دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال دهم، شماره سی و چهارم، ۱۳۹۷

بررسی ریخت‌شناسی ریشه و برگ دو رقم عدس (*Lens culinaris* Medic) تحت تنش سایه و تلقیح با باکتری آزوسپیریلیوم (*Azospirillium brasilense*)

فرشته دارابی[۱]، علی حاتمی[۲]، محمد جواد زارع[۲]، رحیم ناصری[۳]

تاریخ دریافت: ۹۵/۳/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۱۱

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش نوری و بیوپرایمینگ در دو رقم عدس، آزمایشی زراعی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ بصورت فاکتوریل درقالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجراگردید. تیمارهای آزمایشی شامل سایه‌اندازی (عدم سایه، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد سایه)، بیوپرایمینگ (تلقیح با باکتری آزوسپیریلیوم برازیلنس و عدم تلقیح) و ارقام عدس (زیبا و ILL4400) بود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که با افزایش سطوح سایه‌اندازی وزن تر و خشک ریشه، حجم ریشه، طول ریشه و عملکرد دانه کاهش می‌یابد ولی سبب افزایش شاخص سطح برگ، محتوی کل آب برگ و سطح ویژه برگ می‌گردید. در هر دو رقم تلقیح با باکتری آزوسپیریلیوم منجر به کاهش خسارت ناشی از سایه‌اندازی و افزایش رشد و عملکرد گیاه عدس گردید. رقم زیبا در سطوح بالاتر سایه در مقایسه با رقم ILL4400 از عملکرد دانه بیشتری برخوردار بود. اثر برهمکنش سایه و بیوپرایمینگ و رقم نشان داد که با عدم سایه‌اندازی (شاهد) و انتخاب رقم زیبا و تلقیح با باکتری آزوسپیریلیوم می‌توان به عملکرد دانه قابل قبولی دست یافت.

واژه‌های کلیدی: بیوپرایمینگ، سیستم ریشه، سایه‌اندازی، عدس

دارابی، ف.، ع. حاتمی، م.ج. زارع و ر. ناصری. ۱۳۹۷. بررسی ساختار ریشه و برگ ارقام عدس (*Lens culinaris* Medic) تحت تنش نوری و باکتری آزوسپیریلیوم. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳٤: ۱۵٦-۱٤۵.

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران- مسئول مکاتبات. پست الکترونیک: m.darabi8161@yahoo.com

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

۳- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

مقدمه

عدس (*Lens culinaris* Medic) از جمله گیاهانی است که غالبا در اراضی حاشیه‌ای و در خاک‌های نه چندان حاصلخیز کشت می‌شود. در کشورهای در حال توسعه تقریبا یک چهارم نیاز پروتئین توسط حبوبات تامین می‌گردد و عدس با دارا بودن حدود ۲۸ درصد پروتئین نقش مهمی در تغذیه مردم این نواحی ایفا می‌کند. این گیاه قادراست از طریق تثبیت نیتروژن، سبب بهبود حاصلخیزی خاک و در نتیجه کاهش مصرف کود شیمیایی شود (دارابی و همکاران، ۱۳۹٤). باکتری-های افزاینده رشد گیاه به به باکتری‌هایی گفته می‌شود که با فرآیندهای زیستی توانایی متحرک‌سازی عناصر غذایی خاک را برای گیاه زراعی از حالت غیرقابل دسترس به دسترس دارند. این باکتری‌ها به عنوان مایه تلقیح میکروبی استفاده می‌شوند. باکتری-های جنس ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و سودوموناس از مهمترین باکتری‌های افزاینده رشد گیاه می‌باشند (آزادی و همکاران، ۱۳۹۲). تلیقح بذر با باکتری آزوسپریلیوم به دلیل اینکه توانایی باکتری آزوسپریلیوم به ساخت ریشه‌های جانبی و تولید هورمون‌های مختلف گیاهی مثل اسید آبسیزیک اسید و اسید ایندول استیک موجب کم شدن اثرات نامطلوب از طریق کم-کردن تنش خشکی بر رشد گیاه می‌باشد (کوهن و همکاران، ۲۰۰۸). ریشه عمیق‌تر می‌تواند آب را از خاک بیرون کشیده و در اختیار گیاه قرار دهد. در حالی که ریشه‌های سطحی می‌توانند آب به دست آمده از بارندگی‌های پراکنده‌ای که با فراوانی کم در پایان دوره رشد رخ می‌دهد را در اختیار گیاه قرار دهند (کلاهیان همدانی‌زاد و همکاران، ۱۳۹٤). آب به عنوان ماده اصلی تشکیل-دهنده پروتوپلاسم سلول گیاهی، به عنوان حلال و انتقال دهنده بسیاری از مواد درگیاه می‌باشد. همچنین آب به عنوان ماده‌ای است که در ترکیبات شیمیایی بسیاری از فرآیندهای مهم بیوشیمیایی (نظیر فتوسنتز و یا هیدرولیز نشاسته به قند و غیره) وارد می‌شود. آب به عنوان عامل ایجاد آماس سلول‌های گیاهی نقش اساسی و حیاتی دارد. بنابراین تعیین وضعیت آب در گیاه می‌تواند به عنوان یک راهنما، در تعیین زمان آبیاری و نیاز آبی گیاه مهم باشد (دارابی، ۱۳۹۳). مانسک و همکاران (۱۹۹۵) بذرهای مختلف گندم را با سویه‌های مختلف باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن تلقیح نمودند نتایج نشان داد که این باکتری‌ها با تولید انواع هورمون‌های گیاهی، رشد طولی و تراکم رشد ریشه-های گندم را افزایش داده است. نشان داده شده است که اثر سایه بر روی رشد اندام‌های رویشی، زایشی و ساختارهای سایه‌انداز گیاهان تاثیر دارد. این تاثیر واکنش‌های مختلف و پدیده‌های حیاتی گیاه نظیر فتوسنتز، تولید زیست توده و بخش‌های قابل برداشت در کشاورزی را شامل می‌شود. علاوه بر آن، در چنین شرایطی کمیت نور قادر است واکنش‌های سازگاری و بقای گیاه را در محیط‌های مختلف از طریق تحت تاثیر قرار دادن پدیده-هایی مانند جوانه‌زنی، سبز کردن و رشد اندام‌های مختلف متاثر سازد. کاهش مواد ذخیره‌ای ناشی از سایه‌اندازی در اوایل دوره پر شدن دانه عملکرد نهایی را در پایان دوره پر شدن آن حتی اگر سایه در دوره باقیمانده حذف شود محدود می‌کند (کوباتا و همکاران، ۲۰۰۰). سایه‌اندازی در طول دوره پر شدن دانه، عملکرد دانه در گیاهان ذرت، سویا و آفتابگردان را نیز کاهش داده است (آندرید، ۱۹۹۵). در مطالعات هادی و همکاران (۲۰۰٦) افزایش سطوح سایه موجب افزایش رشد بخش‌های هوایی به دلیل دوام بیشتر دوره رشد رویشی و افزایش نسبت رشد ساقه به ریشه شد، در حالی‌که گیاهان قرار گرفته در نور کامل خورشید بسیار متراکم‌تر و حجیم‌تر شدند و تراکم ریشه‌ای بالاتری را بدست آوردند. زندگی گیاه بیشتر به قابلیت آن در ادامه فتوسنتز در روشنایی ضعیف بستگی دارد، شدت‌های روشنایی پایین‌تر از نقطه آستانه تحمل سبب بروز خسارت بر گیاه می‌شود که اثر بارز آن عبارت از کاهش در مقدار مواد قندی که به دنبال تغییرات متابولیسمی روی می‌دهد (دارابی و همکاران، ۱۳۹٤). مطالعات هربرت و همکاران (۲۰۰۱) نشان داده شد که کاهش در مقدار نور قابل دسترس برای گیاه از طریق سایه اندازی، بیوماس ریشه‌های نابجا در گیاه ذرت را بیشتر از تعداد ریشه‌ها تحت تاثیر قرار می‌دهد و با توجه به این نتیجه مشخص می‌شود که سیستم ریشه اولیه با کاهش مواد پرورده چندان تحت فشار قرار نمی‌گیرد و این مسئله می‌تواند از سازگاری ویژه گیاه در ارتباط با تعداد ریشه ناشی شود. نور از - عوامل محدود کننده رشد گیاهان زراعی در سیستم‌های کشت مخلوط و زراعت–جنگل محسوب می‌شود، با توجه به مصرف بی‌رویه کود شیمیایی، پژوهش حاضر جهت ارزیابی اثر کودهای زیستی و پیامدهای ناشی از کاهش نور و نیز اثر برهمکنش آن در دو رقم عدس اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام با طول جغرافیایی ٤٦ درجه و ۲۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۷ دقیقه و ارتفاع ۱۱۷٤ متر از سطح دریا، در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ اجرا شد. فاکتورهای مورد

پژوهش در این آزمایش، سایه اندازی (عدم سایه (شاهد)، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد سایه)، بیوپرایمینگ (پیش تیمار بذر)، (تلقیح با باکتری آزوسپریلیوم برازیلنس و عدم تلقیح) و رقم (زیبا و Ill4400) بود. آب و هوای منطقه مورد آزمایش نیمه مرطوب با تابستانی گرم و خشک و زمستان نسبتا سرد و متوسط بارندگی سالانه آن ٦۰۰ میلی‌متر می‌باشد (دارابی وهمکاران، ۱۳۹٤). باکتری مورد نظر در آزمایشگاه گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام جداسازی و تکثیر شد. جهت تلقیح بذور با باکتری آزوسپریلیوم، ابتدا بذرها در هیپوکلریت سدیم ۳٪ به مدت۳ دقیقه ضدعفونی سطحی شدند. بعد سه مرتبه با آب مقطر استریل شستشو گردیدند تا اثر هیپوکلریت سدیم حذف شود. سپس به محلول حاوی باکتری آزوسپریلیوم برازیلنس (*Azospirillum brasilense*) منتقل گردیدند و در شیکر (۸۰ دور در دقیقه) به مدت دو ساعت قرار گرفت تا نفوذ باکتری به داخل و پوست دانه امکان پذیر گردد، سپس جهت اینکه تلقیح بذر با باکتری بهتر انجام گیرد از شکر در این آزمایش استفاده شد. پس از اتمام تلقیح بذور با باکتری آزوسپریلیوم، عملیات کاشت دو رقم عدس رقم در تاریخ ۳ اسفند ماه ۱۳۹۱ به روش دستی انجام شد.

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

اسیدیته خاک	هدایت الکتریکی (دیسی زیمنس بر متر)	کربن آلی (درصد)	کل نیتروژن (٪)	پتاسیم (پی‌پی‌ام)	فسفر قابل جذب (پی‌پی‌ام)	بافت خاک
۷/٤	۰/۹۷	۱/۲۸	۰/۱۲	۳۱۰	۷/۲	لوم رسی

زمین محل اجرای آزمایش را در تابستان شخم عمیق زده و در اواسط آذرماه عملیات آماده سازی تکمیلی زمین شامل شخم، دیسک‌زنی، و کرت‌بندی انجام شد. بلافاصله پس از کاشت، همه مزرعه به روش جوی و پشته آبیاری گردید. مزرعه آزمایشی در طول دوره رشد، در فاصله زمانی ۷ روز به‌صورت مرتب آبیاری شد. واحد آزمایشی در ابعاد ۲×۱/۳۰ متر ایجاد و در هر واحد آزمایشی ۵ ردیف به طول ۲ متر و به فاصله ۲۵ سانتی‌متر از همدیگر در جهت شمالی جنوبی بود. فاصله بذور در روی ردیف ۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در این پژوهش تراکم ۲۰۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. با توجه به آزمون خاک (جدول ۱) و نیاز گیاه میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۱۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره استفاده شد و نیازی به استفاده از کود پتاس در این آزمایش نبود. در این پژوهش از توری‌های مخصوص با جنس بریزنتی با ضخامت مناسب برای سایه اندازها استفاده شد (نصراله‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰). توری-ها به صورت ردیفی برش داده شده و روی چارچوب‌هایی به ابعاد ۲×۲ با توجه به ابعاد کرت‌ها نصب و در ارتفاع یک متری روی کرت‌ها قرارگرفتند. برای اعمال تیمار ۲۵ درصد سایه، شبکه‌هایی متشکل از توری‌هایی با نسبت یک به چهار (یک لایه)، برای۵۰ درصد سایه از نسبت دو به چهار (دو لایه) ، ۷۵ درصد از نسبت سه به چهار (سه لایه) و برای ۱۰۰ درصد از نسبت چهار به چهار (چهار لایه) استفاده شد. شدت نور خورشید تحت سایه‌دهی ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد به ترتیب ۷٤۱۳۲، ۵۲۲٦۵، ۲۷٤۲۱ و ۱۹۵۲٤ لوکس توسط دستگاه نور سنج ثبت گردید. پوشش‌های سایه انداز، بلافاصله پس از سبز شدن مزرعه نصب ودر کلیه دوران رشد گیاه در مزرعه باقی ماند (نصراله‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰؛ بیل و دانبرگر، ۱۹۹۹).

در مرحله گلدهی ریشه ۵ گیاه عدس از هر کرت از عمق ۵۰ سانتی‌متری گیاهان مورد نظر ازخاک بیرون کشیده شدند و خاک اطراف ریشه با آب شستشو گردید. پس از انتقال سریع ریشه‌ها به آزمایشگاه ریشه با دقت از گیاه جدا گردید. جهت اندازه‌گیری خصوصیات ریشه در هر بوته از یک پروفایل مکعبی شکل به ابعاد ۵۰ سانتی‌متر که به صورت دستی و با بیل ایجاد شده بود، استفاده گردید، سپس پس از شستشوی ریشه، حجم ریشه، طول اصلی ریشه، وزن تر و خشک ریشه اندازه‌گیری شد. حجم ریشه از طریق اختلاف حجم ایجاد شده پس از قرار دادن ریشه در حجم مشخصی از آب محاسبه شد. طول اصلی ریشه‌ها دستی و توسط خط‌کش اندازه‌گیری شد. وزن تر و خشک ریشه با استفاده از ترازوی با دقت یک هزارم بر حسب گرم اندازه-گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک، ریشه‌ها در پاکت‌های کاغذی قرار داده شده و به مدت ٤۸ ساعت در آون ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد خشک شدند. در مرحله گلدهی کامل محتوی کل آب برگ با استفاده از روابط زیر اندازه‌گیری شد. محتوای کل آب برگ (رابطه ۱)

$$TWC = \frac{wf - wd}{wf} \times 100$$

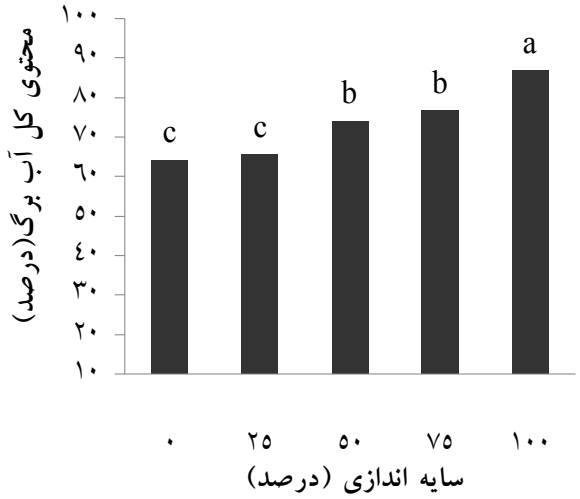
Wf: وزن آماس یافته گیاه (اشباع شده از آب). Wd: وزن خشک بافت گیاه. شاخص سطح برگ با نمونه برداری و اندازه گیری سطح برگ‌ها با استفاده از دستگاه مساحت سنج دیجیتال استفاده شد.

در مرحله گلدهی از هر واحد آزمایشی ده بوته به صورت تصادفی انتخاب و از هر بوته ده برگ از قسمت‌های مختلف انتخاب و میانگین نهایی آنها اندازه‌گیری شد و در واحد سطح زمین با رعایت حاشیه و از ۳ خط میانی هر کرت آزمایش تعیین شد و شاخص سطح برگ با استفاده از دستگاه مساحت سنج دیجیتال (CI-203 Ca CONVEYOR ATTACHMENT) و سطح ویژه برگ محاسبه شد. سطح ویژه برگ (رابطه ۳) بر حسب مترمربع بر گرم وزن مخصوص برگ بر حسب مترمربع بر $SLA = \frac{LA}{LW}$ گرم (رابطه ٤) $SLW = \frac{LW}{LA}$ LA: سطح برگ، LW: وزن خشک برگ، شاخص سطح برگ مقدار شاخص سطح برگ در مرحله گلدهی از نسبت سطح برگ به سطح زمینی که برگ‌ها بر روی آن سایه‌اندازی نموده‌اند محاسبه شد. تجزیه واریانس داده‌ها با نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها توسط نرم افزار MSTAT-c و برای ترسیم شکل‌ها از برنامه اکسل استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر سایه اندازی بر محتوی کل آب برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، اما سایر عوامل مورد مطالعه تاثیر معنی‌داری بر این صفت ایجاد نکردند (جدول۲). مقایسه میانگین داده‌ها برای سایه‌اندازی نشان داد که با افزایش سطوح سایه-اندازی محتوی کل آب برگ افزایش می‌یابد. به‌طوری که تیمار ۱۰۰ درصد سایه با میانگین ۸٦/۸ بیشترین و عدم سایه و ۲۵ درصد سایه با قرار گرفتن در یک گروه آماری کمترین مقدار محتوای کل آب برگ را به خود اختصاص دادند (شکل ۱).

قاسمی‌گلعذانی و همکاران (۲۰۱۳) گزارش دادند که با افزایش سطوح سایه محتوای آب نسبی برگ سویا افزایش یافت. **زهیر و همکاران (۲۰۰۸)** افزایش در محتوای آب نسبی در تلقیح با باکتری‌های افزاینده رشد را به دلیل کاهش در تاثیر بازدارندگی روی حجم ریشه و توسعه بیشتر سیستم ریشه برای جذب آب عنوان کردند (زهیر و همکاران، ۲۰۰۸). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۲) نشان داد که اثر سایه اندازی، بیوپرایمینگ، رقم و اثرات برهمکنش سایه‌اندازی در بیوپرایمینگ، سایه اندازی در رقم و اثر سه‌گانه سایه اندازی در رقم در بیوپرایمینگ در سطح اختمال یک درصد بر شاخص سطح برگ معنی‌دار بود. اثرات سه گانه نشان داد که در هر دو رقم مورد پژوهش با زیاد شدن سطوح سایه اندازی شاخص سطح برگ افزایش یافت اما شاخص سطح برگ رقم ILL4400بیش از رقم زیبا بود بطوری که رقم ILL4400 در۱۰۰ درصد سایه و تلقیح با باکتری با میانگین ٤/۰۹ و رقم ILL4400 در ۷۵ درصد سایه و تلقیح با باکتری با میانگین ۳/۹ ضمن قرار گرفتن در یک گروه آماری بیشترین و رقم زیبا در عدم سایه و عدم تلقیح با باکتری با میانگین۱/٤ کمترین شاخص سطح برگ را تولید کردند (جدول ٤). افزایش شاخص سطح برگ بر اثر سایه اندازی یکی از راه‌هایی است که جهت افزایش سطح فتوسنتز کننده به منظور تضمین عملکرد در شدت های نوری پایین رخ می‌دهد. جبران فتوسنتز پایین در واحد سطح برگ، از ویژگی برگ‌های قرار گرفته در سایه محسوب می‌شود (دارابی و همکاران، ۱۳۹٤). زندگی گیاه بیشتر به قابلیت آن در ادامه فتوسنتز در روشنایی ضعیف بستگی دارد، شدت‌های روشنایی پایین‌تر از نقطه آستانه تحمل سبب بروز خسارت بر گیاه می‌شود که اثر بارز آن عبارت از کاهش در مقدار مواد قندی که به دنبال تغییرات متابولیسمی روی می‌دهد (فورگهانی و همکاران، ۲۰۰۹). رسوپولاس و همکاران (۱۹۹۸) در گیاه پنبه نیز افزایش سطح برگ در شدت‌های پایین نوری را گزارش کرده‌اند.



شکل ۱- اثر سطوح مختلف سایه اندازی بر محتوی کل آب برگ

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات برگ دو رقم عدس تحت سطوح مختلف سایه‌اندازی وبیوپرایمینگ

منابع تغییرات	درجه آزادی	محتوی کل آب برگ	شاخص سطح برگ	سطح ویژه برگ	وزن خشک ریشه
تکرار	۲	۲٤/۹۲**	۰/۱۱٤^{ns}	۰/۰۰۰۰٤٤^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۹۸ ns
بیوپرایمینگ	۱	۰/۱٥^{ns}	۲/۷۳**	۰/۰۹٤۲٦**	۰/۰۰۰۸۳**
سایه اندازی	٤	۱۱/٤٥*	۱/۳٦**	۰/۰۷۷٦۸**	۰/۰۰۰۳٤ **
رقم	۱	۱۱/۰۹^{ns}	۲/۰٥**	۰/۰٦۲۰۲**	۰/۰۰۲۳ **
سایه اندازی در بیوپرایمینگ	٤	۲/۲۳^{ns}	۲/٥٤**	۰/۰۸۳٤**	۰/۰۰۰۳۱ **
رقم در بیوپرایمینگ	۱	٦/۹٤^{ns}	۰/۱۲^{ns}	۰/۰۰۳۷^{ns}	۰/۰۰۱۹ **
سایه اندازی در رقم	٤	۰/٥۱٦^{ns}	۰/٥۳**	۰/۰۰٥۱۷^{nS}	۰/۰۰۰۰۹٦*
سایه اندازی در رقم در بیوپرایمینگ	٤	۱/۹۹^{ns}	۱/٥۹**	۰/۰۳٥۸**	۰/۰۰۰۲۷ **
خطای آزمایشی		۳/٦۳	۰/۰۹	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۰۰۲۸
ضریب تغییرات (درصد)		۲/۲۱	٦/۷٤	۲۲/٥۹	۱٤/۲٥

ns،* و **به ترتیب فاقد تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح ٥ و ۱درصد می‌باشند

اثرات ساده کاربرد باکتری (بیوپرایمینگ)، سایه اندازی، رقم و نیز اثرات برهمکنش سایه اندازی در رقم و سایه‌اندازی در رقم در بیوپرایمینگ در سطح احتمال یک درصد سطح ویژه برگ (SLA) معنی‌دار گردید (جدول۲). بیشترین سطح ویژه برگ از اثر برهمکنش رقم زیبا در تلقیح با باکتری تحت شرایط ۱۰۰ سایه با میانگین ۰/٥۹ متر مربع به گرم و کمترین مربوط به اثر سه گانه رقم ILL4400 در تلقیح با باکتری و در شرایط عدم سایه با میانگین ۰/۱۳ متر مربع به گرم حاصل شد (جدول ٤). در واقع SLA نسبت سطح بافت‌های فتوسنتزکننده را به وزن بافت‌های فتوسنتزکننده نشان می‌دهد. بنابراین هر چه SAL بیشتر باشد نشان دهنده این است که سطح برگ بیشتر و وزن خشک آن کمتر است یا به عبارتی دیگر برگ سطح زیاد و ضخامت کم دارد در واقع SAL نشان دهنده نازکی برگ است و با ضخامت برگ رابطه عکس دارد. بنابراین با کاهش SLA کارایی برگ از لحاظ فتوسنتزی افزایش می‌یابد. زیرا هرچه SLA کمتر شود ضخامت برگ بیشتر، غلظت کلروپلاست و

همچنین کلروفیل بیشتر و تراکم سلول‌های فتوسنتزکننده افـزایش می‌یابد در نتیجه تلفات نور کاهش یافته و استفاده از نور به نحـو مطلوب‌تری جهت انجام فتوسنتز صـورت مـی‌گیـرد (لمبـرس و همکاران، ۱۹۹۸). هادی و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردنـد کـه سطح مخصوص برگ و کاهش نسبت وزن برگ به سـطح بـرگ در گیاهان لوبیای رشد کرده در سطوح مختلف سایه، بـه کـاهش ضخامت برگ منجر می‌شود. لمبرس و همکـاران (۱۹۹۸) اعـلام کردند که برگ‌های گیاهان رشد کرده در سایه، تا حـدودی دارای ضخامت کمتری در مقایسه با گیاهان شاهد است. رودریگـوئز و همکاران (۲۰۰۰) در گندم نیز سطح برگ ویـژه بـالایی را بـرای گیاهان رشد کرده و در سایه گزارش کرده‌اند.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات ریشه دو رقم عدس تحت سطوح مختلف سایه‌اندازی وبیوپرایمینگ

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر ریشه	طول ریشه	حجم ریشه	عملکرد دانه
تکرار	۲	۰/۰۰۳۱۶۸ **	۰/۶۳۷ ns	۰/۳۷ ns	۱۶۸۳٤/۰۲ns
بیوپرایمینگ	۱	۰/۰۰۳۱۹ ns	۳۷/۷۲**	۰/۶۹۹ *	۳۰٤۰۵۸/۱۹*
سایه اندازی	٤	۰/۰۱**	۲۷۵/۰۶ **	۱۰/۹۳**	۲۸۹۹۲۱۲/۲۳**
رقم	۱	۰/۰۳**	۲/۰۱۳ ns	۰/۵۱۵ns	۳۷۰۸۷۲/۵۵**
سایه اندازی در بیوپرایمینگ	٤	۰/۰۱۹**	۲/٤۱۱ ns	۰/٤۰٤*	۲۲۱۲۷۹/۷٤**
رقم در بیوپرایمینگ	۱	۰/۰۰۳۶ns	۰/۰۰۰۰۱ ns	۰/۱۰۷ns	۱۳۷۲۱۳۳/۹۹**
سایه اندازی در رقم	٤	۰/۰۰۱۳ns	۰/۶۳۳ns	۰/۲۲۲ns	۱۱۹۱۶۹/۱۶ns
سایه اندازی در رقم در بیوپرایمینگ	٤	۰/۰۰۶۷**	۰/۲۶۸ ns	۰/۰٤۸ns	٤۶۱۶۲۰/٤۵**
خطای آزمایشی		۰/۰۰۹۷	۱/٤٤	۰/۱۵۳	٤۷۰۹۹/۲۵
ضریب تغییرات(درصد)		۱۵/۰۶	۶/۶۵	۷/۵۳	۱۱/۱۶

ns.*و **به ترتیب فاقد تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱درصد می‌باشند

اثر سایه اندازی، بیوپرایمینگ، رقم و اثرات برهمکنش دو گانه و سه گانه آن‌ها در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی-دار بر وزن خشک ریشه داشت (جدول ۳). با افزایش سطوح سایه اندازی در هر دو رقم و هر دو شرایط تلقیح و عدم تلقیح با باکتری آزوسپیریلیوم مقدار وزن خشک ریشه کاهش یافت و شدت کاهش در رقم زیبا و عدم تلقیح بیشتر بود (شکل۷). در شرایط عدم سایه و کاربرد باکتری و رقم ILL4400 بیشترین و در هردو رقم و ۱۰۰ درصد سایه و عدم تلقیح کمترین مقدار وزن خشک برگ حاصل گردید (جدول ٤). تغییرات در تعداد و وزن سیستم ریشه‌ای به کاهش ویژه‌ای در وزن ریشه‌های اولیه منجر می‌شود، پدیده‌ای که می‌تواند سایر تفاوت‌های مورفولوژیک مانند کاهش در ابعاد، تولید ریشه‌های جانبی کمتر و کاهش میزان طویل‌شدن محورهای ریشه‌ای را نیز به دنبال داشته باشد (هبرت و همکاران، ۲۰۰۱). تلقیح باکتری آزوسپیریلیوم با گیاه عدس موجب افزایش تعداد کل گره‌ها، وزن خشک گره‌ها، شده است، این اثر بیشتر با افزایش ماده آلی در حضور محیط رشد گیاه بدست آمده است (ناداو و همکاران، ۱۹۹۲). بررسی‌های جاکاد و همکاران (۱۹۹۹) نیز افزایش وزن خشک ریشه ذرت با تلقیح بذر با باکتری آزوسپیریلوم را نشان دادند. افزایش وزن خشک ریشه نشان دهنده‌ی افزایش رشد ریشه بوده و افزایش رشد ریشه تأثیر بسزایی در جذب و تغذیه بهتر گیاه دارد. از این رو به نظر می‌رسد که با به کارگیری آزوسپیریلوم، رشد ریشه گیاه افزایش داشته است که به تبع آن جذب آب و عناصر غذایی نیز بهتر شده است (اثباتی و همکاران، ۱۳۹۳). اثر ساده بیوپرایمینگ، رقم در بیوپرایمینگ و سایه اندازی در رقم بر وزن تر ریشه معنی‌دار نگردید اما سایر عوامل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول۳). در هر دو رقم با افزایش سطوح سایه وزن تر ریشه کاهش یافت و شدت کاهش در رقم زیبا در تمامی سطوح نسبت به رقم ILL4400 بیشتر بود. بیشترین مقدار وزن تر ریشه در هر دو رقم در تیمار عدم سایه به همراه تلقیح با باکتری آزوسپیریلیوم و کمترین مقدار در رقم زیبا و ۱۰۰ درصد سایه و عدم تلقیح

حاصل گردید (جدول ٤). در مطالعات هادی و همکاران (۲۰۰٦) افزایش سطوح سایه موجب افزایش رشد بخش‌های هوایی به دلیل دوام بیشتر دوره رشد رویشی و افزایش نسبت رشد ساقه به ریشه شد، در حالی که گیاهان قرار گرفته در نور کامل خورشید بسیار متراکم‌تر و حجیم‌تر شدند و تراکم ریشه‌ای بالاتری را بدست آوردند. کلودیا و همکاران (۲۰۰۰) نتایج مشابهی را در ارتباط با اثر با کتری آزوسپیریلوم نشان دادند. آن‌ها اظهار داشتند که افزایش وزن تر ریشه می‌تواند عامل افزایش توانایی گیاه برای جذب آب باشد، به نظر می‌رسد که کاربرد باکتری آزوسپیریلوم اثر قابل توجهی در توان جذب آب دارد.

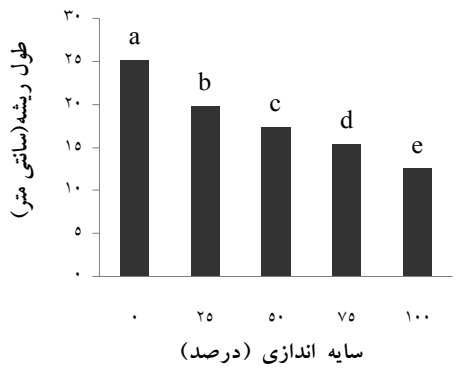
جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات برهکمنش سایه اندازی در آزوسپیریلیوم در رقم بر برخی صفات برگ و ریشه

	سطوح سایه اندازی (درصد)	شاخص سطح برگ	سطح ویژه برگ (متر مربع بر گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
عدم تلقیح	۰	۱/٤۳^{g}	۰/۱۰۳^{ih}	۰/۰٤۸^{bcd}	۰/۱۹۹^{dfe}	۲۹٥٤/٦^{ab}
	۲٥	۲/۰۸^{f}	۰/۱٦۳^{fgh}	۰/۰۳۹^{defg}	۰/۱۹۸^{dfe}	۲۳٤۱/۸^{dc}
	٥۰	۲/۲۲^{ef}	۰/۱٦٦^{fgh}	۰/۰۳۱^{gihj}	۰/۱۷٥^{hgfe}	۱۹۸۱/۹^{hge}
	۷٥	۲/٦۸^{cde}	۰/۲۳٦^{fde}	۰/۰۲٥^{kji}	۰/۱۳۳^{h}	۱٥۲۰/٥^{lkij}
	۱۰۰	۲/۹٦^{bc}	۰/۳۲۸^{bc}	۰/۰۲۲^{kj}	۰/۱۳۳^{h}	۱۳۷٦/۱^{kl}
تلقیح	۰	۲/۲٦^{ef}	۰/۰۷٥^{ih}	۰۳۹^{efg}	۰/۳۰٦^{ab}	۲۰۲۲/۱^{dge}
	۲٥	۲/۸۳^{bcd}	۰/۰۸٤^{i}	۰/۰٤٤^{cdef}	۰/۲۲٦^{dc}	۱۹٥٤/۸^{hge}
	٥۰	۲/۸٤^{bcd}	۰/۰۸۳^{i}	۰/۰۳۸^{fgh}	۰/۲۱۸^{dce}	۱٦٤۸/۲^{hkij}
	۷٥	۳/۱٥^{bc}	۰/۱۱٥^{igh}	۰/۰۲۹^{ihjk}	۰/۲۱۳^{dfe}	۱۲۹۹/۷^{lk}
	۱۰۰	۳/۲۳^{b}	۰/۲۱٦^{ef}	۰/۰۲۲^{k}	۰/۱۳۸^{hgf}	۱۱۸۹/٤^{l}
عدم تلقیح		۲/۲۱^{ef}	۰/۱۳۲ ^{igh}	۰/۰۳۹^{efg}	۰/۳۲^{a}	۳۱۰٥/٦^{a}
	۲٥	۲/۸٥^{bcd}	۰/۱۸٤ ^{fg}	۰/۰۳۳^{ghi}	۰/۲۰۳^{dfe}	۲۳۸۰/۸^{dc}
	٥۰	۲/۹۹^{bc}	۰/۲۷٤ ^{cde}	۰/۰۲۷^{kji}	۰/۱۷٦^{hdfge}	۲۱۷۲^{def}
	۷٥	۳/۷٥^{a}	۰/۲۹٤ ^{cde}	۰/۰۲٤^{kji}	۰/۱٦٦^{hgf}	۱۸۰٤/۳^{hgij}
	۱۰۰	۳/۸٥^{a}	۰/٥۹۲ ^{a}	۰/۰۲٥^{kji}	۰/۱٤^{hg}	۱٤۸٤/۹^{lkj}
تلقیح		۲/٤^{ef}	۰/۰۸٥ ^{i}	۰/۰۷۱٦^{a}	۰/۳۱٦^{a}	۲٦۰۹/۲^{bc}
	۲٥	۳/۱٤^{bc}	۰/۰۹٥ ^{ih}	۰/۰٥٤^{b}	۰/۲٦٥^{bc}	۲۲۲۳^{ed}
	٥۰	۳/۷٥^{a}	۰/۱۲۳ ^{igh}	۰/۰٥^{bc}	۰/۲۱۸^{dce}	۱۸٥۹^{hgif}
	۷٥	۳/۹۹^{a}	۰/۲۷٥ ^{cd}	۰/۰٤۷^{bcde}	۰/۲۰٦^{dfe}	۱٦۳۲/۹^{hkij}
	۱۰۰	٤/۰۹^{a}	۰/۳۸٥ ^{b}	۰/۰٤۳^{cdef}	۰/۲۱۳^{hgf}	۱۲۱٦/۹^{l}

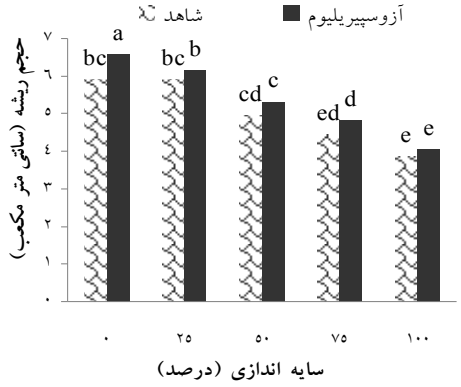
حروف یکسان در هر ستون نشانه عدم تفاوت معنی دار در سطح احتمال ٥ درصد در آزمون LSD می باشد

اثر برهمکنش سایه‌اندازی در باکتری‌های افزاینده رشد بر حجم ریشه در سطح احتمال پنج معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش سطوح سایه‌اندازی از حجم ریشه کاسته شد، اما میزان کاهش حجم ریشه در تیمار استفاده از آزوسپریلیوم نسبت به تیمار شاهد در سطوح سایه‌اندازی کمتر بود (شکل ۲). بانرجی و همکاران (۲۰۰٦) و وسی و باس (۲۰۰۲) افزایش حجم و تعداد ریشه را به دلیل تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد گزارش نمودند. آن‌ها اظهار داشتند که تأثیر مواد تنظیم کننده رشد تولید شده به وسیله باکتری‌های افزاینده رشد بر رشد ریشه از طریق پارامترهایی بروز می‌کندکه مهمترین آن‌ها افزایش وزن و انشعابات ریشه و افزایش تارهای مویین سطح ریشه می‌باشند که از میان آن‌ها افزایش وزن ریشه بر اثر کاربرد عمومی‌تر می‌باشد. در گزارش‌های جیرانی و همکاران (۱۳۹۳) مشخص گردید که استفاده از باکتری آزوسپریلیوم موجب افزایش حجم ریشه می‌گردد، آن‌ها نشان دادند که حجم ریشه در مقایسه با تیمار شاهد کاهش شدیدتری را نشان می‌دهد، که دلیل کاهش حجم و

تغییرات کمتر سطح ریشه را به تولید بیشتر ریشه‌های جانبی مربوط دانستند تا گیاه بتواند از این طریق سطح جذب آب در ریشه را حفظ کند. افزایش حجم ریشه بیانگر توسعه بیشتر ریشه است که افزایش توان جذب آب و عناصر غذایی بیشتر از حجم وسیع‌تری از خاک را امکان‌پذیر می‌سازد. به این ترتیب به نظر می‌رسد که با کاربرد باکتری آزوسپیریلوم در این آزمایش و افزایش حجم ریشه گیاهان، توان و کارایی جذب آب و عناصر غذایی در آن‌ها بهتر شده در نتیجه رشد و نمو بهبود یافته است (اثباتی و همکاران، ۱۳۹۳). صفت طول ریشه تحت تاثیر تیمار اصلی سایه‌اندازی و کاربرد باکتری (بیوپرایمینگ) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). با افزایش با افزایش سطوح سایه‌اندازی از حجم ریشه کاسته شد، به طوری که بیشترین طول ریشه در تیمار عدم سایه و کمترین طول ریشه در تیمار ۱۰۰ درصد سایه مشاهده گردید (شکل ۳). استفاده از باکتری آزوسپریلیوم نیز دارای تاثیر مثبت و معنی‌داری بر ریشه عدس گذاشت. بیشترین طول ریشه در تیمار تلقیح بذر با باکتری آزوسپریلیوم بدست آمد (شکل ٤). ریشه‌های گسترده از طریق افزایش جذب رطوبت و متعاقب آن افزایش تعرق، در افزایش عملکرد دانه و ثبات آن موثر است. نشان داده شده است که مجموع طول ریشه مهمترین خصوصیت و صفت برای گیاه می‌باشد که گیاه را قادر می‌سازد که آب بیشتری را از لایه پایین‌تر خاک جذب نماید (سراج و همکاران، ۲۰۰٤). آنچه مشخص است این که توانایی یک رقم در رشد در مراحل اولیه احتمالا یک عامل موثر به شرایط محیطی است. به عبارت دیگر گیاه برای اینکه توانایی جذب ریشه‌ها را افزایش دهد ماده خشک بیشتری را به سیستم ریشه‌ای اختصاص می‌دهد. در نتیجه تغییراتی در خصوصیات مورفولوژیک ریشه‌ها مانند افزایش طول ایجاد می‌شود. بسیاری از گونه‌های گیاهی با افزایش سهم مواد فتوسنتزی اختصاص یافته به رشد ریشه و بنابراین افزایش نسبت ریشه به اندام‌های هوایی و بهره‌گیری بیشتر از آب قابل دسترس پاسخ می‌دهند (میشل و همکاران، ۲۰۰۹). نظارت و غلامی (۲۰۰۹) اعلام کردند آزوسپیریلوم طول ریشه را به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد.



شکل ۳ - اثر سایه اندازی بر طول ریشه



شکل ۲- اثر برهمکنش سایه اندازی در بیوپرایمینگ بر حجم ریشه

شکل ٤ - اثر باکتری آزویسپریلیوم بر طول ریشه

روسو و همکاران (۲۰۰۵) اعلام کردند تلقیح بـذور ذرت و گندم با باکتری آزوسپیریلوم باعث افزایش نفوذ و حجـم ریشـه می‌شود. بسیاری از پژوهش‌ها نشان داده شده است کـه آلـودگی گیاه با آزوسپیریلوم (نایمن و همکـاران، ۲۰۰۹) سـبب افـزایش حجم و حجم ریشه می‌شود این توسعه با افزایش هورمون‌هـای رشد همچنین تراوش پروتونی در ارتباط است تراوش پروتـونی (به دلیل همیاری آزوسپریلوم) سبب بهبـود جـذب آب و امـلاح توسط گیاه آلوده به آزوسپیریلوم مـی‌گـردد (محفـوظ و شـریف الدین،۲۰۰۷). داده‌های جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) بیانگر این است که اثر بیوپرایمینگ در سطح احتمال پنج درصـد و اثـر سایه‌اندازی رقم و اثر بـرهمکنش سـایه‌انـدازی در بیوپرایمینـگ، رقـم در بیوپرایمینـگ و اثـر بـرهمکنش سـایه انـدازی در بیوپرایمینگ در رقم در سطح احتمال ۱درصد بـر عملکـرد دانـه معنی‌دار گردید. اثر برهمکتش رقم زیبا در بیوپرایمینگ و تحـت شرایط عدم سایه با میانگین ۳۱۰۵/٦ کیلوگرم در هکتار بیشـترین و اثر سه گانه رقم ILL4400 در عـدم تلقـیح بـا بـاکتری و در شرایط ۱۰۰ درصد سایه با میانگین ۱۲۱٦/۹ کیلـوگرم در هکتـار کمتـرین عملکـرد دانـه حاصـل شـد. نتـایج حاصـل از اثـرات برهمکنش نشان داد که در هر دو رقم علی‌رغم اینکه بـا افـزایش میزان سایه‌اندازی در مجموع عملکرد دانـه کـاهش مـی‌یابـد امـا نمونه‌های تیمار شده با باکتری در کلیه شـرایط نسـبت بـه عـدم تلقیح با باکتری مقدار بیشتری تولید داشته‌اند (جدول ٤). افزایش عملکرد دانه ناشی از تلقیح بذر بوسیله باکتری‌های افزاینده رشد گیاه، ناشی از افزایش جمعیت‌های میکروبی در خاک یا ریزوسفر است که به وسیله ایجـاد چرخـه مـواد غـذایی و قابـل دسـترس ساختن آن، افزایش حفظ سلامتی ریشه در رقابت با پاتوژن‌هـای ریشه و افزایش جذب مواد غذایی موجب بهبود رشد گیـاه و در نهایت افزایش عملکرد دانه می‌شوند (حسـن‌آبـادی و همکـاران، ۱۳۸۹). نتایج حاصل از اثرات برهمکنش نشان داد که علـی‌رغـم اینکه با افزایش میزان سایه‌اندازی در مجموع عملکرد دانه کاهش می‌یابد اما نمونه‌های تیمار شده با باکتری آزوسـپریلیوم در کلیـه شرایط نسبت به عدم تلقیح با باکتری آزوسپریلیوم مقدار بیشتری تولید داشته‌اند. حضور باکتری آزوسپریلیوم با گیاه باعث می‌شود که بخشی از کاهش عملکرد ناشی از حضور سایه جبران گردد.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که گیاه عدس نسبت به سایه‌اندازی حساس است و باعث افت عملکرد دانه می‌شـود. از طرفی به علت کمبود نور گیاه جهت دسترسـی بـه نـور رشـد موجب کاهش رشد ریشه می‌گردد. لذا هزینه‌هـای ناشـی از ایـن رشد برای گیاه بصورت کاهش در عملکرد اقتصادی ظـاهر مـی-گردیـد. بیوپرایمینـگ نیـز نشـان داد کـه تلقـیح بـا بـاکتری آزوسپیریلیوم در بسیاری از موارد توان جبران خسارت ناشـی از کمبود نور را دارد. تلقـیح بـذر بـا بـاکتری زوسـپیریلیوم تحـت شرایط سایه‌اندازی می‌تواند به عنوان یک راهکار باعـث افـزایش زیست توده ریشه شود. واکنش رقم زیبا از نظر عملکـرد دانـه و سیستم ریشه نسبت به تیمار سایه‌اندازی و بیوپرایمینـگ بهتـر از رقم ILL4400 بود.

منابع

آزادی، ص.، س.ع. سیادت، ر. ناصری، ع. سلیمانی‌فرد و ا. میرزایی. ۱۳۹۲. کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژنه در ارقام گندم دوروم. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۷ (۲): ۱۲۹-۱٤٦.

اثباتی، م.، ع. اخـوان سـپهی، ا. اصـغر زاده، و م. خسروشـاهلی. ۱۳۹۳. جـدا سـازی، شناسـایی و بررسـی جمعیـت گونـه‌هـای *Azospirillum* sp. در خاک‌های اطراف تهران و ارزیابی اثرات محرک رشدی آنها بر گیاه گوجه فرنگی در شرایط گلخانـه. نشـریه زیست‌شناسی خاک. ۲ (۱): ٤۳-٥٤.

جیریایی، م.، ا. فاتح، و ا. آینه بند. ۱۳۹۳. ارزیابی برخی از ویژگ یهای ریشه گندم های تیمار شده با مایکوریزا و آزوسپیریلوم. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ٦۱-۷۳.

حسن‌آبادی، ط.، م.ر. اردکانی، ف. رجالی و ف. پاک‌نژاد. ۱۳۸۹. کاربرد همزمان کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر صفات مورفولوژیک جو. اولین همایش ملی کشاورزی پایدار و تولید محصول سالم. اصفهان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان.

دارابی، ف. ۱۳۹۳. ارزیابی صفات و ویژگی‌های زراعی و فیزیولوژیکی عدس تحت سایه اندازی و بیوپرایمینگ. پایان‌نامـه کارشناسـی ارشـد، دانشکده کشاوزی، دانشگاه ایلام. ١٦٤ صفحه.

دارابی، ف.، ع. حاتمی، م.ج. زارع و ر. ناصری. ۱۳۹٤. اثر سایه اندازی بر برخی صفات مهم فیزیولوژیک در عدس. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. جلد نهم، شماره ۱ (۳۳): ۱۰۹-۱۲۲.

کلاهیان همدانی‌زاد، ا.، ح. رامشینی، م.ق. قدری و م.ف. نجف آبادی. ۱۳۹٤. بررسی رابطه صفات ریشه با عملکرد دانه گندم در شرایط بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۸ (۱) ۱-۱۱.

نصراله‌زاده، ص.، ک. قاسمی‌گلذانی و ی. راعی. ۱۳۹۰. بررسی اثرات سایه اندازی روی برخی شاخص‌های رشد و عملکرد دانه باقلا. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۱ (۳): ۷۵-۸۷

Banerjee, M., R.L.Yesmin, and J.L. Vessey. 2006. Plant-growth-promoting rhizobacteria asbiofertilizers and biopesticides., PP. 137-181. In: Handbook of microbial biafertilizers. Ed., Rai, M., K., Food production Press, U. S. A.

Bell, E.G. and T.K. Dannenberger. 1999. Temporal shade on creeping Bent grass Turf. Crop Science. 39: 1142-1146.

Claudia, C., G. Martin and M. Emanuel. 2000. Genome Structure of Genus *Azospirillum.* Journal of Bacteriology. 182 (14): 4113-4116.

Cohen, A.C., R. Bottini and P.N. Piccoli. 2008. *Azospirillum brasilense* Sp 245 produces ABA in chemically-defined culture medium and increases ABA content in arabidopsis plants. Plant Grow Regulation. 54: 97–103.

Forghani, A., N. Kodabandeh, D. Habibi, and A. Bankeh Saz. 2009. Response ofchlorophyll a and b content, proline and grain yield of maize to light stress and different levels of plant density. Agronomic Researches Journal. 2 (1): 30-37.

Hadi, H., K. Ghassemi-GoIezani, F. Rahimzade Khoei, M. Valizadeh and M.R. Shakiba. 2006. Responses of common bean (*Phaseulus vulgaris* L.) to different levels of shade. Agronomy Journal. 5 (4): 595-599.

Hebert, Y., E. Ghingo and O. Loudet. 2001. The response of root/shoot partitioning and root morphology to light reduction in maize. Crop Sciences. 41:363-371.

Jacoud, C., D. Favre, P. Wadoux and R. bally 1999.Initiation of root growth simulation by *Azospirillum lipoferum* CRT1 during maize seed germination. Canadian Journal of Microbiology 45:339-342.

Kobata, T., M. Sugawara and S. Takatu. 2000. Shading during the early grain filling period does not affect potential grain dry matter increase in rice. Agronomy Journal. 92 (3): 411-417.

Lambers, H., F. Stuart Chapin and T.L. Pons. 1998. Plant physiological ecology, Springer-Verlag, New York, Inc.

Mahfouz, S.A and M.A. Sharaf-Eldin. 2007. Effect of mineral vs biofertilizer on growth yield and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* L.). International Agrophysics. 21: 361-366.

Manske, G.G.B., A.B. Luttger, R.K. Behl and P.L.G. Vlek. 1995. Nutrient efficiency based on VA mycorrhiza (VAM) and total root length of wheat cultivars grown in India. Journal of Applied Botany. 69: 108-110.

Naiman A.D, A Latro´nico, Garcı´a and Salamone IE, 2009. Inoculation of wheat with *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens*: Impact on the production and cultural rhizosphere microflora. European Journal of Soil Biology. 45: 44-51.

Nezarat, S and M. Gholami. 2009. Screening plant growth promoting rhizobacteria for improving grain germination seedling growth and yield of maize. Pakistan Journal of Biological Sciences. 12 (1): 26-32.

Rodriguez, D., F.H. Andrade and J. Goudriaan. 2000. Dose assimilate supply limit leaf expansion in wheat grown in the field under low phosphorous availability?. Filed Crops Research. 67: 227-238.

Roussopoulos, D., A. Liakatas and W.J. Whitington. 1998. Cotton responses to different light temperature regimes. Agricultural Science 131: 227-283.

Russo A, C. Felici, A. Toffanin, M. Gtz, C. Collados and J.M. Barea. 2005. Effect of *Azospirillum inoculants* on arbuscular mycorrhiza establishment in wheat and maize plants. Journal of Biology and Fertility of Soils. 41: 301–309.

Serraj, R., L. Krishnamurty, J. Kashiwagi, J.K. Kumar, S. Chandra and J.H. Crouch. 2004. Variation in root traits of chickpea (*Cicer aretinum* L.) grown under terminal drought. Field Crops Research. 88: 115-127

Vessey, J.K and T.J. Buss. 2002. Bacillus cereus UW85 inoculation effects on growth, nodulation, and Naccumulation in grain Iegumes. Controlled-environment studies. Canadian Journal of Plant Science. 82: 282-290.

Yadav, K., V. Prasad,K. Mandal and N. Ahmad. 1992. Effect of co-inoculation (*Azospirillum and Rhizobium* strains) on nodulation, yield, nutrient uptake and quality of lentil in calcareous soil. Lens Newsl. 19: 29-31.

Zahir ZA, A. Munir, HN. Asghar, M. Arshad and B. Shaharoona. 2008. Effectiveness of rhizobacteria containing ACC-deaminase for growth promotion of peas (*Pisum sativum* L.) under drought conditions. Journal of Microbiology and Biotechnology. 18:958–963.

Study of root structure and leaf of lentils (*Lens culinaris* Medic) under shading and *Azospirillium* bacteria(*Azospirillium brasilense*)

F. Darabi[1], A. Hatami[2], M.J. Zarea[2], R. Naseri[1]

Received: 2016-6-17 Accepted: 2017-1-30

Abstract

in order to study the effect of different shading and bio-priming in two lentils cultivars, an experiment was carried out at the Agricultural Research Station of Ilam University during 2012-2013 cropping season using factorial arrangement based on randomized complete block design with three replications. The treatments consisted of different levels of shading (no shading, 25, 50, 75 and 100% shading), bio-priming (inoculation with *Azospirillium brasilense* and without inoculation) and lentil cultivars (Ziba and ILL4400), respectively. The results indicated that shading reduced leaf specific leaf, root fresh weight, root dry weight, root volume, main root length and grain yield, but increased leaf area index, total water content, specific leaf area, respectively. But *Azospirillium* leaded to reduce losses caused by shading and increased plant growth and yield of lentil. Two lentil cultivars along with inoculation with *Azospirillum* had the more amount of grain yield. The Ziba cultivar compared to ILL4400 cultivar had the more grain yield in the higher levels of shading. Interaction effect of shading× bio-priming × cultivar showed that control treatment and selection of the Ziba cultivar and inoculation with *Azospirillum* may achieve the acceptable grain yield.

Keywords: *Azospirillum*, lentil, root, shading

1- Ph.D Student in Crop Physiology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

2- Department of Agronomy and plant breeding, Faculty of Agriculture, Ilam, Iran