

اثر تنش کم آبیاری بر عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی ارقام لوبیا

The Effect of Deficit Irrigation on Yield and Physiological Traits of Bean Cultivars

سیده حکیمه داودی^۱، علی راحمی‌کاریزیکی^{۲*}، علی نخزری مقدم^۳ و ابراهیم غلامعلی‌پور علمداری^۴

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۶/۱۵

چکیده

خشکی خطر جدی برای تولید محصولات زراعی از جمله لوبیا است که به تنش خشکی حساس می‌باشد. به منظور بررسی اثر سطوح تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی ارقام مختلف لوبیا، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با سه سطح تنش خشکی بعد از غلاف‌دهی شامل عدم تنش (شاهد)، تنش جزئی (آبیاری با تخلیه ۳۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) و تنش شدید (آبیاری با تخلیه ۷۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) و چهار رقم شامل لوبیای سفید (رادان)، لوبیای قرمز (آذرشهر)، لوبیای سبز (سانری) و لوبیاچیتی (سامان) با سه تکرار در اواسط اسفندماه ۱۳۹۲ در گلخانه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس به اجرا درآمد. نتایج آزمایش نشان داد که تنش بر تمامی صفات مورد بررسی اثر معنی‌داری داشت. با توجه به مقایسه میانگین ارقام در سطح عدم تنش، کم‌ترین و بیش‌ترین میزان کلروفیل کل مربوط به تیمار لوبیا قرمز و لوبیا سفید به ترتیب ۰/۶۶ و ۲/۲۰ میلی‌گرم بر گرم بود. در حالی که کم‌ترین میزان این صفت در تنش متوسط و شدید مربوط به تیمار لوبیاچیتی به ترتیب ۰/۶۰ و ۰/۶۵ میلی‌گرم بر گرم بود. میزان پروتئین دانه در شرایط تنش نسبت به شاهد در کلیه ارقام افزایش نشان داد. بیش‌ترین افزایش مربوط به تیمار لوبیا سبز (۴۲/۹۱ میلی‌گرم بر گرم) بود. بیش‌ترین مقدار پرولین مربوط به رقم لوبیا سفید در هر دو تیمار تنش متوسط و شدید به ترتیب ۹۰/۰۸ و ۱۰/۵۱ میلی‌گرم بر گرم بود. بین ارقام بیش‌ترین میزان عددی کاهش عملکرد دانه طی تنش شدید مربوط به لوبیا سفید و کم‌ترین این مقدار مربوط به لوبیاچیتی بود.

واژه‌های کلیدی: پروتئین دانه، پرولین، کلروفیل، غلاف‌دهی

۱، ۲، ۳ و ۴. به ترتیب دانشجوی کارشناسی‌ارشد و استادیاران گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

Email: Alirahemi@yahoo.com

*: نویسنده مسئول

مقدمه

لوبیا گیاهی یک‌ساله با نام علمی (*Phaseolus vulgaris* L.)، از گیاهان مهم زراعی تیره بقولات بوده و دارای دو فرم رشدی محدود و نامحدود می‌باشد (باقری و همکاران، ۱۳۸۱). لوبیا از مهم‌ترین بقولات می‌باشد و دانه آن دارای ۲۵-۲۰ درصد پروتئین و ۶۰-۵۵ درصد کربوهیدرات می‌باشد و (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۸۸). حبوبات به‌عنوان دومین منبع غذایی بشر پس از غلات و عمده‌ترین منبع پروتئین گیاهی محسوب می‌شوند. در بین حبوبات از لحاظ سطح زیرکشت، مقام اول متعلق به لوبیا می‌باشد. لوبیا در پنج قاره دنیا کشت می‌شود. سطح زیرکشت جهانی آن حدود ۲۴ میلیون هکتار و متوسط عملکرد آن حدود ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار است. براساس آمار ۹۳-۱۳۹۲، سطح زیرکشت لوبیا در ایران ۱۱۶۲۳۲ هکتار و تولید آن ۲۲۶۳۶۹ تن بوده است. ایران در ناحیه خشک جهانی قرار دارد و متوسط بارش آن ۲۵۰ میلی‌متر است این شرایط باعث می‌گردد که گیاهان اغلب در معرض تنش خشکی قرار گیرند (صالحی و همکاران، ۱۳۸۴). وجود تنش‌های غیرزنده محیطی به‌ویژه تنش خشکی یکی از مهم‌ترین مشکلات مناطق خشک و نیمه‌خشک است که رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و از این طریق عملکرد گیاهان زراعی را محدود می‌کند (آقچلی و همکاران، ۱۳۹۵).

تنش خشکی بر روی پارامترهای فیزیولوژیک میزان پروتئین، پروتئین، ترکیبات فنلی و فعالیت آنزیم‌های نیترا ردوکتاز اثر معنی‌دار نشان داده است (قربانلی و نیاکان، ۱۳۸۹). مهرجردی و همکاران (۱۳۹۱) بیان کردند در گیاه نخود میزان کلروفیل طی تنش خشکی کاهش معنی‌داری نشان داد. طی تحقیقی بیان شده است که بر اثر تنش آبی رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a و b) در برگ‌ها کاهش می‌یابد (بارکر^۱، 1991). با افزایش تنش خشکی در گیاه لوبیا قرمز میزان کلروفیل برگ کاهش یافت (راستی ثانی و همکاران، ۱۳۹۳). در تنش شدید با وجود افزایش وزن مخصوص برگ سویا، تخریب کلروفیل نیز افزایش می‌یابد (پاک‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۱). عباس‌زاده و همکاران (۱۳۸۶) گزارش نمودند که میزان کلروفیل a گیاه بادرنجبویه تحت تنش خشکی کاهش یافت و کلروفیل b قدری افزایش یافت، آن‌ها بیان داشتند که میزان کلروفیل در بسیاری از گیاهان متأثر از خشکی می‌باشد و می‌تواند به‌عنوان یکی از شاخص‌های مقاومت به خشکی قرار گیرد. پرولین از طریق حفظ ظرفیت آبیاری در سیتوپلاسم سلول منجر به حفظ ساختار ماکرومولکول‌ها، از جمله آنزیم‌ها می‌شود تا از تشکیل

شکل‌های نامطلوب و یا قطعه قطعه شدن آن‌ها جلوگیری به عمل آید (عباس‌زاده و همکاران، ۱۳۸۶). در حال حاضر می‌توان گفت که پرولین عمل حفاظتی و کاهش پتانسیل اسمزی، حفاظت ماکرومولکول‌ها و غشا، ثبات pH، منبع ازت، تنظیم‌کننده واکنش‌های اکسیداسیون و احیا را به عهده دارد (شعبانی آزاد نبی و همکاران، ۱۳۹۱). نتایج باقری و همکاران (۱۳۹۳) نشان داد که محتوای پرولین در گیاهانی که در معرض تنش خشکی قرار گرفتند به شدت افزایش یافت. به‌نظر می‌رسد که تجمع پرولین آزاد یک پاسخ متداول به تنش در گیاهان عالی باشد. احمدی موسوی و همکاران (۱۳۸۴) طی بررسی اثر نوعی براسینو استروئید بر مقدار تجمع پرولین، قند و نشاسته در گیاه کلزا مشاهده کردند که اعمال کم‌آبی منجر به افزایش پرولین، قندهای محلول و کاهش محتوای نشاسته گردید و بین افزایش تجمع پرولین و میزان مقاومت به تنش کم‌آبی رابطه مثبتی وجود داشت. موحدی دهنوی^۲ و همکاران (۱۳۸۳) بیان نمودند که تنش خشکی باعث افزایش محتوای پرولین و قندهای محلول گیاه گلرنگ پس از اعمال تیمار تنش شد.

تخریب پروتئین‌ها و انباشت برخی آمینواسیدهای آزاد در جهت حفظ و تنظیم فشار اسمزی سلول و کاهش سنتر پروتئین در شرایط تنش خشکی نیز مشاهده شده است (مارتین و تورس^۳، 1992). در اثر خشکی ساختار کلروپلاست به دلیل عدم پایداری رنگیزه - پروتئین آسیب می‌بیند. مقدار پروتئین کل برگ‌ها و ریشه به‌دنبال تیمار تنش افزایش می‌یابد (حاجی بلند و ابراهیمی، ۱۳۹۰). و/لاسکوئتر^۴ (1986) افزایش مقدار پروتئین را در شرایط تنش خشکی در حبوبات گزارش کرده است. تحقیقات نشان می‌دهد که مکانیسم‌های ساخت پروتئین به خشکی مقاوم‌تر هستند، بنابراین در شرایط تنش خشکی افت سنتر نشاسته چشم‌گیرتر است (احمدی و بیکر، ۱۳۷۹).

بتائین^۵ و همکاران (2010) بیان نمودند گیاهان می‌توانند با تولید ترکیبات فنلی و کارتنوئیدها از ساختارهای سلولی خود در برابر رادیکال‌های فعال تولید شده در شرایط تنش محافظت کنند. بسیاری از ترکیبات فنلی به‌عنوان آنتی‌اکسیدان عمل می‌کنند و می‌توانند به‌طور مؤثری رادیکال‌های گروه هیدروکسیل و پروکسیل را حذف کنند و از اکسید شدن چربی‌ها ممانعت به عمل آورند (بوسکائی^۶ و همکاران، 2010). مهرجردی و همکاران (۱۳۹۱) افزایش ۶۶ درصدی مقدار فنل کل برگ در

2. Movahedie Dehnavi
3. Martin and Torres
4. Velasquez
5. Bettaieb
6. Boscaiu

1. Barker

مرکز تحقیقات گنبدکاوس تهیه گردید. عملیات کاشت در اواسط اسفندماه ۱۳۹۲ در گلدان انجام شد به این صورت که ۸ دانه در هر گلدان کشت و در نهایت در زمان استقرار کامل بوته‌ها به ۴ بوته در هر گلدان کاهش یافتند. برای تهیه خاک از خاک مزرعه آموزشی و پژوهشی دانشگاه گنبدکاوس استفاده شد براساس نتایج حاصله بافت خاک لوم سیلتی بود (جدول ۱). خاک ابتدا از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند و سپس گلدان‌ها با این خاک پر شدند.

پتانسیل‌های خشکی پس از تعیین درصد رس، سیلت، شن و وزن مخصوص ظاهری خاک با استفاده از منحنی رطوبتی خاک مورد استفاده که رابطه بین پتانسیل آب خاک و رطوبت خاک را مشخص می‌کند، تعیین شد. این منحنی از طریق فرمول ساکستن^۱ و همکاران (1986) محاسبه شد:

$$\psi_m = A \cdot \theta_v^b \quad (1)$$

در این رابطه ψ_m پتانسیل ماتریک برحسب بار، θ_v نسبت رطوبت حجمی برحسب سانتی‌متر مکعب آب در سانتی‌متر خاک است و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\theta = p^b \times \theta_m \quad (2)$$

در این رابطه θ_m نسبت رطوبت وزنی و p وزن مخصوص ظاهری خاک است. در رابطه (۱) A و B به‌صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$A = \exp[-4.396 - 0.0715C - 4.88 \times 10^{-4} \times S^2 - 4.285 \times 10^{-5} S^2 C] \times 100 \quad (3)$$

$$B = -3140 - 0.00222c^2 - 3.48 \times 10^{-5} \times s^2 c \quad (4)$$

که در این روابط S درصد شن خاک و c درصد رس خاک است. در این آزمایش برای ترسیم منحنی رطوبتی خاک از برنامه پسایکال^۲ استفاده شد. داخل گلدان‌ها پلاستیک‌های بدون منفذ قرار داده شد سپس تعداد ۴۰ گلدان آماده گردید و درون هر کدام ۱۲ کیلوگرم خاک آماده شده، ریخته شد. آبیاری تا زمان قبل از غلاف‌دهی به‌صورت کامل انجام گردید به‌عبارتی در هر مرحله آبیاری ۳/۵ لیتر آب برای هر گلدان استفاده شد و از شروع غلاف‌دهی اعمال تنش خشکی آغاز و تا زمان برداشت کامل کلیه غلاف‌ها صورت گرفت. مجموع وزن خاک خشک، وزن گلدان خالی، پلاستیک و آب برای پتانسیل‌های مختلف به‌عنوان وزن مرجع در نظر گرفته شد گلدان‌ها به‌طور مرتب وزن می‌شدند و در هنگام نیاز به اندازه اختلاف از وزن مرجع به آن‌ها آب اضافه می‌شد. عملیات داشت شامل وجین، مبارزه با آفات و بیماری‌های گیاهی و آبیاری به‌طور دقیق در طول فصل رشد انجام شد.

تیمار تنش (با پتانسیل ۳ - بار) نسبت به شاهد در نخود را گزارش کردند.

در بررسی عمادی و همکاران (۱۳۸۹) بیش‌ترین تعداد دانه در غلاف لوبیا از تیمار آبیاری معمولی و کم‌ترین تعداد دانه در غلاف از تیمار تنش خشکی در مرحله زایشی به‌دست آمد. خاقانی و همکاران (۱۳۸۹) با بررسی صفات کمی و کیفی لوبیا سفید و قرمز تحت تأثیر تنش خشکی بیان کردند که عملکرد تک بوته در لوبیا قرمز و وزن خشک برگ، وزن خشک بوته و وزن ۱۰۰ دانه در لوبیا سفید کاهش بیش‌تری نسبت به بقیه صفات داشتند. نتایج بررسی پاک‌مهر و همکاران (۱۳۹۰) نشان داد که در شرایط تنش، ژنوتیپ‌های لوبیا از نظر تعداد غلاف در بوته اختلاف معنی‌داری نداشتند اما از نظر عرض غلاف و تعداد دانه در غلاف در سطح پنج درصد و از نظر سایر صفات در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار داشتند. اردکانی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که اثر متقابل تنش خشکی \times تراکم بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت در لوبیاچیتی معنی‌دار بود. نتایج آزمایش پوراسماعیل و همکاران (۱۳۸۵) حاکی از تأثیر آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب در ارقام لوبیا قرمز بود و تنش خشکی صفات مورد بررسی را کاهش داد.

از آن‌جایی که تاکنون مطالعه دقیقی روی ارقام مختلف لوبیا انجام نشده است، بنابراین هدف از مطالعه حاضر، بررسی اثر تنش آبی بر صفات فیزیولوژیک شامل میزان کلروفیل، پروتئین، پروتئین و محتوی فنل کل ارقام لوبیا (شامل لوبیا سفید، لوبیا قرمز، لوبیا سبز و لوبیا چیتی) بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی بر روی ۴ رقم لوبیا در گلخانه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس اجرا گردید. گنبد کاووس در ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه طول جغرافیایی، ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه عرض جغرافیایی و در ارتفاع ۴۵ متر بالاتر از سطح دریا قرار دارد. آب و هوای آن معتدل و مرطوب است، میزان بارش سالانه حدود ۵۰۰ میلی‌متر است. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اول تنش خشکی در سه سطح شامل عدم‌تنش (شاهد)، تنش جزئی (عدم آبیاری تا تخلیه ۳۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) و تنش شدید (عدم آبیاری تا تخلیه ۷۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) انجام شد. عامل دوم ارقام لوبیا که شامل لوبیا سفید (داران)، لوبیا قرمز (آدرشهر)، لوبیا سبز (سانری) و لوبیاچیتی (سامان) بود که از

1. Saxton
2. Pasycale

گردید. محلول حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفت. پس از سرد شدن به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر با مدل Biochrom libera- S22 در نقطه جذب ۶۵۰ نانومتر خوانده شد. در نهایت، با توجه به منحنی استاندارد گالیک اسید، میزان فنل کل نمونه برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن ساقه‌چه و برگچه محاسبه شد.

اندازه‌گیری پرولین

۵۰۰ میلی‌گرم نمونه یکنواخت گیاهی با ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالیسیلیک اسید ۳ درصد مخلوط و سپس مخلوط حاصل با کاغذ صافی، صاف گردید. ۲ میلی‌لیتر از مخلوط حاصل را در داخل لوله آزمایش ریخته و سپس ۲ میلی‌لیتر استیک اسید گلاسیال و ۲ میلی‌لیتر اسید ناین هیدرین اضافه گردید. در مرحله بعدی برای مدت یک ساعت در حمام آب جوش قرار داده شد. جهت خاتمه واکنش در بشر حاوی یخ ریخته و لوله آزمایش در آن قرار داده شد. ۴ میلی‌لیتر تولوئن به محلول حاصل اضافه شد و برای مدت ۲۰ تا ۳۰ ثانیه به خوبی تکان داده، به طوری که لایه رویی زرد رنگ تولوئن نمایان گردد. سپس این لایه جدا و به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر با مدل Biochrom libera- S22 در نقطه ۵۲۰ نانومتر خوانده شد. میزان پرولین در نمونه مورد بررسی با استفاده از نمودار استاندارد، برآورد شد.

اندازه‌گیری پروتئین کل

ابتدا ۱۰۰ میلی‌گرم از نمونه گیاهی با ۱۰ میلی‌لیتر اتانول داغ ۸۰ درصد خرد گردید و به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. به فاز جامد حاصل، ۱۵ میلی‌لیتر از معرف A (۴ میلی‌گرم کربنات سدیم + ۰/۸ گرم سود + ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر) اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. سپس ۰/۲ میلی‌لیتر از عصاره نمونه را برداشته و توسط آب مقطر به حجم ۱ میلی‌لیتر رسانده شد. ۵ میلی‌لیتر معرف C (اختلاط معرف A و B (۰/۵ درصد سولفات مس (۱۲۵ میلی‌لیتر سولفات مس) + ۲۵ میلی‌لیتر پتاسیم سدیم تارتارات ۱ درصد)) به محلول حاصل اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده شد. پس ۰/۵ میلی‌لیتر معرف D (۱ میلی‌لیتر فولین + ۱ میلی‌لیتر آب مقطر) اضافه نموده و به مدت ۳۰ دقیقه در شرایط تاریک قرار داده شد. در نهایت توسط دستگاه اسپکتروفتومتر با مدل Biochrom libera- S22 در نقطه جذب ۶۶۰ نانومتر خوانده

پس از پایان اعمال تنش خشکی، پارامترهای فیزیولوژیک کلروفیل و بیوشیمیایی پرولین و پروتئین و فنل کل براساس روش‌های استاندارد فیتوشیمیایی ذیل مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

سنجش کلروفیل a، b و کل براساس روش استون سرد (آرنون، ۱۹۷۲)

بدین ترتیب که مقدار ۰/۵ گرم از بافت برگ تازه با ۱۰ میلی‌لیتر استون سرد ۸۰ درصد کامل له گردید. محلول حاصل با دور پایین ۱۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه (برای جلوگیری از شکست آللوکیمکال‌ها) سانتریفیوژ شد. سپس فاز محلول از فاز جامد جدا گردید و با استون سرد ۸۰ درصد به حجم معین ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. جذب نوری نمونه‌ها در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتری با مدل Biochrom libera- S22 خوانده شد. سپس با استفاده از فرمول‌های زیر مقدار کلروفیل a، b و کل برحسب میلی‌گرم در یک گرم محاسبه شد.

$$\text{Chl. a) a کلروفیل} = [12.7(D663) - 2.69(D645)] \times V / (1000 \times W)$$

$$\text{Chl. b) b کلروفیل} = [22.9(D645) - 4.68(D663)] \times V / (1000 \times W)$$

$$\text{Chl.T کل کلروفیل} = [20.2(D64) + 80.2(D663)] \times V / (1000 \times W)$$

D: میزان جذب نوری خوانده شده در طول موج مربوطه V: حجم عصاره W: وزن نمونه تر

سنجش فنل کل براساس روش فولین سیوکالتو (مالیک و سینگ، ۱۹۸۰)

بدین ترتیب که مقدار ۰/۱ گرم از پودر گیاه مورد بررسی با ۱۰ میلی‌لیتر اتانول داغ ۸۰ درصد در هاون چینی ساییده شد. مخلوط حاصل با دور پایین ۱۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. پس از آن مخلوط رویی در حمام آب جوش قرار گرفت تا غلیظ شده و حدود دو میلی‌لیتر از آن برای ادامه آزمایش باقی بماند. سپس یک میلی‌لیتر از محلول تغلیظ شده برداشته شد و با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسید و در مرحله بعدی نیم میلی‌لیتر از محلول حاصل برداشته با ۲/۵ میلی‌لیتر آب مقطر به حجم سه میلی‌لیتر رسید، سپس بر روی محلول به دست آمده نیم میلی‌لیتر معرف فولین سیوکالتو ۵۰ درصد اضافه شد و بعد از سه دقیقه، دو میلی‌لیتر کربنات سدیم ۲۰ درصد به آن اضافه

این تحقیق با نتایج گلدانی و رضوانی (۱۳۸۵) مطابقت دارد. مقایسه میانگین نشان داد که رقم لوبیا چیتی نسبت به سایر ارقام در شرایط مطلوب از وزن دانه‌ای بیش از سه برابر برخوردار بود در صورتی که لوبیا سبز از کم‌ترین وزن دانه برخوردار بود. همچنین، در سطح خشکی متوسط رقم لوبیاچیتی نسبت به سایر ارقام از وزن دانه بیش‌تری برخوردار بود در حالی که لوبیا سفید نسبت به سایر ارقام از وزن دانه پائین‌تری برخوردار بود. از آنجایی که لوبیا چیتی با داشتن تعداد دانه کم‌تر مواد حاصل از فتوسنتز خود را به دانه کم‌تری اختصاص می‌دهد در نتیجه از وزن دانه بیش‌تری برخوردار می‌باشد. لوبیا سبز با داشتن تعداد دانه بیش‌تر از وزن دانه کم‌تری برخوردار بود. در تنش خشکی متوسط مقدار عددی وزن دانه در لوبیا سبز بیش از شرایط نرمال بود که می‌تواند به دلیل کم‌تر بودن تعداد دانه و انتقال کمتر مواد فتوسنتزی به دانه در این رقم در شرایط تنش خشکی متوسط نسبت به شرایط نرمال باشد. کاهش وزن دانه هنگام تنش خشکی توسط خورگامی (۱۳۷۹) نیز گزارش شده است. یولاها^۲ و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که محدودیت رطوبت در زمان گل‌دهی و غلاف‌دهی موجب کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه و در نتیجه چروکیده شدن و کاهش وزن دانه نخود می‌شود.

کلروفیل a

نتایج تجزیه واریانس نشان داد کلروفیل a برگ به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای ارقام لوبیا و تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. در این مطالعه اثر متقابل تنش خشکی و رقم نیز در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). برش‌دهی اثر متقابل ارقام در هر سطح تنش برای این صفت نشان داد که تیمارهای مختلف عدم تنش، تنش متوسط و تنش شدید تأثیر معنی‌داری بر این صفت داشتند (جدول ۲). در شرایط عدم تنش، کم‌ترین و بیش‌ترین کلروفیل a به ترتیب مربوط به رقم لوبیاچیتی (۰/۸۸ میلی‌گرم بر گرم) و لوبیا سفید (۱/۱۲ میلی‌گرم بر گرم) بود. رقم لوبیا چیتی دارای حساسیت بیشتری به تنش شدید بود. به‌طوری‌که در شرایط تنش شدید محتوی کلروفیل a به میزان ۰/۸۳ میلی‌گرم بر گرم بوده است به عبارتی ۵/۶۸ درصد نسبت به حالت شاهد کاهش مشاهده گردید. راستی ثانی و همکاران (۱۳۹۳) و ممنوعی و سیدشریفی (۱۳۸۹) نیز کاهش کلروفیل a طی تنش خشکی را بیان کرده‌اند.

شد و میزان پروتئین کل با استفاده نمودار استاندارد برآورد شد (لاوری^۱ و همکاران، ۱۹۵۱).

آنالیز واریانس داده‌ها به رویه GLM و مقایسه میانگین‌ها با کمک آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) با نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۳ (سلطانی، ۱۳۸۶) انجام و شکل‌ها با نرم‌افزار Excel رسم شد. برای صفاتی که اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار شد از روش برش‌دهی (مجموع مربعات سطوح یک عامل در هر سطح عامل دیگر) برای تجزیه واریانس استفاده گردید. برای صفاتی که اثر متقابل بر روی آن‌ها معنی‌دار نبود تنها به مقایسه میانگین سطوح فاکتوری که معنی‌دار بود، اکتفا شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر ارقام مختلف، سطوح تنش و اثر متقابل آن‌ها بر وزن دانه در بوته و وزن دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). برش‌دهی اثرات متقابل سطوح ارقام در هر سطح خشکی نشان داد که در سطح بدون تنش خشکی و خشکی متوسط از نظر وزن دانه و وزن دانه در بوته بین ارقام تفاوت معنی‌دار وجود داشت در حالی که در تنش شدید از نظر این دو صفت تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲ و ۳). از آنجایی که با توجه به شرایط گلخانه‌ای موجود تنها عامل رطوبت و بارندگی قابل کنترل بود، احتمالاً دمای بالا در طی فصل رشد باعث تشدید تنش شده است و این باعث شده که سطح برگ سریع‌تر زوال یابد و باعث کاهش در فتوسنتز و یا توقف آن شود که نتیجه آن کاهش تولید و انتقال مواد به دانه در ارقام بوده است. با اعمال تنش و تخلیه ۳۰ درصدی رطوبت از حد ظرفیت زراعی عملکرد ممکن است به دو دلیل کاهش یابد یکی این که سطح برگ در گیاه کاهش یابد و این باعث کاهش فتوسنتز شده که نتیجه آن کاهش اندازه منبع می‌باشد و در این حالت هرچند اندازه مخزن (دانه) بزرگ باشد؛ اما به‌علت عدم وجود مواد فتوسنتزی برای انتقال، نقل و انتقال مواد کاهش می‌یابد. از طرف دیگر، اگر تنش در زمان گرده‌افشانی یا غلاف‌دهی اتفاق بیفتد این امر باعث کاهش تعداد دانه (اندازه مخزن) می‌شود. هنگامی که اندازه مخزن پایین باشد، مواد فتوسنتزی در عناصر آوندی تجمع می‌یابند و این امر سبب ایجاد یک بازخور منفی بر روی سیستم انتقال مواد آوندی می‌شود و در نهایت باعث کاهش نقل و انتقال مواد می‌شود که در این تحقیق احتمالاً هر دو دلیل ذکر شده باعث کاهش عملکرد دانه در بوته شد. نتایج

محتوی کلروفیل b برگ

در این مطالعه تیمار ارقام و سطوح مختلف خشکی اثر معنی‌داری بر کلروفیل b در سطح احتمال یک درصد داشتند. همچنین اثر متقابل این عوامل بر صفت مذکور در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی برش‌دهی اثر متقابل ارقام در سطوح مختلف تنش خشکی برای صفت فیزیولوژیکی محتوی کلروفیل b نشان داد تیمارهای مختلف تنش، اثر معنی‌داری بر این صفت در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۳). مقایسه میانگین ارقام در هر سطح تنش نشان داد که در شرایط عدم‌تنش، کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار این صفت به ترتیب مربوط به ارقام لوبیا قرمز و سفید با ۰/۲۷ و ۰/۶۸ میلی‌گرم بر گرم به عبارتی حدود سه برابر کلروفیل b در لوبیا قرمز بیشتر از لوبیا سفید بود. در تنش متوسط و شدید بیشترین کاهش معنی‌دار بر صفت کلروفیل b در رقم لوبیا چیتی به ترتیب ۵۸ درصد و ۵۴ درصد نسبت به تیمار عدم تنش (۰/۴۳ میلی‌گرم بر گرم) مشاهده شد (جدول ۴). ویبیرا^۱ و همکاران (1991) بیان نمودند عکس‌العمل گیاهان مختلف و حتی ارقام مختلف یک گیاه به تنش خشکی متفاوت می‌باشد. به نظر می‌رسد که در شرایط تنش ملایم، کاهش میزان فتوسنتز خالص گیاه در درجه اول، ناشی از بسته شدن روزنه‌ها باشد، اما در شرایط محدودیت شدید آبی، اثر روزنه‌ای ممکن است با افزایش مقاومت مزوفیلی (موریل^۲ و همکاران، 1984) و تأثیر که تنش بر غشای تیلاکوئیدها می‌گذارد تشدید شود. منصورفر و همکاران (۱۳۹۱) بیان نمودند که با افزایش تنش خشکی در نخود، میزان کلروفیل و فتوسنتز برگ‌های نخود کاهش یافت. راستی ثانی و همکاران (۱۳۹۳) نیز کاهش کلروفیل b را طی خشکی در لوبیا قرمز بیان کردند.

کلروفیل کل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر ارقام مختلف، سطوح تنش و اثر متقابل آن‌ها بر صفت کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). تجزیه واریانس برش‌دهی سطوح ارقام در هر سطح تنش بر صفت کلروفیل کل همچنین نشان داد که تیمارهای مختلف تنش خشکی و عدم‌تنش اثر کاهشی بسیار معنی‌داری بر این صفت داشته است (جدول ۳). با توجه به مقایسه میانگین ارقام در سطح عدم‌تنش، کم‌ترین و بیش‌ترین میزان کلروفیل کل مربوط به تیمار لوبیا قرمز و لوبیا سفید به ترتیب ۰/۶۶ و ۲/۲۰ میلی‌گرم بر گرم بود. درحالی‌که

کم‌ترین میزان این صفت در تنش متوسط و شدید مربوط به تیمار لوبیا چیتی به ترتیب ۰/۶۰ و ۰/۶۵ میلی‌گرم بر گرم بود (جدول ۴). احمدی و همکاران (2005) بیان نمودند تنش کم آبی در گیاه کلزا باعث کاهش معنی‌دار مقدار کلروفیل a، b و کلروفیل کل در مقایسه با تیمار شاهد شد. ممنوعی و سید شریفی (۱۳۸۹) در مطالعات خود نیز کاهش کلروفیل کل طی خشکی را بیان کردند. با توجه به نتایج در شرایط تنش میزان کلروفیل کاهش می‌یابد؛ زیرا ماده پیش‌ساخت آن یعنی گلوتامات صرف تولید اسیدآمین پپتید می‌شود. گلوتامات از احیای ازت معدنی یا هیدرولیز پروتئین‌ها حاصل می‌شود. گلوتامین کیناز آنزیم سازنده پپتید در کلروپلاست قرار دارد و تنش خشکی یا شوری برای فعال‌شدن این آنزیم اثر تحریک کننده دارد؛ اما تنش‌ها مانع تشکیل گلوتامات لیگاز می‌شوند که این آنزیم در سنتز کلروفیل نقش دارد (منصورفر و همکاران، ۱۳۹۱).

پروتئین کل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که پروتئین کل به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای ارقام و خشکی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفتند. اثر متقابل این صفت مورد اندازه‌گیری معنی‌دار بود (جدول ۲). جدول برش‌دهی ارقام در سطوح مختلف تنش (جدول ۳) نشان داد که تیمار تنش اثر معنی‌داری بر صفت پروتئین کل ارقام داشتند درحالی‌که تیمار عدم‌تنش معنی‌داری بر میزان این صفت مورد بررسی ارقام نداشتند. مقایسه میانگین اثر متقابل ارقام در هر سطح تنش خشکی بر صفت پروتئین کل نشان داد میزان پروتئین کل در شرایط تنش متوسط و شدید نسبت به شاهد در کلیه ارقام افزایش نشان داد. بیش‌ترین افزایش مربوط به تیمار لوبیا سبز (۴۲/۹۱ میلی‌گرم بر گرم) بود. افزایش میزان پروتئین در شرایط تنش در این مطالعه به این دلیل بود که عملکرد به‌صورت تعداد دانه در بوته محاسبه شد و با افزایش شدت تنش میزان تک دانه در بوته کاهش یافت در نتیجه با کمتر شدن تعداد دانه پروتئین بیشتری به هر دانه اختصاص داده شده است. عمادی و همکاران (۱۳۹۲) بیان کردند که در شرایط تنش خشکی جذب و تثبیت کربن‌دی‌اکسید بر اثر بسته شدن روزنه‌ها کاهش می‌یابد در نتیجه میزان کل مواد پرورده برای پرشدن دانه کاهش می‌یابد درحالی‌که انتقال مجدد نیتروژن از برگ‌ها به دانه کاهش نمی‌یابد و این امر سبب افزایش درصد پروتئین دانه می‌شود.

جدول ۱: مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش (عمق ۰-۳۰ سانتی متری)

Table 1: Physico-chemical properties of the soil used in the experiment (0-30 cm depth)

مقدار Amount	مشخصه Characteristic
1.19	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) Electrical conductivity (dS/m)
7.9	اسیدیته pH
9.8	مواد خنثی شونده (درصد) Self-neutralizing material (%)
0.68	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)
0.07	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)
13.4	فسفر قابل جذب (قسمت در میلیون) Available phosphorus (ppm)
356	پتاسیم قابل جذب (قسمت در میلیون) Available potassium (ppm)
15	رس (درصد) Clay (%)
64	لای (درصد) Silt (%)
21	ماسه (درصد) Sand (%)

اسید آمینه پرولین

نتایج تجزیه واریانس نشان داد صفت محتوی پرولین به طور معنی داری تحت تأثیر ارقام، سطوح مختلف تنش خشکی و اثر متقابل آن‌ها در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). بررسی برش‌دهی فیزیکی ارقام در هر سطح تنش نشان داد که تیمار عدم تنش و تنش متوسط تأثیر معنی داری به ترتیب در سطح یک درصد و پنج درصد بر محتوی پرولین ارقام مورد بررسی داشتند. درحالی که کاربرد تنش شدید تأثیر یکسانی بر این صفت مورد اندازه‌گیری ارقام داشتند (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها در هر سطح تنش نشان داد که محتوی پرولین ارقام با افزایش تنش از ۳۰ درصد تخلیه رطوبت ظرفیت زراعی به ۷۰ درصد نسبت به تیمار عدم تنش افزایش یافت. اگرچه ارقام مورد بررسی واکنش یکسانی به تنش شدید نشان دادند اما در تنش متوسط بیش‌ترین میزان محتوی پرولین مربوط به ارقام لوبیا سبز (۸۸/۶۹ میلی گرم بر گرم) و لوبیا سفید (۹۰/۰۸ میلی گرم بر گرم) بود، درحالی که کم‌ترین مقدار پرولین در لوبیا چیتی مشاهده گردید (۲۹/۷۸ میلی گرم بر گرم) (جدول ۴). افزایش در میزان پرولین، از جمله واکنش‌هایی است که گیاهان مختلف برای کاهش پتانسیل اسمزی خود و مقابله با تنش خشکی از خود بروز می‌دهند آزمایشات روی گیاهان مختلف تحت تنش خشکی نیز این واقعیت را اثبات می‌کند (بارکر^۱ و

همکاران، ۱۹۹۳). مطالعات نشان می‌دهند که پرولین یک عامل محافظت‌کننده از آنزیم‌ها و ساختمان‌های درون سلولی از بین برنده رادیکال‌های آزاد و یا یک ترکیب ذخیره‌ای کربن و نیتروژن برای بازیافت سریع در شرایط تنش می‌باشد (بوتس^۲ و همکاران، ۱۹۹۳). هب^۳ و همکاران (۱۹۷۱) گزارش نمودند که اغلب آمینواسیدها مثل پرولین ممکن است نقش محافظت‌کننده برای تیلاکوئیدهای کلروپلاست و دیگر سیستم‌های غشایی تحت شرایط تنش داشته باشند. نتایج به دست آمده در مورد تجمع پرولین در شرایط تنش هم‌چنین مطابق یافته‌های دیگر محققین (صفرنژاد^۴، ۲۰۰۴) می‌باشد. باقری و همکاران (۱۳۹۳) بیان داشتند که تجمع پرولین آزاد یک پاسخ متداول به تنش در گیاهان عالی باشد هنگامی که گیاهان به وسیله خشکی، شوری، دماهای پایین و سایر فاکتورهایی که باعث کاهش پتانسیل آب شیره سلولی می‌شوند تحت تأثیر قرار می‌گیرند، باید غلظت اسمولیت‌هایشان را افزایش دهند تا جذب آب تحت شرایط تنش ادامه پیدا کند. به نظر می‌رسد که تجمع پرولین آزاد یک پاسخ متداول به تنش در گیاهان عالی باشد. در بین اسمولیت‌های آلی، پرولین احتمالاً فراوان‌ترین و عمومی‌ترین ماده حل شده سازگار است که تجمع می‌یابد (کازنتسو و شویکووا^۵، ۱۹۹۹).

2. Lutts

3. Hebe

4. Safarnejad

5. Kuznetsov and Shevyakova

1. Barker

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس اثر تنش خشکی روی برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ارقام مختلف لوبیا

Table 2: Analysis of variance of the effect of drought stress on some physiological and biochemical characteristics in different cultivars of bean

مجموع مربعات Sum of squares								درجه آزادی df	منابع تغییرات Source of variation
وزن دانه در بوته Grain weight in plant	وزن دانه Grain weight	فنل Phenol	پرولین Proline	پروتئین Protein	کلروفیل کل Chlorophyll total	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a Chlorophyll a		
26.77**	0.86**	40.62**	682.65**	112.16**	6.58**	0.14**	0.20**	3	رقم Cultivar
112.14**	0.29**	183.84**	10791.63**	77.42**	1.18**	0.20**	0.11**	2	تنش خشکی Stress
13.65**	0.39*	11.94**	2043.00**	66.10**	1.64**	0.23**	0.13*	6	تنش × رقم Stress × cultivar
0.058	0.02	3.60	80.7	15.08	1.06	0.09	0.16	23	خطا Error
23.15	4.85	6.54	7.05	2.04	17.03	18.55	8.8	-	ضریب تغییرات (درصد) CV%

* و **: به ترتیب معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می‌باشند
* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۳: تجزیه واریانس برش‌دهی اثر متقابل ارقام لوبیا و سطوح تنش روی برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی

Table 3: Slice analysis of variance of interaction effect of bean cultivars and stress levels on some physiological and biochemical characteristics

مجموع مربعات Sum of squares							درجه آزادی df	سطوح تنش Stress levels
فنل Phenol	پرولین Proline	پروتئین Protein	کلروفیل کل Chlorophyll total	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a Chlorophyll a			
10.54**	2267.3**	4.52 ^{ns}	3.812**	0.26**	0.11**	3	شاهد T1	
11.51**	456.80*	51.68**	3.67**	0.07**	0.09*	3	تنش متوسط T2	
30.50**	2.37 ^{ns}	122.20**	0.74**	0.04*	0.04*	3	تنش شدید T3	

ns, * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می‌باشند
ns, * and **: Non significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر متقابل ارقام لوبیا و سطوح تنش خشکی روی برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی

Table 4: Mean comparison interaction effect of the bean cultivars and drought stress levels on some physiological and biochemical characteristics

میانگین مربعات Mean of squares								رقم Cultivar	خشکی Drought
وزن دانه در بوته Grain weight in plant	وزن دانه Grain weight	فنل Phenol	پروترین Proline	پروتئین Protein	کلروفیل کل Chlorophyll total	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a Chlorophyll a		
4.67 ^b	0.26 ^b	3.22 ^b	38.69 ^b	28.96 ^a	1.16 ^b	0.41 ^b	0.94 ^b	لوبیا سبز Green bean	شاهد Control
7.92 ^a	0.90 ^a	2.69 ^b	69.65 ^a	27.92 ^a	0.66 ^c	0.27 ^c	1.06 ^a	لوبیا چیتی Romano bean	
4.79 ^b	0.31 ^b	2.69 ^b	70.93 ^a	29.16 ^a	1.56 ^b	0.43 ^b	0.88 ^b	لوبیا قرمز Red Kidney bean	
4.7 ^b	0.36 ^b	4.97 ^a	70.40 ^a	29.95 ^a	2.20 ^a	0.68 ^a	1.12 ^a	لوبیا سفید White bean	تنش متوسط Mild stress
2.7 ^{bc}	0.43 ^{bc}	5.09 ^c	88.69 ^a	35.42 ^a	1.56 ^b	0.37 ^a	0.97 ^{bc}	لوبیا سبز Green bean	
5 ^a	0.76 ^a	6.23 ^b	74.37 ^b	29.78 ^b	1.11 ^b	0.24 ^{bc}	1.01 ^b	لوبیا چیتی Romano bean	
3.13 ^b	0.50 ^b	4.72 ^c	85.54 ^b	35.54 ^a	0.60 ^c	0.18 ^c	0.87 ^c	لوبیا قرمز Red Kidney bean	تنش شدید Severe stress
1.74 ^c	0.24 ^c	7.21 ^a	90.08 ^a	31.88 ^b	2.22 ^a	0.34 ^{ab}	1.12 ^a	لوبیا سفید White bean	
1.09 ^a	0.34 ^a	9.66 ^b	104.97 ^a	42.91 ^a	1.18 ^a	0.34 ^a	0.89 ^b	لوبیا سبز Green bean	
1.25 ^a	0.35 ^a	9.21 ^b	104.18 ^a	36.88 ^b	0.73 ^b	0.28 ^{ab}	0.87 ^b	لوبیا چیتی Romano bean	تنش شدید Severe stress
1.5 ^a	0.24 ^a	6.27 ^c	105.01 ^a	42.71 ^a	0.65 ^c	0.20 ^b	0.83 ^b	لوبیا قرمز Red Kidney bean	
0.96 ^a	0.19 ^a	10.51 ^a	105.41 ^a	36.04 ^b	1.19 ^a	0.35 ^a	0.95 ^a	لوبیا سفید White bean	

اعداد دارای حروف مشترک، در سطح پنج درصد معنی دار نیستند

Data with similar letters are not significant at 5% level

فنل کل

باتوجه به نتایج تجزیه واریانس مشاهده شد اثر ارقام و خشکی بر صفت بیوشیمیایی فنل کل در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. هم‌چنین اثر متقابل بین این فاکتورها بر این صفت معنی دار نشان داده شد (جدول ۲). برش‌دهی اثر متقابل ارقام در سطح عدم‌تنش، تنش متوسط و تنش شدید بیان‌گر اثر بسیار معنی‌دار بر صفت فنل کل در سطح یک درصد بود (جدول ۳). میزان فنل کل ارقام در تنش متوسط و تنش شدید نسبت تیمار عدم تنش افزایش نشان داد. بیش‌ترین مقدار این صفت مربوط به رقم لوبیا سفید در هر دو تیمار تنش متوسط و شدید به ترتیب ۹۰/۰۸ میلی‌گرم بر گرم و ۱۰/۵۱ میلی‌گرم بر گرم بود و کم‌ترین آن مربوط به لوبیا قرمز در هر دو تیمار تنش متوسط و شدید به ترتیب ۴/۲۷ میلی‌گرم بر گرم و ۶/۲۷ میلی‌گرم بر گرم بود. به‌نظر می‌رسد که گیاه در زمان تنش خشکی به‌علت تضعیف سیستم ایمنی، ترکیبات فنلی را افزایش داده تا بتواند واکنش‌های دفاعی مناسبی را در برابر عوامل

غیرزنده در پیش‌گیرد. نقش کلیدی ترکیب‌های فنلی به‌عنوان حذف‌کننده‌های رادیکال‌های آزاد در چندین تحقیق گزارش شده است (کاتالینک^۱ و همکاران، ۲۰۰۶). در واقع ترکیبات فنلی به‌صورت مؤثری به‌عنوان دهنده هیدروژن عمل نموده، لذا به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان مؤثر عمل می‌کنند (گولاک^۲ و همکاران، ۲۰۰۷). باتتری و همکاران (۱۹۹۳) بیان نمودند ترکیبات فنلی از طریق تأثیر بر روی برخی از ویژگی‌های مورفولوژیکی برگ (تعداد روزه، ضریب هدایت روزه‌ای) موجب کاهش تعلق می‌گردد و بر مقاومت گیاه به خشکی می‌افزاید. مهرجودی و همکاران (۱۳۹۱) افزایش ۶۶ درصدی مقدار فنل کل برگ در تیمار تنش ۳ بار نسبت به شاهد در نخود را گزارش کردند.

1. Katalinic
2. Golluce

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه سطوح تنش خشکی موجب کاهش در میزان صفات فیزیولوژیکی کلروفیلی a، b و کل ارقام مورد بررسی نسبت به تیمار عدم تنش گردید. با توجه به مقایسه میانگین ارقام در سطح عدم تنش، کم‌ترین و بیش‌ترین میزان کلروفیل کل مربوط به تیمار لوبیا قرمز و لوبیا سفید به ترتیب ۰/۶۶ و ۲/۲۰ میلی گرم بر گرم بود. در حالی که کم‌ترین میزان این صفت در تنش متوسط و شدید مربوط به تیمار لوبیا چیتی به ترتیب ۰/۶۰ و ۰/۶۵ میلی گرم بر گرم بود. در حالی که میزان پروتئین،

پرولین و فنل کل افزایش یافت. افزایش میزان پروتئین در شرایط تنش در این مطالعه به این دلیل بود که عملکرد به صورت تعداد دانه در بوته محاسبه شد و با افزایش شدت تنش میزان تک‌دانه در بوته کاهش یافت. در نتیجه با کمتر شدن تعداد دانه پروتئین بیش‌تری به هر دانه اختصاص داده شده است. با این حال واکنش صفات مورد بررسی ارقام در سطوح مختلف تنش یکسان نبود. تفاوت در واکنش ارقام نسبت به تنش آبی را می‌توان به تفاوت‌های ژنتیکی و سطوح تحمل‌پذیری آن‌ها نسبت داد.

منابع

- ابراهیمی، م.، بی‌همتا، م.، حسین‌زاده، ع.، گلباشی، م.، نیازیان، م. و ضرابی، م. ۱۳۸۹. پاسخ به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز. چکیده مقالات سومین همایش ملی حبوبات ایران. سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه. ۵۷-۵۰.
- احمدی موسوی، ع.، منوچهری کلانتری، خ. و تراکزاده، م. ۱۳۸۴. اثر نوعی براسینواستروئید بر مقدار تجمع مالون‌دی‌آلدئید، پرولین، قند و رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه کلزا (*Brassica napus L.*) تحت تنش کم‌آبی. مجله زیست‌شناسی ایران، ۱۸(۴): ۳۰۶-۲۹۵.
- احمدی، ع. و بیکر، د. آ. ۱۳۷۹. عوامل روزه‌ای و غیرروزنه‌ای محدودکننده فتوسنتز در گندم در شرایط تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳(۱): ۱۵۷-۱۳۹.
- اردکانی، ل.، فرحی، ه. و کلیدری، ع. ۱۳۹۱. اثر تنش خشکی و تراکم بر ویژگی کمی و فیزیولوژیک لوبیا چیتی. چکیده مقالات سومین همایش ملی حبوبات ایران. سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه. ۱۰۸-۱۰۲.
- آقچه‌لی، س.، راحمی کاریزکی، ع.، غلامعلی‌پور علمداری، ا. و قلی‌زاده، ع. ۱۳۹۵. تأثیر تنش خشکی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی در غلات سرسبیری در شرایط گلخانه. دومین کنگره سراسری در مسیر توسعه علوم کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه فرهنگیان گرگان. ۷-۱.
- باقری، ع. ا.، محمدی، ع. ا. و دین‌قلی، ف. ۱۳۸۱. زراعت و اصلاح لوبیا. انتشارات دانشگاه مشهد. ۵۵۶ صفحه.
- باقری، م.، جوانمردی، ش.، علیزاده، ا. و کامل‌منش، م. م. ۱۳۹۳. اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های مختلف لوبیا قرمز. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی، ۶(۱۸): ۱۱-۸.
- پاک‌مهر، آ.، راستگو، م.، شکاری، ف.، صبا، ج.، وظایفی، م. و زنگانی، ا. ۱۳۹۰. تأثیر پرایمینگ سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه لوبیا چشم‌بلبلی تحت تنش کم‌آبی در مرحله زایشی، ۲(۱): ۶۴-۵۳.
- پاک‌نژاد، ف.، خشامن، م. ن. و صادقی شعاع، م. ۱۳۹۱. اثر تنش خشکی و متانول بر محتوای کلروفیل، رطوبت نسبی و پایداری غشای سیتوپلاسمی سویا رقم ویلیامز. مجله پژوهش‌های به‌زراعی، ۴(۴): ۳۶۳-۳۵۶.
- پوراسماعیل، پ.، حبیبی، د. و مشهدی اکبربوجار، م. ۱۳۸۵. بررسی استفاده از سوپرجاذب آب در افزایش عملکرد و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در ارقام مختلف لوبیا قرمز تحت تنش خشکی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج. ۷۵ صفحه.
- حاجی بلند، ر. و ابراهیمی، ن. ۱۳۹۰. تأثیر پل یامین‌های اگزوزن بر رشد، فتوسنتز و متابولیسم فنل‌ها در گیاه توتون تحت تنش شوری. مجله زیست‌شناسی گیاهی، ۳(۸): ۲۶-۱۳.
- خاقانی، ش.، بی‌همتا، م.، ر.، چنگیزی، م.، دری، ح.، خاقانی، ش.، بختیاری، ا. و صفاپور، م. ۱۳۸۹. مقایسه صفات کمی و کیفی لوبیای سفید و قرمز در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی. تنش‌های محیطی در علوم گیاهی، ۱(۲): ۱۸۲-۱۶۹.
- خورگامی، ع. ۱۳۷۹. بررسی برخی از پارامترهای فیزیولوژیکی و زراعی لوبیا چشم‌بلبلی در شرایط خشکی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج. ۸۵ صفحه.

- راستی ثانی، م. س.، لاهوتی، م. و گنجلی، ع. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر تنش خشکی بر صفات مورفوفیزیولوژیک و فلوروسانس کلروفیل گیاهچه‌های لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران، ۵ (۱): ۱۱۶-۱۱۳.
- سلطانی، ا. ۱۳۸۶. کاربرد نرم‌افزار SAS در تجزیه‌های آماری (برای رشته‌های کشاورزی). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۸۲ صفحه.
- شعبانی آزاد نی، ف.، شریعتمداری، ح. و خوشگفتارمنش، ا. ح. ۱۳۹۱. تأثیر تغذیه پتاسیم بر میزان پرولین و پایداری غشای سلول بابونه آلمانی در شرایط تنش شوری. اولین همایش ملی تنش‌های گیاهی غیرزیستی اصفهان. ۱۰: ۵۰-۴۲.
- صالحی، ف.، مولائی، ع. و محنت‌کش، ع. ۱۳۸۴. بررسی وضعیت کشت لوبیا در استان چهارمحال بختیاری. اولین همایش ملی حبوبات. پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد. ۳۲۶-۳۲۸.
- عباس‌زاده، ب.، شریفی آشورآبادی، ا.، لباس‌چی، م. ح.، نادری حاجی باقرکندی، م. و مقدمی، ف. ۱۳۸۶. اثر تنش خشکی بر میزان پرولین، قندهای محلول، کلروفیل و آب نسبی بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی معطر، ۲۳ (۴): ۵۱۳-۵۰۴.
- عمادی، ن.، جهان‌بین، ش. و بلوچی، ح. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی و تراکم بوته بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک لوبیا چیتی. چکیده مقالات سومین همایش ملی حبوبات ایران. سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه، ۱۷-۱.
- قربانعلی، م. ل. و نیاکان، م. ۱۳۸۵. بررسی اثر تنش خشکی بر روی میزان قندهای محلول، پروتئین، پرولین، ترکیبات فنلی و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز گیاه سویا رقم گرگان. نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم، ۵: ۵۵۰-۵۳۷.
- کوچکی، ع. و بنایان اول، م. ۱۳۸۸. زراعت حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۳۶ صفحه.
- گلدانی، م. و رضوانی، و. ۱۳۸۵. اثرات مختلف رژیم‌های آبیاری و تاریخ کاشت بر شاخص فنولوژی و رشد سه رقم نخود در مشهد. علوم و کشاورزی، ۱۴: ۲۲۹-۲۲۴.
- ممنوعی، ا. و سیدشریفی، ر. ۱۳۸۹. بررسی اثر کمبود آب بر شاخص‌های فلوروسانس کلروفیل و میزان پرولین در شش ژنوتیپ جو. مجله زیست‌شناسی گیاهی، ۲ (۲): ۵۶-۵۱.
- منصوری‌فر، س.، شعبان، م.، قبادی، م. و صباغ‌پور، س. ح. ۱۳۹۱. خصوصیات فیزیولوژیک ارقام نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) تحت اثر تنش خشکی و کود نیتروژنه آغازگر. نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران، ۳ (۱): ۶۶-۵۳.
- مهرجردی، م. ز.، باقری، ع. ر.، بهرامی، ا. ر.، نباتی، ج. و معصومی، ع. ۱۳۹۱. تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات فتوسنتزی، ترکیبات فنلی و ظرفیت مهار رادیکال‌های فعال ژنوتیپ‌های مختلف نخود در محیط آبکشت. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، ۳ (۱۲): ۵۹-۷۴.
- موحدی دهنوی، م.، مدرس ثانوی، ع. م.، سروش زاده، ع. و جلالی، م. ۱۳۸۳. تغییرات میزان پرولین، قندهای محلول کل، کلروفیل (SPAD) و فلوروسانس کلروفیل در ارقام گلرنگ پائیزه تحت تنش خشکی و محلول‌پاشی روی و منگنز. مجله بیابان، ۹ (۲): ۹۳-۱۰۷.

Arnon, J. 1972. Crop Production in Dry Region. Leonard Hill Publisher, London.

Barker, D. L., Sullivan, C. Y. and Moser, L. E. 1993. Water deficits effect on osmotic potential, cell wall elasticity and proline in five grasses. Agronomy Journal, 85: 2750-2759.

Bates, L. S., Waldern, R. P. and Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.

Bettaieb, I., Bourgou, S., Wannas, W. A., Hamrouni, I., Limam, F. and Marzouk, B. 2010. Essential oils, phenolics, and antioxidant activities of different parts of cumin (*Cuminum cyminum* L). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58: 10410-10418.

Boscaiu, M., Sanchez, M., Bautista, I., Donat, P., Lidon, A., Llinares, J., Llul, C. Mayoral, O. and Vicente, O. 2010. Phenolic compounds as stress markers in plants from gypsum habitats. Bulletin UASVM Horticulture, 67: 44-49.

Burce, J. A. 1991. Comparative responses of leaf conductance to humidity in single attached leaves. Journal of Experimental Botany, 32: 629-634.

Buttery, R. B. T., Buzzel, C. S., Gayron J. D. and Matarish, D. C. 1993. Stomatal number of soybean and response to water stress. Plant Soil, 149: 283-288.

Golluce, M., Sahin, F., Sokmen, M., Ozer, H., Daferera, D., Sokmen, A., Polissiou, M., Adiguzel, A. and Ozken, H. 2007. Antimicrobial and antioxidant properties of the essential oils and methanol extract from *Mentha longifolia* L. ssp. Longifolia, 103: 1449-1456.

Heber, U., Tyankova, L. and Santarius, K. A. 1971. Stabilization and inactivation of biological membranes during freezing in the presence of amino acids. Biochimica et Biophysica Acta, 241 (2): 578-592.

Khoshvaghti, H. 2006. Effect of water limitation on growth rate, grain filling on nutrient element uptake in three cultivar of Bean. Iranian Information and Document at Center.

- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farry, A. L. and Randall, R. J. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, 193: 265-275.
- Lutts, S., Kinet, J. M. and Bouharmont, J. 1996. Effects of salt stress on growth, mineral nutrition and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Plant Growth Regulation*, 19: 207-218.
- Martin, B. and Torres, N. A. R. 1992. Effects of water deficits stress on photosynthesis, its components and component limitations and on water use efficiency in wheat. *Plant Physiology*, 100: 733-739.
- Mureiel, J. 1984. Free proline and reducing sugars accumulation in water stress. *Ser Agrincola*, 29: 39-46.
- Safarnejd, A. 2004. Characterization of somaclones of *Medicago sativa* L. For drought tolerance. *Journal Agric Scientific Technology*, 6: 121-127.
- Salisbury, F. B. and Ross, C. B. 1991. *Plant Physiology* 4 th edition. Wadsworth publishing Company Belton California, 316-321.
- Saxton, K. E., Rawls, W. J., Romberger, J. S. and Papendick, R. I. 1986. Estimation generalized soil water characteristic's from texture. *Soil Science Society American Journal*, 50: 1031-1036.
- Soltani, A. and Yazdi, V. 2010. Program applications for education and research in agriculture. Niac publisher. P. 32.
- Ullah, A., Bakht, J., Shafi, M. and Islam, W. A. 2002. Effect of various irrigations levels on different chickpea varieties. *Asian Journal of Plant Science*, 4: 355-357.
- Velasquez, M. J. 1986. Studies on the response of *Phaseolus vulgaris* L. to drought stress. *Dissertation Abstract*, 47: 2.239.
- Vieira, R. D., TeKrony, D. M. and Egli, D. B. 1991. Effect of drought stress on soybean seed germination and vigour. *Journal of Seed Technology*, 16: 12-21.

The Effect of Deficit Irrigation on Yield and Physiological Traits of Bean Cultivars

Davoodi¹, S. H., Rahemi-karizaki^{2*}, A., Nakhzari-moghadam³, A. and Gholamalipour Alamdari⁴, E.

Abstract

Drought is a serious problem for production of crops such as bean which is sensitive to this stress. In order to evaluate the effect of drought stress levels on physiological traits on bean cultivars, a factorial experiment in completely randomized design with three drought stress levels including after podding i.e. full irrigation as the control, slight water stress (30% water depletion of field capacity) and intensive water stress (70% water depletion of field capacity) and four cultivars including White (Radan), Red (Azarshahr), Green (Sanray) and Pinto (Saman) was conducted in green house at faculty of agriculture, Gonbad Kavous University, in mid-March 2014. In this experiment the traits of seed weight, grain yield, chlorophyll, prolein, protein and phenol were measured. The results showed that drought stress of last growing season was significant on all studied traits. Comparison means of cultivars in control level showed that the lowest (0.66mg/g) and the highest (2.20mg/g) chlorophyll amount were observed in Red and White bean, respectively, while the lowest amount of this trait in slight and intensive stress belonged to Pinto bean with 0.60 and 0.65mg/g, respectively. Total protein amount was higher in stress condition; the highest amount belonged to Green bean (42.91mg/g). The highest prolein amount in slight and intensive stress was observed in White bean with 90.08 and 10.51, respectively. The highest and the lowest seed yield were obtained in White and Pinto beans during intensive respectively.

Keywords: Grain protein, Prolein, Chlorophyll, Podding

1, 2, 3 and 4. MSc Student and Assistant Professors, Respectively, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran

*: Corresponding author

Email: Alirahemi@yahoo.com