تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد پانزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۱

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.3745.1904

مقاله پژوهشی

مطالعه تنش کمبود آب بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارقام لوبیاچیتی در شرایط آب و هوایی یاسوج

سجاد رجائی‌نژاد[۱]، شاهرخ جهان‌بین[۲]، حمیدرضا بلوچی[۳*]

۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد، زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج
۲. استادیار، گروه زراعت و اصلاح‌نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج، یاسوج
۳. استاد، گروه زراعت و اصلاح‌نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
پرولین برگ
شاخص برداشت
کلروفیل
کمبود آب

تاریخ دریافت:
۱۳۹۹/۰۷/۰۲

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۹/۰۹/۱۱

تاریخ انتشار:
تابستان ۱۴۰۱
۱۵(۲): ۳۴۷-۳۶۰

چکیده

کمبود آب یکی از چالش‌های جدی برای تولید محصولات زراعی حساس به تنش خشکی ازجمله لوبیا است. برای مطالعه اثر سطوح تنش خشکی بر برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف لوبیا، آزمایشی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۳ به‌صورت اسپلیت‌پلات در مزرعه تحقیقاتی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دانشگاه یاسوج اجرا شد. فاکتور اصلی آزمایش شامل آبیاری نرمال (آبیاری پس از ۴ روز)، تنش ملایم (آبیاری پس از ۷ روز) و تنش شدید (آبیاری پس از ۱۰ روز) و فاکتور فرعی شامل چهار رقم لوبیا (تلاش، صدری، محلی خمین، کوشا) بود. صفات مورد ارزیابی شامل شاخص کلروفیل، کارایی مصرف آب، پرولین برگ، عملکرد و اجزای عملکرد (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت) بودند. نتایج این پژوهش نشان داد که برهمکنش تنش خشکی×رقم بر ویژگی‌های عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت، شاخص کلروفیل و پرولین برگ معنی‌دار نبود، اما بر ویژگی‌های تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه و کارایی مصرف آب تأثیر معنی‌دار داشت. نتایج بیانگر کاهش میانگین ویژگی‌های موردبررسی به‌جز پرولین برگ در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط آبیاری نرمال بود. به‌طوری‌که در شرایط آبیاری نرمال بیشترین میزان عملکرد دانه با میانگین ۲۲۴۵/۸۰ کیلوگرم در هکتار و در شرایط تنش شدید کمترین میزان عملکرد دانه با میانگین ۱۸۰۸/۸۰ کیلوگرم در هکتار وجود داشت. میزان کاهش کلروفیل و عملکرد زیستی در رقم تلاش نسبت به رقم کوشا به ترتیب در حدود ۲۶ و ۱۷ درصد به دست آمد. با توجه به نتایج آزمایش رقم تلاش نسبت به تنش خشکی تحمل بیشتر و رقم کوشا حساسیت بیشتری نشان داد.

مقدمه

حبوبات به‌عنوان دومین منبع غذایی بشر پس از غلات و عمده‌ترین منبع پروتئین گیاهی محسوب می‌شوند. بر اساس اطلاعات آماری ۹۷-۱۳۹۶، سطح زیر کشت حبوبات در ایران در حدود ۸۶۶۸۰۰ هکتار و میزان تولید آن ۴۷۸۰۲۱ تن تخمین زده شده است که از این مقادیر میزان سطح زیر کشت لوبیا ۱۰۶۲۶۴ هکتار و تولید آن ۲۵۵۰۸۳ تن بوده است (Agricultural Statistics, 2017). لوبیا با نام علمی (*Phaseolus vulgaris* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی تیره بقولات در جهان محسوب می‌شود (Beebe et al., 2013). لوبیا یک ماده غذایی مهم برای بیش از ۳۰۰ میلیون نفر در آمریکای لاتین و آفریقا و منبع مهم پروتئین، فیبر، کربوهیدرات و مواد معدنی کمیاب است (Ramirez-Cabral et al., 2016; Hummel et al., 2018). لوبیا به‌طور عمده به‌وسیله کشاورزان کوچک اغلب در مناطق حاشیه‌ای، جایی که بازده محصولات تحت تأثیر تعدادی عوامل غیرزنده به‌ویژه کمبود آب قرار دارد رشد می‌کند (Mukeshimana et al., 2004; Assefa et al., 2019;Bagheri et al., 2002). لوبیا یکی از مهم‌ترین بقولات دانه‌ای است که دانه آن دارای

* نگارنده پاسخگو: حمیدرضا بلوچی. پست الکترونیک: balouchi@yu.ac.ir

۱۸-۲۴ درصد پروتئین و ۶۰-۵۵ درصد کربوهیدرات است (Koochaki and Banayan Aval, 2009).

اثر سوء ناشی از تنش خشکی بر رشد و نمو عملکرد لوبیا، وابسته به زمان وقوع تنش، شدت تنش، مرحله نموی و ژنوتیپ گیاه دارد (Cortes et al., 2012). عوامل تنش محیطی شامل گرما، شوری و خشکی تقریباً در تمام جنبه-های گیاه از مرحله جوانه‌زنی تا مرحله رسیدگی تأثیر می‌گذارد (Xu et al., 2014; Negrao et al., 2017; Nadeem et al., 2018 and Nadeem et al., 2019). تنش خشکی یک تهدید جدی و غیرقابل‌پیش‌بینی‌ترین محدودیتی است که اثرات نامطلوب فراوانی بر تولید محصولات زراعی در سراسر دنیا بر جای می‌گذارد (Anjum et al., 2017; Hussain et al., 2018). خشکی با ایجاد اختلال در فعالیت‌های مختلف گیاهی نظیر سرعت آسیمیلاسیون کربن، کاهش تورژسانس، افزایش تخریب اکسیداتیو و تغییر در تبادل گاز برگ اثرات مخرب زیادی را روی گیاهان ایجاد می‌کند و درنهایت منجر به کاهش عملکرد می‌شود (Hussain et al., 2018; Chowdhury et al., 2016). اثر تنش خشکی بر مراحل زایشی در لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) به‌عنوان یک مشکل عمده به‌حساب می‌آید، زیرا در فرآیندهای گلدهی و پر کردن غلاف بسیار حساس به خشکی است (Dipp et al., 2017). کاهش عملکرد از ۴۰ تا ۸۷ درصد در لوبیا گزارش شده است، به‌ویژه به دلیل اینکه لوبیا گونه‌ای است که با فراوانی کم و اکثراً در خاک‌های با حاصلخیزی کم و احتمال دوره¬های وقوع خشک‌سالی فصلی کشت می‌گردد. حدود ۸۰ درصد از تولید لوبیا در کشورهای درحال‌توسعه در آمریکای لاتین و آفریقا است، جایی که لوبیا منبع مهمی برای تغذیه است (Faroog et al., 2016; Beebe et al., 2013).

غلظت کلروفیل به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی قدرت منبع شناخته می‌شود (Massacci et al., 2008). رنگیزه کلروفیل به‌طور مستقیم در ارتباط با فرآیند فتوسنتز بوده و هرگونه کاهش در آن بر میزان این فرآیند تأثیر می‌گذارد (Siddique et al., 2016). دلیل کاهش کلروفیل در اثر تنش خشکی می‌تواند به تغییر متابولیسم نیتروژن و درنتیجه ساخت ترکیباتی نظیر اسیدآمینه پرولین باشد که در چنین شرایطی در تنظیم اسمزی نقش دارد (Sorkhi, 2015). پرولین یکی از آمینواسیدهایی است که به‌طور نرمال در پاسخ به تنش‌ها ظاهر می‌شود (Zegaoui et al., 2017). گیاهان پرولین را از گلوتامین در برگ‌های خود سنتز می‌کنند (Jabasingh and Babu, 2013). پرولین روی حلالیت پروتئین‌های مختلف اثر گذاشته و مانع تجزیه آن‌ها می‌گردد. همچنین به‌عنوان یک منبع انرژی و یک آمینواسید قابل‌استفاده خواهد بود (Nohong and Nompo, 2015). در مطالعه‌ی دروگر و همکاران (Derogar et al., 2019) روی چند گونه زراعی و وحشی گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت تنش خشکی اظهار داشتند که صفات پروتئین، کلروفیل و کاروتنوئید با افزایش تنش خشکی تا سطح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی ابتدا افزایش و با شدیدتر شدن تنش باعث کاهش این مقدار شد، آنان گزارش دادند که احتمالاً فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانع از تجزیه پروتئین و سایر اجزای سلولی شده است.

طهماسبی و محمدی ده‌بالایی (Tahmasebi and Mohammadi-Dehbalaee, 2019) در مطالعه‌ای با ارزیابی ژنوتیپ‌های لوبیا در شرایط تنش خشکی، نشان دادند که صفات تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، ارتفاع گیاه، عملکرد و وزن صد دانه تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند و با افزایش شدت تنش میزان آن‌ها کاهش یافت. در مطالعه‌ای گزارش شده است که در اثر تنش خشکی محتوای پرولین افزایش و میزان شاخص کلروفیل برگ و محتوای نسبی آب کاهش یافت (Zadeh-Bagheri et al., 2014). سبزی و همکاران (Sabzi et al., 2017) گزارش دادند که با اضافه شدن دور آبیاری طول دوره رشد زایشی لوبیا کاهش می‌یابد آنان نیز بیان کردند که در این مطالعه ارقام برخوردار از بیشترین عملکرد در شرایط تنش، دارای بیشترین تعداد غلاف و دانه در بوته نیز بودند. داودی و همکاران (Davoodi et al., 2018) در آزمایشی گزارش دادند که میزان پروتئین دانه در شرایط تنش نسبت به شاهد در کلیه ارقام لوبیا افزایش نشان داد، بیشترین افزایش مربوط به لوبیا سبز بود. درصورتی‌که تحت شرایط تنش خشکی میزان عملکرد دانه کاهش یافت و بین ارقام موردبررسی، لوبیا سفید در طی تنش شدید بیشترین و لوبیاچیتی کمترین مقدار کاهش عملکرد دانه را به خود اختصاص داد. واعظی‌راد و همکاران (Vaezi-Rad et al., 2008) در مطالعه‌ای روی ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز اظهار کردند که برهمکنش رقم و خشکی بر عملکرد زیستی مؤثر بودند. به‌طوری‌که رقم ناز بالاترین و رقم اختر کمترین میزان عملکرد زیستی را در مرحله رویشی در تیمار تنش خشکی به خود اختصاص دادند. در مطالعه‌ای آندروسیولی و

همکاران (Androcioli et al., 2020) گزارش دادند که در لوبیا تحت تنش خشکی، عملکرد دانه، وزن صد دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، زیست‌توده خشک ریشه و ساقه کاهش یافت.

هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر تنش کمبود آب در مراحل رشد رویشی و زایشی بر برخی از فرآیندهای فیزیولوژیکی و زراعی چهار رقم لوبیاچیتی در شرایط آب و هوایی یاسوج بود تا پاسخ این چهار رقم در مقابله با تنش کمبود آب ارزیابی شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور مطالعه اثر دور آبیاری بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و عملکرد و اجزای عملکرد چهار رقم لوبیاچیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط آب و هوایی یاسوج صورت گرفت. آزمایش به‌صورت مزرعه‌ای در سال ۱۳۹۳ در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج با مشخصات جغرافیایی ۵۵ درجه و ۳۲ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۸۹ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۸۷۰ متری از سطح دریا انجام شد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش طبق جدول ۱ و شرایط آب و هوایی منطقه در طی فصل رشد طبق جدول ۲ است.

این پژوهش به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک-های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. سطوح آبیاری (در سه سطح) به‌عنوان کرت اصلی در این پژوهش به کار برده شد که شامل آبیاری نرمال (آبیاری کرت‌ها پس از ۴ روز)، تنش ملایم (آبیاری پس از ۷ روز) و تنش شدید (آبیاری پس از ۱۰ روز) بود. ارقام لوبیاچیتی تلاش، خمین، صدری و کوشا در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. به‌منظور اطمینان از سبز شدن بذرها، آبیاری اولیه بافاصله کم ۳ تا ۴ روز یک‌بار انجام شد، پس از ظهور دومین برگ اصلی و استقرار کامل گیاه، دوره‌های آبیاری موردنظر اعمال گردید و تا پایان دوره رشد دور آبیاری ۴، ۷، ۱۰ روز مورداستفاده قرار گرفت. به‌جز رقم کوشا بقیه ارقام رشد نامحدود بودند. هر کرت فرعی شامل ۵ خط کاشت به طول ۳ متر و عرض ۲/۵ متر و با فاصله ردیف‌ها نسبت به هم ۵۰ سانتی‌متر بود. فاصله بین دو کرت اصلی از همدیگر ۳ متر و فاصله دو کرت فرعی از هم یک متر را برای حذف اثر رطوبتی ناشی از آبیاری در نظر گرفته شد.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایشی در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری.

Table 1. Physical and chemical characteristics of soil in experimental field in depth 0-30 cm

بافت خاک Soil Texture	پتاسیم قابل‌جذب K	فسفر قابل‌جذب P	نیتروژن کل N	کربن آلی C	هدایت الکتریکی EC	درصد اشباع S.P	وزن مخصوص حقیقی True specific gravity	وزن مخصوص ظاهری Appearance specific gravity
	-------$mg.kg^{-1}$----------		------%-------		dS/m	%	----------$g.cm^{-3}$----------	
لوم-رسی Clay loam	635	17	0.07	0.7	0.7	57	2.17	1.254

جدول ۲. شرایط آب و هوایی منطقه یاسوج در طی فصل رشد

Table 2. Climatic conditions of Yasouj region during the growing season

Month	ماه	حداقل درجه حرارت Minimum temperature	حداکثر درجه حرارت Maximum temperature	میزان بارندگی Rainfall	مقدار تبخیر Evaporation rate
		----------^{0}C----------		----------mm per month----------	
June	خرداد	8.6	35.4	0	13.4
July	تیر	14.4	38.0	8.0	15.0
August	مرداد	14.0	39.0	4.3	11.9
September	شهریور	11.0	35.0	0.0	13.1
October	مهر	6.0	32.0	20.1	9.4

بذور ارقام لوبیاچیتی از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی تهیه گردیدند و پس از ضدعفونی با محلول بنومیل یک درصد عملیات کاشت انجام گرفت. زمین مورد آزمایش در فصل پاییز سال قبل زیر کشت گندم بود. جهت افزایش دقت آزمایش زمین موردنظر به‌صورت مناسب تسطیح گردید، فاصله کرت‌های اصلی از هم ۳ متر مشخص گردید و برای جلوگیری از آبیاری در هنگام خروج آب از کرت‌ها پشته ایجاد شد. بر طبق نتایج حاصل از آزمایش خاک، اوره میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، کلرید پتاسیم ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و فسفات آمونیم به میزان ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کود به خاک اضافه گردید. در هنگام تهیه بستر همه کودهای فسفاته و پتاسه اضافه گردید. در هنگام تهیه بستر نیمی از کود نیتروژنه و پس از استقرار گیاهچه‌ها بقیه کود نیتروژنه به‌صورت سرک به خاک اضافه گردید. کشت بذرها به روش دستی و در کرت‌هایی به ابعاد ۳×۲/۵ متر که شامل ۵ ردیف بود، انجام شد. بذور در عمقی در حدود ۵ سانتی‌متر کاشت و با ۱۰ سانتی‌متر فاصله روی ردیف صورت گرفت. دو بذر سالم در هر محل کاشته و بوته‌های اضافی را در مرحله سه گره‌ای (V3) تنک شدند. کلیه مراحل داشت شامل وجین علف‌های هرز، سله شکنی، مبارزه با آفات و بیماری‌ها برای همه‌ی کرت‌های آزمایش به‌صورت یکسان صورت گرفت، مراقبت‌های لازم در خصوص جلوگیری از شیوع آفات و بیماری‌ها و دیگر مراقبت‌های لازم در طول دوره‌ی آزمایش صورت پذیرفت. برای ممانعت از نشت آب از کرت‌های تحت آبیاری و جوی‌ها به سایر کرت‌ها، بین آن‌ها ۳ متر فاصله در نظر گرفته شد. کنترل علف‌های هرز، در دو مرحله وجین دستی هم‌زمان با تنک کردن بوته‌ها و یک ماه پس‌ازآن انجام گرفت. بعد از کنترل علف‌های هرز تیمارهای آبیاری اعمال شدند.

در این پژوهش در مرحله گل‌دهی کامل برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیولوژیکی، از هرکدام از تیمارهای آزمایشی نمونه‌برداری صورت گرفت. نمونه‌ها از برگ جوان کاملاً توسعه‌یافته و قبل از آبیاری برداشت شد. صفات شاخص کلروفیل (با استفاده از دستگاه SPAD مدل ۵۰۲ (Plus، میزان پرولین به روش پاکوئین و لچارژ (Paquine and Lechasseur. 1979) و کارایی مصرف آب به روش خیرابی (Kheirabi, 1998) استفاده شد. درنهایت بوته‌های برداشت شده و صفات تعداد غلاف و دانه در بوته (برای این کار پس از حذف بوته‌های ابتدا و انتهای ردیف، از هر ردیف ۵ گیاه به‌صورت تصادفی برداشت شد و تعداد غلاف آن‌ها شمرده شد) و برای اندازه‌گیری تعداد دانه در غلاف (تعداد دانه‌های ده غلاف فوق‌الذکر شمارش گردید)، برای اندازه‌گیری وزن صد دانه، عملکرد دانه وزن بذور ۵ بوته برداشت شده از هر ردیف به کمک ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد، عملکرد زیستی و شاخص برداشت (تقسیم عملکرد دانه به عملکرد زیستی) نیز اندازه‌گیری گردید.

درنهایت با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) داده‌های حاصل تجزیه‌وتحلیل گردید و میانگین آن‌ها با آزمون آماری چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند و در صورت معنی‌دار شدن برهمکنش‌ها از رویه L.S.Means و سپس برش دهی استفاده شد.

نتایج و بحث

تعداد غلاف در بوته

بر اساس جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳)، مشخص گردید که اثر رقم و برهمکنش رقم در دور آبیاری بر تعداد غلاف در بوته اثر معنی‌دار در سطوح احتمال آماری یک درصد داشت، ولی دور آبیاری بر این صفت اثر معنی‌دار نداشت.

واکنش‌های متفاوتی را ارقام مختلف لوبیاچیتی موردبررسی نسبت به دور آبیاری نشان دادند، به‌طوری‌که در شرایط آبیاری نرمال رقم تلاش با بیشترین تعداد غلاف در بوته و رقم کوشا با کمترین تعداد غلاف در بوته را به خود اختصاص داد (جدول ۴). میزان تعداد غلاف در بوته در برخی از ارقام مختلف موردبررسی در سطح آبیاری نرمال نسبت به سطح تنش شدید به‌طور تقریبی افزایش معنی‌داری را نشان دادند.

اختلاف تعداد غلاف در بوته بین بیشترین و کمترین تیمار در شرایط تنش ملایم (آبیاری پس از ۷ روز) اختلافی بیش از ۵۹ درصد را نشان داد که احتمالاً به علت میزان اختلاف در ظرفیت ژنتیکی ارقام و همچنین چرخه رشد متفاوت آنان باشد. میزان کاهش ویژگی تعداد غلاف در بوته در شرایط تنش شدید (آبیاری پس از ۱۰ روز) نسبت به دو سطح تنش قبلی بیشتر بود. به‌طوری‌که کمترین میزان تعداد غلاف در بوته (۱۱/۶۰ عدد) به تیمار تنش شدید با رقم کوشا تعلق داشت. تعداد غلاف در بوته در شرایط تنش خشکی می‌تواند یکی از دلایل کاهش طول دوره رشد گیاه باشد که درنتیجه آن تولید مواد فتوسنتز نقصان می‌یابد که این مطلب با نتایج واکریم و همکاران (Wakrim et al., 2005) مطابقت دارد. در شرایط تنش خشکی پژوهش‌های مبنی بر کاهش تعداد غلاف در بوته

Androcioli et al., 2020; Emam et al., 2010;) (Badakhshan et al., 2010 and Emadi et al., 2012 گزارش شده است.

تعداد دانه در بوته

ویژگی تعداد دانه در بوته بر طبق جدول تجزیه واریانس (جدول ۳)، تحت تأثیر رقم و برهمکنش دور آبیاری و رقم به ترتیب در سطح احتمال آماری ۱ و ۵ درصد قرار گرفت، ولی فاکتور اصلی دور آبیاری بر این صفت مؤثر نبود. تعداد دانه در بوته با زیادشدن سطوح دور آبیاری کاسته شد (جدول ۴)، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین تعداد دانه در بوته در تیمارهای آبیاری نرمال و ملایم به ترتیب در رقم تلاش و کوشا است. رقم تلاش با توجه به تیپ رشد و تولید تعداد زیاد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته بیشتری نیز خواهد داشت.

اختلاف بین بیشترین و کمترین تعداد دانه در بوته در شرایط تنش ملایم (آبیاری پس از ۷ روز) بیش از ۵۳٪ بود. در تنش ملایم رقم تلاش با ارقام صدری، خمین و کوشا دارای اختلاف آماری معنی‌داری بودند. بیشترین میزان کاهش تعداد دانه در بوته در شرایط تنش شدید نسبت به دو شرایط آبیاری نرمال و تنش ملایم وجود داشت. درنهایت تیمار آبیاری نرمال در رقم تلاش (با میانگین ۱۰۲/۲۰ عدد) و تیمار تنش ملایم در رقم کوشا (با میانگین ۴۱/۹۰ عدد) به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان تعداد دانه در بوته بودند. کاهش میزان آب موردنیاز در هنگام رشد گیاه باعث کاهش رشد عمومی گیاه، تشکیل تعداد دانه کمتر در غلاف و درنهایت تعداد دانه در گیاه شده است. به نظر می‌رسد به‌جز وجود رطوبت کافی شدت میزان فتوسنتز در فرآیند افزایش تعداد دانه در بوته مؤثر است (Sabzi et al., 2017; Ahmadi .(and Biker, 2010

جدول ۳. جدول تجزیه واریانس صفات اجزای عملکرد چهار رقم لوبیاچیتی در تیمارهای آبیاری

Table 3. Analysis of variance of yield components traits at four cultivar pinto bean in irrigation treatments

		میانگین مربعات (Mean square)				
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	تعداد دانه در بوته Seed number per plant	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod	وزن صد دانه 100-Seed weight	کارایی مصرف آب Water use efficiency
تکرار Replication	2	45.48 ns	60.21 ns	0.34 ns	22.53 ns	18.27 ns
دور آبیاری Interval irrigation (I)	2	123.13 ns	2315.21 ns	65.40**	88.02*	25869.63**
خطای a Error a	4	45.63	1438.40	3.56	5.01	462.82
رقم Cultivar (C)	3	228.79**	1678.19**	5.75**	90.31**	9380.84**
رقم × دور آبیاری C × I	6	42.30**	695.44*	2.77*	30.98*	1626.22 **
خطای b Error b	18	8.8	253.09	1.03	10.73	159.03
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	*14.74*	*26.38*	*19.21*	*7.35*	*4.04*

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

ns, * and **: Non-significant and significant at the 5% and 1% levels of probability respectively.

تعداد دانه در غلاف

ویژگی تعداد دانه در غلاف بر طبق جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳)، مشخص گردید که تحت تأثیر دور آبیاری، رقم و برهمکنش دور آبیاری و رقم قرار گرفت ($p\leq0.01$ و $p\leq0.05$). میزان تعداد دانه در غلاف در ارقام موردمطالعه لوبیاچیتی با افزایش شدت تنش خشکی کاهش یافت. میزان دانه در غلاف در تیمار آبیاری نرمال نسبت به تیمارهای تنش ملایم و شدید بیشتر است.

جدول ۴. مقایسه میانگین برهمکنش ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی در هر سطح از دور آبیاری برای صفات اجزای عملکرد

Table 4. Comparison of the mean interaction of different pinto bean cultivars in each level of interval irrigation for yield components

سطوح آبیاری Irrigation levels	رقم Cultivar	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	تعداد دانه در بوته Seed number per plant	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod	وزن صد دانه 100- Seed weight (g)	کارایی مصرف آب Water use efficiency ($g.m^{-3}$)
آبیاری پس از ۴ روز (آبیاری نرمال) Normal Irrigation (Irrigation after 4 days)	تلاش Talash	24.13^{a}	102.20^{a}	7.80^{a}	42.72^{c}	334.40^{c}
	صدری Sadri	24.00^{a}	73.13^{b}	6.53^{a}	49.88^{ab}	352.22^{bc}
	خمین Khomein	21.00a^{b}	76.60^{b}	7.40^{a}	52.17^{a}	391.95^{a}
	کوشا Koosha	16.20^{b}	45.80^{c}	6.23^{a}	44.44^{bc}	369.24^{ab}
آبیاری پس از ۷ روز (تنش ملایم) Mild Stress (Irrigation after 7 days)	تلاش Talash	33.67^{a}	90.60^{a}	6.73^{a}	40.40^{a}	286.15^{b}
	صدری Sadri	19.67^{b}	46.53^{b}	5.67^{a}	43.79^{a}	243.02f^{c}
	خمین Khomein	23.00^{b}	60.13^{b}	6.67^{a}	47.00^{a}	340.08^{a}
	کوشا Koosha	13.80^{c}	41.93^{b}	5.80^{a}	46.62^{a}	348.24^{a}
آبیاری پس از ۱۰ روز (تنش شدید) Severe Stress (Irrigation after 10 days)	تلاش Talash	20.20^{a}	42.60^{a}	4.60^{a}	37.83^{c}	222.35^{c}
	صدری Sadri	20.60^{a}	47.87^{a}	÷3.40	38.50^{bc}	267.81^{b}
	خمین Khomein	13.53^{b}	46.40^{a}	1.00^{b}	43.48^{ab}	295.01^{a}
	کوشا Koosha	11.60^{b}	49.80^{a}	1.47^{b}	47.74^{a}	295.10^{a}

*در هر ستون و سطح آبیاری میانگین‌هایی که با حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس روش L.S.Means است.

* In each column and Irrigation levels, the averages with at least one common letter show no statistical difference in the 5% probability level based on the L.S.Means method.

برای ویژگی تعداد دانه در غلاف بر طبق جدول مقایسه میانگین برهمکنش (جدول ۴) نشان داد که در شرایط آبیاری نرمال بیشترین تعداد دانه در غلاف مربوط به رقم تلاش و کمترین آن به رقم کوشا تعلق داشت اما اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند. به نظر می‌رسد که افزایش در تعداد دانه در غلاف در شرایط آبیاری نرمال (آبیاری پس از ۴ روز) به دلیل افزایش فتوسنتز در مرحله رسیدگی باشد. میزان کاهش تعداد دانه در غلاف در شرایط تنش ملایم نسبت به آبیاری نرمال ناچیز بود، به‌طوری‌که اختلاف بین تیمارها ازلحاظ آماری معنی‌دار نبودند. تعداد دانه در غلاف در شرایط تنش شدید نسبت به دو شرایط آبیاری قبلی کاهش محسوس‌تری داشت به‌طوری‌که تعداد دانه در غلاف بین دو تیمار آبیاری نرمال و تنش شدید در رقم تلاش اختلافی بیش از ۶۹٪ را نشان دادند. به‌طورکلی تیمار تنش شدید رقم تلاش بیشترین تعداد دانه در غلاف و رقم خمین کمترین تعداد دانه در غلاف را به خود اختصاص دادند. در هنگام رشد رویشی کمبود آب موردنیاز باعث کاهش رشد عمومی گیاه و تعداد دانه در غلاف گردیده است. عدم وجود مواد قابل‌انتقال در شرایط تنش خشکی در مرحله رویشی سبب سقط دانه در غلاف گردیده است. علاوه بر وجود رطوبت کافی شدت میزان فتوسنتز و مواد پرورده قابل‌انتقال هم در فرآیند تشکیل دانه اهمیت زیادی دارند (Zhu, 2002). نتایج سایر محققین ناشی از کاهش معنی‌دار

تعداد دانه در غلاف در اثر تنش رطوبتی است (Khoshvaghti, H. 2006; Saeidi-aboeshaghi et al., 2013 and Emadi et al., 2012).

وزن صد دانه

بر اساس جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳)، نشان داد که ویژگی وزن صد دانه که دور آبیاری، رقم و برهمکنش دور آبیاری و رقم قرار گرفت ($p\leq0.05$ و $p\leq0.01$). میزان وزن صد دانه با افزایش دور آبیاری کاسته شد. به‌طوری‌که بیشترین و کمترین میزان وزن صد دانه در شرایط آبیاری نرمال به ترتیب متعلق به رقم خمین و رقم تلاش بود. اختلاف محسوسی بین تیمارهای مختلف ازنظر ویژگی وزن صد دانه در شرایط تنش ملایم دیده نشد. یا به عبارتی تمام تیمارهای این سطح تنش باهم اختلاف آماری معنی‌داری را نشان ندادند. میزان کاهش وزن صد دانه در آخرین سطح از دور آبیاری (تنش شدید) نسبت به آبیاری نرمال و تنش ملایم بیشتر بود. به‌طورکلی در شرایط آبیاری پس از ۱۰ روز بیشترین و کمترین میزان وزن صد دانه به ترتیب مربوط رقم کوشا و تلاش بود. درنهایت کمبود آب باعث کاهش وزن صد دانه شد. علت این موضوع می‌تواند کاهش طول دوره رویشی و زایشی در اثر تنش خشکی باشد که باعث کوتاه شدن طول دوره مؤثر پر شدن دانه و نیز کاهش ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها شده که باعث تقلیل وزن صد دانه گردیده است. برخی از محققین مانند آندروسیولی و همکاران (Androcioli et al., 2020)، سهیلی موحد و همکاران (Soheili-Movahed et al., 2013) و ریبیرو و همکاران (Ribeiro et al., 2018) در لوبیا و پنگ و همکاران (Pang et al., 2020) در نخود (*Cicer arietinum* L.) کاهش وزن صد دانه در تنش خشکی را گزارش دادند.

عملکرد دانه

ویژگی عملکرد دانه بر طبق جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۵)، مشخص گردید که تحت تأثیر دور آبیاری و رقم قرار گرفت ($p\leq0.05$ و $p\leq0.01$).

جدول ۵. تجزیه واریانس عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت به همراه صفات فیزیولوژیکی ارقام لوبیاچیتی در تیمارهای آبیاری

Table 5. Analysis of variance of seed yield, biological yield and harvest index along with physiological traits of pinto bean cultivars in irrigation treatments

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean Square)				
		عملکرد دانه Seed yield	عملکرد زیستی Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	کلروفیل Chlorophyll	پرولین برگ Leaf proline
تکرار Replication	2	58405.44 ns	53566.26 ns	36.17 ns	4.31 ns	0.0013*
دور آبیاری Interval irrigation (I)	2	669794.70*	12451147.11**	416.37*	36.03*	0.0014*
خطای a Error a	4	67465.24	31405.82	42.69	4.78	0.00013
رقم Cultivar (C)	3	173785.43*	1730496.98*	138.17*	186.79**	0.004**
رقم × دور آبیاری C × I	6	75239.32 ns	75218.98 ns	66.54 ns	12.52 ns	0.0007 ns
خطای b Error b	18	50786.42	34702.69	36.00	12.98	0.0004
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	*11.41*	*3.97*	*13.91*	*9.38*	*36.38*

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

ns, * and **: Non-significant and significant at the 5% and 1% levels of probability respectively.

برهمکنش دور آبیاری و رقم بر ویژگی عملکرد دانه مؤثر نبود. میزان عملکرد دانه با افزایش تنش خشکی کاهش یافت. میزان عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال نسبت به تنش شدید اختلافی افزایشی بیش از ۲۴٪ را نشان داد (جدول ۶).

در شرایط آبیاری نرمال عملکرد دانه با شرایط تنش ملایم و شدید دارای اختلاف آماری معنی‌دار بودند. رقم‌های تلاش و کوشا به ترتیب دارای بیشترین (با میانگین ۲۱۶۶/۷۰ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (با میانگین ۱۸۴۸/۹۰ کیلوگرم در هکتار) میزان عملکرد دانه بودند این موضوع نشان‌دهنده تفاوت ژنتیکی ارقام موردبررسی ازنظر عملکرد دانه است. رقم کوشا از مقادیر پایین‌تری از عملکرد زیستی، شاخص برداشت و اجزای عملکرد دانه در شرایط آب و هوایی یاسوج برخوردار بوده و به همین دلیل عملکرد دانه کمتری نسبت به سایر ارقام داشته است.

میزان واکنش ارقام موردبررسی به دلیل ظرفیت پتانسیل ژنتیکی به تنش خشکی متفاوت است. در شرایط تنش خشکی به دلایل ایجاد اختلال در متابولیسم گیاه و کاهش انتقال مواد پرورده از میزان عملکرد دانه کاسته می‌شود (Ribeiro et al., 2018; Girma and Haile, 2014؛ Pang et al., 2020). سبزی و همکاران (Sabzi et al., 2017) در مطالعه‌ای گزارش دادند که دلیل کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش کمبود آب، کاهش تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه لوبیا است. بر اساس یافته‌های زعفرانی معطر (Zafarani-Moattar et al., 2012) تنش خشکی اثر معنی‌داری در مراحل زایشی بر عملکرد دانه داشت و در تیمار آبیاری مطلوب عملکرد دانه بیشتر از تیمارهای قطع آبیاری در مرحله پر شدن و مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه بود.

جدول ۶. مقایسه میانگین اثرات اصلی دور آبیاری و ارقام لوبیاچیتی برای عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت به همراه صفات فیزیولوژیک

Table 6. Mean comparison of main effects Interval irrigation and pinto bean cultivars for seed yield, biological yield and harvest index along with physiological traits

Treatment	تیمار	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد زیستی Biological Yield	شاخص برداشت Harvest index	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	پرولین برگ Leaf proline (Micromol per gram of fresh leaf weight)
		-------- $Kg.ha^{-1}$ --------				$\mu mle.g^{-1}$ F.W
Interval irrigation	**دور آبیاری**					
Normal Irrigation (Irrigation after 4 days)	**(آبیاری پس از ۴ روز) آبیاری نرمال**	2245.80a	5673.17a	39.90b	39.98a	0.04b
Mild Stress (Irrigation after 7 days)	**(آبیاری پس از ۷ روز) تنش ملایم**	1871.80b	4757.07b	39.50b	38.65ab	0.06ab
Severe Stress (Irrigation after 10 days)	**(آبیاری پس از ۱۰ روز) تنش شدید**	1808.80b	3639.26c	49.83a	36.55b	0.07a
Cultivar	**رقم**					
Talash	**تلاش**	2166.7a	5228.99a	38.33b	43.08a	0.085a
Sadri	**صدری**	1902.8b	4563.10c	41.33ab	41.51a	0.052b
Khomeini	**خمین**	1938.60ab	4787.78b	46.89a	34.79b	0.057b
Koosha	**کوشا**	1848.90b	4179.45d	45.78a	34.20b	0.038b

*در هر ستون میانگین‌های که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

* In each column, the averages that have common letters, according to Duncan test, there is no significant difference in the level of 5% probability

کارایی مصرف آب

بر اساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس صفت کارایی مصرف آب مشخص گردید (جدول ۳) که اثر تنش خشکی و رقم و اثر متقابل آن‌ها بر روی صفت کارایی مصرف آب در لوبیاچیتی بسیار معنی‌دار بوده است ($p\leq0.01$). میزان ویژگی کارایی مصرف آب با افزایش دور آبیاری کاسته شد. به‌طوری‌که بیشترین و کمترین میزان کارایی مصرف آب در شرایط آبیاری نرمال به ترتیب متعلق به رقم خمین و رقم تلاش بود که ازنظر آماری در دو گروه مختلف قرار گرفتند. میزان کارایی مصرف آب در شرایط تنش نرمال در ارقام تلاش

و صدری دارای اختلاف آماری معنی‌دار نبودند ولی بین دو رقم خمین و کوشا اختلاف آماری معنی‌دار وجود داشت. اختلاف میزان کارایی مصرف آب در شرایط تنش شدید در رقم خمین نسبت به تلاش اختلافی بیش از ۳۲ درصد نشان داد. در این سطح از تنش دو رقم خمین و کوشا در یک گروه آماری قرار گرفتند و با هم اختلاف آماری معنی‌داری را نشان ندادند. بیشترین و کمترین میزان کارایی مصرف آب در بین کل تیمارهای موردبررسی به ترتیب مربوط به رقم خمین در شرایط نرمال و تلاش در شرایط تنش شدید مشاهده گردید. اختلاف آماری معنی‌دار ازلحاظ کارایی مصرف آب بین ارقام موردبررسی ازجمله، تلاش، صدری و خمین وجود دارد (جدول ۴). ویژگی‌هایی ازجمله عمق نفوذ ریشه، زودرسی، تنظیمات اسمزی، کم کردن سطوح فتوسنتزی و کاهش زاویه برگ‌ها در قسمت بالای گیاهان در تیره حبوبات و ازجمله لوبیاچیتی می‌توانند به استفاده بیشتر از آب در گیاهان در معرض تنش خشکی کمک کنند (Khan, 2001). نتایج حاصل از این پژوهش با یافته‌های سایر محققین همخوانی داشت (Boroujerdnia et al., 2016; Emadi et al., 2012).

عملکرد زیستی

با توجه به نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۵)، مشخص گردید که اثر دور آبیاری و رقم بر عملکرد زیستی معنی‌دار بود ($p\leq0.05$)، ولی برهمکنش دور آبیاری در رقم معنی‌دار نبود. در شرایط آبیاری نرمال بیشترین میزان عملکرد زیستی با میانگین ۵۶۷۳/۱۷ کیلوگرم در هکتار و در شرایط تنش شدید کمترین میزان عملکرد زیستی متعلق به با میانگین ۳۶۳۹/۲۶ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۶). ویژگی عملکرد زیستی بین در شرایط آبیاری نرمال نسبت به شرایط تنش شدید اختلاف افزایشی در حدود ۵۶ درصد را نشان داد که ازلحاظ آماری معنی‌دار بود. بیشترین و کمترین میزان عملکرد زیستی به ترتیب به ارقام صدری و کوشا اختصاص داشت. تفاوت میزان عملکرد زیستی در رقم تلاش با ارقام صدری، خمین و کوشا به ترتیب ۱۴، ۹ و ۲۵ درصد اختلاف افزایشی را نشان داد.

برخی از پژوهشگران (Girma and Haile, 2014; Bayat et al., 2010) کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی و کاهش تولید مواد فتوسنتزی در اثر کمبود آب گزارش کردند. بر اساس نتایج مطالعه عمادی و همکاران (Emadi et al., 2012)، کاهش عملکرد زیستی در واحد سطح در اثر تیمارهای تنش خشکی در هر دو مرحله رویشی و زایشی گزارش شد. حسینیان و مجنون حسینی (Hosseinian and Majnoon Hosseini, 2015) بیان داشتند که صفات عملکرد زیستی و تعداد غلاف در بوته در هر دو شرایط تنش و بدون تنش، بیشترین ارتباط را با عملکرد دانه داشتند. امیدی و سپهری (Omidi and Sepehri, 2014) بر طبق نتایج برهمکنش تنش کم‌آبی و رقم اظهار داشتند که ارقام بررسی‌شده ازلحاظ عملکرد زیستی در تمام سطوح تنش کم‌آبی تفاوت معنی‌داری داشتند. در همه‌ی سطوح تنش کم‌آبی رقم اختر عملکرد زیستی بیشتری نسبت به رقم درخشان از خود نشان داد.

شاخص برداشت

بر طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۵)، مشخص گردید که اثر دور آبیاری و رقم بر ویژگی شاخص برداشت اثر معنی‌داری داشت ($p\leq0.05$)، ولی برهمکنش آن‌ها معنی‌دار نبود. میزان شاخص برداشت با افزایش تنش خشکی کاهش یافت. به‌طوری‌که در شرایط تنش ملایم کمترین میزان شاخص برداشت و بیشترین آن متعلق به تنش شدید بود (جدول ۶). تفاوت آماری معنی‌دار بین دو سطح آبیاری نرمال و تنش شدید در این گزارش مشاهده گردید. بین دو شرایط آبیاری نرمال و تنش شدید اختلاف میزان شاخص برداشت در حدود ۲۵٪ بود. ارقام تلاش و خمین به ترتیب کمترین و بیشترین میزان شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند.

دلیل اضافه شدن شاخص برداشت در آبیاری نرمال نسبت به بقیه شرایط موردبررسی وجود آب بیشتر در طول فصل رویش است که سبب می‌شود که جذب عناصر غذایی و ساخت و انتقال مواد پرورده در اثر وجود آب مناسب افزایش‌یافته و باعث افزایش مواد پرورده به دانه‌ها شود. در تیمار تنش خشکی کاهش شاخص برداشت می‌تواند به دلیل کاهش سطح فتوسنتز کننده، کاهش انتقال مجدد مواد فتوسنتز شده در مرحله پر شدن دانه‌ها باشد (Boutraa and Sanders, 2001; Chves et al., 2003). در مرحله رویشی بخش اعظمی از مواد فتوسنتزی تولیدشده در تیمار تنش خشکی صرف ریشه‌ها شده تا آب بیشتری برای گیاه تأمین نماید، درنتیجه در چنین حالتی از میزان شاخص برداشت کاسته می‌شود (De Jesus et al., 2001; Costa et al., 2000). یافته‌های سایر پژوهشگران نیز در مورد شاخص برداشت در

شرایط تنش خشکی نتایج مشابهی را گزارش کردند (Ahmadzadeh et al., 2018; Paknejad et al., 2017; Emadi et al., 2012).

شاخص کلروفیل

بر طبق جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۵)، مشخص گردید که اثرات ساده رقم و دور آبیاری بر ویژگی شاخص کلروفیل در سطح احتمال آماری یک و پنج درصد معنی‌دار بودند، ولی برهمکنش آن‌ها معنی‌دار نبود. با اضافه شدن شدت تنش خشکی میزان شاخص کلروفیل کاهش یافت. به‌طوری‌که بیشترین میزان شاخص کلروفیل در شرایط آبیاری نرمال با میانگین ۳۹/۹۸ و کمترین میزان شاخص کلروفیل در شرایط تنش شدید با میانگین ۳۶/۵۵ را به خود اختصاص دادند (جدول ۶). اختلاف محسوسی بین ارقام مختلف ازنظر ویژگی کلروفیل در شرایط تنش ملایم مشاهده نگردید. بین دو فاکتور آبیاری نرمال و تنش شدید میزان شاخص کلروفیل اختلاف آماری معنی‌دار داشتند. در شرایط تنش شدید نسبت به شرایط آبیاری نرمال اختلاف میزان کلروفیل بیش از ۸ درصد را نشان داد.

در اثر افزایش شدت تنش خشکی کاهش محتوای کلروفیل سبب کاهش فتوسنتز، کاهش مواد پرورده، کاسته شدن جذب نوری و درنهایت کاهش عملکرد می‌شود. نتایج سایر پژوهش‌ها مشخص کرد که میزان کلروفیل با اضافه شدن سطوح تنش خشکی کاهش یافت (Emadi et al., 2012; Mohammadi and Rahimi, 2013). با توجه به متفاوت بودن ظرفیت ژنتیکی ارقام و دوره رشد آنان میزان واکنش ارقام نیز به تنش خشکی متفاوت است. به‌طوری‌که رقم تلاش با بیشترین میزان شاخص کلروفیل و رقم کوشا با کمترین میزان شاخص کلروفیل نسبت به هم دارای اختلاف آماری معنی‌دار بودند و در دو گروه آماری متفاوت قرار گرفتند (جدول ۷)؛ که این حاکی از متفاوت بودن ظرفیت و سازوکارهای فیزیولوژیکی ارقام لوبیا در مواجهه با تنش خشکی است. تحقیقاتی مبنی بر کاهش محتوی کلروفیل برگ آندروسیولی و همکاران (Androcioli et al., 2020) در شرایط تنش خشکی وجود دارد. گزارش شده است که در لوبیا در طی تنش خشکی محتوی کلروفیل کاهش می‌یابد و ژنوتیپ‌های دارای محتوی کلروفیل بالاتر، مقاومت بیشتری در شرایط تنش خشکی از خود نشان می‌دهند (Goncalves et al., 2019).

پرولین برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده تنش خشکی ($p\leq0.05$) و رقم ($p\leq0.01$) بر میزان پرولین در برگ لوبیاچیتی معنی‌دار بوده است، اما برهمکنش آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۵). بیشترین میزان پرولین برگ در شرایط تنش شدید با میانگین ۰/۰۷ میکرومول بر گرم وزن تر برگ و کمترین میزان آن در فاکتور آبیاری نرمال با میانگین ۰/۰۴ میکرومول بر گرم وزن تر برگ بود که افزایشی بیش از ۷۵٪ را نسبت به شرایط آبیاری نرمال نشان داد (جدول ۶).

تغییر میزان پرولین یکی از فرآیندهای مربوط به تحمل خشکی در گیاهان گزارش شده است که در شرایط تنش خشکی و برخی از تنش‌های غیرزنده مانند شوری اتفاق می‌افتد. افزایش میزان پرولین برگ در شرایط تنش خشکی در لوبیا را بروجردنیا و همکاران (Boroujerdnia et al., 2016) تائید نموده‌اند. گزارش‌های متفاوتی در رابطه با افزایش پرولین در برگ در شرایط تنش خشکی ذکر گردیده که مهم‌ترین آن تجزیه پروتئین‌ها در این شرایط و کاهش استفاده از اسیدآمینه پرولین در شرایط تنش خشکی ذکر کرده‌اند. بیشترین میزان پرولین برگ در رقم تلاش و کمترین آن در رقم کوشا مشاهده گردید که ازلحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌داری بودند. بیشترین و کمترین میزان پرولین برگ در ارقام اختلافی بیش از ۱۰۰ درصد را نشان دادند. اختلاف آماری معنی‌دار بین ارقام تلاش، صدری و خمین ازلحاظ صفت پرولین برگ مشاهده نشد. نتایج این پژوهش با نتایج محمدی و رحیمی (Mohammadi and Rahimi., 2013) و عمادی و همکاران (Emadi et al., 2012) همخوانی داشت.

نتیجه‌گیری نهایی

درنهایت می‌توان با توجه به نتایج این پژوهش گزارش داد که تغییر شرایط آبیاری از حالت آبیاری نرمال به تنش رطوبتی بر صفات مؤثر بوده و نیز بیانگر بروز ظرفیت ژنتیکی متفاوت بین ارقام موردبررسی است. کاهش در میانگین صفات با کاهش تغییر شرایط، مشاهده می‌گردد، به‌گونه‌ای که شرایط آبیاری نرمال برای همه صفات دارای بالاترین میانگین صفات نسبت به شرایط تنش بود. با توجه به مطالب فوق‌الذکر در اکثر صفات ازجمله عملکرد و اجزای عملکرد رقم تلاش بیشترین و رقم کوشا کمترین میزان را در بین سایر ارقام موردبررسی لوبیاچیتی به خود اختصاص داد، اما رقم کوشا کارایی مصرف آب و وزن صد دانه بیشتری نسبت به رقم تلاش

داشت که می‌توان در تحقیقات بعدی در شرایط محیطی مشابه شاخص‌های تحمل به خشکی این ارقام را بررسی کرد و در صورت تائید به‌عنوان ارقام متحمل و حساس به خشکی معرفی نمود.

منابع

Agricultural Statistics, 2017. Annual Report. Ministry of Agriculture Press. https://www.maj.ir/Index.aspx? [In Persian].

Ahmadi, A., Biker, D.R., 2000. Stomata and nonstomata limitations photosynthesis under water stress conditions in wheat plant. Iranian Journal Agriculture Science. 31, 813-825. [In Persian with English Summary].

Ahmadzadeh, R., Pakniyat, H., Tavakol, E., Shahrasbi, S., 2018. Determination of the most effective traits on grain yield of some barley genotypes under normal irrigation and drought stress conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences. 11, 261-274. [In Persian with English Summary].

Androcioli, L.G. Zeffa, D.M., Alves, D.S., Tomaz, J.P., Moda-Cirino, V., 2020. Effect of water deficit on morpho-agronomic and physiological traits of common bean genotypes with contrasting drought tolerance. Water. 12, 1-13.

Anjum, S.A., Ashraf, U., Zohaib, A., Tanveer, M., Naeem, M., Ali, I., Tabassum, T., Nazir, U., 2017. Growth and developmental responses of crop plants under drought stress. A review Zemdirbyste-Agriculture. 104, 267–276.

Assefa, T., Mahama, A.A., Brown, A.V., Cannon, E.K.S., Rubyogo, J.C., Rao, I.M., Blair, M.W., Cannon, S.B., 2019. A review of breeding objectives, genomic resources, and marker-assisted methods in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Molecular Breeding. 39, 1–23.

Badakhshan, S.A., Tohidnezhad, A., Mohammadinezhad, G.H., 2010. Investigating the effect of different irrigation intervals and tolerance to drought stress in cowpea Jiraft. National Conference on Water Lack Management and Drought Stress in Agriculture. Islamic Azad University, Arsenjan Branch. 1-17. [In Persian].

Bagheri, A.A., Mohammadi, A.A., Dinghazali, F., 2002. Agronomy and Bean Breeding. Publications University of Mashhad, 556p. [In Persian].

Bayat, A.A., Sepehri, A., Ahmadvand, G., Dorri, H.R., 2010. Effect of water deficit stress on yield and yield components of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences. 12(1), 42- 54. [In Persian with English Summary]

Beebe, S.E., Rao, I.M., Blair, M.W., Acosta-Gallegos, J.A., 2013. Phenotyping common beans for adaptation to drought. Frontiers in Physiology. 4, 1-20.

Beebe, S.E., Rao, I.M., Blair, M.W., Acosta-Gallegos, J.A., 2013. Phenotyping common beans for adaptation to drought. Frontiers in Physiology. 4, 1–20.

Boutraa, T., Sanders. F. E., 2001. Influence of water stress on grain yield and vegetative growth of two cultivar of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agronomy and Crop Science. 187, 251-257.

Chowdhury, J.A., Karim, M.A., Khaliq, Q.A., Ahmed, A.U., Khan, M.S.A., 2016. Effect of drought stress on gas exchange characteristics of four soybean genotypes. Bangladesh Journal Agriculture Research. 41, 195–205.

Chves, M.M., Maroco, J.P., Persian, J.S., 2003. Understanding plant response to drought from genes to the whole plant. Functional Plant Biotechnology. 30, 239-264.

Cortes, A.J., Thiis, D., Chavarro, C., Madrinan, S., Blair M.W., 2012. Nucleotide diversity patterns at the drought-related DREB2 encoding genes in wild and cultivated common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Theoretical and Applied Genetics. 125, 1069-1085.

Costa Franca, M.G., Pham, A.T., Pimcntal, R.O., Rossiell, P., Zuilly-Fodil, Y., Laffray, D., 2000. Differences in growth and water relation among (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars in response to induced drought stress. Environmental and Experimental Botany. 43, 227-237.

Davoodi, S.H., Rahemi-Karizaki, A., Nakhzari-Moghadam, A., Gholamalipour Alamdari, E., 2018. The Effect of deficit irrigation on yield and physiological traits of bean cultivars. Plant

Production Technology. 10, 83-95. [In Persian with English Summary].

De Jesus, W.C., Dovale, F.X.R., Costa, L., 2001. Comparison of two methods for estimating leaf area index on common bean. Agronomy Journal. 93, 986-991.

Derogar, H., Fakheri, B., Mehdinezhad, N., Mohammadi, R., 2019. Evaluation of some biochemical traits in cultivars and wild species of wheat under drought. Environmental Stresses in Crop Sciences. 12, 685-696. [In Persian with English Summary].

Dipp, C. C., Marchese, J.A., Woyann, L.G., Bosse, M.A., Roman, M.H., Gobatto, D.R., Paludo, F., Fedrigo, K., Kovali, K.K., Finatoo, T., 2017. Drought stress tolerance in common bean: What about highly cultivated Brazilian genotypes? Euphytica. 213, 1-16.

Emadi, N., Balouchi, H.R., Jahanbin, Sh., 2012. Effect of drought stress and plant density on yield, yield components and some morphological characters of pinto bean (cv. C.O.S16) in Yasouj region. Journal of Crop Production. 5, 1-18. [In Persian with English Summary].

Emam, Y., Shekoofa, A., Salehi, F., Jalali, A.H., 2010. Water stress effects on two common bean cultivars with contrasting growth habits. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences. 9, 495-499.

German, C., Teran, H., 2006. Selection for drought resistance in dry bean landraces and cultivars. Crop Science. 46, 2111-2120.

Girma, F., Haile, D., 2014. Effect of supplemental irrigation on physiological parameters and yield of faba bean (*Vicia faba* L.) varieties in the highlands of Bale, Ethiopia. Journal of Agronomy. 13, 29-34.

Gonçalves, J.G.R., Andrade, E.R., Silva, D.A., Fátima Esteves, J.A., Chiorato, A.F., Carbonell, S.A.M., 2019. Drought tolerance evaluated in common bean genotypes. Cienciae e Agrotecnologia. 43, 1-9.

Hosseinian, S.H., Majnoon-Hosseini, N., 2015. Analysis of correlation coefficients between grain yield and yield components in cowpea genotypes under normal and drought stress conditions. Iranian Journal of Field Crop Science, 45, 575-583. [In Persian with English Summary].

Hummel, M., Hallahan, B.F., Brychkova, G., Ramirez-Villegas, J., Guwela, V., Chataika, B., Curley, E., McKeown, P.C., Morrison, L., Talsma, E.F., Beebe, S., Jarvis A., Chirwa, R., Spillane, C., 2018. Reduction in nutritional quality and growing area suitability of common bean under climate change induced drought stress in Africa. Scientific Reports. 8, 1-10.

Hussain, M., Farooq, S., Hasan, W., Ul-allah, S., Tanveer, M., 2018. Drought stress in sunflower physiological effects and its management through breeding and agronomic alternatives. Agriculture Water Management Journal. 201, 152–166.

Jabasingh, C., Babu, S., 2013. Proline content of Oryza sativa L. under water stress. Journal of Academia and Industrial Research. 2, 442- 445.

James, R.F., Carl, C., Philip, J.B., 2001. Drought stress effect on branch and main stem seed yield and yield component of determinate soybean. Crop Science. 41, 763-797.

Khan, M.A., 2001. Experimental assessment of salinity tolerance of Ceriops tagal seeding and sapling from the Indus delta Pakistan. Aquatic Botany. 70, 259-268.

Kheirabi, J., Asadollahi, S.A., Entesari, M.R., Tavakoli, A., Salamt, A.R., 1996. Regulated deficit irrigation in terms of importance and urgency of Iran. Eighth conference of Iranian National Committee of Irrigation and Drainage. Tehran, Iran. Pp: 271-290. [In Persian].

Khoshvaghti, H. 2006. Effect of limited irrigation on grain growth and filling rate and yield of pinto bean cultivars. Thesis MSc Tabriz University. [In Persian].

Koochaki, A., Banayan Aval, M., 2009. Pulses Agronomy. Publications of University of Mashhad, 236p. [In Persian].

Massacci, A., Nabiev, S.M., Pietrosanti, L., Nematov, S.K., Chernikova, T.N., Thor, K., Leipner, J., 2008. Response of the photosynthetic apparatus of cotton (*Gossypium hirsutum*) to the onset of drought stress under field conditions studied by gas-exchange analysis and chlorophyll fluorescence imaging. Journal of Plant Physiology and Biochemistry. 46, 189-195.

Mohammadi, A., Bihamta, M.R., Solouki M., Dari, H.R., 2008. Study of quantitative and qualitative characteristics and their ratio with bean seed yield under limited and normal irrigation conditions. Iranian Journal of Crop Science. 5, 231-243. [In Persian with English Summary].

Mohammadi, M., Rahimi, M.R., 2013.Study of drought stress in two vegetative and reproductive stages on proline content and chlorophyll index in different cultivars of pinto beans. The Second National Conference on Agriculture and Sustainable Natural Resources. 21 October 2014 Tehran. [In Persian].

Mukeshimana, G., Butare, L., Cregan, P.B., Blair, M.W., Kelly, J.D., 2004. Quantitative trait loci associated with drought tolerance in common bean. Crops Science. 54, 923–938.

Nadeem, M., Li, J., Wang, M., Shah, L., Lu, S., Wang, X., Ma, C., 2018. Unraveling field crops sensitivity to heat stress: Mechanisms, approaches, and future prospects. Agronomy. 8, 128.

Nadeem, M., Li, J., Yahya, M., Wang, M., Ali, A., Cheng, A., Wang, X., Ma, C., 2019. Grain legumes and fear of salt stress: Focus on mechanisms and management strategies. International Journal Molecular Science. 20(4), 1-27.

Nayyar, H., 2003. Accumulation of osmolytic and osmotic adjustment in water stressed wheat (Triticum aestivum) and maize (*Zea mays*) as effected by calcium and antagonists. Environment and Experimental Botany. 50, 253-264.

Negrão, S., Schmöckel, S.M., Tester, M., 2017. Evaluating physiological responses of plants to salinity stress. Annual Botany. 119, 1–11.

Nohong, B., Nompo, S., 2015. Effect of water stress on growth, yield, proline and soluble sugars contents of Signal grass and Napier grass species. American -Eurasian Journal of Sustainable Agriculture. 9, 14-21.

Omidi, F., Sepehri, A., 2014. Effect of Sodium Nitroprusside on growth, yield and yield components of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under water deficit stress. Iranian Journal of Field Crop Science. 45, 243-254. [In Persian with English Summary].

Paknejad, F., Fatemi Rika, Z., Elkaee Dehno, M., 2017. Investigation end season drought effect on yield and yield components of ten barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars in Karaj region. Environmental Stresses in Crop Sciences. 10, 391-401. [In Persian with English Summary].

Paquine, F., Lechasseur, P., 1979. Observations sure one method dosage 1a Libra- ¬dens les de plants. Canadian Journal of Botany. 57, 1851-1854.

Ramirez-Cabral, N.Y.Z., Kumar, L., Taylor, S., 2016. Crop niche modeling projects major shifts in common bean growing areas. Agricultural Forest Meteorology. 218, 102–113.

Ribeiro, T., Alves da Silva, D., Antônio de Fátima Esteves, J., Azevedo, C. V. G., Ribeiro Gonçalves, J. G., Carbonell, S. A. M., Chiorato. A. F., 2018. Evaluation of common bean genotypes for drought tolerance. Bragantia. 78, 1-11.

Sabzi, S., Tahmasebi, Z., Barari, M., 2017. Study of the yield and some important plant of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes at different moisture levels. Enivironmental Stresses in Crop Sciences. 10, 21-30. [In Persian with English Summary]

Saeidi-aboeshaghi, R. Yadavi, A.R., Movahedi, dehnavi, M., Balouchi, H.R., 2013. The effect of irrigation cycle and foliar application of iron and zinc on some physiological and morphological traits of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.). 3, 28-41. [In Persian with English Summary].

Shencut, A.A., Brick, M.A., 2003. Traits associated with dry edible bean (Phaseolus vulgaris L.) productivity under diverse soil moisture environment. Euphytica. 133, 339-347.

Siddique, K.H.M., Farooge, M., Gogoi, N., Barthakur, S., Baroowa, B., Bharsdwaj, N., Alghamadi, S.S. 2016. Drought stress in grain legumes during reproduction and grain filing. Journal of Agronomy and Crop Science. 203, 81-102.

Siddique, Z., Jan, S., Imadi, S.R., Ahmad, P., 2016. Drought stress and photosynthesis in plants. Journal of Water Stress and Crop Plants. 32, 1-11.

Soheili-Movahed, S., Esmaeili, M.A., Jabari, F., 2013. Effect of drought stress on yield and yield components of pinto bean genotypes. The Conference of Passive Defense in the Agricultural Sector, Qeshm Island. [In Persian].

Sorkhi, F., 2015. Effect of irrigation and nitrogen fertilizer levels on physiological characteristics of four varieties of barley (*Hordeum vulgare* L.). Journal of Crop Ecophysiology. 9(3), 401-416. [In Persian with English summary].

Tahmasebi, Z., Mohammadi-Dehbalaee, H., 2019. Evaluation of black bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) under drought stress

conditions. Environmental Stresses Crop Sciences. 12, 197-207. [In Persian with English Summary]

Vaezi-Rad, Shekari, F., Shiravani-Rad, A.H., Zangani, E., 2008. The effect of water deficit stress in different growth stages on yield and yield components of red bean cultivars. Agroecology Journal. 89-94. [In Persian with English Summary].

Wakrim, R., Wahabi, S., Tahi, H., Aganchich, B., Serraj, R., 2005. Comparative effect of partial root drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) on water relation and water use efficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Agriculture Ecosystem and Environment. 106, 275-287.

Xu, J., Yuan, Y., Xu, Y., Zhang, G., Guo, X., Wu, F., Wang, Q., Rong, T., Pan, G., Cao, M., et al. 2014. Identification of candidate genes for drought tolerance by whole-genome sequencing in maize. BMC Plant Biology. 14, 83.

Zadeh-Bagheri, M., Javanmardi, S.H., Alozadeh, O., Kamelmanesh, M. M., 2014. Effects of drought on grain yield and some physiological characteristics of red bean genotypes. Journal of Plant Ecophysiology. 6, 1-11.

Zafarani-Moattar, P., Raey, Y., Ghassemi Golezani, K., Mohammadi, S.A., 2012. Effect of limited irrigation on growth and yield of bean cultivar, Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 21, 85-94. [In Persian with English Summary].

Zegaoui, Z., Planchais, S., Cabassa, S., Djebbar, R., Belbachir, O.A., Carol, P., 2017. Variation in relative water content, proline accumulation and stress gene expression in two cowpea landraces under drought. Journal of Plant Physiology. 218, 26-34.

Zhu, J. K., 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. Annual Review of Plant Biology. 53, 247-316.