نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۵، ص. ۱۰۵۸-۱۰۴۳

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 4, Sept.-Oct. 2016, p. 1043-1058

تأثیر آبیاری و کود نیتروژن بر ویژگی‌های رشدی و غلظت کلروفیل سیر در سیستم آبیاری بارانی تک‌شاخه در استان همدان

رحیم مطلبی فرد[1*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۰۴

چکیده

پژوهش حاضر برای بررسی تأثیر نیتروژن و آبیاری بر ویژگی‌های رشدی سیر اجرا شد. آزمایش به‌صورت اسپلیت‌بلوک در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و با دو فاکتور آبیاری در ۴ سطح (با فواصل ۳-۰ (بدون تنش)، ۶-۳ (تنش ملایم)، ۹-۶ (تنش متوسط) و ۱۲-۹ (تنش شدید) متر از خط اصلی آبیاری) و نیتروژن در ۴ سطح (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص) و در ۳ تکرار و با استفاده از سیستم آبیاری بارانی تک‌شاخه اجرا شد. برای اندازه‌گیری کل آب رسیده به هر کرت (۲۴ متر مربع) از قوطی‌هایی که در وسط هر کرت مستقر شده بود استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری پژوهش به‌روش ذکر شده توسط هنکس (۱۹۸۰) انجام شد. نتایج نشان داد که مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب باعث افزایش ۷، ۶، ۷، ۱۲، ۲۲ و ۳۶ درصدی طول ساقه، وزن تر و خشک بخش هوایی، شاخص کلروفیل و غلظت کلروفیل‌های a و b شد. تنش شدید کمبود آب باعث کاهش ۱۳، ۳۶، ۱۲، ۱۲، ۱۹، ۴۲ و ۴۴ درصدی طول ساقه، تعداد برگ، وزن تر و خشک بخش هوایی، شاخص کلروفیل و غلظت کلروفیل‌های a و b در مقایسه با شرایط بدون تنش کمبود آب گردید. اثر متقابل دوجانبه آبیاری و نیتروژن فقط بر وزن خشک و تر بخش هوایی معنی‌دار بود و این اثر عمدتاً از نوع هم‌افزایی بود. حداکثر وزن خشک و تر بخش هوایی و عمده ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در شرایط مصرف ۴۰۹ میلی‌متر آب آبیاری (شرایط بدون تنش کمبود آب) همراه با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به‌دست آمد و در شرایط تنش کمبود آب مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مناسب است.

واژه‌های کلیدی: تعداد برگ، کلروفیل، کم‌آبیاری، طول ساقه

مقدمه

سیر با ۱۲ میلیون تن تولید چهاردهمین محصول مهم زراعی دنیاست (۱۴) و علاوه بر خواص دارویی در صنایع غذایی هم کاربرد فراوان دارد (۱). زیر کشت سیر در استان همدان حدود ۱۹۰۰ هکتار می‌باشد که متوسط عملکرد آن در این استان ۱۸ تن در هکتار می‌باشد. استان همدان با تولید حدود ۳۸ درصد سیر کشور یکی از مهم‌ترین قطب‌های کشور در زمینه تولید این محصول می‌باشد (۲). در گذشته ایران جزو صادرکنندگان عمده سیر در دنیا بود ولی امروزه سایر کشورهای دنیا با تولید بیشتر و عرضه به‌موقع بازار صادراتی ایران را در اختیار گرفته‌اند (۳۵). از دلایل کاهش صادرات ایران می‌توان به افت کیفیت سیر اشاره کرد که دلایل زیادی از جمله عدم آشنایی با نیازهای تغذیه‌ای و آبی آن از مهم‌ترین آن‌ها می‌باشد.

پژوهش‌های بسیار محدودی در مورد مدیریت آب در کشت سیر در دنیا انجام شده است (۲۵). به‌دلیل اهمیت این گیاه تلاش‌هایی برای افزایش بهره‌وری این گیاه با اعمال تنش کمبود آب صورت گرفته است (۸). سیر به‌شدت به کمبود آب حساس می‌باشد (۲۰). گزارش شده است که برای به‌دست آوردن حداکثر عملکرد سیر باید از اعمال تنش در مرحله تشکیل غده و رسیدن خودداری شود و اگر در مرحله تشکیل غده تنش کمبود آب اعمال شود اندازه حبه‌ها کاهش خواهد یافت (۸ و ۱۲). تنش کمبود آب بر اجزای مختلف گیاه سیر اثرگذار است. سیلابوت و همکاران (۴۶) تأثیر تعداد دفعات مختلف آبیاری را بر ارقام مختلف سیر در هند بررسی کردند. نتایج نشان داد که ۱۵ با آبیاری در طی دوره رشد سیر بیشترین مقدار عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص سطح برگ را دارا بود. احمد و همکاران (۱) تأثیر تعداد آبیاری و نوع کود پتاسیم را بر سیر در کشور مصر بررسی کردند. نتایج نشان داد که آبیاری ۱۵ روز یکبار و مصرف سولفات پتاسیم باعث افزایش خصوصیات رویشی، عملکرد و اجزای عملکرد و بهبود خاصیت انبارداری گیاه سیر گردید. پژوهش سانکار و همکاران (۴۳)

۱- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان
(*- نویسنده مسئول: (Email: motalebifard@gmail.com

نشان داد در هر دو سیستم آبیاری بارانی و قطره‌ای آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق پتانسیل سیر بیشترین مقدار ارتفاع ساقه، تعداد برگ، قطر ساقه، عملکرد و اجزای عملکرد سیر گردید. در داخل کشور هم پژوهش‌های بسیار محدودی در مورد تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد و کیفیت سیر انجام شده است. بیدشکی و آروین (۶) تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی و اسید سالسیلیک را بر رشد، عملکرد و محتوی آلیسین سیر بررسی کردند. تنش خشکی باعث کاهش مقدار تمام ویژگی‌های اندازه‌گیری شده سیر مانند عملکرد و غلظت کلروفیل‌های a و b و کل گردید و این کاهش برای غلظت کلروفیل‌های a و b و کل به‌ترتیب ۱۶، ۹ و ۱۰ درصد بود.

یکی از روش‌هایی که می تواند 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 گردد. این سیستم روشی ساده، قابل اعتماد و مطمئن جهت اجرای سطوح مختلف تنش خشکی است (۲۳ و ۳۱). در سطح دنیا و ایران از این روش در پژوهش‌هایی استفاده شده است که از آن‌جمله می‌توان به انگل (۱۰) بر روی گندم، هگنی و همکاران (۲۴) بر روی سیب‌زمینی، انگل (۱۱) بر روی گیاه جو، محمدیان (۳۱)، شریفی و همکاران (۴۴) بر روی چغندرقند، پوراسماعیل و همکاران (۳۸) بر روی نخود و گنج‌اوقلان و همکاران (۱۸) بر روی فلفل اشاره کرد که در این پژوهش‌ها عمدتاً اثر متقابل سطوح آبیاری همراه با رقم، یا فاکتور تغذیه‌ای (عمدتاً نیتروژن) مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. پژوهشی که از این روش بر روی سیر استفاده کرده باشد یافت نشد.

فراهمی نیتروژن برای رشد رویشی گیاهان زراعی بسیار مهم است. نیتروژن نقش ساختمانی در پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک داشته و جزئی از مولکول پروتئین است (۵). گزارش شده است که سیر نیاز زیادی به نیتروژن به‌خصوص در مراحل اولیه رشد دارد مقدار مصرف نیتروژن اندازه حبه‌های سیر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مصرف مناسب نیتروژن در مرحله رشد رویشی باعث رشد رویشی قوی‌تر و توسعه مناسب‌تر برگ‌ها می‌شود. درحالی‌که مصرف زیادتر نیتروژن به‌خصوص در مراحل انتهایی رشد عملکرد و کیفیت انباری سیر را کاهش می‌دهد. اگر نیتروژن کم‌تر از مقدار نیاز مصرف شود رسیدگی تسریع شده و عملکرد کاهش می‌یابد (۳۳). فاروکوی و همکاران (۱۵) تأثیر ۴ سطح نیتروژن و ۴ سطح گوگرد را بر ویژگی‌های رویشی و عملکرد سیر بررسی کردند. نتایج نشان داد مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بشترین مقدار ارتفاع و قطر ساقه، تعداد برگ، قطر و تعداد حبه سیر و عملکرد را به وجود آورد. ولی مصرف گوگرد تأثیر معنی‌دار بر این ویژگی‌ها نداشت. نتایج مشابه این پژوهش در بررسی هور و همکاران (۲۶) مشاهده گردید. ابراهیمی و همکاران (۹) بیشترین مقدار وزن تر و خشک و ارتفاع ساقه و تعداد برگ را با مصرف ۱۲۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به دست آوردند ولی حداکثر عملکرد در تیمار مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص مشاهده شد. با اینحال مودزیوا (۳۳) گزارش کرد که نوع کود نیتروژن هم در میزان نیتروژن مورد نیاز سیر تأثیر داشت حداکثر مقدار عملکرد و اجزای عملکرد سیر در شرایط مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع نیترات کلسیم و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع سولفات آمونیم مشاهده شد. زمان و همکاران (۵۲) گزارش کردند که مصرف نیتروژن تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد و اجزای عملکرد سیر را افزایش داد و مصرف زیادتر آن نتیجه عکس داشت.

اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بر روی محصول سیر در تعدادی از پژوهش‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. پانچل و همکاران (۳۶) در پژوهشی تأثیر سه سطح آبیاری ۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۴۰ درصد تبخیر و تعرق پتانسیل، سه سطح نیتروژن ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن خالص و سه سطح فسفر ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم را بر روی سیر در شرایط هندوستان مورد ارزیابی قرار دادند. بیشترین عملکرد غده‌ها از تیمار آبیاری ۱۲۰ درصد تبخیر و تعرق پتانسیل و مصرف نیتروژن ۷۵ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. پاندی و همکاران (۳۷) در یک خاک لومی رسی پژوهشی با ۵ سطح آبیاری ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ درصد تبخیر و تعرق پتانسیل و سه سطح نیتروژن ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص بر روی سیر انجام دادند که در این تحقیق نصف نیتروژن به صورت پایه و نصف دیگر آن ۳۰ روز بعد از کشت مصرف گردید. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد از تیمار آبیاری ۱۵۰ درصد تبخیر و تعرق پتانسیل و نیتروژن ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد که این سطوح آبیاری و کوددهی بیشترین قطر و وزن ده غده را نیز دارا بودند.

از این‌رو با توجه به نبود پژوهش در ایران بر روی سیر در زمینه کم‌آبیاری و محدود بودن اطلاعات در زمینه نقش تغذیه گیاهی و به‌خصوص نیتروژن در کیفیت و عملکرد سیر به‌عنوان یکی از گیاهان زراعی و دارویی مهم این پژوهش با هدف شناسایی نقش تنش کمبود آب و نیتروژن بر عملکرد و کیفیت سیر و بررسی اثر متقابل آن دو انجام شد. و با توجه به اطلاعات بسیار محدود در این زمینه نتایج آن می‌تواند باعث افزایش آگاهی و توجه بیشتر به پژوهش بر روی این گیاه گردد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه اکباتان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان و در سری خاک بهار با مشخصات (Fine loamy, mixed, mesic, calcixerollic xerochrepts) که سری غالب دشت بهار و ایستگاه اکباتان می‌باشد به مدت دو سال اجرا گردید.

برای اجرای پژوهش هر سال یک قطعه زمین بـه ابعـاد ۷۳*۲۷ متـر مربع انتخاب شد و از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر نمونه مرکب خاک تهیه و پس از هواخشک برخی ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی آن شامل فسـفر قابل جذب گیاه در خاک به‌روش اولسـن (۲۷)، روی، آهـن، منگنـز و مس قابل جذب گیاه در خاک بـا عصـاره‌گیـر DTPA (۲۷)، پتاسـیم قابل جذب گیاه در خاک به‌روش عصاره‌گیری با استات آمونیـوم یـک نرمال (۲۷)، بافت خاک به‌روش هیدرومتری (۱۶)، کربن آلی بـه‌روش اکسایش تر (۳۴)، pH خاک در سوسپانسیون ۱:۱ آب به خـاک (۳۰)، قابلیـت هـدایت الکتریکـی (EC) محلـول ۱:۱ آب بـه خـاک (۲۷) و کربنات کلسیم معادل خاک به‌روش خنثی‌سازی با اسید و تیتر کـردن با سود (۴۰) تعیین شدند. بر اساس نتایج تجزیـه خـاک، ۱۰ کیلـوگرم سکوسترین ۱۳۸ آهن، ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات‌تریپل و ۳۰ کیلوگرم سولفات روی همزمان با کشت مصرف شدند. یک چهارم کود نیتروژنه طبق نقشه پژوهش در پاییز و همزمان با کشت مصرف و سـه چهـارم مابقی طی دو تقسیط در بهار (اولی همراه با آب اول و دومـی بیسـت روز بعد از آن) مصرف شد. این پژوهش به‌صـورت آزمـایش اسـپلیت-بلوک و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامـل تصـادفی و بـا دو عامـل آبیاری و نیتروژن و در سه تکرار و در دو نیمه چپ و راست لوله اصلی اجرا شد. نحوه‌ی اجرای پژوهش بر اساس روش پیشنهادی هـنکس و همکاران (۲۲) بود. در این روش یک سیستم آبیاری تک‌شـاخه‌ای بـا یک خط لاترال با فاصله آب‌پاش‌های ۶ متـر و در دو نیمـه راسـت و چپ لوله اصلی نصب شد. خط آبیاری موازی با باد غالب منطقه نصب گردید تا غیریکنواختی بین سطوح آبیاری در دو نیمه چپ و راست بـه حداقل برسد. در سیستم آبیاری مورد استفاده مقدار آب آبیـاری بـرای کلیه کرت‌هایی که در یک ستون قرار می‌گیرند (در هر دو طرف لولـه اصلی) یکسان و پیوسته است؛ درحالی‌کـه بـرای کـرت‌هـایی کـه در ردیف قرار دارند مقدار پاشش آب از مرکز به طرفین کاهش مـی‌یابـد (۳۱).

سطوح آبیاری بر اساس فاصله از خط آبیـاری اصـلی شـامل I1) فاصله ۳-۰ متر از خط آبیاری (بدون تـنش)، I2) فاصـله ۶-۳ متـر از خط آبیاری (تنش ملایم)، I3) فاصله ۹-۶ متر از خـط آبیـاری (تـنش متوسط) و I4) فاصله ۱۲-۹ متر از خط آبیاری (تنش شدید) و سـطوح نیتروژن شامل مقادیر ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بود کـه در دو نیمـه چـپ و راسـت اجـرا گردیـد. سـطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص معادل توصیه کودی انجام شده برای گندم و در شرایط استان همدان بود و سطوح دیگـر کمتـر از توصـیه مـذکور انتخاب شدند چرا که نیاز غذایی سیر کمتر از گندم است (برای سیر در منطقه توصیه دقیق وجود نداشت) و ثانیاً در شرایط کمبود آب ممکـن است نیاز به عناصر غذایی از جمله نیتروژن کاهش یابد. سـطح عـدم مصرف کود نیتروژن هم جهت تحلیل رگرسیونی نتایج انتخاب گردید.

هر کدام از کرت‌ها در این پژوهش شامل ۶ خـط کاشـت جـوی-پشته با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متری بود که بر روی هر پشته دو خط سیر با فاصله بوته‌های ۱۰ سانتی‌متر کشت گردید. هـر کـرت در ایـن پژوهش دارای ۸ متر طول (موازی بـا خـط آبیـاری) و ۳ متـر عـرض بودند. پس از کاشت آبیاری در پاییز یکنواخت انجام شد و در بهار خط آبیاری بارانی تک‌شاخه‌ای بـا فاصـله آب‌پـاش‌هـای شـش متـر و بـا آب‌پاش‌های نلسـون F33 (شـعاع پاشـش ۱۵ متـر و فشـار کـار ۳/۵ اتمسفر) نصب شد. دور آبیاری بر اساس تخلیه رطوبت خاک به میزان ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای در سطح I1 (بـدون تـنش) تعیـین مـی-گردید. اندازه‌گیری رطوبت خاک به روش وزنـی قبـل از هـر آبیـاری انجام (از ۳ روز قبل از هر آبیاری نمونـه خـاک بـا اسـتفاده از متـه از عمق‌های مختلف خاک تا ۴۰ سانتی‌متر تهیـه و رطوبـت آن انـدازه-گیری می‌شد و زمانی که رطوبت خاک به حـدود ۵۰ درصـد ظرفیـت مزرعه‌ای کاهش یافته بود انجام می‌گردید) و میزان آبیاری بر اسـاس رساندن رطوبت خاک در سطح آبیاری I1 تا عمق ۴۰ سانتی‌متر به حد ظرفیت مزرعه‌ای (قبل از اجرای پژوهش در هر سال رطوبت ظرفیـت زراعی خاک محل پژوهش تعیین می گردیـد) تعیـین مـی‌شـد. بـرای تعیین مقدار آب دریافت شده توسط هر کرت (هر کرت ۲۴ متر مربـع بود)، ظروفی با قطر دهانه ۱۰ سانتی‌متر در مرکز هر کرت و بـر روی سه‌پایه در ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر قـرار داده شـد. بلافاصـله بعـد از هـر آبیاری مقدار آب دریافت شده توسط هـر لیـوان انـدازه‌گیـری و بـا در دست بودن سطح دهانه ظروف ارتفاع آب دریافـت شـده توسـط هـر کرت محاسبه گردید.

در پایان اردیبهشت طول ساقه (میانگین از کـف تـا نـوک گیـاه)، تعداد برگ و قطر ساقه و شاخص کلروفیل با استفاده از کلروفیل‌سـنج ۵۰۲ (Minolta, Spain) اندازه‌گیری شد و با تهیه نمونه برگی غلظت کلروفیل‌های a و b و با برداشت بوته کامـل وزن تـر بخـش هـوایی اندازه‌گیری و با خشک کردن به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمـای ۷۰ درجه سلسیوس وزن خشک آن و درصد ماده خشـک بخـش هـوایی محاسبه شد. برای اندازه‌گیری میزان کلروفیـل، ۰/۵ گـرم بـرگ تـازه (برگ‌های کاملا توسعه یافته) انتخاب شده و کاملا در یک آون چینی با پنج میلی‌لیتر استون ۸۰٪ مخلوط شده و سانتریفیوژ شد (۳۰۰۰ دور در دقیقه). پس از سانتریفیوژ محلول روئـی برداشـته و بـا اسـتفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، میزان جذب آن در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر قرائت شد. در نهایت غلظـت کلروفیـل‌هـای a و b و کـل بـر حسب میلی‌گرم در گرم وزن خشک برگ و با استفاده از روابـط ۱ و ۲ محاسبه شد (۳ و ۲۱).

$$\text{Chl a (mg. g}^{-1}\text{ DW)} = [(12.21*A663-2.81*A645)*V/W]*100/M \quad (۱)$$

$$\text{Chl b (mg. g}^{-1}\text{ DW)} = [(20.13*A663-5.03*A645)*V/W]*100/ \quad (۲)$$

که در این روابط A645 و A663 به ترتیب میزان جذب در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر، V حجم استون، W وزن بافت گیاهی و M درصد ماده خشک گیاه می‌باشد.

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. سپس مقایسه میانگین‌ها با آزمون‌های دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام و شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی خاک مورد استفاده در این آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of the studied soil

گروه بافت Soil texture	CCE	SP	FC	OC	pH (۱:۱)	EC (۱:۱) (dS/m)	P	K	Fe	Zn	Mn	Cu	
	(٪)						(mg/kg)						
لوم رسی Clay loam	10.25	44.4	19.5	0.54	8.01	0.57	11	348	4.2	0.57	15.2	1.1	سال اول The first year
لوم Loam	11.1	47.0	19.0	0.52	8.00	060	10	340	4.6	1.0	10.8	1.0	سال دوم The second year

CCE: کربنات کلسیم معادل؛ OC: کربن آلی خاک؛ SP: درصد رطوبت اشباع خاک

جدول ۲ 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 معنی‌دار بین دو نیمه از نظر ارتفاع آب دریافت شده وجود نداشت.

جدول ۲- میانگین دوسالانه ارتفاع آب مصرف شده در سطوح مختلف آبیاری

Table 2- The two year means of applied water height in different irrigation levels

سطح آبیاری Irrigation level	نیمه Half	آب مصرف شده Total applied water (mm)
بدون تنش No stress	چپ left	408.0
	راست right	410.4
تنش ملایم Slight stress	چپ left	332.8
	راست right	331.0
تنش متوسط Moderate stress	چپ left	225.6
	راست right	226.0
تنش شدید Severe stress	چپ left	139.9
	راست right	136.5

طول ساقه

همانطورکه در جدول ۳ مشاهده می‌گردد تجزیه واریانس طول ساقه نشان داد که اثرهای اصلی نیتروژن و آبیاری بر طول ساقه معنی‌دار بود ولی اثر متقابل این دو فاکتور بر طول ساقه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نگردید. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف نیتروژن باعث افزایش طول ساقه سیر گردیده است به‌طوری که بیشترین مقدار طول ساقه (۴۰/۵ سانتی‌متر) از مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و کمترین آن (۳۷/۹ سانتی‌متر) از عدم مصرف کود نیتروژن به‌دست آمد (جدول ۴). مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن باعث افزایش ۷ درصدی طول ساقه سیر در مقایسه با شرایط عدم مصرف نیتروژن گردید. با افزایش مصرف نیتروژن طول ساقه به‌طور خطی افزایش یافت و شکل یک نشان داد که رابطه‌ای خطی و معنی‌دار بین نیتروژن مصرفی و طول ساقه سیر وجود دارد (رابطه ۳). از رابطه رگرسیونی ارائه شده در شکل یک می‌توان طول ساقه سیر را در مقادیر مختلف نیتروژن با دقت مناسبی به‌دست آورد. تحلیل رگرسیونی نشان داد که بین نیتروژن مصرفی (N) و طول ساقه (Y) رابطه رگرسیونی معنی‌دار با ضریب همبستگی بیش از ۰/۹۵ وجود داشت. به‌دلیل ایفای نقش در تولید پروتئین، اسیدهای نوکلئیک و سنتز کلروفیل، فراهمی نیتروژن اهمیت زیادی دارد (۲۶) و در فتوسنتز نقش اساسی ایفا می‌کند. نیتروژن در واکنش‌های متابولیکی نقش کلیدی ایفا نموده و در دیواره سلول نقش ساختمانی دارد (۱۳). زمان و همکاران (۵۲) گزارش کردند که مانند پژوهش حاضر حداکثر طول ساقه سیر با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به‌دست آمد و مصرف مقادیر بیش‌تر نیتروژن تأثیر معنی‌دار بر طول ساقه سیر نداشت. نیتروژن باعث افزایش سرعت تشکیل و توسعه برگ‌های سیر گردید (۲۶ و ۵۲). تأثیر نیتروژن بر افزایش طول ساقه سیر با نتایج پژوهش فاروکوی و همکاران (۱۵)، زمان و همکاران (۵۲) و هور و همکاران (۲۶) بر روی سیر مطابقت داشت. روند خطی افزایش طول ساقه سیر در این پژوهش در پژوهش ابراهیمی و همکاران (۹) نیز مشاهده گردید.

$$S= 0.018(N)+35.55, r=0.953^{*} \quad (۳)$$

مقایسه میانگین‌های طول ساقه سیر برای اثر اصلی آبیاری نشان داد که با افزایش شدت تنش کمبود آب طول ساقه سیر کاهش یافته است. بیشترین طول ساقه سیر مربوط به شرایط بدون تنش (مصرف ۴۰۹ میلی‌متر آب در طی فصل) به‌میزان ۴۱/۹ سانتی‌متر و کمترین آن مربوط به شرایط تنش شدید کمبود آب با طول ساقه ۳۶/۹ سانتی‌متر بود و با افزایش شدت تنش کمبود آب از شرایط بدون تنش تا تنش شدید کمبود آب طول ساقه حدود ۱۴ درصد کاهش یافت. فقط تفاوت شرایط بدون تنش کمبود آب با شرایط تنش متوسط و شدید کمبود آب معنی‌دار بود ولی بین شرایط تنش کمبود آب اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۴). با کاهش سطح آب مصرفی طول ساقه به‌طور خطی کاهش یافت. شکل ۲ نشان داد که رابطه‌ای خطی و معنی‌دار بین آب مصرفی و طول ساقه سیر وجود دارد. از رابطه رگرسیونی ۴ طول ساقه سیر در مقادیر مختلف آب مصرفی قابل برآورد است و ۹۵ درصد تغییرات طول ساقه سیر با مصرف آب آبیاری قابل توجیه می‌باشد (شکل ۲). با توجه به این که نیاز آبی سیر برای منطقه با استفاده از فرمول پنمن مانتیس اصلاح شده و در نظر گرفتن Kc در مراحل مختلف رشد ۵۰۰ میلی‌متر (قدمی و نصرتی) بر آورد شده است (۴۲۵ میلی‌متر هم در منابع خارجی (۴) گزارش شده است) و در تمام سطوح آبیاری مقدار آب مصرف شده کمتر از تبخیر و تعرق پتانسیل بود لذا با افزایش آب آبیاری طول ساقه هم به‌طور معنی‌دار خطی افزایش پیدا کرد.

$$S = 0.019(I) + 33.61, r= 0.958^{*} \quad (۴)$$

افزایش طول ساقه سیر در شرایط آبیاری بیشتر ممکن است به‌دلیل چند عامل باشد. رطوبت بیش‌تر با افزایش پتانسیل آب برگ (۳۲) و هدایت روزنه‌ای و کربن‌گیری (۳۳)، حجم شاخ و برگ را که برای جذب نور خورشید و فتوسنتز ضروری است افزایش می‌دهد و فتوسنتز بیش‌تر می‌تواند موجب افزایش طول ساقه گردد (۱۷، ۴۵ و ۴۹). علاوه بر این در شرایط تنش کمبود آب فعالیت آنزیم‌های مؤثر در فتوسنتز نیز کاهش یافت (۴۵). رسوب فسفر و کلسیم و تصعید آمونیاک در شرایط تنش کمبود آب جذب عناصر غذایی ضروری را کاهش داده و این کاهش به کاهش فتوسنتز و نهایتاً فاکتورهای رویشی مانند طول ساقه منجر گردید (۴۵ و ۵۰). فراهمی مناسب آب سبب افزایش تولید هورمون اکسین در گیاه و در نتیجه افزایش تعداد برگ و رشد رویشی گیاه شد (۴۳).

کمبود آب میزان جذب و انتقال عناصر غذایی از ریشه به بخش هوایی را به دلیل پخشیدگی کمتر عناصر غذایی از خاک به سطح ریشه و تعرق کم گیاه و آسیب به انتقال فعال و تراوایی غشاء (۵۱) کاهش داد. مجموع این عامل‌ها باعث شد که بر اثر تنش کمبود آب رشد گیاه، ارتفاع و ماده خشک آن کاهش یابد. دبلونده و لدنت (۷) گزارش کردند که طول ساقه یکی از حساس‌ترین ویژگی‌ها به تنش کمبود آب بود و با تنش متوسط طول ساقه کاهش معنی‌داری یافت. طول ساقه یکی از فاکتورهای مهم در عملکرد بوده و ارتباط مناسبی بین آن و عملکرد در مطالعات به‌خصوص در شرایط آبیاری کامل به‌دست آمده است (۷). تأثیر تنش کمبود آب بر کاهش طول ساقه با نتایج تحقیقات احمد و همکاران (۱) بر روی سیر مطابقت نشان داد.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ویژگی‌های اندازه‌گیری شده سیر در این پژوهش

Table 3- The analysis of variance for measured attributes of garlic in current research

منابع تغییر Source of variations	درجه آزادی Degree of freedom	کلروفیل b chlorophyll b	کلروفیل a chlorophyll a	شاخص کلروفیل SPAD	وزن خشک بخش هوایی Stem dry weight	وزن تر بخش هوایی Stem wet weight	قطر ساقه Stem height	تعداد برگ Leaf numbers	طول ساقه Stem lenght
سال Year	1	0.089 ns	0.11 ns	13.1 ns	1.3 ns	8.25 ns	0.023 ns	0.71 ns	95 ns
تکرار (سال) R(Y)	4	0.1 ns	0.14 ns	14.6 ns	2.1 ns	10.11 ns	0.09 ns	0.45 ns	75 ns
نیتروژن Nitrogen (N)	3	2.35**	3.5**	119**	22.5**	117**	0.14 ns	1.4 ns	963**
نیتروژن×سال N×Y	3	0.075 ns	0.09 ns	16.1 ns	1.24 ns	7.54 ns	0.013 ns	0.81 ns	105 ns
خطا Error	12	0.16 ns	0.21 ns	13.1 ns	2.01 ns	9.84 ns	0.022 ns	0.95 ns	109 ns
آبیاری Irrigation (I)	3	4.5**	6.9**	127**	35**	178**	0.165 ns	10.5**	1153**
آبیاری×سال Y×I	3	0.12 ns	0.32 ns	9.9 ns	1.01 ns	5.5 ns	0.162 ns	0.191 ns	42 ns
خطا Error	12	0.14 ns	0.25 ns	12.8 ns	2.11 ns	10.1 ns	0.014 ns	0.89 ns	117 ns
نیتروژن×آبیاری N×I	9	0.09 ns	0.44 ns	22.2 ns	28.1**	145**	0.022 ns	0.192 ns	125 ns
نیتروژن×آبیاری ×سال N×I×Y	9	0.11 ns	0.21 ns	9.9 ns	5.4 ns	22.8 ns	0.035 ns	0.89 ns	92 ns
خطا Error	36	0.129 ns	0.19 ns	5.65 ns	2.02 ns	11.5 ns	0.008 ns	0.94 ns	112 ns
نیمه Half (H)	1	0.27 ns	0.25 ns	11.76 ns	1.54 ns	8.8 ns	0.023 ns	0.115 ns	125 ns
نیمه×سال H×Y	1	0.18 ns	0.11 ns	9.56 ns	1.89 ns	9.45 ns	0.002 ns	0.74 ns	65 ns
خطا Error	4	0.13 ns	0.185 ns	19.1 ns	1.92 ns	9.89 ns	0.009 ns	0.111 ns	148 ns
نیتروژن×نیمه N×H	3	0.139 ns	0.16 ns	14.13 ns	2.45 ns	13.25 ns	0.012 ns	0.65 ns	156 ns
نیتروژن×نیمه×سال N×H×Y	3	0.184 ns	0.21 ns	14.45 ns	2.35 ns	12.3 ns	0.032 ns	0.89 ns	176 ns
خطا Error	12	0.142 ns	0.193 ns	18.54 ns	2.48 ns	12.1 ns	0.078 ns	0.101 ns	152 ns
آبیاری ×نیمه I×H	3	0.24 ns	0.25 ns	10.3 ns	3.01 ns	14.9 ns	0.005 ns	0.114 ns	114 ns
نیمه×آبیاری ×سال H×I×Y	3	0.23 ns	0.14 ns	6.8 ns	1.87 ns	8.1 ns	0.006 ns	0.67 ns	117 ns
خطا Error	12	0.122 ns	0.19 ns	16.23 ns	2.11 ns	10.9 ns	0.012 ns	0.91 ns	182 ns
نیتروژن×آبیاری ×نیمه N×I×H	9	0.06 ns	0.09 ns	9.7 ns	1.24 ns	6.45 ns	0.021 ns	0.142 ns	114 ns
نیتروژن×آبیاری× نیمه×سال	9	0.08 ns	0.045 ns	13.1 ns	1.59 ns	7.76 ns	0.012 ns	0.116 ns	74 ns
خطا Error	36	0.135	0.18	12	1.7	9.62	0.08	0.89	83
ضریب تغییرات C.V. (%)		9	4	11	19	5.5	20	10	21

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns, * and **are non-significant, significant at $p\leq 0.05$ and $p\leq 0.01$, respectively

جدول ٤- مقایسه میانگین‌های ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن

Table 4- Means comparison of measured attributes for different irrigation and nitrogen levels

فاکتور Factor	سطوح Levels	کلروفیل b chlorophyll b mg.g^{-1} (dw)	کلروفیل a chlorophyll a mg.g^{-1} (dw)	شاخص کلروفیل SPAD	وزن خشک بخش هوایی Stem dry weight (g)	وزن تر بخش هوایی Stem wet weight (g)	قطر ساقه Stem height (cm)	تعداد برگ Leaf numbers	طول ساقه Stem lenght (cm)
آبیاری Irrigation	بدون تنش No stress	4.04a	10.20a	50.5a	5.39a	70.1a	1.12a	7.5a	41.9a
	تنش ملایم Slight stress	3.82a	9.90a	47.7ab	5.29a	68.8a	1.07a	6.6ab	39.7ab
	تنش متوسط Moderate stress	3.41b	8.20b	44.3ab	5.20a	67.6b	1.02a	6.1ab	37.1b
	تنش شدید Severe stress	2.85c	7.10c	42.4b	4.80b	62.5c	0.99a	5.5b	36.9b
نیتروژن Nitrogen (kg N/ha)	0	2.97b	8.00c	44.4b	5.00b	65.3b	1.10a	6.4a	37.9b
	50	3.25b	8.34c	44.7ab	5.05b	65.3b	1.00a	6.6a	38.3b
	100	3.86a	9.26a	46.1ab	5.30a	68.9a	1.10a	6.3a	39.2a
	150	4.04a	9.80a	49.7a	5.34a	69.5a	1.00a	6.3a	40.5a

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

In a column of each experimental factors, same letters had not significant differences in Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$

قطر ساقه و تعداد برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که هیچ‌کدام از اثرهای اصلی نیتروژن و آبیاری و اثر متقابل دوجانبه آن‌ها بر قطر ساقه سیر معنی‌دار نبود (جدول ۳) هرچند با افزایش شدت تنش کمبود آب روند کاهشی در قطر ساقه سیر مشاهده گردید (جدول ۴).

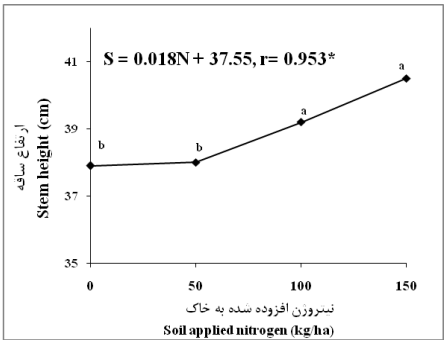
اثر اصلی آبیاری در سطح احتمال یک درصد بر تعداد برگ سیر معنی‌دار بود ولی اثر اصلی نیتروژن و اثر متقابل دوجانبه نیتروژن و آبیاری بر این ویژگی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نگردید (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش آب مصرفی تعداد برگ سیر نیز افزایش یافت به‌طوری‌که بیشترین تعداد برگ مربوط به شرایط بدون تنش کمبود آب (مصرف ۴۰۹ میلی‌متر آب در طی فصل) با ۷/۵ برگ بر بوته و کمترین آن مربوط به شرایط تنش شدید کمبود آب (مصرف ۱۳۷/۹ میلی‌متر آب در طی فصل) با ۵/۵ برگ بر بوته بود. با کاهش آب مصرفی تعداد برگ سیر به‌طور معنی‌دار روند کاهشی نشان داد (شکل ۳) و بین آبیاری و تعداد برگ رابطه رگرسیونی معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (رابطه ۵). در شرایط فراهمی بیشتر آب هورمون اکسین به‌مقدار بیشتری در گیاه تولید می‌شود (۵۳) و افزایش هورمون اکسین می‌تواند منجر به افزایش ارتفاع ساقه و تشکیل برگ‌های بیشتر گردد. همچنین احتمال دارد فراهمی بیشتر آب باعث افزایش حلالیت و فراهمی عناصر غذایی در خاک شده باشد و این موضوع منجر به افزایش جذب عناصر غذایی و همگون‌سازی کربوهیدرات‌ها که برای فرآیندهای مختلف رشد ضروری است شده و تولید برگ‌ها را افزایش داده باشد (۱). تأثیر تنش کمبود آب بر کاهش تعداد برگ سیر با پژوهش‌های سانکار و همکاران (۴۳)، احمد و همکاران (۱) و سیلابوت و همکاران (۴۶) بر روی محصول سیر مطابقت داشت.

$$C = 0.007I + 4.49,\ r = 0.983^{**} \quad (۵)$$

وزن تر و خشک بخش هوایی

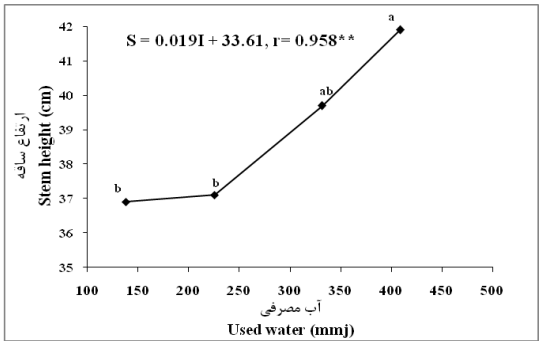
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی آبیاری و نیتروژن و اثر متقابل دوجانبه آن‌ها بر وزن تر بخش هوایی و وزن خشک آن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش تنش کمبود آب وزن تر و خشک بخش هوایی کاهش یافت به‌طوری که شرایط بدون تنش به ترتیب با ۷۰/۱ و ۵/۳۹ گرم وزن تر و خشک بخش هوایی بهترین سطح بود و تنش شدید کمبود آب باعث کاهش ۱۲ درصدی وزن خشک و تر بخش هوایی در مقایسه با شرایط بدون تنش گردید و هر دو این‌ویژگی‌ها روند تقریباً مشابهی در شرایط مختلف آبیاری داشتند (جدول ۴).



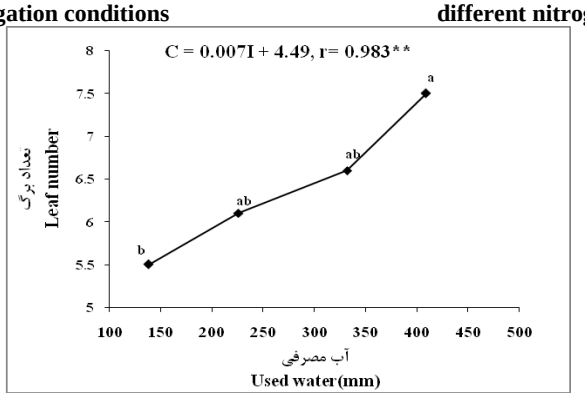
شکل ۱- مقایسه میانگین‌های طول ساقه تحت اثر نیتروژن مصرفی

Figure 1- Means comparison of stem height for different nitrogen conditions



شکل ۲- مقایسه میانگین‌های طول ساقه تحت اثر سطوح آبیاری

Figure 2- Means comparison of stem height for different irrigation conditions



شکل ۳- مقایسه میانگین‌های تعداد برگ تحت اثر سطوح آبیاری

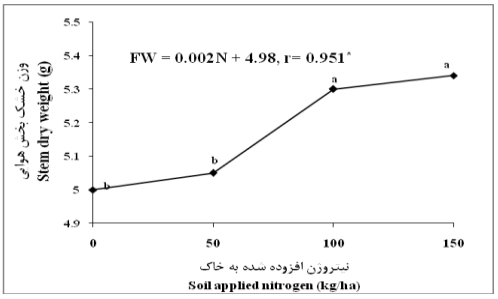
Figure 3- Means comparison of leaf numbers for different irrigation conditions

بین وزن خشک بخش هوایی و مقدار آب آبیاری رابطه لگاریتمی وجود داشت (رابطه ۶) و بیش از ۹۹ درصد تغییرات وزن خشک بخش هوایی با مقادیر آب آبیاری قابل توجیه بود (شکل ۵). احتمالاً به‌علت تحت تأثیر قرار گرفتن فتوسنتز (۱۷، ۴۵ و ۴۹)، بسته شدن روزنه‌ها (۴۱ و ۴۹) و کاهش هدایت روزنه‌ای و تعرق، گیاه وزن خشک بخش هوایی را برای مقابله با تنش کمبود آب کاهش داده باشد. همچنین ممکن است فراهمی و انتقال عناصر غذایی به اندام‌های هوایی گیاه بر اثر تنش کمبود آب کاهش یافته (۴۵) و ماده خشک کم شده و کاهش ویژگی‌هایی مانند طول ساقه و تعداد برگ سیر نیز بر اثر تنش کمبود آب مؤید این مطلب است.

$$DW = 0.525\ln(I) + 2.26,\ r= 0.989^{**} \quad (۶)$$

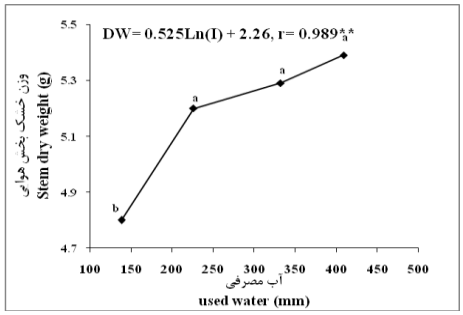
با افزایش مصرف نیتروژن وزن تر و خشک بخش هوایی کاهش یافت (جدول ۴). بیشترین وزن خشک (۶۹/۵ گرم بر بوته) و تر (۵/۳۴ گرم بر بوته) بخش هوایی مربوط به شرایط مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود که در مقایسه با شرایط عدم مصرف نیتروژن باعث افزایش حدود ۶ درصدی وزن خشک و تر بخش هوایی شد. در هر دو ویژگی وزن خشک و تر بخش هوایی، بین سطوح ۰ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن و ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم آن در هکتار تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد وجود نداشت. همان گونه که در شکل ۴ قابل مشاهده است همانند بیشتر ویژگی‌ها بین سطوح نیتروژن مصرفی و وزن خشک بخش هوایی رابطه خطی معنی‌دار وجود داشت (رابطه ۷). زمان و همکاران (۵۲) گزارش کردند که بیشترین وزن خشک بخش هوایی و وزن خشک تک بوته سیر در شرایط مصرف ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد که این موضوع به‌دلیل نقش بارز نیتروژن در تولید کلروفیل و فتوسنتز و افزایش ماده خشک تولیدی بود. همچنین نیتروژن باعث افزایش سطح سبز و رشد رویشی سیر شده و به تولید ماده خشک بیشتر منجر شد. تأثیر نیتروژن بر افزایش وزن خشک و تر بخش هوایی با نتایج پژوهش مودزیوا (۳۳) و ابراهیمی (۹) بر روی سیر نیز مطابقت داشت.

$$DW = 0.002(N) + 4.98,\ r= 0.951^{*} \quad (۷)$$



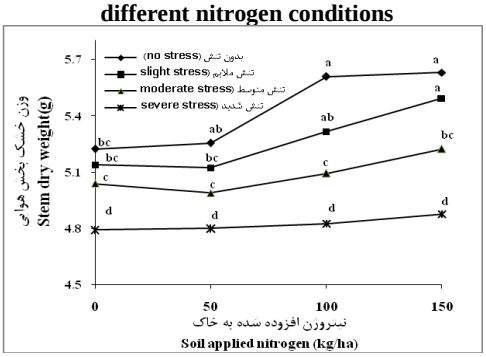
شکل ٤- مقایسه میانگین‌های وزن خشک بخش هوایی تحت اثر نیتروژن مصرفی

Figure 4- Means comparison of stem dry weight for different nitrogen conditions



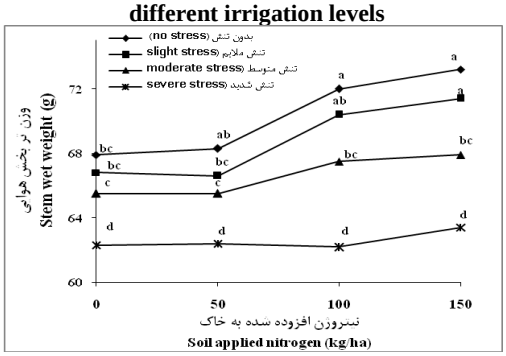
شکل ٥- مقایسه میانگین‌های وزن خشک بخش هوایی تحت اثر سطوح آبیاری

Figure 5- Means comparison of stem dry weight for different irrigation levels



شکل ٦- مقایسه میانگین‌های وزن خشک بخش هوایی تحت اثر ترکیب‌های تیماری نیتروژن و آبیاری

Figure 6- Means comparison of stem dry weight for nitrogen and irrigation combined treatments



شکل ۷- مقایسه میانگین‌های وزن تر بخش هوایی تحت اثر ترکیب‌های تیماری نیتروژن و آبیاری

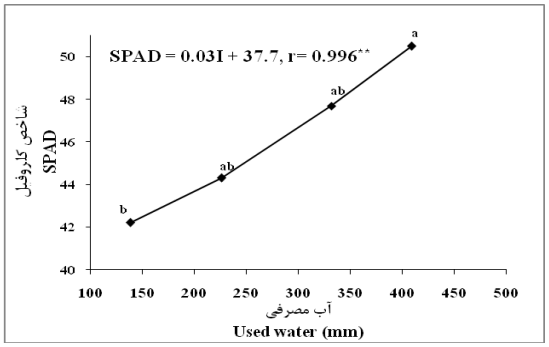
Figure 7- Means comparison of stem wet weight for nitrogen and irrigation combined treatments

اثرهای متقابل دوجانبه نیتروژن و آبیاری بر وزن خشک و تر بخش هوایی در شکل‌های ۶ و ۷ نشان داد که در شرایط تنش شدید کمبود آب مصرف نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک و تر بخش هوایی نداشته است. گزارش شده است که کمبود آب مهم‌ترین عامل کاهش‌دهنده تولید گیاهان زراعی مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه-خشک به شمار می‌رود. در این شرایط، بر اثر اختلال در واکنش‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژی گیاهی فتوسنتز و عملکرد گیاهان کاهش می‌یابد (۷). کمبود آب باعث از بین‌رفتن ساختار دولایه‌ای غشای پلاسمایی و فعالیت آنزیم‌های متصل به غشاء می‌شود (۵۱) و از راه‌هایی مانند بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فعالیت آنزیم‌های مؤثر در فتوسنتز (۵۱)، کاهش تورژسانس سلول‌ها و ممانعت از رشد سلولی باعث کاهش عملکرد می‌شود (۲۸) و این عوامل اثرگذار باعث می-شوند حتی با مصرف نیتروژن هم در شرایط تنش کمبود شدید آب عملکرد و تولید ماده خشک گیاهی بهبود نیابد. ولی در شرایط بدون تنش و تنش ملایم کمبود آب مصرف نیتروژن باعث افزایش وزن خشک و تر بخش هوایی گردید. به‌نظر می‌رسد افزایش ماده خشک و تر بخش هوایی با مصرف نیتروژن در این شرایط به‌دلایلی باشد که در بالا ذکر گردید. شکل‌های ۶ و ۷ نشان داد که اثر متقابل نیتروژن و آبیاری بر وزن خشک و تر بخش هوایی عمدتاً از نوع هم‌افزایی بود.

شاخص کلروفیل

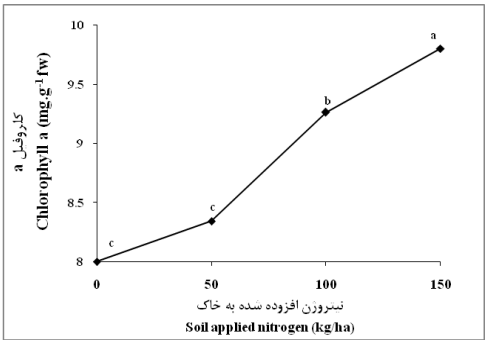
تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی نیتروژن و آبیاری بر شاخص کلروفیل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر متقابل دو فاکتور نیتروژن و آبیاری بر این ویژگی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نگردید (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش مصرف نیتروژن شاخص کلروفیل نیز به‌طور معنی‌دار افزایش یافت. بیشترین مقدار شاخص کلروفیل (۴۹/۶۷) از شرایط مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد که باعث افزایش ۱۲ درصدی شاخص کلروفیل نسبت به شرایط عدم مصرف نیتروژن گردید. نتایج نشان داد که فقط تفاوت مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با شرایط عدم مصرف آن معنی‌دار شد و مصرف ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار علی‌رغم افزایش شاخص کلروفیل تفاوت معنی‌داریی با شرایط عدم مصرف نیتروژن نداشتند. گزارش شده است که حداقل ۲۵ و به‌طور معمول بیش از ۷۵ درصد نیتروژن برگ‌ها در کلروپلاست قرار دارد و بیشتر این نیتروژن نقش آنزیمی در استروما و لاملا دارد. پروتئین و کلروفیل در لاملا تشیل کمپلکس می‌دهند

بنابراین کلروپلاست دارای کمبود نیتروژن ممکن است عوض بیضی شکل بودن دارای ساختمان کروی باشد و متورم به‌نظر بیاید. بنابراین کمبود نیتروژن منجر به کاهش پروتئین کلروپلاست و تغییر شکل ساختار کلروپلاست شده و باعث زردی و کاهش شاخص کلروفیل می‌گردد (۵).



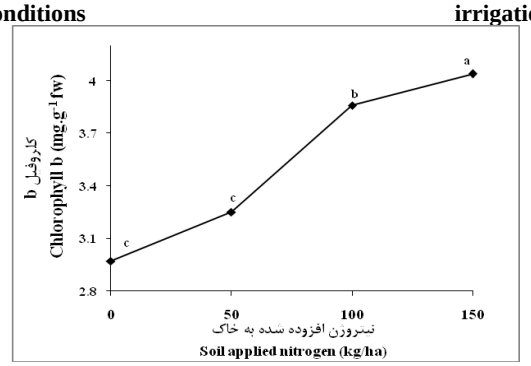
شکل ۸- مقایسه میانگین‌های شاخص کلروفیل تحت اثر سطوح آبیاری

Figure 8- Means comparison of SPAD for different irrigation levels



شکل ۹- مقایسه میانگین‌های کلروفیل a تحت اثر نیتروژن مصرفی

Figure 9- Means comparison of chlorophyll a for different nitrogen conditions



شکل ۱۰- مقایسه میانگین‌های کلروفیل b تحت اثر نیتروژن مصرفی

Figure 10- Means comparison of chlorophyll for different nitrogen conditions

با افزایش تنش کمبود آب شاخص کلروفیل از ۵۰/۵ در شرایط بدون تنش کمبود آب به ۴۲/۴ در شرایط تنش شدید کمبود آب کاهش یافت که بیانگر کاهش حدود ۲۰ درصدی شاخص کلروفیل با اعمال تنش شدید کمبود آب بود. با افزایش مصرف آب شاخص کلروفیل به‌طور کاملاً خطی افزایش یافت و بین آب مصرف و شاخص کلروفیل رابطه خطی با ضریب همبستگی ۹۹ درصد وجود داشت (رابطه ۸). نتایج بیانگر این موضوع است که احتمالاً در شرایط تنش رشد و توسعه برگ‌ها کمتر از تشکیل کلروفیل تحت تأثیر قرار گرفته است و کاهش بیشتر تشکیل کلروفیل در شرایط تنش در مقایسه با تولید بخش هوایی به‌دلیل اثر رقت (۲۹) باعث کاهش شاخص کلروفیل شده است. وجود اختلاف در مورد تأثیر کمبود آب بر شاخص کلروفیل برگ‌ها احتمالاً به توانایی گیاه در مواجهه با شرایط تنش کمبود آب مربوط می‌شود. اگر گیاه سرعت رشد خود را در شرایط تنش حفظ نماید، تنش باعث کاهش تولید کلروفیل شده و شاخص کلروفیل برگ‌ها کاهش می‌یابد. کاهش شاخص کلروفیل در شرایط تنش می‌تواند به‌دلیل تخریب ساختمان کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی و جلوگیری از ساخت کلروفیل جدید باشد (۴۷).

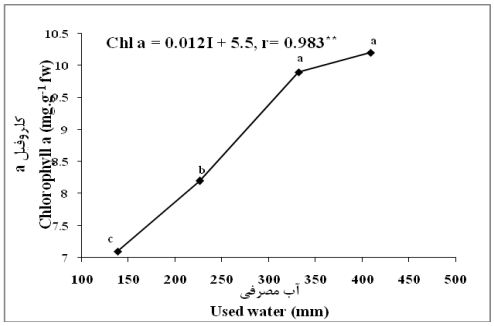
$$SPAD = 0.03(N) + 37.7,\ r= 0.996^{**} \quad (۸)$$

کلروفیل a و b

تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی آبیاری و نیتروژن در سطح احتمال یک درصد بر کلروفیل‌های a و b معنی‌دار بود ولی این ویژگی تحت تأثیر معنی‌دار اثر متقابل دوجانبه آبیاری و نیتروژن قرار نگرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشانگر افزایش غلظت کلروفیل‌های a و b در اثر مصرف مقادیر مختلف نیتروژن بود. بیشترین مقدار کلروفیل‌های a و b در شرایط مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (به‌ترتیب ۹/۸ و ۴/۰۴ میلی‌گرم کلروفیل بر گرم وزن خشک برگ) و کمترین آن‌ها در شرایط عدم مصرف نیتروژن (به‌ترتیب ۸/۰ و ۲/۹۷ میلی‌گرم کلروفیل بر گرم وزن خشک برگ) مشاهده شد که نشان می‌دهد مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب باعث

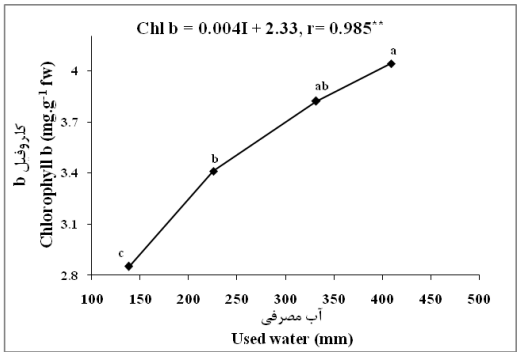
افزایش ۲۲ و ۳۶ درصدی کلروفیل‌های a و b در مقایسه با شرایط عدم مصرف نیتروژن گردیده است. شکل‌های ۹ و ۱۰ نیز نشان داد که بین کلروفیل‌های a و b و نیتروژن مصرفی رابطه خطی با ضرایب همبستگی معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹ و ۹۸ درصد وجود داشت. مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تأثیر معنی‌دار بر کلروفیل‌های a و b در مقایسه با شرایط عدم مصرف آن نداشت و مقادیر زمانی معنی‌دار گردید که مصرف نیتروژن تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. نیتروژن جزو ترکیب اصلی کلروفیل‌های a و b بوده و در شرایط کمبود آن کلروفیل کمتر تشکیل می‌گردد. نیتروژن در ترکیب شمار زیادی از آنزیم‌های مؤثر در سنتز کلروفیل نقش دارد (۱۳) و در شرایط کمبود نیتروژن غشاءها تخریب می‌گردند و تخریب غشاء منجر به از دست رفتن کلروفیل‌ها و بروز زردی می‌گردد (۵) همچنین نیتروژن در ترکیب پروتئین‌های همراه کلروفیل وجود دارد که نقش اساسی در محافظت و حفظ کارکرد صحیح کلروفیل دارند (۲۹). همه‌ی موارد ذکر شده باعث می‌شوند با افزایش نیتروژن مصرفی هم کلروفیل بیشتری تولید گردد و هم از تخریب آن کاسته شود و غلظت نهایی کلروفیل در گیاه افزایش یابد.

با افزایش آب مصرفی میزان کلروفیل‌های a و b افزایش یافت. بیشترین کلروفیل‌های a و b مربوط به شرایط بدون کمبود آب (مصرف ۴۰۹ میلی‌متر آب آبیاری) به‌ترتیب با ۱۰/۲ و ۴/۰۴ میلی‌گرم کلروفیل بر گرم ماده خشک برگ و کمترین آنها مربوط به شرایط تنش شدید کمبود آب (مصرف ۱۳۸/۲ میلی‌متر آب آبیاری) با ۱۰/۱ و ۲/۸۵ میلی‌گرم کلروفیل بر گرم ماده خشک برگ بود. تنش شدید کمبود آب باعث کاهش ۴۴ و ۴۲ درصدی کلروفیل‌های a و b در مقایسه با شرایط بدون تنش کمبود آب گردید (جدول ۴). شکل‌های ۱۱ و ۱۲ نشان می‌دهند که با افزایش فراهمی آب آبیاری مقدار کلروفیل‌های a و b به‌طور خطی افزایش نشان داد و ضریب همبستگی مقادیر کلروفیل‌های a و b از در سطوح مختلف آب مصرفی حدود ۹۸ درصد بود. به‌طور کلی تأثیر تنش بر میزان کلروفیل‌های a و b بسیار متنوع بوده و بستگی به شرایط محیطی، نوع گیاه و رقم داشته و در بعضی گونه‌ها باعث کاهش و در بعضی دیگر منجر به افزایش کلروفیل می‌گردد.



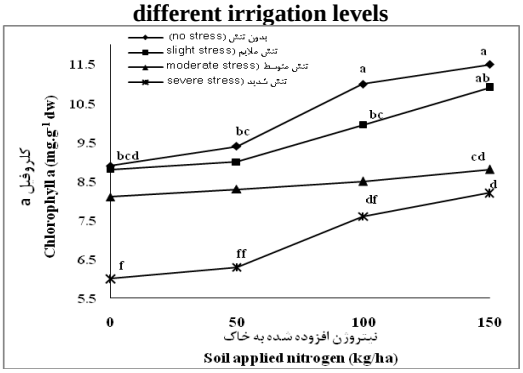
شکل ۱۱- مقایسه میانگین‌های کلروفیل a تحت اثر آبیاری

Figure 11- Means comparison of chlorophyll a for different irrigation levels



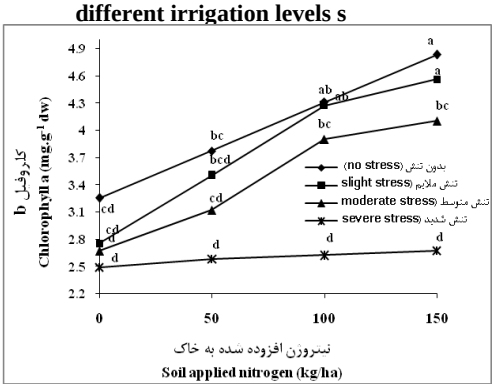
شکل ۱۲- مقایسه میانگین‌های کلروفیل b تحت اثر آبیاری

Figure 12- Means comparison of chlorophyll b for different irrigation levels s



شکل ۱۳- مقایسه میانگین‌های کلروفیل a تحت اثر ترکیب‌های تیماری نیتروژن و آبیاری

Figure 13- Means comparison of chlorophyll a for nitrogen and irrigation combined treatments



شکل ۱۴- مقایسه میانگین‌های کلروفیل b تحت اثر ترکیب‌های تیماری نیتروژن و آبیاری

Figure 14- Means comparison of chlorophyll b for nitrogen and irrigation combined treatments

تولید آبسزیک اسید بیشتر در شرایط تنش کمبود آب منجر به تحریک فعالیت آنزیم کلروفیلاز شده و به تجزیه کلروفیل منجر می‌شود (۳۹) همچنین تنش اکسایشی در گیاه باعث تولید گونه‌های احیایی اکسیژن بیشتر شده و به ساختار کلروپلاست آسیب‌زده و غلظت کلروفیل را کم می‌کند (۴۸). افزایش غلظت کلروفیل در برگ‌ها احتمال دارد در اثر کوچک شدن سلولها و کاهش رشد گیاه و اثر رقت باشد (۴۲). تأثیر تنش کمبود آب بر کاهش غلظت کلروفیل a، b و کل گیاه سیر توسط بیدشکی و آروین (۶) نیز گزارش شده است.

اثر متقابل نیتروژن و آبیاری بر غلظت کلروفیل a در شکل ۱۳ قابل مشاهده است. با افزایش فراهمی آب و نیتروژن غلظت کلروفیل a افزایش یافت. بیشترین غلظت کلروفیل a (۱۱/۵ میلی‌گرم در گرم ماده خشک برگ) در تیمار بدون تنش کمبود آب و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کمترین آن (۶/۰ میلی‌گرم در گرم ماده خشک برگ) در تیمار تنش شدید کمبود آب و عدم مصرف نیتروژن مشاهده شد که نشان‌گر افزایش بیش از ۹۰ درصدی غلظت کلروفیل a در این شرایط می‌باشد. دلایل افزایش غلظت کلروفیل a در شرایط فراهمی آب و نیتروژن همان‌هایی است که در بالا ذکر شد. در تمام شرایط رطوبت خاک غلظت کلروفیل a در شرایط مصرف ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش بیشتری نشان داد و به‌نظر می‌رسد نوع اثر متقابل بین نیتروژن و آبیاری به سطوح نیتروژن و آب مصرفی بستگی داشت و در بعضی سطوح از نوع پادکنش[1] و در بعضی دیگر از نوع هم‌افزایی بود.

همچنین اثر متقابل نیتروژن و آبیاری بر غلظت کلروفیل b در شکل ۱۳ نشان داد که بیشترین غلظت کلروفیل b با غلظت ۴/۸۳ میلی‌گرم کلروفیل در گرم ماده خشک برگ در تیمار بدون تنش کمبود آب و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کمترین آن با غلظت ۲/۴۹ میلی‌گرم کلروفیل در گرم ماده خشک برگ در تیمار تنش شدید کمبود آب و عدم مصرف نیتروژن مشاهده شد که نشان می‌دهد غلظت کلروفیل b در شرایط بدون تنش و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ۹۴ درصد در مقایسه با تیمار تنش شدید کمبود آب و عدم مصرف نیتروژن بیشتر بوده است. در شرایط تنش شدید کمبود آب مصرف نیتروژن تأثیری بر غلظت کلروفیل b نداشت ولی در شرایط رطوبت بیشتر با مصرف نیتروژن غلظت کلروفیل b به‌طور خطی افزایش یافت. نوع اثر متقابل بین نیتروژن و آبیاری عمدتاً از نوع هم‌افزایی بود.

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج نشان داد که تنش کمبود آب بر بسیاری از ویژگی‌های اندازه‌گیری شده اثر معنی‌دار داشت. تنش کمبود آب به‌ترتیب باعث کاهش ۱۴، ۳۷، ۱۳، ۱۲، ۱۲، ۱۹، ۴۴ و ۴۲ درصدی طول ساقه، تعداد برگ، وزن خشک و تر بخش هوایی، شاخص کلروفیل و غلظت کلروفیل‌های a و b شده است. در هیچ‌یک از ویژگی‌های اندازه‌گیری شده تفاوت معنی‌دار بین شرایط تنش ملایم کمبود آب و بدون تنش وجود نداشت. مصرف نیتروژن به‌جز تعداد برگ و قطر ساقه سایر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده را به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر قرار داد و به‌ترتیب باعث افزایش ۷، ۷، ۷، ۱۲، ۲۲ و ۳۶ درصدی طول ساقه، وزن تر و خشک بخش هوایی، شاخص کلروفیل و غلظت کلروفیل‌های a و b شد. اثر متقابل نیتروژن و آبیاری فقط بر وزن خشک و تر بخش هوایی معنی‌دار بود و بیشترین مقادیر وزن خشک و تر بخش هوایی در شرایط بدون تنش آبیاری و مصرف مقادیر ۱۰۰ یا ۱۵۰ کیلوگرم نیتروزن خالص به‌دست آمد. برای حصول حداکثر رشد سیر مصرف ۴۰۹ میلی‌متر آب آبیاری همراه با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص مناسب به‌نظر می‌رسد ولی اگر در منطقه با کمبود آب آبیاری مواجه باشیم بهترین تیمار آبیاری از نظر عملکرد تیمار مصرف ۳۳۲ میلی‌متر آب آبیاری همراه با ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص می‌باشد که تفاوت وزن خشک بخش هوایی این دو تیمار دو درصد و غیرمعنی‌دار بود.

منابع

1- Ahmed M.E., El-Kader N.I.A., and El-Kader Derbala A.A. 2009. Effect of irrigation frequency and potassium source on the productivity, quality and storability of garlic. Aus. Journal Basic Applied Science, 3(4): 4490-4497.
2- Anonymous. 2013. Hamedan province agricultural statistics. Jihade-Agriculture Organization of Hamedan, Hamedan, Iran.
3- Arnon D. 1946. Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemist. 9th ed. Association of Official Agricultural Chemists, Washington.
4- Ayars J.E. 2008. Water requirement of irrigated garlic. Transactions of the ASABE, 51(5): 1683- 1688.
5- Barker A.V., and Pilbeam D.J. 2007. Handbook of plant nutrition. CRC press, Boca Raton, USA.

1- Antagonistic

6- Bideshki A., and Arvin M.J. 2010. Effect of salicylic acid (SA) and drought stress on growth, bulb yield and allicin content of garlic (*Allium sativum*) in field. Plant Ecophysiology, 2: 73-79.
7- Deblonde P.M.K., and Ledent J.F. 2001. Effects of moderate drought conditions on green leaf number stem height, leaf length and tuber yield of potato cultivars. Eur. Journal Agron., 14: 31-41.
8- Domínguez A., Martínez-Romero A., Leite K.N., Tarjuelo J.M., deJuan J.A., and López-Urrea R. 2013. Combination of typical meteorological year with regulated deficit irrigation to improve the profitability of garlic growing in central spain. Agr. Water Manag., 130: 154-167.
9- Ebrahimi M.H., Sharafzadeh S., and Bazrafshan F. 2014. The influence of nitrogen levels on growth and bulb yield of two garlic cultivars. Eur. Journal Exp. Biol., 4(1): 270-272.
10- Engel R. 1993. Winter wheat response to available nitrogen and water. Fert. Facts., 4: 1-5.
11- Engel R. 1997. Response of oat to water and nitrogen. Fert. Facts, 15: 1-2.
12- Fabeiro Cortés C., Martín de Santa Olalla F., and López Urrea R. 2003. Production of garlic (*Allium sativum* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. Agr. Water Manag., 59: 15-167.
13- Fageria N.K., Morais O.P., and Santos A.B. 2010. Nitrogen use efficiency in upland rice genotypes. Journal Plant Nutr., 33: 1696-1711.
14- FAO. 2010. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available in: http://faostat.fao.org/countryprofiles/.
15- Farooqui M.A., Naruka I.S., Rathore S.S., Singh P.P., and Shaktawat R.P.S. 2009. Effect of nitrogen and sulphur levels on growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.). Aus. Journal Food Ag-Ind. Special Issue, Pp. 18-23.
16- Gee G.W., and Bauder D. 1986. Particle size analysis. p. 255-292. In J.H. Dane et al. (ed.). Methods of Soil Analysis: Part4. Physical Methods. Soil Sci. Soc. Am. Book Ser. 5. Madison, WI, USA.
17- Germ M., Kreft I., Stibilj V., and Urbanc-Bercic O. 2007. Combined effects of selenium and drought on photosynthesis and mitochondrial respiration in potato. Plant Physiol. Biochem., 45: 162-167.
18- Genjoglan C., Akinci I.E., Uchan K., Akinchi S., and Genjoglan S. 2006. Response of red pepper plant to the deficit irrigation. Akdeniz Universitesi Ziraat Facultesi Dergisi, 19(1): 131-138.
19- Ghadami A., and Nosrati A.E. 2007. Study of water and nitrogen use efficiency under two systems of tape and furrow irrigation in plant density on quality and quantity of white Garlic population of Hamedan in farm conditions. Final report No 86.1654, AREO, Tehran, Iran. (in Persian with English abstract)
20- Ghanbari M., Zaboli G.R., and Mir B. 2013. Comparing irrigation methods and weed control on yield of garlic (*Allium sativum* L.) cultivars. World Sci. Journal, 3: 70-78.
21- Gross J. 1991. Pigments in Vegetables, 2th Ed. Von Nostrand Rrinhold, New York PP. 351.
22- Hanks R.J., Sisson D.V., Hurst R.L., and Hubbard K.G. 1980. Statistical analysis of results from irrigation experiments using the line source sprinkler system. Soil Sci. Soc. Am. Journal, 44: 886-888.
23- Hanks R.J., Keller J., Rasmussen V.P., and Wilson B.D. 1976. Line source sprinkler for continuous variable irrigation crop production studies. Soil Sci. Soc. Am. J., 40: 426-429.
24- Hegney M., and Mcpharlin I. 2000. Response of summer-planted potatoes to level of applied nitrogen and water. Agricola, 1998-2001.
25- Honson B.R., May D., Voss R., Cantwell M., and Rice R. 2003. Response of garlic to irrigation water. Agr. Water Manag., 58: 29- 43.
26- Hore J., Ghanti K.S., and Chanchan M. 2014. Influence of nitrogen and sulphur nutrition on growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.). J. Crop Weed., 10(2): 14- 18.
27- Jones J. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press, LLC. USA.
28- Kafi M., zand E., Kamkar B., Shareefee H.R., and Goldance M. 2000. Plant Physiology, SID Press, Mashhad, Iran.
29- Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. (2nd Ed). Academic Press, USA.
30- Mclean E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. p. 199-224. In A.L. Page et al. (ed.). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Soil Sci. Soc. Am. Book Ser. 5. Madison, WI, USA.
31- Mohammadin R. 2009. The relationship of morphological traits at early growth stage of three sugar beet genotypes with final root yield and white sugar yield under different drought stress conditions. Journal of Sugarbeet 25(1) 23-38.
32- Motalebifard R., Najafi N., Oustan S., Nyshabouri M.R., and Valizadeh M. 2013. The combined effects of phosphorus and zinc on evapotranspiration, leaf water potential, water use efficiency and tuber attributes of potato under water deficit conditions. Sci. Hort., 162: 31-38.
33- Mudziwa N. 2010. Yield and quality responses of Egyptian white garlic (*Allium sativum* L.) and wild garlic (*Tulbaghia violacea* Harv.) to nitrogen nutrition. Submitted for Degree M Inst Agrar in Horticultural Science, Department of Plant Production and Soil Science, Faculty of Natural and Agricultural Sciences, University of Pretoria.
34- Nelson D.W., and Sommers L.E. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. p. 967-1010. In D.L. Sparks et al. (ed). Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical Methods. Soil Sci. Soc. Am. Book Ser. 5. Madison,

WI, USA.
35- Omidbeyghi R. 1997. Approarches to production and processing of Medicinal plants. (3) 1. Publication of Astan Ghods Razavi. (In Persian).
36- Panchal G., Modhwadia M., Patel J., Sadaria S., and Patel B. 1992. Response of garlic to irrigation, nitrogen and phosphorus. Indian Journal of Agron., 37(2): 397-398.
37- Pandey U., and Singh D. 1993. Response of garlic to different levels of irrigation and nitrogen. News Letter National Hort. Res. Develop, Func., 13(3-4): 10-12.
38- Pouresmael M., Akbari M., Vaezi Sh., and Shahmoradi Sh. 2009. Effects of drought stress gradient on agronomic traits in Kabuli chickpea core collection. Iranian Journal of Crop Sciences. 11 (4): 307-324 (in Persian with English abstract)
39- Reddy M.R., and Perkins H.F. 1974. Fixation of zinc by clay minerals. Soil Sci. Soc. Am. Journal 38(2): 229-231.
40- Richards L.A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. US Salinity Laboratory Staff, Agricultural Handbook No 60, USA.
41- Samarah N., and Mullen R. 2004. Size distribution and mineral nutrients of soybean seeds in response to drought stress. Journal Plant Nutr., 27(5): 815-835.
42- Saffari R., Maghsoudi Mood A.A., and Saffari V. R. 2013. Effect of Salt Stress on Chlorophyll Fluorescence and Grain Yield of Some Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Cultivars. Seed and Plant Production Journal, 29 (1): 109-130.
43- Sankar V., Lawande K.E., and Tripathi P. C. 2008. Effect of micro irrigation practices on growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.) var. G. 41. J. Spices Aromatic Crops, 17(3): 230-234.
44- Sharifi M., Dehghanian S.E., and Ashraf Mansuri Gh. 2012. Evaluation of deficit and optimum irrigation on quantitative and qualitative traits and damage of rhizomania in different sugar beet hybrids. Agricultural production Journal, 4(3): 249-263. (in Persian with English abstract)
45- Shilpi M., and Tuteja N. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. Arch. Biochem. Biophys., 444: 139-158.
46- Silabut N., Naruka I.S., Shaktawat R.P.S., Verma K.S., and Seyie A. 2014. Response of garlic cultivars to irrigation levels. Indian Journal Horticulture, 71(3): 354-359.
47- Sultan A. 2005. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. Environ Exp. Bot., 42(3): 211-220.
48- Waraich E.A., Amad R., Ashraf M.Y., and Ehanullah R. 2011. Role of mineral nutrition in alleviation of drought stress in plants. Aus. Journal Crop Sci., 5(6): 764-777.
49- Westigate M.E., and Grant D.T. 1989. Effect of water deficits on seed development in soybean I: Tissue water status. Plant Physiol., 91: 975-979.
50- Yasin-Ashraf M., Ala S.A., and Batti A. 1998. Nutritional imbalance in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes grown at soil water stress. Acta Physiol. Plantarum, 20: 307-310.
51- Yuncai H., and Schmidhalter U. 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Journal Plant Nutr. Soil Sciense, 168: 541-549.
52- Zaman M.S., Hashem M.A., Jahiruddin M., and Rahim M.A. 2011. Effect of nitrogen for yield maximization of garlic in old Brahmapurta flood plain soil. Bangladesh Journal Agril. Res., 36(2): 357-367.

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 4, Sept.-Oct. 2016, p. 1043-1058

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۵، ص. ۱۰۵۸-۱۰۴۳

The Effect of Irrigation and Nitrogen on Growth Attributes and Chlorophyll Content of Garlic in Line Source Sprinkler Irrigation System

R. Motalebifard[1*]

Received: 22-04-2015
Accepted: 26-10-2015

Introduction: With 12 million tons production per year, garlic is the fourth important crop in world. In addition to its medical value, it has been used in food industry. The Hamedan province with 1900 ha cultivation area and 38 percent of production is one of the most important garlic area productions in Iran. Few studies on water use and management of garlic exist in the world. Garlic is very sensitive to water deficit especially in tubers initiation and ripening periods. The current research was done because of scarce research on garlic production under water deficit condition in Iran and importance of plant nutrition and nutrients especially nitrogen on garlic production under stressful conditions. Nitrogen is necessary and important element for increasing the yield and quality of garlic. Application of nitrogen increases the growth trend of garlic such as number of leaves, leaf length and plant body. Reports have shown that garlic has high nitrogen requirement, particularly in the early stages of growth.

Materials and Methods: This study was conducted for evaluating the combined effects of nitrogen and irrigation on the yield and quality of garlic (*Allium sativum*L.). The study was performed as a split-block based on randomized complete blocks design with factors of irrigation at four levels (0-3(normal irrigation), 3-6 (slight water deficit), 6-9 (moderate water deficit) and 9-12 (sever water deficit) meters distance from main line source sprinkler system), nitrogen at four levels (0, 50,100 and 150 kg nitrogen per ha) using three replications and line source sprinkler irrigation system. The total water of irrigation levels was measured by boxes that were fixed in meddle of each plot. The statistical analysis of results were performed using themethod described by Hanks (1980). The chlorophyll index was measured using the chlorophyll meter 502 (Minolta, Spain). The chlorophyll a and bwas measured by the method described by Arnon (1946) and Gross (1991) in fresh leaf samples using spectrophotometer at 645 and 663 nm. Data were subjected to analysis of variance using MSTATC and SPSS softwares. Duncan's multiple range test at $p\leq0.05$ probability level was applied to compare the mean values of measured attributes. The Excel software (Excel software 2007, Microsoft Inc., WA, USA) was used to draw Figures.

Results and Discussion: The results showed that, the application of nitrogen significantly affected most of measured attributes. The application of 150 kg N per ha showed highest stem height (40.5 cm), dry weight of stem (5.34 g),wet weight of stem (69.5 g), chlorophyll index (49.7),chlorophyll a (9.8 $mg.g^{-1}dw$) and chlorophyll b (4.04 $mg.g^{-1}dw$) and increased stem height, dry and wet weight of stem, chlorophyll index and chlorophyll a and b around 7, 6, 7, 12, 22 and 36 percent, respectively. The irrigation levels significantly affected most of measured attributes similar to the nitrogen levels. The application of 409 mm irrigation water per growing season resulted to maximum stem height (41.9 cm), leaf number (7.5), dry weight of stem (5.39 g) and wet weight of stem (70.1 g), chlorophyll index (50.5) and chlorophyll a (10.2 $mg.g^{-1}dw$) and chlorophyll b (4.04 $mg.g^{-1}dw$). The severe water deficit (application of 138 mm irrigation water per growing season) decreased stem height, leaf numbers, dry and wet weight of stem, chlorophyll index and chlorophyll a and b about 13, 36, 12, 12, 19, 42 and 44 percent, respectively. The two way interaction of nitrogen and irrigation was significant and mostly synergistic on wet and dry weight of stem. The highest amounts of stem wet weight (73.2 g) and stem dry weight (5.63 g) were resulted from application of 150 kg nitrogen per ha under full irrigated condition that increased dry and wet weight of stem 17 and 25 percent respectively comparing with without nitrogen application under sever water deficit condition. Application of 409 mm irrigation and 100 kg N per ha is suitable for condition that enough irrigation waterexists. However in water deficit condition, the application of 150 kg nitrogen per ha could be recommended.

Conclusion: In general, to achieve the optimum growth of garlic in similar soils and climatic conditions, application of 100 kg nitrogen per ha would be recommended under normal irrigation conditions while at water

1- Assistant Professor, Hamedan Agricultural and Natural Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran
(*- Corresponding Author Email: motalebifard@gmail.com)

deficit conditions the application150 kg nitrogen per ha could be recommended that had only two percent difference with the mentioned treatment and this difference was not significant.

Keywords: Chlorophyll, Leaf number, Stem height, Water deficit