰/۲۵a
نیتروژن (kg N/ha)	۹۰	۲۷۵۶۲b	۸۷/۵b	۲۶/۴b	۳/۱۴c	۱/۹۵c	۱/۰۵b	۲۰/۱۱a
	۱۳۵	۳۱۸۲۱ab	۹۰/۴ab	۲۷/۱b	۳/۳۱b	۲/۵۰b	۱/۳۷ab	۲۰/۲۵a
	۱۸۰	۳۴۳۶۱a	۹۳/۹a	۳۰/۵ a	۳/۷۷a	۳/۱۵a	۱/۵۷a	۲۰/۰۵a

در هر ستون و فاکتور، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند

شکل (۲) نشان داد که معادله‌ای معنی‌دار بین آب مصرفی و عملکرد سیب‌زمینی مطابق معادله (۲) وجود دارد. از معادله رگرسیونی ارائه شده در این شکل عملکرد سیب‌زمینی در مقادیر مختلف آب مصرفی قابل برآورد است و حدود ۹۷ درصد تغییرات عملکرد سیب‌زمینی با مصرف آب آبیاری قابل توجیه می‌باشد (شکل ۲). با توجه به این که نیاز خالص آبی سیب‌زمینی برای منطقه با استفاده از مدل پنمن مانتیس بیشتر از ۸۵۰ میلی‌متر بر آورد شده است در تمام سطوح آبیاری مقدار آب مصرف شده کمتر از تبخیر و تعرق پتانسیل بود لذا با افزایش آب آبیاری، عملکرد سیب‌زمینی هم به‌طور معنی‌دار خطی افزایش پیدا کرد.

مقادیر بیش‌تر عملکرد سیب‌زمینی در شرایط آبیاری بیشتر ممکن است به‌دلیل چند عامل باشد. اولاً رطوبت بیش‌تر احتمال دارد باعث افزایش پتانسیل آب برگ (مطلبی‌فرد و همکارن، ۲۰۱۳) و هدایت روزنه‌ای و کربن‌گیری (مطلبی‌فرد و همکارن، ۱۳۹۳) به‌تبع آن شده و حجم ساقه و برگ را که برای جذب نور خورشید و فتوسنتز ضروری است افزایش داده است و فتوسنتز بیش‌تر نیز عملکرد را افزایش داده است (شیلپی و توتجا ۲۰۰۵؛ گرم و همکاران، ۲۰۰۷) و ممکن است در شرایط تنش آبی فعالیت آنزیم‌های مؤثر در فتوسنتز نیز کم شده باشد (شیلپی و توتجا، ۲۰۰۵). ثانیاً تنش آبی ممکن است باعث کاهش معدنی‌شدن، فراهمی و جذب عناصر غذایی مختلف مانند نیتروژن، فسفر، منیزیم و عناصر کم‌مصرف شده باشد (یونجای و اشمیت‌هالتر، ۲۰۰۵). ثالثاً شاید به‌دلیل رسوب فسفر و کلسیم و تصعید آمونیاک در شرایط تنش آبی عملکرد کاهش یافته است (یاسین‌اشرف و همکاران، ۱۹۹۸)، (شیلپی و توتجا، ۲۰۰۵). همانطور که از جدول (٤) برمی‌آید با روش آبیاری بارانی تک‌شاخه‌ای شیب مناسب رطوبتی ایجاد شده است و این شیب رطوبتی هم منجر به ایجاد یک شیب خطی در عملکرد سیب‌زمینی گردیده است. بین آب آبیاری مصرفی (N) و عملکرد (Y) معادله رگرسیونی درجه دو معنی‌دار با ضریب همبستگی بیش از ۰/۹۹۹ وجود داشت که در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

$$Y = 0.0738\ (I2) - 140.9\ (I) - 28188,$$
$$,R^2 = 0.9989^{*} \text{and } P=0.034 \quad (۲)$$

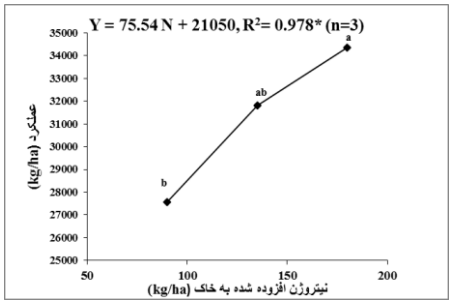
شکل‌های ٤ تا ۷ تابع تولید آب-عملکرد را در فواصل مختلف از خط اصلی آبیاری نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌گردد. در تمام فواصل از خط آبیاری رابطه درجه دوم بین آب مصرفی و عملکرد وجود داشت و این رابطه در تمام فواصل در سطح احتمال حداقل پنج درصد معنی‌دار گردید. از روابط ارائه شده در این شکل‌ها می‌توان ارتباط بین آب مصرفی و عملکرد مورد انتظار را به‌دست آورد.

www.SID.ir

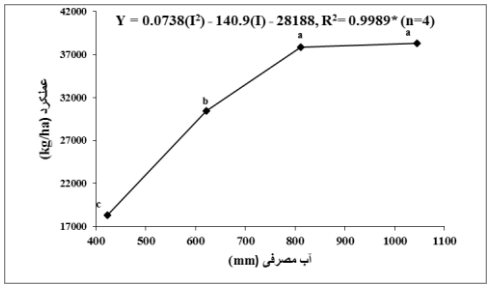
Archive of SID

تأثیر تنش آبی بر کاهش عملکرد غده سیب‌زمینی با نتایج تحقیقات زیادی از جمله ایرنا و مائوریمیکاله (۲۰۱۲)، مطلبی‌فرد و همکاران (۱۳۹۳)، فاندیکا و همکاران (۲۰۱۶)، نادری و همکاران (۱۳۹۵) و یانگ و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت داشت.

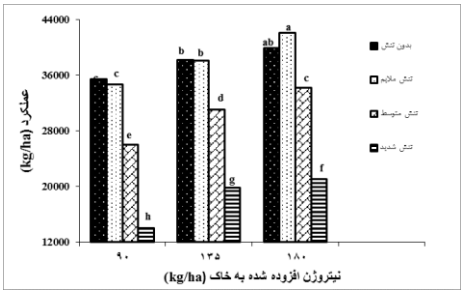
اثر دوجانبه آبیاری و نیتروژن بر عملکرد سیب‌زمینی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نبود (جدول ۵) ولی بیشترین عملکرد از تیمار تنش ملایم آبی (مصرف ۸۱۱ میلی‌تر آب آبیاری) و مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص (۴۲۱۵۸ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن از تیمار تنش شدید آبی و مصرف ۹۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (۱۴۰۷۳ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد که بیانگر اختلاف حدود سه برابری بین این دو تیمار بود (شکل ۳). بهترین تیمار از نظر آب آبیاری نیتروژن مصرفی همین تیمار بود. در تمام سطوح آبیاری مصرف نیتروژن عملکرد را به‌طور معنی‌دار افزایش داد. گزارش شده است که در حضور مقادیر کافی آب آبیاری مصرف نیتروژن عملکرد را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (سینسیک و همکاران، ۲۰۱۳ و فانیدکا و همکاران، ۲۰۱۶) ولی در این پژوهش در شرایط تنش هم مصرف نیتروژن عملکرد را به‌طور معنی‌دار افزایش داد. به نظر می‌رسد علاوه بر نیتروژن مصرفی عوامل دیگری مانند میزان نیترات اولیه خاک و آب آبیاری و نوع سیستم آبیاری می‌توانند جزو عوامل تأثیرگذار در نوع پاسخ گیاه به مصرف توأم آب آبیاری و نیتروژن باشند (سینسیک و همکاران، ۲۰۱۳). با توجه به فقر کربن آلی در خاک محل اجرای پژوهش، نیتروژن کافی در دسترس ریشه نیست و در شرایط تنش کمبود آب ممکن است معدنی‌شدن نیتروژن آلی کم خاک را بیشتر کاهش داده و در نتیجه جذب و انتقال نیتروژن از ریشه به بخش هوایی را کم نماید (مطلبی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۳)؛ بنابراین به این دلایل ممکن است در شرایط تنش آبی مصرف نیتروژن باعث افزایش عملکرد سیب‌زمینی شده باشد.



شکل ۱- مقایسه میانگین‌های عملکرد سیب‌زمینی تحت اثر نیتروژن مصرفی



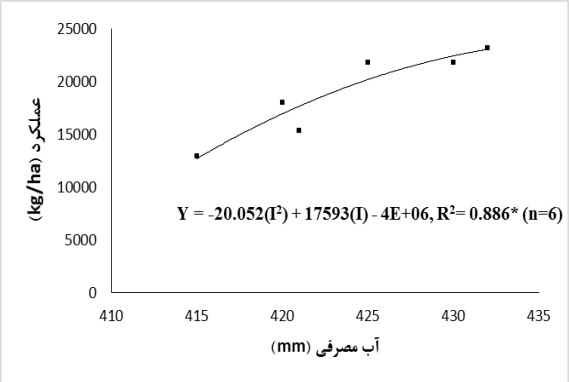
شکل ۲- مقایسه میانگین‌های عملکرد سیب‌زمینی تحت اثر سطوح آبیاری



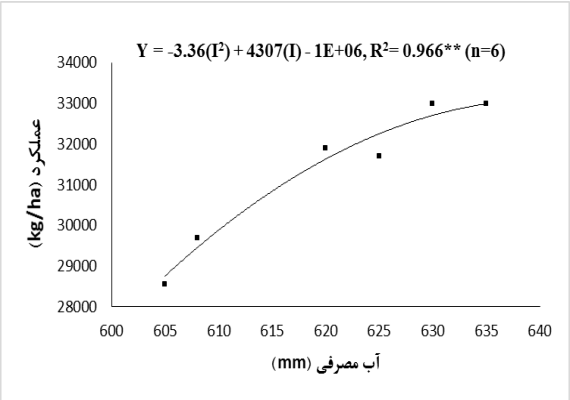
شکل ۳- مقایسه میانگین‌های عملکرد سیب‌زمینی تحت اثر ترکیب‌های تیماری نیتروژن و آبیاری

www.SID.ir

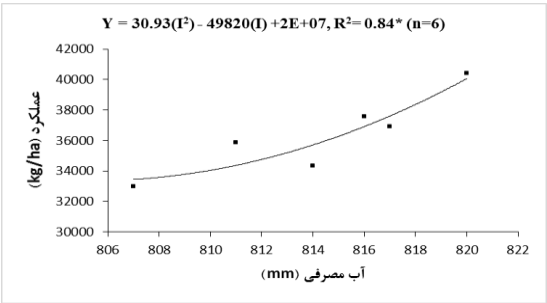
Archive of SID



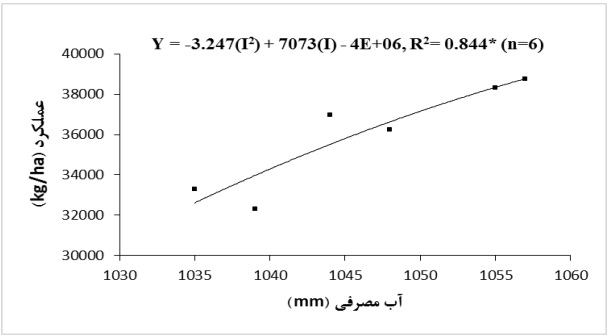
شکل ۴- مقایسه میانگین‌های عملکرد سیب‌زمینی تحت اثر مقادیر مختلف آبیاری در فاصله ۳-۰ متر از خط اصلی



شکل ۵- مقایسه میانگین‌های عملکرد سیب‌زمینی تحت اثر مقادیر مختلف آبیاری در فاصله ۶-۳ متر از خط اصلی



شکل ۶- مقایسه میانگین‌های عملکرد سیب‌زمینی تحت اثر مقادیر مختلف آبیاری در فاصله ۹-۶ متر از خط اصلی



شکل ۷- مقایسه میانگین‌های عملکرد سیب‌زمینی تحت اثر مقادیر مختلف آبیاری در فاصله ۱۲-۹ متر از خط اصلی

طول ساقه

نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که اثرهای اصلی نیتروژن و آبیاری بر طول ساقه معنی‌دار بود ولی اثر دوجانبه این دو فاکتور بر این ویژگی معنی‌دار نگردید (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش مصرف نیتروژن متوسط طول ساقه افزایش یافت به‌طوری‌که مصرف ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با طول ساقه ۸۷/۵ سانتیمتر کمترین و مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با طول ساقه ۹۳/۹ سانتیمتر بیشترین طول ساقه را به خود اختصاص دادند. مصرف ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن باعث افزایش هفت درصدی طول ساقه سیب‌زمینی گردید. بین سطح ۱۳۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و دیگر سطوح تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد وجود نداشت (جدول ٦). شکل (۸) نشان می‌دهد که بین نیتروژن مصرفی (N) و طول ساقه (SH) معادله رگرسیونی خطی معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد طبق معادله (۳) وجود دارد و مقدار افزایش طول ساقه در محدوده نیتروژن مصرفی این پژوهش و شرایط مشابه با شرایط خاکی و اقلیمی آن با مصرف نیتروژن قابل پیش‌بینی است. افزایش طول ساقه در اثر مصرف نیتروژن می‌تواند منجر به رشد بیشتر شاخ و برگ سیب‌زمینی و عملکرد آن گردد. برای همین معادله مشابه بین نیتروژن مصرفی با عملکرد و طول ساقه در این پژوهش مشاهده گردید. کومار و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند مصرف ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص باعث افزایش حدود ۱/۵ برابری طول ساقه در مقایسه با شرایط عدم مصرف نیتروژن شد این افزایش نسبت به شرایط مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن ۱۰ درصد بود. نتایج مشابه نیز در پژوهش کیهانی و صانعی‌نژاد (۱۳۹٤) بر روی سیب‌زمینی مشاهده گردید.

$$SH = 0.711N + 81,\ R^2= 0.998^*\ \text{and}\ P=0.034 \quad (۳)$$

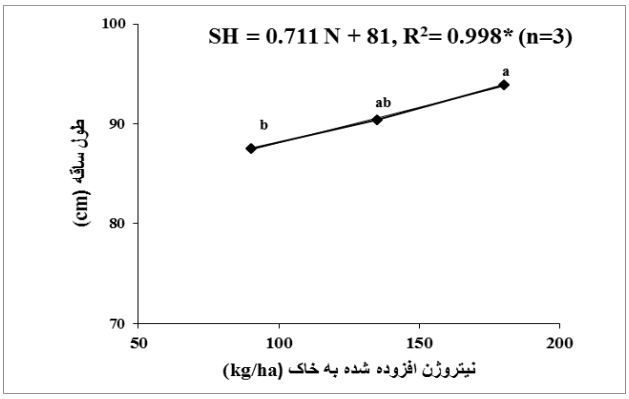
www.SID.ir

Archive of SID

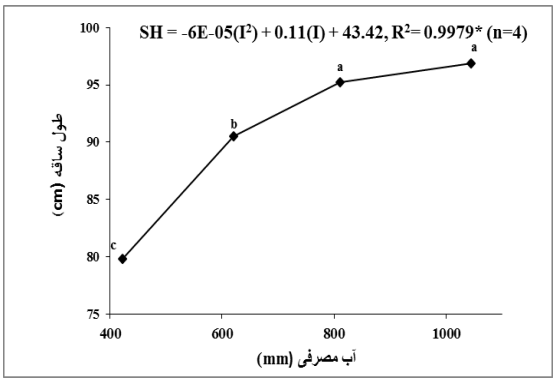
مقایسه میانگین‌ها نشان داد کـه بـا افـزایش آب مصرفی طول ساقه هم بیشتر شد به‌طوری‌که بیشترین طول ساقه مربوط به شـرایط بـدون تـنش آبـی (مصـرف ۱۰۴۵ میلی‌متر آب در طی فصل) با ۹۶/۹ سانتیمتر و کمتـرین آن مربوط به شرایط تنش شدید آبی (مصـرف ۴۲۳ میلـی‌متـر آب در طی فصل) با ۷۹/۸ سـانتیمتر بـود. بـا افـزایش آب مصرفی طول ساقه به‌طور معنی‌دار روند افزایشی نشان داد (شکل ۹). مطابق معادلـه ٤ بـین آب مصـرفی (I) و طـول ساقه (SH) معادله درجه دو معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. از این معادله مـی‌تـوان در پیش‌بینی تغییرات طول ساقه با میـزان آب در دسـترس استفاده نمود.

$$SH = -6E\text{-}05\ (I^2) + 0.11\ (I) + 43.42,\quad R^2 = 0.9979^{*} \text{and } P=0.046 \qquad (٤)$$

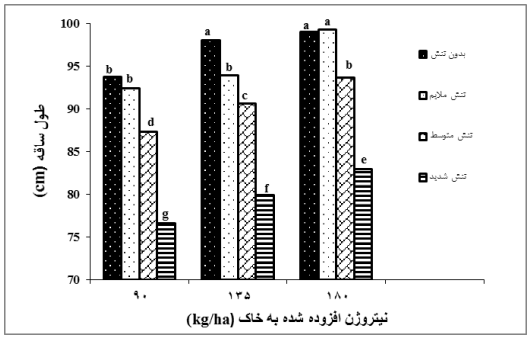
کمبود آب باعـث کـاهش پتانسـیل آب بـرگ و هدایت روزنه‌ای و در نتیجه میزان کربن‌گیری شد کـاهش کربن‌گیری منجر به کاهش فتوسنتز و رشـد شـاخ و بـرگ گردید کاهش بیشتر سطح برگ و کاهش فعالیت آنزیم‌های مؤثر در فتوسنتز به دلیل تنش نیز ایـن موضـوع را تشـدید نمود. همچنین در شرایط تنش آبی میزان جـذب و انتقـال عناصر غذایی از ریشه به بخش هوایی کاهش یافـت چـرا که پخشیدگی عناصر غـذایی از خـاک بـه سـطح ریشـه و میزان تعرق گیاه کم شده و انتقال فعـال و تراوایـی غشـاء آسیب دید (یونجای و اشمیت‌هالتر، ۲۰۰۵). این عامـل‌هـا باعث شد که بر اثر تنش کمبود آب رشـد گیـاه، ارتفـاع و ماده خشک آن کاهش یابد. این نتایج مشابه نتایج دبلونـده و لدنت (۲۰۰۱) بود. آنان گزارش کردند کـه طـول سـاقه یکی از حساس‌ترین ویژگی‌ها به تـنش کمبـود آب بـود و با تنش متوسط طول ساقه کاهش معنی‌داری یافـت. طـول ساقه یکی از فاکتورهای مهم در سیب‌زمینی بوده و ارتباط مناسـبی بـین آن و عملکـرد سـیب‌زمینـی در مطالعـات به‌خصوص در شرایط آبیاری کامل بـه‌دسـت آمـده اسـت (دبلونده و لدنت، ۲۰۰۱).



شکل ۸- مقایسه میانگین‌های طول ساقه سیب‌زمینی تحت اثر نیتروژن مصرفی



شکل ۹- مقایسه میانگین‌های طول ساقه سیب‌زمینی تحت اثر سطوح آبیاری



شکل ۱۰- مقایسه میانگین‌های طول ساقه تحت اثر ترکیب‌های تیماری نیتروژن و آبیاری

www.SID.ir

Archive of SID

اثردوجانبه آبیاری و نیتروژن بر طول ساقه معنی‌دار نبود (جدول ۵) ولی بیشترین طول ساقه در تیمارهای بدون تنش آبی (۱۰۴۵ میلی‌تر آبیاری) و تنش ملایم آبی (۸۱۱ میلی‌تر آبیاری) و مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و به‌مقدار ۹۹ سانتیمتر و کمترین آن از تیمار تنش شدید آبی (۴۲۳ میلی‌تر آب آبیاری) و مصرف ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و به‌مقدار ۷۶/۶ سانتیمتر مشاهده شد که نشان می‌دهد بین این دو تیمار حدود ۳۰ درصد اختلاف وجود داشت (شکل ۱۰). در تمام شرایط آبیاری، مصرف نیتروژن باعث افزایش طول ساقه شد و این افزایش در شرایط تنش متوسط و شدید آبی بارزتر بود. برخلاف نتایج این پژوهش بدر و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کرد که در شرایط مصرف نیتروژن بیشتر افزایش تنش آبی عملکرد را بیشتر کاهش می‌دهد.

تعداد برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی آبیاری و نیتروژن بر تعداد برگ معنی‌دار بود ولی اثر دوجانبه نیتروژن و آبیاری بر این ویژگی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نگردید (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد مصرف نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار تعداد برگ گردیده است؛ به‌طوری‌که شرایط مصرف ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با ۲۶/۴ برگ کمترین و مصرف ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با تعداد ۳۰/۵ برگ بیشترین تعداد برگ را دارا بودند (جدول ۶). به دلیل نقش‌های بارزی که نیتروژن در متابولیسم‌های گیاهی دارد و در تولید انواع متابولیتها، هورمون‌های گیاهی و انواع اسیدهای آمینه نقش دارد همچنین با تجمع در کلروپلاست و در ترکیب با کلروفیل باعث افزایش فتوسنتز می‌گردد (بارکر و پیل‌بین، ۲۰۰۷). با افزایش مصرف نیتروژن رشد شاخ و برگ گیاه افزایش یافت و به تبع آن تعداد برگ هم به دلیل افزایش ارتفاع ساقه افزایش یافت. کومار و همکاران (۲۰۰۷) هم با مصرف نیتروژن شاهد افزایش تعداد برگ سیب‌زمینی بودند ولی بر خلاف این پژوهش تفاوت سطوح ۹۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن معنی‌دار نبود.

با کاهش میزان آب مصرفی از تعداد برگ کاسته شد. به طوری که بیشترین تعداد برگ (۳۰/۲ برگ) از شرایط بدون تنش آبی (۱۰۴۵ میلی‌متر آبیاری در هکتار) و کمترین آن (۲۶/۲ برگ) از شرایط تنش شدید آبی (مصرف ۴۲۳ میلی‌متر آب در طی فصل) به دست آمد. به نظر می‌رسد دلایلی که در مورد تأثیر آب آبیاری بر عملکرد سیب‌زمینی ذکر شد در مورد تعداد برگ و طول ساقه هم صادق باشد. همچنین در شرایط فراهمی مناسب آب هورمون اکسین بیشتری در گیاه تولید می‌شود که منجر به افزایش ارتفاع ساقه و تعداد برگهای تولیدی روی آن می‌گردد.

غلظت نیتروژن بخش هوایی و غده

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی نیتروژن بر غلظت نیتروژن بخش هوایی و غده در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود ولی اثراصلی آبیاری و اثر دوجانبه دو فاکتور نیتروژن و آبیاری بر غلظت نیتروژن بخش هوایی و غده در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نگردید (جدول ۵).

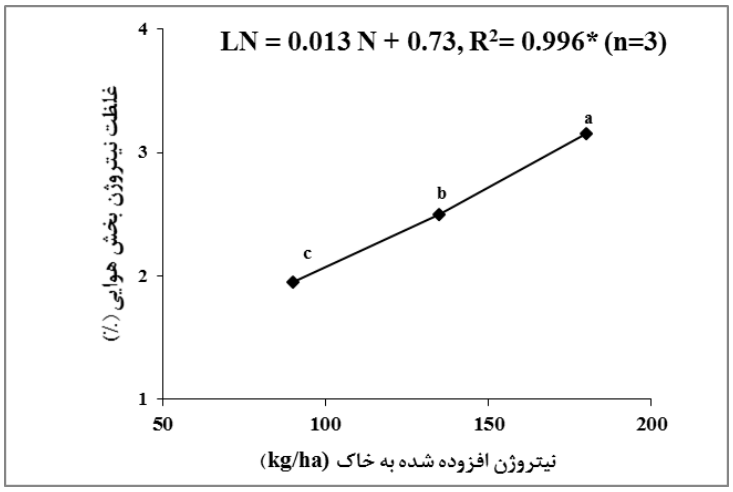
با افزایش مصرف نیتروژن غلظت نیتروژن بخش هوایی و غده افزایش نشان داد که این افزایش برای نیتروژن بخش هوایی ۶۱ و برای نیتروژن غده ۵۰ درصد بود (جدول ۶). غلظت نیتروژن بخش هوایی سیب‌زمینی به‌مراتب بیشتر از غلظت نیتروژن غده آن بود و به مصرف نیتروژن هم در مقایسه با غده بیشتر واکنش نشان داد. روند افزایش نیتروژن بخش هوایی با مصرف نیتروژن خطی بود (شکل ۱۱). با استفاده از معادله (۵) می‌توان غلظت نیتروژن بخش هوایی (LN) را با توجه به مقدار کود نیتروژن مصرفی (N) برآورد کرد و این برآورد در دامنه نیتروژن مصرفی و شرایط آب و هوایی و خاکی مشابه با شرایط این پژوهش دارای اعتبار خواهد بود.

www.SID.ir

Archive of SID

رابطه کود نیتروژن مصرفی با غلظت نیتروژن بخش هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. با مصرف نیتروژن فراهمی آن در خاک افزایش‌یافته و جذب آن توسط گیاه افزایش می‌یابد عمده نیتروژن جذب‌شده برای تولید اسیدهای آمینه، آنزیم‌ها و سنتز کلروفیل مصرف می‌شود و این موضوع باعث افزایش غلظت آن در بخش هوایی می‌گردد زمانی که نیتروژن جذب شده بیش از نیاز گیاه برای تولید باشد به اندام‌های ذخیره‌ای مانند غده‌ها منتقل‌شده و غلظت آن در غده‌ها افزایش می‌یابد. موسوی‌فضل و فائزنیا (۱۳۸۷) گزارش کردند با افزایش مصرف نیتروژن غلظت نیتروژن غده سیب‌زمینی به طور معنی‌داری افزایش یافت. میز و همکاران (۲۰۱۷) نیز گزارش کردند که مصرف نیتروژن باعث افزایش غلظت نیتروژن بخش هوایی شد و این افزایش در تنش آبی بیشتر شد در حالی که برخلاف نتایج میز و همکاران (۲۰۱۷) در این پژوهش تنش آبی تأثیری بر غلظت نیتروژن بخش هوایی و غده سیب‌زمینی نداشت. سیدنو و سادنو (۱۹۹۲) بر روی جو و ارشادی و همکاران (۲۰۰۹) و عارفی و همکاران (۱۳۹۱) بر روی موسیر و موسوی‌فضل و فائزنیا (۱۳۸۷) بر روی سیب‌زمینی گزارش کردند که با مصرف نیتروژن غلظت نیتروژن بخش هوایی و غده گیاه افزایش یافت.

$$LN = 0.013N + 0.73,\ R^2 = 0.996^*\ \text{and}\ P=0.031 \quad (۵)$$



شکل ۱۱- مقایسه میانگین‌های غلظت نیتروژن بخش هوایی تحت اثر سطوح آبیاری

ماده خشک غده سیب‌زمینی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی نیتروژن و آبیاری بر ماده خشک غده سیب‌زمینی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نبود. همچنین اثر دوجانبه دو فاکتور نیتروژن و آبیاری نیز بر ماده خشک غده معنی‌دار نگردید (جدول ۵). همانطور که در جدول ٦ مشاهده می‌گردد روند خاصی در درصد ماده خشک غده با تغییر مقادیر نیتروژن و آب آبیاری مشاهد نمی‌شود. درصد ماده خشک از ویژگی‌های ارقام است که بیشتر تحت تأثیر نوع رقم می‌باشد و عوامل محیطی معمولاً تأثیر زیادی بر درصد ماده خشک غده ندارند. هرچند در بعضی موارد افزایش ماده خشک غده سیب‌زمینی با کاهش مصرف آب (مطلبی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۳) و افزایش مصرف نیتروژن (کومار و همکاران، ۲۰۰۷) نیز مشاهده شده است.

بهره‌وری آب

بررسی نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی آبیاری و نیتروژن به‌ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد بر بهره‌وری آب معنی‌دار بود ولی این ویژگی تحت تأثیر معنی‌دار اثر دوجانبه آبیاری و نیتروژن قرار نگرفت (جدول ۵). با افزایش آب مصرفی بهره‌وری آب افزایش و در شرایط بدون تنش آبی کاهش غیر معنی‌دار یافت. بیشترین بهره‌وری آب مربوط به شرایط تنش ملایم

www.SID.ir

Archive of SID

آبی (مصرف ۸۱۱ میلی‌متر آب آبیاری) با ۳/۹۶ کیلوگرم غده بر مترمکعب آب آبیاری و کمترین آن مربوط به شرایط تنش شدید آبی (مصرف ٤۲۳ میلی‌متر آب آبیاری) با ۲/٤۲ کیلوگرم غده بر مترمکعب آب آبیاری بود (شکل ۱۲). تفاوت سطوح ۸۱۱ و ۱۰٤٥ میلی‌متر آب آبیاری از نظر بهره‌وری آب معنی‌دار نبود. با افزایش آب مصرفی مطابق شکل ۲ عملکرد با معادله لگاریتمی افزایش یافت و این افزایش باعث افزایش بهره‌وری آب تا سطح تنش ملایم آبی شد. بعد از این سطح آبیاری با افزایش مصرف آب عملکرد به شکل متناسب افزایش نیافت و به همین دلیل بهره‌وری آب در این سطح آبیاری کاهش یافت. مصرف ۸۱۱ میلی‌متر آب آبیاری باعث افزایش ٦۳ درصدی بهره‌وری آب گردید. معادله (٦) می‌تواند در برآورد بهره‌وری آب سیب‌زمینی (WP) در مقادیر متفاوت آب مصرفی (I) مؤثر باشد و رابطه درجه دو معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بین بهره‌وری آب و مقدار آب مصرفی وجود داشت؛ و در دامنه مصرف آب ٤۲۳ تا ۱۰٤٥ میلی‌متر آب آبیاری و در شرایط اقلیمی مشابه استان همدان این معادله می‌تواند بهره‌وری آب را پیش‌بینی نماید.

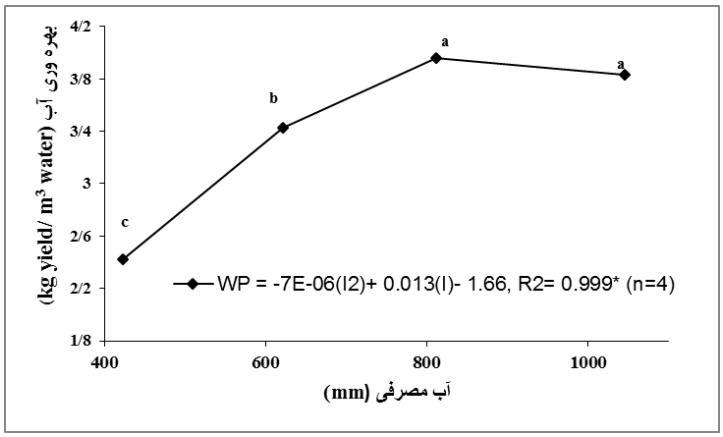
$$WP = -7E\text{-}06\ (I^2) + 0.013\ (I) - 1.66,\quad R^2 = 0.999^{*}\ \text{and}\ P=0.029 \qquad (٦)$$

مقایسه میانگین‌ها در شکل ۱۳ نشان داد که بیشترین بهره‌وری آب (٤/٤۳ کیلوگرم غده بر مترمکعب آب آبیاری) در تیمار مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن و ۸۱۱ میلی‌متر آب آبیاری و کمترین آن (۲/۲٥ کیلوگرم غده بر مترمکعب آب آبیاری) در تیمار مصرف ۹۰ کیلوگرم نیتروژن و ٤۲۳ میلی‌متر آب آبیاری مشاهده شد که نشانگر اختلاف حدود ۱۰۰ درصدی بهره‌وری آب بین این دو تیمار بود. در همه سطوح آبیاری مصرف نیتروژن تأثیر معنی‌دار بر بهره‌وری آب داشت. تفاوت بهره‌وری آب بین سطوح بدون تنش و تنش‌های متوسط و شدید در تمامی سطوح نیتروژن مصرفی معنی‌دار بود (شکل ۱۳). با توجه به اینکه در شرایط مصرف ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن تفاوت سه سطح بدون تنش، تنش ملایم و تنش متوسط از نظر بهره‌وری آب معنی‌دار نبود بنابراین در شرایط محدودیت آب تیمار مصرف ٦۲۰ میلیمتر آب آبیاری می‌تواند بهترین تیمار بهره‌وری و قابل توصیه باشد. فاندیکا و همکاران (۲۰۱٦) مشاهده نمودند که تأثیر نیتروژن بر بهره‌وری آب سیب‌زمینی به نوع رقم بستگی دارد. درحالی‌که در سایر ارقام مصرف نیتروژن بهره‌وری آب را کاهش داد ولی مشابه این پژوهش در رقم آگریا با مصرف نیتروژن بهره‌وری آب افزایش نشان داد. یانگ و همکاران (۲۰۱۷) افزایش بهره‌وری آب را با مصرف نیتروژن مشاهده نمودند و این افزایش در شرایط عدم مصرف فسفر بیشتر بود. ساراویا و همکاران (۲۰۱٦) گزارش کردند با مصرف نیتروژن در شرایط آبیاری مناسب و تنش آبی شاخص برداشت افزایش یافت و افزایش شاخص برداشت می‌تواند منجر به افزایش عملکرد و بهره‌وری آب گردیده باشد. بدر و همکاران (۲۰۱۲) هم افزایش بهره‌وری آب را با سطح بالای نیتروژن گزارش کردند هرچند اظهار داشتند نوع پاسخ به‌شدت به رقم بستگی دارد. نتایج مشابه در پژوهش باقری و همکاران (۱۳۹٥) نیز مشاهده گردید. مقایسه میانگین‌ها در جدول ٦ نشان داد که بیشترین بهره‌وری آب در شرایط مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن (۳/۷۷ کیلوگرم غده بر مترمکعب آب آبیاری) و کمترین آن در تیمار مصرف ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۳/۱٤ کیلوگرم غده بر مترمکعب آب آبیاری) مشاهده شد که نشان می‌دهد مصرف نیتروژن بهره‌وری آب را ۲۰ درصد افزایش داده است. افزایش مصرف نیتروژن عملکرد سیب‌زمینی را افزایش داد (شکل ۱) و افزایش عملکرد سیب‌زمینی باعث افزایش بهره‌وری آب گردید. نتایج بیشماری در مورد افزایش یا کاهش بهره‌وری آب با اعمال تیمارهای کم‌آبیاری گزارش شده است که به نظر می‌رسد به دلیل شرایط متفاوت آزمایش‌ها، نوع محصول، زمان، مدت و شدت اعمال تنش‌ها و شرایط آب و هوایی محل اجرای پژوهش باشد درحالی‌که فابیروکورتز و همکاران (۲۰۰۳)، توحید لو و همکاران (۲۰۰٤) و احمد و همکاران (۲۰۰۹) افزایش

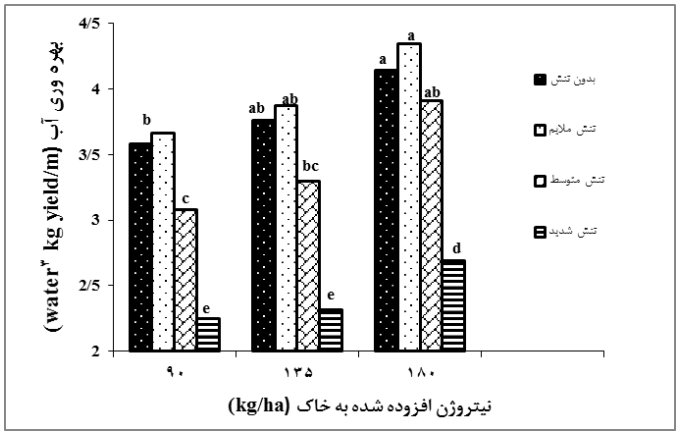
www.SID.ir

Archive of SID

بهره‌وری آب را در شرایط تنش آبی گزارش کردند ولی سینگ و همکاران (۱۹۹٤) و مطلبی فرد و همکاران (۲۰۱۳) کاهش بهره‌وری آب را در چنین شرایطی مشاهده نمودند. به‌علاوه در تعیین عملکرد یک محصول در شرایط تنش آبی میزان و مدت انتقال کربوهیدرات‌ها از برگ‌ها به غده‌ها نقش اساسی دارد (ایرنا و مائوریمیکاله، ۲۰۱۲) و ممکن است در شرایط تنش آبی انتقال کربوهیدرات‌ها به غده‌ها و درواقع شاخص برداشت تحت تأثیر قرارگرفته و کاهش‌یافته باشد.



شکل ۱۲- مقایسه میانگین‌های بهره‌وری آب تحت اثر سطوح آبیاری



شکل ۱۳- مقایسه میانگین‌های بهره‌وری آب تحت اثر ترکیب‌های تیماری نیتروژن و آبیاری

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که تنش آبی باعث کاهش عملکرد و اجزاء عملکرد سیب‌زمینی گردید. مصرف نیتروژن باعث افزایش عملکرد و غلظت نیتروژن بخش هوایی و غده شد. اثر دوجانبه نیتروژن و آبیاری بر هیچ‌کدام از ویژگی‌های اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود. با توجه به شکل (۱۳) برای نیل به حداکثر بهره‌وری آب در محصول سیب‌زمینی مصرف ٦۲۱ میلی‌متر آب آبیاری همراه با مصرف ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص مناسب به نظر می‌رسد و در این مقادیر آب آبیاری و کود نیتروژنه بهره‌وری آب سیب‌زمینی به حداکثر می‌رسد. البته با توجه به شکل (۳) قابل ذکر است که مصرف ۸۱۱ میلی‌متر آب آبیاری همراه با ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص بهترین تیمار از نظر عملکرد می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

فهرست منابع

۱. باقری، ح.م.، م.ح. قرینه، ع. بخشنده، ج. طایی، ع. محنت‌کش و ب. اندرزیان. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر کم‌آبی و نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب سیب‌زمینی (*Solanum Tuberosum* L.). تنش‌های محیطی در علوم زراعی، جلد ۹، شماره ۱، صفحه‌های ۱ تا ١٤.

۲. بصیرت، م. و ر. مطلبی‌فرد. ۱۳۹۵. راهنمای تغذیه‌گیاهی در سیب‌زمینی. نشریه فنی شماره ٥٤٥ موسسه تحقیقات خاک و آب، نشر موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

۳. بی‌نام. ۱۳۹۵. آمارنامه کشاورزی استان همدان، سازمان جهادکشاورزی استان همدان، همدان، ایران.

٤. سبحانی، ع.ر. و ح. حمیدی. ۱۳۹۲. تأثیر تنش کم آبی و پتاسیم بر عملکرد و راندمان مصرف آب سیب‌زمینی به روش آبیاری بارانی خطی (لاین سورس). مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی، جلد ٦، شماره ۱، صفحه‌های ۱ تا ۱۵.

۵. فرشی، ع.ا.، م.ر. شریعتی، ر. جاراللهی، م.ر. قائمی، م. شهابی‌فر و م.م. تولائی. ۱۳۷٦. برآورد آب مورد نیاز گیاهان زراعی و باغی کشور (جلد دوم گیاهان باغی). نشر آمورزش کشاورزی، تهران، ایران.

٦. کیهانی، ع. و ع. صانعی‌نژاد. ۱۳۹٤. واکنش رشد و عملکرد گیاه سیب‌زمینی به سطوح مختلف نیتروژن. مجله به‌زراعی کشاورزی، جلد ۱۷، شماره ۲، صفحه‌های ۵۸۳ تا ۵۹۳.

۷. عارفی، ا.، م. کافی، ح.ر. خزاعی و م. بنایان‌اول. ۱۳۹۱. بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر عملکرد، فتوسنتز و پیگمانتهای فتوسنتزی، کلروفیل و غلظت نیتروژن گیاه دارویی و صنعتی موسیر (*Allium altissimum Regel*). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، جلد ٤، شماره ۳، صفحه‌های ۲۰۷ تا ۲۱٤.

۸. نادری، م.، م. شایان‌نژاد، س. حیدری، ب. حقیقی. ۱۳۹۵. تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری بر خواص کمی و کیفی سیب‌زمینی در شهرکرد و تعیین عمق آب مصرفی بهینه آن. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۳۰، شماره ۵، صفحه‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۱.

۹. مطلبی‌فرد، ر. ن. نجفی، ش. اوستان، م.ر. نیشابوری و م. ولیزاده. ۱۳۹۳. اثر رطوبت خاک، روی و فسفر بر ویژگی‌های رشد سیب‌زمینی در شرایط گلخانه‌ای. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ٤٥، شماره ۱، صفحه‌های ۷۵ تا ۸٦.

۱۰. موسوی‌فضل، س.ح. و ف. فائزنیا. ۱۳۸۷. اثر رژیم‌های مختلف رطوبتی و نیتروژن بر عملکرد و غلظت نیترات در غده‌های سیب‌زمینی. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، جلد ۲۲، شماره ۲، صفحه‌های ۲٤۳ تا ۲۵۰.

11. Ahmed, M.E., N.I.A. El-Kader, and A.A. El-Kader Derbala. 2009. Effect of irrigation frequency and potassium source on the productivity, quality and storability of garlic. Aus. J. Basic Applied Sci. 3(4): 4490-4497.
12. Akram, N.A., M. Shahbaz, and M. Ashraf. 2008. Nutrient acquisition in differentially adapted populations of cynodon dactylon L. pers and cencherus cillaris L. under drought stress. Pak. J. Bot. 40(4): 1433-1440.
13. Badr, M.A., W.A. El-Tohamy, and A.M. Zaghloul. 2012. Yield and water use efficiency of potato grown under different irrigation and nitrogen levels in an arid region. Agr. Water Manag. 110: 9-15.
14. Deblonde, P.M.K., and J.F. Ledent. 2001. Effects of moderate drought conditions on green leaf number stem height, leaf length and tuber yield of potato cultivars. Eur. J. Agron. 14: 31-41.

www.SID.ir

Archive of SID

15. Ershadi, A., M. Noori, F. Dashti, and F. Bayat. 2009. Effect of different nitrogen fertilizer on yield, pungency and nitrate accumulation in garlic (*Allium sativum*). International Symposium on Medicinal and Aromatic Plants–SIPAM 2009.
16. Fabeiro Cortés, C., F. Martín de Santa Olalla, and R. López Urrea. 2003. Production of garlic (*Allium sativum* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. Agr. Water Manag. 59: 15-167.
17. FAO. 2017. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available in: http://faostat.fao.org/countryprofiles/.
18. Fandika, I.R., P.D. Kempa, J.P. Millnera, D. Hornea, and N. Roskruge. 2016. Irrigation and nitrogen effects on tuber yield and water use efficiency of heritage and modern potato cultivars. Agr. Water Manag. 170: 148-157.
19. Fleisher, D.H., D.J. Timlin, and V.R. Reddy. 2008. Interactive effects of carbon dioxide and water stress on potato canopy growth and development. Agron. J. 100: 711-719.
20. Fleisher, D.H., J. Barnaby, R. Sicher, J.P. Resop, D.J. Timlin, and V.R. Reddy. 2012. Effects of elevated CO2 and cyclic drought on potato under varying radiation regimes. Agric. For. Met. 171-172: 270-280.
21. Gathungu, G.K., J.N. Aguyoh, and D.K. Isutsa. 2013. Influence of irrigation water, nitrogen and phosphorus nutrient rates on relative weight loss and sprouting characteristics of seed potato tubers after storage. Sustain. Agr. Res. 2(4): 30-38
22. Germ, M., I. Kreft, V. Stibilj, and O. Urbanc-Bercic. 2007. Combined effects of selenium and drought on photosynthesis and mitochondrial respiration in potato. Plant Physiol. Biochem. 45: 162-167.
23. Genjoglan, C., I.E. Akinci, K. Uchan, S. Akinchi, and S. Genjoglan. 2006. Response of red pepper plant to the deficit irrigation. Akdeniz Universitesi Ziraat Facultesi Dergisi, 19(1):131-138.
24. Hanks, R.J., D.V. Sisson, R.L. Hurst, and K.G. Hubbard. 1980. Statistical analysis of results from irrigation experiments using the line source sprinkler system. Soil Sci. Soc. Am. J. 44: 886-888.
25. Hanks, R.J., J. Keller, V.P. Rasmussen, and B.D. Wilson. 1976. Line source sprinkler for continuous variable irrigation crop production studies. Soil Sci. Soc. Am. J. 40: 426-429.
26. Hassanpanah, D. 2010. Evaluation of potato cultivars for resistance against water deficit stress under in vivo conditions. Potato Res. 53: 383-392.
27. Hore, J., K.S. Ghanti, and M. Chanchan. 2014. Influence of nitrogen and sulphur nutrition on growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.). J. Crop Weed. 10(2): 14- 18.
28. Ierna, A. and G. Mauromicale. 2012. Tuber yield and irrigation water productivity in early potatoes as affected by irrigation regime. Agric. Water Manag. 115: 276-284.
29. Jefferies, R.A. and D.K.L. Mackerron. 1993. Response of potato genotypes to drought. II. Leaf area index, growth and yield. Ann. Appl. Biol. 122: 105-112.
30. Jones, J. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press, LLC. USA.
31. Kumar, P., S.K. Pandey, B.P. Singh, S.V. Singh, and D. Kumar. 2007. Effect of nitrogen rate on growth, yield, and economics and crisps quality of Indian potato processing cultivars. Potato Res. 50:143-155.
32. Lipinski, V., S.Gaviola, and J. Burba. 1994. Effect of irrigation, nitrogen fertilization and clove size on yield and quality of colored garlic in vallede uco. III Gurso Taller Sobre Production Comerialization and Ustralizcion de aje, 235-245.
33. Meise, P., S. Seddig, R. Uptmoor, F. Ordon, and A. Schum. 2017. Impact of nitrogen supply on leaf water relations and physiological traits in a set of potato (*Solanum uberosum* L.) cultivars under drought stress. J. Agron. Crop Sci. 204(4): 1-18.
34. Massignam, A.M., S.C. Chapman, G.L. Hammer, and S. Fukai. 2009. Physiological determinants of maize and sunflower grain yield as affected by nitrogen supply. Field Crop Res. 113: 256-267.
35. Motalebifard R., N. Najafi, S. Oustan, M.R. Nyshabouri, and M. Valizadeh. 2013. The combined effects of phosphorus and zinc on evapotranspiration, leaf water potential,

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Water Stress and Nitrogen Fertilizer on Yield and Water Productivity of Potato

R. Motalebifard [1] *

Assistant Professor, Soil and Water Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran.
motalebifard@gamil.com

Abstract

Water stress, as the most important non-biological stress, has many undesirable effects on nutrients uptake, growth, and yield of higher plants. Nutrient such as nitrogen are effective against water stress and proper usage of nitrogen can prevent drastic reduction of yield under water stress conditions. This study was conducted to evaluate the combined effects of nitrogen and irrigation on the yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). The study was performed as a split-block based on randomized complete blocks design with factors of irrigation at four levels (0-3, 3-6, 6-9 and 9-12 meters' distance from the main line source), and nitrogen at three levels (90, 135, and 180 kg per ha) using three replications and line source sprinkler irrigation system. Irrigation water of each level was measured by boxes that were fixed in the middle of each plot. The statistical analysis of results was done by the method described by Hanks. The results showed that application of nitrogen significantly increased yield, stem height, leaves number, water productivity, and leaf and tuber nitrogen concentration. Water deficit decreased yield, stem height, leaves number, and water productivity. The two-way interaction of nitrogen and irrigation was not significant on the measured attributes. The best treatment for water productivity (3.91 kg/m^3 water) was using 621 mm irrigation and 180 kg N per ha. The highest amount of potato yield (42158 kg/ha) was obtained from application of 180 kg/ha nitrogen and 811 mm irrigation water.

Keywords: Line source sprinkler irrigation, Interaction effect of water and fertilizer, Abiotic stress

[1] - Corresponding author: Soil and Water Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran.
*- Received : December 2018 , and Accepted: August 2019

www.SID.ir

Archive of SID

water use efficiency and tuber attributes of potato under water deficit conditions. Sci. Hort. 162: 31-38.

36. Onder, S., M.E. Caliskan, D. Onder, and S. Caliskan. 2005. Different irrigation methods and water stress effects on potato yield and yield components. Agric. Water Manag. 73: 73-86.
37. Richards, L.A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. US Salinity Laboratory Staff, Agricultural Handbook No 60, USA.
38. Samarah, N., and R. Mullen. 2004. Size distribution and mineral nutrients of soybean seeds in response to drought stress. J. Plant Nutr. 27(5): 815-835.
39. Saravia, D. E.R. Farfán-Vignolo, R. Gutiérrez, F. De Mendiburu, R. Schafleitner, M. Bonierbal, and M.A. Khan. 2016. Yield and physiological response of potatoes indicate different strategies to cope with drought stress and nitrogen fertilization. Am. J. Potato Res. 93:288-295.
40. Shilpi, M. and N. Tuteja. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. Arch. Biochem. Biophys. 444: 139-158.
41. Sincik, M., A.T. Goksoy, and R. Dogan. 2013. Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to irrigation and nitrogen fertilization rates. Zemdirbyste 100:151-158.
42. Sing, N., M. Sood., G. Shekhawat, S. khurana, S. Pandy, and V.Chandla. 1994. Water and nitrogen needs of potato under modern irrigation methods. ACB Abstracts 1993-1994.
43. Tohidloo, G., S. Ghalebi, D. Taleghani, S.Y. Sadeghian and M.A. Chegini. 2004. Study of water use efficiency, yield and quality of two sugar beet varieties in line source sprinkler irrigation. Proceedings of the 4th International Crop Science. Australia.
44. Wabekwa, J.W., M.M. Degri, and L.C. Dangari. 2012. The Effects of nitrogen mineral on yield performance of sunflower (*Helianthus Annuus* L.) in Bauchi State, Nigeria. J. Environ. Issues Agric. Dev. Ctries. 4:56-61.
45. Waling, I., W.V. Vark, V.J.G. Houba, and J.J. Vanderlee. 1989. Soil and Plant Analysis, a series of syllabi. Part 7. Plant Analysis Procedures. Wageningen Agriculture University, Netherland.
46. Yang, K., F. Wang, C.C. Shock, S. Kang, Z. Huo,N. Song, and D. Ma.2017. Potato performance as influenced by the proportion of wetted soilvolume and nitrogen under drip irrigation with plastic mulch. Agricultural Water Management. 179:260-270
47. Yasin-Ashraf, M., S.A. Ala, and A. Batti. 1998. Nutritional imbalance in wheat (Triticum aestivum L.) genotypes grown at soil water stress. Acta Physiol. Plantarum 20: 307-310.
48. Yuncai H. and U. Schmidhalter. 2005. Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plants. J. Plant Nutr. Soil Sci. 168: 541-549.
49. Zaman, M.S., M.A. Hashem, M. Jahiruddin, and M.A. Rahim. 2011. Effect of nitrogen for yield maximization of garlic in old Brahmapurta flood plain soil. Bangladesh J. Agril. Res. 36(2): 357-367.

www.SID.ir