نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال یازدهم / شماره دوم / تابستان ۱۴۰۰

اثر رژیم‌های آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت دانه ژنوتیپ‌های مختلف لوبیاچیتی (*Phaseolus vulgaris*)

رحیم قاعدی[۱]، جمشید رزمجو[۲*] و علی غلامی‌زالی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱/۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۱۷)

چکیده

شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی می‌تواند نقش مهمی در تعدیل اثرات منفی آن، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولیدات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، بازی کند. بر این اساس، اثر سه رژیم آبیاری (آبیاری پس از ۵۰ (I_1)، ۱۰۰ (I_2) و ۱۵۰ (I_3) میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A) به‌عنوان فاکتور اصلی بر برخی صفات مورفولوژیک، عملکرد و کیفیت دانه ده ژنوتیپ لوبیاچیتی (KS-۲۱۱۹۳، KS-۲۱۱۹۱، KS-۲۱۱۸۹، E_{10}، E_9، صدری، تلاش، توده‌های بومی خمین، اقلید و فریدون‌شهر) به‌عنوان فاکتور فرعی با سه تکرار به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در فریدون‌شهر اصفهان، انجام شد. به موازات تشدید تنش رطوبتی (از سطح I_1 به I_3) روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، دانه در غلاف، دانه در بوته، وزن صد دانه، وزن دانه در بوته، عملکرد دانه و بیولوژیک، شاخص برداشت کاهش و درصد پروتئین دانه افزایش یافت، اما تغییرات به استثنای درصد پروتئین دانه تابع ژنوتیپ بود. با تشدید تنش رطوبتی از سطح آبیاری I_1 به I_2، کاهش عملکرد دانه از ۵۴/۴ درصد در ژنوتیپ صدری تا ۳۶/۶ درصد در ژنوتیپ تلاش و از سطح آبیاری I_1 به I_3، از ۸۷/۳ درصد در ژنوتیپ KS-۲۱۱۹۱ تا ۷۴/۹ درصد در ژنوتیپ فریدون‌شهر متغیر بود. می‌توان بیان داشت اگرچه بالاترین عملکرد دانه در سطح آبیاری I_1 در ژنوتیپ KS-۲۱۱۹۱ (۲۳۱۹ کیلوگرم بر هکتار) به‌دست آمد، اما احتمالاً کاشت توأم ژنوتیپ فریدون‌شهر با رژیم آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر به‌دلیل ثبات عملکرد بالاتر می‌تواند سبب تعدیل تنش خشکی در مناطقی مانند فریدون‌شهر شود.

واژه‌های کلیدی: خشکی، لوبیاچیتی، عملکرد دانه، شاخص برداشت، پروتئین دانه

۱، ۲ و ۳. به‌ترتیب فارغ التحصیل کارشناسی ارشد، استاد و دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: krazmjoo@cc.iut.ac.ir

مقدمه

دانه حبوبات یکی از منابع مهم پروتئینی و ارزان قیمت تغذیه بشری هستند که به‌واسطه قابلیت همزیستی با باکتری‌های جنس ریزوبیوم و تثبیت نیتروژن نقش مهمی در پایداری اکوسیستم‌های کشاورزی دارند (۶). در این میان، تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولید حبوبات به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (۲۳). تنش خشکی در تمام مراحل رشد حبوبات تأثیرگذار است، اما وقوع آن در طول دوره گلدهی و تولید دانه بارزتر است و معمولاً منجر به کاهش زیادی در عملکرد دانه می‌شود (۶ و ۲۳). اثرات تنش خشکی ابتدا در سطح سلولی و فیزیولوژیک اتفاق می‌افتد و به‌دنبال آن کاهش اجزای عملکرد و عملکرد دانه روی می‌دهد (۶ و ۹). ایجاد اختلال در فرایند فتوسنتز و سنتز مواد فتوسنتزی (تعیین کننده اجزای عملکرد و عملکرد) از اثرات بارز تنش خشکی بر گیاهان زراعی است. کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی به‌واسطه پیری زودرس برگ، آسیب به سیستم فتوسنتزی به‌واسطه تنش اکسیداتیو، کاهش تثبیت دی‌اکسید کربن و انتقال ترکیبات فتوسنتزی، کاهش ظرفیت مخزن، ممانعت از گلدهی و توسعه اندام‌های تولید کننده دانه اتفاق می‌افتد (۶).

لوبیا یکی از گیاهان یک‌ساله خانواده حبوبات است (۶) که بر اساس رنگ، ساختار و موارد استفاده در اشکال مختلفی از جمله لوبیاچیتی، لوبیای سفید، لوبیای قرمز، لوبیای سیاه و غیره وجود دارد. لوبیاچیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) یکی از مهم‌ترین انواع لوبیا است که از نظر واکنش به کمبود آب از گیاهان حساس به خشکی (۵، ۸، ۱۱، ۱۹ و ۲۳) است و تنش خشکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولید آن در سراسر جهان است (۸، ۲۳ و ۲۷). مطالعات متعددی کاهش عملکرد و اجزای آن در گیاه لوبیا از جمله لوبیای‌چیتی (۵، ۷، ۸، ۱۱ و ۲۰)، لوبیای قرمز (۱۸) و لوبیای معمولی (۱، ۳، ۴، ۱۴، ۱۶، ۲۰، ۲۸) در شرایط تنش رطوبتی را گزارش کرده‌اند. به‌عنوان مثال، مطالعه قاسمی گلعذانی و همکاران (۸) در بررسی اثر چهار سطح آبیاری (آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر، آبیاری در زمان گلدهی، آبیاری در زمان پر شدن دانه و آبیاری در دو مرحله گلدهی و پر شدن دانه) بر سه رقم لوبیاچیتی (تلاش، خمین و COS_{16}) نشان داد که گیاه لوبیاچیتی یک گیاه حساس به تنش آبی در مراحل تولید مثلی است و با افزایش تنش رطوبتی اجزای عملکرد (تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته) و عملکرد بیولوژیک و دانه کاهش می‌یابد. در همین راستا، نتایج مطالعه برخی پژوهشگران دیگر در گیاه لوبیاچیتی کاهش عملکرد دانه، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و درصد پروتئین در شرایط تنش خشکی را نشان داد (۵، ۷ و ۱۱). نتایج مطالعه سینک (۲۳) بر عملکرد و اجزای عملکرد ۲۰ ژنوتیپ از انواع لوبیا از جمله لوبیاچیتی نیز کاهش ۶۰ و ۱۴ درصدی عملکرد دانه و وزن دانه و کاهش ۴ روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در شرایط تش خشکی را نشان داد. علاوه بر این، رضایی و جباری (۱۹) کاهش معنی‌دار وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، وزن خشک غلاف، زیست‌توده، نسبت وزن ساقه، نسبت وزن برگ و عملکرد دانهٔ ۶ ژنوتیپ لوبیاچیتی را در شرایط تنش خشکی در مراحله زایشی را گزارش کردند. نتایج چندین آزمایش نیز در گیاه لوبیای معمولی کاهش عملکرد (دانه و بیولوژیک)، اجزای آن (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه)، شاخص برداشت و درصد پروتئین دانه در شرایط تنش رطوبتی را نشان داد (۴، ۱۶ و ۲۶). در همین راستا، بررسی واکنش ارقام مختلف نخود به رژیم‌های آبیاری نشان داد که تنش خشکی شدید منجر به کاهش قابل ملاحظه‌ای در عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف نخود شد (۱۰). اگرچه نتایج مطالعات متعدد بیانگر این موضوع است که تنش رطوبتی باعث کاهش قابل ملاحظه‌ای در عملکرد دانه گیاهان زراعی از جمله لوبیاچیتی می‌شود اما مقدار کاهش عملکرد بسته به زمان و شدت تنش، محیط و ژنوتیپ متفاوت است (۶ و ۸).

حال با توجه به محدودیت منابع آبی مورد نیاز کشاورزی در ایران، ارائه راهکارهای مؤثر در کاهش آثار منفی خشکی از

جمله بهره‌گیری از ارقام، ژنوتیپ و توده‌های محلی متحمل به خشکی برای بهره‌گیری از پتانسیل ژنتیکی‌شان از اهداف مهم پژوهش‌های به‌نژادی و به‌زراعی به‌شمار می‌رود. زیرا که شناسایی گیاهان زراعی، ارقام، ژنوتیپ و توده‌های محلی متحمل به تنش خشکی می‌تواند نقش بسزایی در تعدیل تنش خشکی ایفا کند (۱، ۳، ۸، ۱۴، ۲۳ و ۲۸). از این‌رو، هدف این آزمایش بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ده ژنوتیپ لوبیاچیتی بوده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در شهرستان فریدون‌شهر، اصفهان (عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۷ دقیقه شرقی ارتفاع ۲۵۳۰ متر از سطح دریا)، به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. کرت اصلی شامل سه رژیم آبیاری (آبیاری بعد از۵۰، ۱۰۰ و۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A) و کرت فرعی شامل ده رقم لوبیاچیتی (KS-۲۱۱۹۳، KS-۲۱۱۹۱، KS-۲۱۱۸۹، E۱۰، E۹، صدری، تلاش، توده‌های محلی خمین، اقلید و فریدون‌شهر) بود. منشأ و برخی مشخصات مورفولوژیک ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است.

زمین محل انجام آزمایش در اوایل اردیبهشت ماه ۱۳۹۲ شخم نیمه‌عمیق و سپس در جهت عمود برهم دوبار دیسک زده شد. عملیات جمع‌آوری بقایای علف‌های هرز با استفاده از هرس انجام شد. با توجه به نتایج آزمون خاک (جدول ۲)، کود فسفات آمونیوم به‌میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت توسط دیسک با خاک مخلوط شد. کود اوره به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد که نیمی از آن توسط دیسک قبل از کاشت با خاک مخلوط شد و نیم دیگر در مرحله ۴ و ۸ برگی همرا با آب آبیاری به واحدهای آزمایشی اضافه شد.

عملیات کاشت با دست و به‌صورت کپه‌ای با دو بذر در هر کپه در ۱۵ خرداد ماه ۱۳۹۲ انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل شش ردیف کاشت به‌طول چهار متر و عرض ۱/۲۵ متر بود. بذرها به فاصله ده سانتی‌متر و عمق حدود پنج سانتی‌متر کشت شد. پس از سبز شدن به‌وسیله قیچی باغبانی عمل تنک کردن انجام شد. بذرهای انتخابی قبل از کاشت با قارچ‌کش کربوکسین تیرام (دو در هزار) ضد عفونی شدند. کنترل آفات (مثل تریپس و زنجره) با استفاده از سم آبامکتین (دو در هزار) انجام شد. از سم پیش‌کاشتی ترفلان (۱/۵ کیلوگرم در هکتار) برای مبارزه با علف‌های هرز استفاده شد. علاوه بر مبارزه شیمیایی، علف‌های هرز موجود در مزرعه به‌طور متوالی با دست وجین شدند. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کشت در تاریخ ۱۵ خرداد۱۳۹۲ اعمال شد و تا قبل از استقرار کامل بوته‌ها (سه برگی بوته) به‌صورت هفتگی (تا سه هفته متوالی) ادامه داشت (حجم آب آبیاری و زمان آبیاری برای تمام تیمارها یکسان بود). برای جلوگیری از نفوذ جانبی آب بین کرت‌ها دو متر و بین تکرارها چهار متر فاصله (حاشیه) درنظر گرفته شد. اعمال تیمارهای آبیاری پس از استقرار کامل (تقریباً مرحله ۶ تا ۸ برگی- ۷ تیرماه ۹۲) انجام شد. حجم آب در هر آبیاری در هر واحد آزمایشی با داشتن میزان رطوبت وزنی در حد ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم، بر اساس روابط (۱) و (۲) محاسبه شد. علاوه بر آن با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج مدل GMK-S770 (Moistuer Meter Soil) و همچنین به‌روش وزنی، رطوبت عمق توسعه ریشه ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک در روز قبل از آبیاری اندازه‌گیری شد (۱۰). تبخیر از تشت تبخیر به‌صورت روزانه از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک فریدون‌شهر تهیه شد (جدول ۲).

$$Dg = (Fc - F2) \times BD \times D/E \quad (1)$$

$$V = D_g \times A \quad (2)$$

D_g، عمق ناخالص آبیاری (سانتی‌متر)؛ Fc، درصد رطوبت وزنی در حد ظرفیت زراعی (۳۵ درصد)؛ F_2، درصد وزنی رطوبت خاک در روز قبل از آبیاری و در عمق توسعه ریشه (۳۰ سانتی‌متر)؛ BD، وزن مخصوص ظاهری خاک در عمق توسعه ریشه برحسب گرم بر سانتی‌متر مکعب (۱/۴۳)؛ D، عمق

جدول ۱. منشأ و برخی مشخصات مورفولوژیک ژنوتیپ‌های مختلف لوبیاچیتی مورد مطالعه

ژنوتیپ	کلاس تجاری	منشأ	متوسط ارتفاع بوته (cm)	فرم بوته	مقاومت به کنه دونقطه‌ای
فریدون‌شهر	–	ایران	۸۵–۱۰۵	رونده	حساس
خمین	Cranberry	ایران	۸۵–۹۶	رونده	حساس
اقلید	-	ایران	۷۵–۱۰۰	رونده	حساس
صدری	Cranberry	کلمبیا	۹۰–۹۵	رونده	حساس
تلاش	Pinto	ایران	۷۵–۹۰	رونده	نیمه مقاوم
E۹	-	ایران	۷۰–۸۵	رونده	حساس
E۱۰	-	ایران	۸۵–۹۵	رونده	حساس
KS-۲۱۱۸۹	Cranberry	–	۷۰–۸۰	نیمه استاده	نیمه مقاوم
KS-۲۱۱۹۱	Cranberry	–	۸۵–۹۵	نیمه استاده	نیمه مقاوم
KS-۲۱۱۹۳	Cranberry	ایران	۷۰–۸۰	نیمه ایستاده	نیمه مقاوم

جدول ۲. برخی ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی خاک محل آزمایش در لایه ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک

دانه‌بندی (%)			بافت خاک	فسفر	پتاسیم	نیتروژن کل	کربن آلی	pH	هدایت الکتریکی
رس	سیلت	شن	لومی	(mg/kg)		(%)			(dS/m)
۲۶	۳۴	۴۰		۱۵/۴	۲۵۰	۰/۰۶	۰/۵۵	۸/۱	۰/۸۷

توسعه ریشه (۳۰ سانتی‌متر)؛ E، راندمان آبیاری (۱۰۰ درصد)، A، مساحت پلات اصلی برحسب مترمربع و V، حجم آب آبیاری برحسب مترمکعب.

برای کنترل میزان آب ورودی از تانک مدرج در مزرعه استفاده شد. بر اساس میزان آب آبیاری به‌کار برده شده در طول فصل رشد، به‌ترتیب ۳۱۰/۱، ۲۳۱/۴ و ۲۰۸/۱ میلی‌متر در مترمربع آب آبیاری در سطوح آبیاری پس از ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر به‌ترتیب در ۱۸، ۱۰ و ۷ بار آبیاری بود (جدول ۳). میزان آب آبیاری به‌کار برده شده از تاریخ کاشت (۱۵ خرداد ۱۳۹۲) تا پایان تیمارهای آبیاری (حدود ۲۰ درصد رسیدگی فیزیولوژیک- ۸ شهریور ۱۳۹۲) درنظر گرفته شد (جدول ۲). صفات روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، وزن دانه در بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و درصد پروتئین دانه اندازه‌گیری شد. تعداد روز از تاریخ کاشت تا زمانی که حدود ۹۰ درصد غلاف‌ها در هر واحد آزمایشی به رسیدگی فیزیولوژیک برسند به‌عنوان روز تا رسیدگی فیزیولوژیک درنظر گرفته شد. ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته و وزن دانه در بوته با نمونه‌گیری تصادفی ده بوته از خطوط میانی هر واحد آزمایشی تعیین شد. عملکرد دانه و بیولوژیک با درنظر گرفتن نیم متر حاشیه از هر واحد آزایشی بوته‌های موجود در هر واحد آزمایشی برداشت در مرحله رسیدگی کامل (اواخر شهریور ماه ۱۳۹۲) و پس از خرمنکوبی و بوجاری از طریق تناسب به‌صورت کیلوگرم بر هکتار تعیین شد. شاخص برداشت با استفاده از رابطه (عملکرد دانه / عملکرد بیولوژیک × ۱۰۰) تعیین شد. برای هر واحد آزمایشی بعد از برداشت و خشک شدن کامل بوته در هوای آزاد مزرعه، توزین و سپس خرمنکوبی و بوجاری صورت گرفت (۱۰). درصد نیتروژن دانه هر واحد آزمایشی با استفاده از روش کجلدال (۲۱) به‌وسیله دستگاه مایکروکلدال مدل تیکیتر ۱۰۳۰ به‌دست آمد و با

جدول ۳. کمینه و بیشینه و میانگین ماهیانه دما و تبخیر از تشت تبخیر کلاس A ایستگاه هواشناسی سینوپتیک فریدون‌شهر و برنامه آبیاری (تعداد آبیاری و میزان آب به‌کار برده شده در هر سطح آبیاری) در سال زراعی ۱۳۹۲

ماه	دما (°C)			تبخیر	میزان آب آبیاری به‌کار برده شده در هر سطح آبیاری برحسب میلی‌متر در مترمربع در طول فصل رشد (تعداد آبیاری)		
	بیشینه	کمینه	میانگین	(mm)	I_1	I_2	I_3
فروردین	۱۳/۷	۲/۹۰	۸/۳۰	۱۳۶	–	–	–
اردیبهشت	۱۴/۹	۴/۳۰	۹/۶۰	۱۵۳	–	–	–
خرداد	۲۴/۸	۹/۹۰	۱۷/۴	۲۶۷	۴۳/۵(۲)	۴۳/۵(۲)	۴۳/۵(۲)
تیر	۳۰/۴	۱۵/۰	۲۲/۷	۳۶۶	۱۲۱/۹(۷)	۹۰/۷(۴)	۸۱/۴(۳)
مرداد	۳۰/۶	۱۵/۵	۲۳/۱	۳۳۵	۱۱۶/۲(۷)	۹۷/۲(۴)	۸۳/۲(۲)
شهریور	۲۶/۴	۱۲/۳	۱۲/۳	۲۷۴	۲۸/۵(۲)	–	–

I_1، I_2 و I_3، به‌ترتیب آبیاری پس از ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A.

درنظر گرفتن ضریب ثابت ۶/۲۵ درصد پروتئین هر واحد آزمایشی تعیین شد. بدین منظور از نمونه آرد شده هر واحد آزمایشی دو نمونه نیم گرمی در کاغذ پیچیده و در لوله هضم قرار گرفت. برای انجام عمل هضم از اسید سولفوریک غلیظ ۹۷ درصد به اضافه یک قرص کاتالیزور مخصوص دستگاه کلدال اتوماتیک (۱/۵ گرم سولفات پتاسیم + ۰/۰۰۷۵ گرم سلنیم) استفاده شد. عمل هضم به‌مدت ۴۵ دقیقه در دمای ۴۲۰ درجه سیلسیوس صورت گرفت و در مرحله بعد یعنی تیتراسیون در دستگاه کلدال اتوماتیک به‌کمک سود ۴۰ درصد، محلول معرف بروموکروزول گرین به اضافه متیل‌رد و محلول کلراید ۰/۱ نرمال انجام شد (۲۱). سپس مقدار پروتئین نمونه هر واحد آزمایشی بر اساس ماده خشک، به‌صورت درصد در یک گرم نمونه، با استفاده از رابطه (۳) تعیین شد.

$$\text{درصد پروتئین ماده خشک} = \frac{\text{عدد درصد پروتئین قرائت شده توسط دستگاه}}{\text{وزن نمونه خشک}} \times ۱۰۰ \quad (۳)$$

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۴) مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. رسم نمودارها با نرم‌افزار (Excel-۲۰۱۰) انجام شد. میانگین‌ها با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رژیم آبیاری بر تمامی صفات مورد مطالعه (روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، وزن دانه در بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و پروتئین دانه) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). علاوه بر این، اثر ژنوتیپ بر تمامی صفات مورد مطالعه به استثنای شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). اثر برهم‌کنش رژیم‌آبیاری × ژنوتیپ بر تمامی صفات مورد مطالعه به استثنای درصد پروتئین دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

تعداد روز تا رسیدگی در سطوح آبیاری I_2 و I_3 نسبت به سطح آبیاری I_1 به‌ترتیب ۱۹ و ۲۴ روز کاهش یافت (جدول ۵). تنش رطوبتی از طریق افزایش سرعت پرشدن دانه (انتقال مجدد مواد فتوسنتزی)، طول دوره رشد را کاهش می‌دهد (۷). ژنوتیپ KS-۲۱۱۹۱ با میانگین ۹۲/۶ روز بیشترین و ژنوتیپ‌های فریدون‌شهر و صدری هر یک با ۸۹/۲ روز از کمترین روز تا رسیدگی برخوردار بودند (جدول ۵). اگرچه تشدید تنش رطوبتی (از سطح آبیاری I_1 به سطح I_2 و I_3) باعث کاهش تعداد روز تا

جدول ۴. خلاصه تجزیه واریانس اثر رژیم‌های آبیاری بر روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، اجزای عملکرد (ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، وزن دانه تک بوته)، عملکرد بیولوژیک و دانه، شاخص برداشت و درصد پروتئین دانه ده ژنوتیپ لوبیاچیتی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	ارتفاع بوته	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	تعداد دانه در بوته	وزن صد دانه	وزن دانه تک بوته	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	پروتئین دانه
بلوک (R)	۲	۱/۲۱	۴/۵۶	۰/۵۹	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۱۶	۲/۲۳	۸۶۳۴۸	۱۴۲۰۰۱۷۲۱	۱۹/۲	۰/۴۶۱
رژیم‌آبیاری (I)	۲	۴۷۳۳**	۸۷۳۴**	۵۴۸**	۱/۵۶**	۵۹۵۳**	۸۸۴**	۱۴۳۰**	۶۰۰۴۸۰۱۹**	۴۹۶۳۶۰/۹**	۲۴۴۴**	۵۲/۵**
خطای اصلی (I × R)	۴	۰/۶۱	۲۱/۹	۳/۷۲	۰/۰۱	۱۴/۳	۶/۲۲	۰/۴۱	۱۹۴۰۸	۶۰۵۶۳	۲۷/۱	۰/۰۰۰۵
ژنوتیپ (G)	۹	۱۱/۴**	۲۱۹**	۶/۸۶**	۰/۵۰**	۸/۲۲**	۸۲/۴**	۸/۲۲**	۳۳۶۱۳۱**	۱۳۱۹۴۹۲/۹**	۲۷/۳ns	۱۸/۵**
G × I	۱۸	۱۴/۵**	۹۸/۳**	۸/۳۵**	۰/۳۹**	۲۵/۸**	۴/۱۳**	۴/۸۴**	۲۰۴۴۵۱**	۱۳۷۶۱۴۹**	۶۸/۹**	۰/۰۲۱ns
خطای فرعی	۵۴	۰/۳۷	۲۸/۹۱	۱/۲۶	۰/۱۱	۴/۶۸	۱/۷۴	۰/۴۷	۱۹۳۰۱	۷۸۳۲۱	۱۵/۵	۰/۲۱۵
ضریب تغییرات (٪)		۰/۶۸	۷/۷	۱۴/۴	۲۱/۱	۹/۵	۳/۳	۷/۱	۷/۰	۷/۷	۷/۸	۲/۱

ns* و **به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن و معنی‌دار بودن در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

جدول ۵. نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی رژیم‌های آبیاری و ژنوتیپ بر روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، اجزای عملکرد (ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، وزن دانه در بوته)، عملکرد بیولوژیک و دانه، شاخص برداشت و درصد پروتئین دانه ده ژنوتیپ لوبیاچیتی

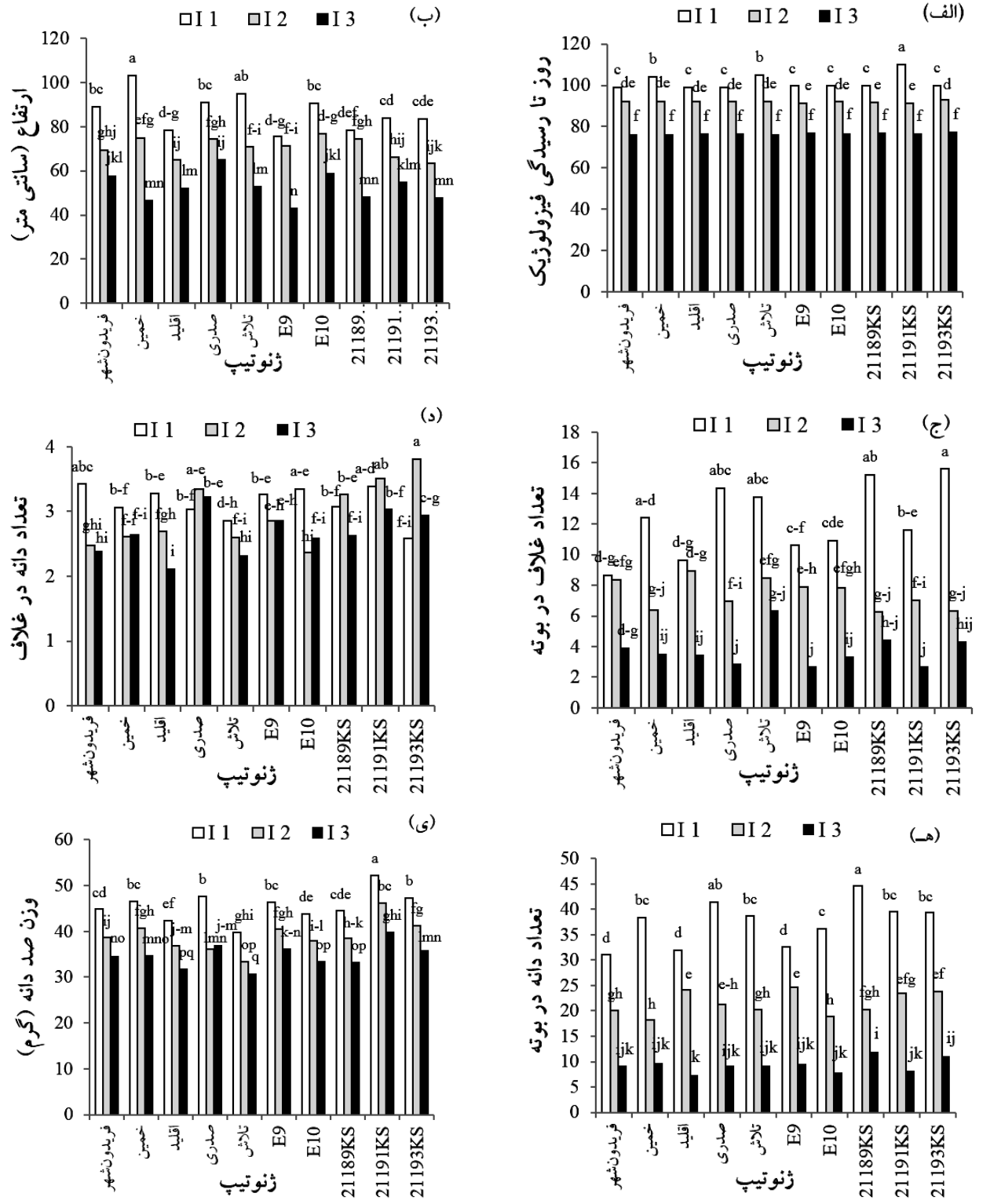
عامل آزمایشی	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	ارتفاع بوته (cm)	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	تعداد دانه در بوته	وزن صد دانه (gr)	وزن دانه تک بوته ($gr\ plant^{-1}$)	عملکرد دانه ($kg\ ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک ($kg\ ha^{-1}$)	شاخص برداشت (٪)	پروتئین دانه (٪)
رژیم‌آبیاری											
I_1	۱۰۱^{a}	۸۶/۶^{a}	۱۲/۳^{a}	۳/۱۲^{a}	۱۶/۹^{a}	۴۵/۵^{a}	۷/۶۷^{a}	۳۴۵۵^{a}	۵۹۱۰^{a}	۵۸/۳^{a}	۲۱/۱^{c}
I_2	۹۲/۰^{b}	۷۰/۶^{b}	۷/۴^{b}	۲/۹۵^{b}	۸/۹۳^{b}	۳۹/۰^{b}	۸/۹۳^{b}	۱۸۲۴^{b}	۳۴۲۵^{b}	۵۲/۸^{b}	۲۲/۶^{b}
I_3	۷۶/۷^{c}	۵۲/۷^{c}	۳/۷۵^{c}	۲/۶۷^{c}	۳/۱۴^{c}	۳۴/۷^{c}	۳/۱۴^{c}	۶۳۷^{c}	۱۵۷۵^{c}	۴۰/۷^{c}	۲۳/۸^{a}
$LSD_{5\%}$	۰/۵۶۰	۳/۳۵	۱/۳۸	۰/۰۸۹	۰/۴۶۲	۱/۷۸	۰/۴۶۲	۹۹/۸	۱۷۶	۳/۷۳	۰/۰۱۵
ژنوتیپ											
فریدون‌شهر	۸۹/۲^{d}	۷۲/۱^{abc}	۶/۹۷^{d}	۲/۷۶^{cd}	۸/۸۴^{ef}	۳۹/۳^{de}	۸/۸۴^{ef}	۱۸۰۴^{ef}	۳۴۳۲^{d}	۴۸/۴^{c}	۱۹/۹^{f}
خمین	۹۰/۷^{b}	۷۴/۹^{a}	۷/۴۳^{cd}	۲/۷۷^{cd}	۹/۷۱^{cd}	۴۰/۶^{bc}	۱/۹۷^{cd}	۱۹۸۵^{cd}	۳۷۲۸^{bc}	۴۹/۳^{abc}	۲۱/۸^{d}
اقلید	۸۹/۳^{d}	۶۵/۱^{de}	۷/۳۴^{cd}	۲/۶۹^{cd}	۸/۳۱^{f}	۳۷/۰^{f}	۸/۳۱^{f}	۱۷۰۰^{f}	۳۰۰۷^{e}	۵۳/۰^{a}	۲۰/۴^{e}
صدری	۸۹/۲^{d}	۷۶/۷^{a}	۸/۰۵^{bc}	۳/۲۰^{ab}	۹/۶۱^{d}	۴۲/۲^{cd}	۹/۶۱^{d}	۱۹۶۳^{d}	۳۵۴۴^{cd}	۵۱/۶^{abc}	۲۳/۹^{a}
تلاش	۹۱/۲^{b}	۷۲/۹^{ab}	۹/۵۲^{a}	۲/۶۰^{d}	۹/۱۰^{de}	۳۴/۶^{g}	۹/۱۰^{de}	۱۸۶۰^{de}	۳۵۲۸^{cd}	۴۸/۳^{c}	۲۳/۴^{b}
E9	۸۹/۴^{d}	۶۳/۲^{e}	۷/۰۵^{cd}	۳/۰۰^{bc}	۱۰/۳^{bc}	۴۱/۰^{bc}	۱۰/۳^{bc}	۲۱۱۵^{bc}	۳۹۴۲^{b}	۵۱/۸^{abc}	۲۳/۶^{ab}
E10	۸۹/۵^{cd}	۷۵/۴^{a}	۷/۳۵^{cd}	۲/۷۶^{cd}	۸/۹۳^{ef}	۳۸/۴^{e}	۸/۹۳^{ef}	۱۸۲۶^{ef}	۳۴۰۰^{d}	۵۰/۹^{abc}	۲۳/۸^{a}
KS-۲۱۱۸۹	۸۹/۵^{cd}	۶۷/۱^{cde}	۸/۶۳^{ab}	۲/۹۸^{bc}	۹/۴۵^{de}	۳۸/۷^{e}	۹/۴۵^{de}	۱۹۳۳^{de}	۳۴۵۲^{d}	۵۲/۲^{ab}	۲۲/۳^{c}
KS-۲۱۱۹۱	۹۲/۶^{a}	۶۸/۳^{bcd}	۷/۱۰^{cd}	۳/۳۱^{a}	۱۱/۴^{a}	۴۶/۱^{a}	۱۱/۴^{a}	۲۳۱۹^{a}	۴۳۹۷^{a}	۴۸/۸^{bc}	۲۲/۴^{c}
KS-۲۱۱۹۳	۹۰/۱^{c}	۶۴/۸^{de}	۸/۷۵^{ab}	۳/۱۱^{ab}	۱۰/۸۳^{ab}	۴۱/۵^{b}	۱۰/۸^{ab}	۲۲۱۳^{ab}	۳۹۳۷^{b}	۵۱/۹^{abc}	۲۳/۶^{ab}
$LSD_{5\%}$	۰/۵۸۱	۵/۰۸	۱/۰۶	۰/۳۱۵	۰/۶۴۸	۱/۲۴	۰/۶۴۸	۱۳۱	۲۶۴	۳/۷۲	۰/۴۳۹

I_1، I_2 و I_3، به‌ترتیب آبیاری پس از ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A، در هر ستون و برای هر عامل آزمایشی، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

رسیدگی در تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شد، اما این کاهش بسته به ژنوتیپ متفاوت بود. به‌طوری که میزان این کاهش در سطح I_2 آبیاری نسبت به سطح I_1 در ژنوتیپ‌های فریدون‌شهر، خمین، اقلید، صدری، تلاش E9، E10، KS-21189، KS-21191 و KS-21193 به‌ترتیب ۷، ۱۲، ۷، ۷، ۱۳، ۹، ۸، ۸، ۱۹، ۹ روز و در سطح I_3 نسبت به سطح I_1 به‌ترتیب ۲۳، ۲۸، ۲۲، ۲۲، ۲۹، ۲۳، ۲۳، ۲۳، ۳۳ و ۲۳ روز بود (شکل ۱- الف). نتایج مشابهی مبنی بر کاهش تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در شرایط تنش خشکی در ژنوتیپ‌ها و ارقام مختلف انواع لوبیا از جمله لوبیاچیتی (۲۳) و لوبیای معمولی (۲۰) گزارش شده است. به‌نظر می‌رسد که کاهش در تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک یکی از مکانیسم‌های مورفولوژیک گیاهان برای مقابله و فرار از تنش خشکی است که در مطالعه حاضر این کاهش بسته به ژنوتیپ متفاوت است.

ارتفاع بوته در سطوح آبیاری I_2 و I_3 نسبت به سطح آبیاری I_1 به‌ترتیب ۱۸/۴ و ۳۹/۱ درصد کاهش یافت (جدول ۵). برخی پژهشگران نتایج مشابهی مبنی بر کاهش ارتفاع بوته را به موازات تشدید تنش رطوبتی در گیاه لوبیاچیتی (۵، ۸، ۱۱، ۱۹ و ۲۳) و برخی گیاهان زراعی مانند نخود (۱۰)، سیاه‌دانه (۲) و رازیانه (۹) گزارش کرده‌اند. کاهش ارتفاع گیاه ناشی از افزایش سرعت نمو و کاهش دوره رشد است که محدودیت رطوبت ایجاد می‌کند. افزایش فواصل آبیاری و تنش ناشی از آن موجب کاهش پتانسیل آب بافت‌های مریستمی در طول روز شده که موجب نقصان پتانسیل فشاری به حدی کمتر از میزان لازم برای بزرگ شدن سلول‌ها می‌شود و سبب کاهش ارتفاع بوته خواهد شد (۱۲). میزان رطوبت قابل استفاده گیاه بر ارتفاع بوته مؤثر است، به‌طوری که در کشت دیم و مناطق کم باران ارتفاع بوته‌ها اغلب کوتاه می‌شود (۱۰). بیشترین و کمترین ارتفاع بوته به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های E10 (۷۵/۴ سانتی‌متر) و E9 (۶۳/۲ سانتی‌متر) حاصل شد (جدول ۵). تشدید تنش رطوبتی (از سطح آبیاری I_1 به سطح I_2 و I_3) باعث کاهش ارتفاع بوته تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شد، اما این کاهش بسته به ژنوتیپ متفاوت بود. به‌طوری که میزان کاهش ارتفاع بوته در ژنوتیپ‌های فریدون‌شهر، خمین، اقلید، صدری، تلاش، E9، E10، KS-21189، KS-21191 و KS-21193 در سطح I_2 آبیاری نسبت به سطح I_1 به‌ترتیب ۲۲، ۲۷/۳، ۱۷/۱، ۱۸/۳، ۲۵/۵، ۵/۹۱، ۱۵/۳، ۴/۹۶، ۲۱/۳ و ۲۴/۴ درصد و در سطح I_3 نسبت به سطح I_1 به‌ترتیب ۳۴/۹، ۵۴/۶، ۳۳/۲، ۲۸/۵، ۴۴/۳، ۴۳/۱، ۴۶/۸، ۳۸/۶، ۳۴/۴ و ۴۲/۹ درصد بود (شکل ۱- ب). به‌عبارتی دیگر، بیشترین و کمترین ارتفاع بوته در سطح آبیاری I_1 به‌ترتیب به ارقام خمین و E9، در سطح آبیاری I_2 به ارقام E10 و KS-21193 و در سطح آبیاری I_3 به ارقام صدری و E9 تعلق داشت (شکل ۱- ب). در نتایج مشابهی غلامی‌زالی و همکاران (۱۰) در گیاه نخود متغیر بودن درصد کاهش ارتفاع بوته ژنوتیپ‌های نخود را به موازات تشدید تنش رطوبتی گزارش کردند.

تعداد غلاف در بوته در سطوح آبیاری I_2 و I_3 نسبت به سطح آبیاری I_1 به‌ترتیب ۳۹/۸ و ۶۹/۵ درصد کاهش یافت (جدول ۵). کاهش اجزای تشکیل دهنده عملکرد اثر معمول تنش خشکی است که به‌واسطه تأثیر بر سنتز و توزیع مواد فتوسنتزی اتفاق می‌افتد. در شرایط تنش خشکی کمبود رطوبت باعث می‌شود گل‌ها ریزش کند یا نسبت گل‌های بارور در روی ساقه اصلی کاهش یابد، که بدین ترتیب تعداد غلاف در بوته کاهش می‌یابد (۱۵). نتایج مشابهی مبنی بر کاهش تعداد غلاف در بوته در گیاه لوبیاچیتی (۵، ۷، ۸، ۱۱، ۱۹ و ۲۳)، لوبیا قرمز (۱۷)، لوبیای معمولی (۱۶، ۲۲ و ۲۵) و نخود (۱۰ و ۱۳) در شرایط تنش خشکی گزارش شده است. بیشترین و کمترین تعداد غلاف در بوته به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های تلاش (۹/۵۲) و فریدون‌شهر (۶/۹۷) به‌دست آمد (جدول ۵). تشدید تنش رطوبتی (از سطح آبیاری I_1 به سطح I_2 و I_3) باعث کاهش تعداد غلاف در بوته تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شد، اما این کاهش بسته به ژنوتیپ متفاوت بود. به‌طوری که این کاهش در ژنوتیپ‌های فریدون‌شهر، خمین، اقلید، صدری، تلاش، E9، E10، KS-21189، KS-21191 و KS-21193 در سطح I_2



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل: الف) رژیم آبیاری و ژنوتیپ بر روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ب) ارتفاع بوته، ج) تعداد غلاف در بوته، د) تعداد دانه در غلاف، ه) تعداد دانه در بوته و ی) وزن صد دانه ده ژنوتیپ لوبیاچیتی. (I_1، I_2 و I_3، به‌ترتیب آبیاری پس از ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A). در هر ستون نمودار و برای هر عامل آزمایشی میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

آبیاری نسبت به سطح I_1 به‌ترتیب ۳/۴۶، ۴۸/۵، ۶/۹، ۵۱/۵، ۳۸/۵، ۲۵/۶۳، ۲۸/۰۷، ۵۸/۷، ۳۹/۸ و ۵۹/۴ درصد و در سطح I_3 نسبت به سطح I_1 به‌ترتیب ۵۵/۲۴، ۷۱/۶، ۶۴/۲۵، ۵۸/۶۲، ۵۴/۰۷، ۷۴/۶، ۶۹/۴، ۷۰/۹۶، ۷۷ و ۷۲/۲ درصد بود (شکل ۱- ج). به‌عبارتی دیگر، بیشترین و کمترین تعداد غلاف در بوته در سطح آبیاری I_1 به‌ترتیب به ارقام KS-۲۱۱۹۳ و فریدون‌شهر، در سطح آبیاری I_2 به ارقام فریدون‌شهر و خمین و در سطح آبیاری I_3 به‌ترتیب به ارقام تلاش و E9 تعلق داشت (شکل ۱- ج).

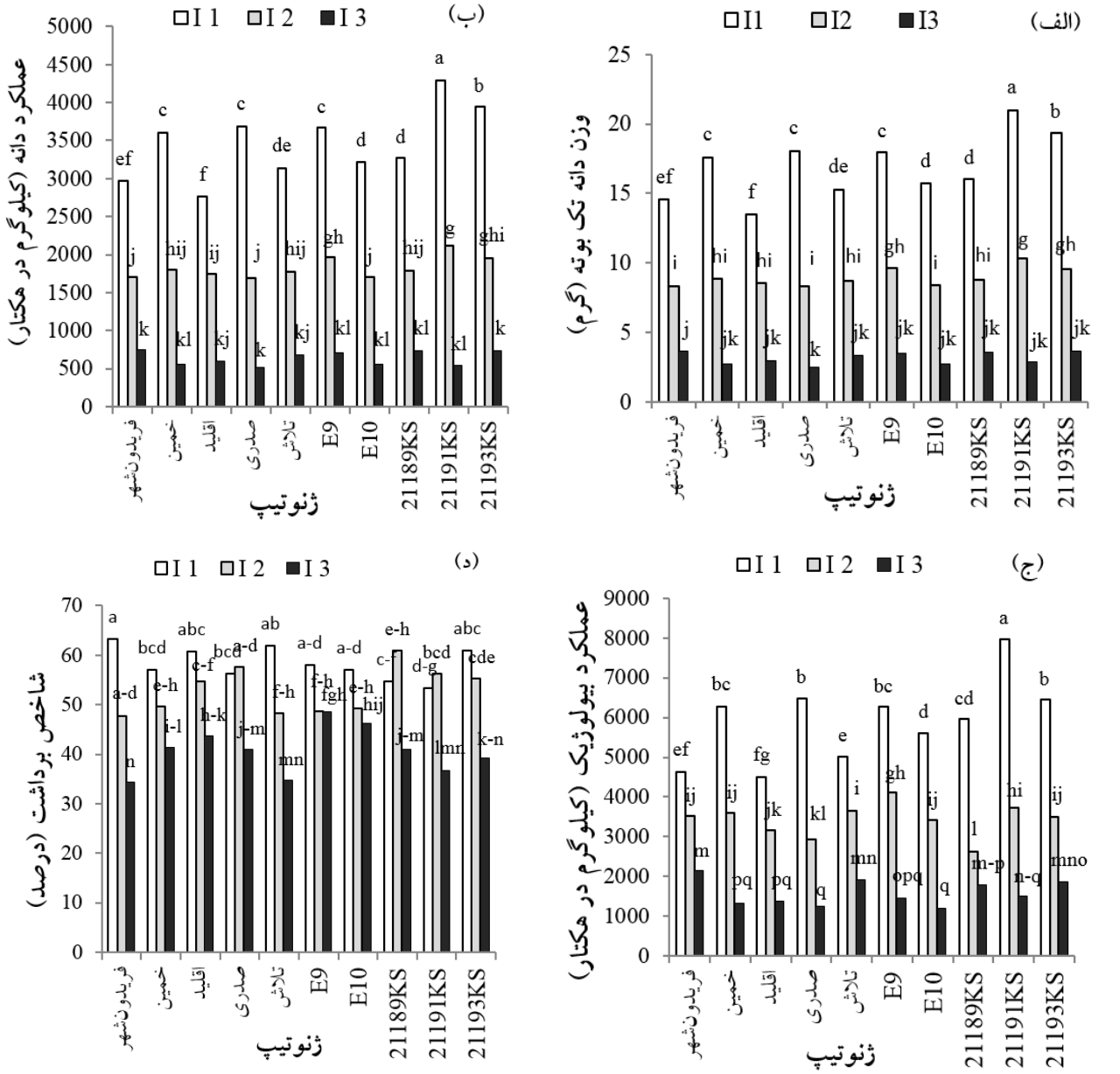
تعداد دانه در غلاف در سطوح آبیاری I_2 و I_3 نسبت به سطح آبیاری I_1 به‌ترتیب ۵/۴۴ و ۱۴/۴ درصد کاهش یافت (جدول ۵). نتایج مشابهی مبنی بر کاهش تعداد دانه در غلاف لوبیاچیتی (۷)، لوبیا معمولی (۲۰ و ۲۶) و نخود (۱۰ و ۱۳) گزارش شده است. در شرایط کمبود آب در حبوبات از میزان مواد فتوسنتزی کاسته شده و درنتیجه منجر به عدم رشد بذر و کاهش تعداد دانه در غلاف می‌شود (۶). از آنجایی که در شرایط تنش خشکی سنتز مواد فتوسنتزی کاهش می‌یابد و احتمال عقیمی دانه‌های گرده افزایش می‌یابد. به‌نظر می‌رسد تنش خشکی ناشی از افزایش فواصل آبیاری قبل و هنگام گلدهی به‌دلیل اختلال در عمل گرده‌افشانی، سبب کاهش تعداد دانه در غلاف شده است. بیشترین و کمترین تعداد دانه در غلاف به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های KS-۲۱۱۹۱ (۳/۳۱) و ژنوتیپ تلاش (۲/۶) به‌دست آمد (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد رشد رویشی بهتر در ژنوتیپ‌های برتر به‌دلیل پتانسیل ژنتیکی بالا و سازگاری این ژنوتیپ‌ها با شرایط محیطی منطقه مرتبط است که منجر به افزایش تعداد دانه در غلاف آنها می‌شود. چرا که دوره نمو طولانی‌تر ژنوتیپ‌های برتر به گیاه فرصت کافی را می‌دهد تا مقدار زیادی آب و مواد غذایی را از خاک جذب کرده و رشد رویشی بهتری داشته باشد. این بنیه بالای گیاه بر اجزای عملکرد تأثیر گذاشته و به‌دنبال آن تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در نیام افزایش می‌یابد. اثر رژیم‌های آبیاری بر تعداد دانه در غلاف بسته به ژنوتیپ متفاوت بود. به‌طوری که میزان تغییر تعداد دانه در غلاف در ژنوتیپ‌های فریدون‌شهر، خمین، اقلید، صدری، تلاش، E10،E9، KS-۲۱۱۸۹، KS-۲۱۱۹۱ و KS-۲۱۱۹۳ در سطح I_2 آبیاری نسبت به سطح I_1 به‌ترتیب ۲۷/۷-، ۱۴/۷-، ۱۸-، ۱۰/۶، ۹/۱۲-، ۱۲/۶-، ۲۹/۳-، ۵/۸۶، ۳/۵۳ و ۴۷/۶ درصد و در سطح I_3 نسبت به سطح I_1 به‌ترتیب ۳۰/۴-، ۱۳/۷-، ۳۵/۶-، ۶/۹۵، ۱۸/۶-، ۱۲/۲-، ۲۲/۴-، ۱۴/۳-، ۱۰/۳- و ۱۳/۹ درصد بود (شکل ۱- د). به‌عبارتی دیگر، بیشترین و کمترین تعداد دانه در غلاف در سطح آبیاری I_1 به‌ترتیب به ژنوتیپ‌های KS-۲۱۱۹۳ و فریدون‌شهر، در سطح آبیاری I_2 به ارقام KS-۲۱۱۹۳ و E10 و در سطح آبیاری I_3 به‌ترتیب به ژنوتیپ‌های صدری و اقلید تعلق داشت (شکل ۱- د).

تعداد دانه در بوته در سطوح آبیاری I_2 و I_3 نسبت به سطح آبیاری I_1 به‌ترتیب ۴۷/۱ و ۸۱/۴ درصد کاهش یافت (جدول ۵). به‌علت افزایش درجه حرارت در طی رشد غلاف، سرعت تنفس افزایش یافته و میزان مواد فتوسنتزی قابل دسترس برای انتقال به دانه‌های در حال رشد کاهش می‌یابد و درنتیجه غلاف‌ها ریزش می‌کنند (۲۲). به‌نظر می‌رسد در شرایط فراهم بودن رطوبت قابل دسترس طی دوره رشد زایشی، میزان فتوسنتز جاری افزایش می‌یابد و منجر به تشکیل گل‌های بیشتر در هر گل‌آذین می‌شود. از آنجایی که تعداد دانه در غلاف به‌صورت ژنتیکی کنترل می‌شود و کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد، بنابراین احتمالاً علت کاهش تعداد دانه در بوته در شرایط تنش خشکی و کاهش رطوبت قابل استفاده، کاهش تعداد غلاف در ساقه‌های اصلی و فرعی باشد (جدول ۵). بیشترین و کمترین تعداد دانه در بوته به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های KS-۲۱۱۹۱ (۱۱/۳) و اقلید (۸/۳۱) به‌دست آمد (جدول ۵). تشدید تنش رطوبتی (از سطح آبیاری I_1 به سطح I_2 و I_3) باعث کاهش تعداد دانه در بوته تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شد، اما این کاهش بسته به ژنوتیپ متفاوت بود. به‌طوری که میزان کاهش تعداد دانه در بوته در ژنوتیپ‌های فریدون‌شهر، خمین، اقلید، صدری، تلاش، E10،E9، KS-۲۱۱۸۹، KS-۲۱۱۹۱ و KS-۲۱۱۹۳ در سطح I_2 آبیاری نسبت به سطح I_1 به‌ترتیب ۳۵/۱، ۵۲/۵، ۲۴/۴، ۴۸/۵، ۴۷/۸، ۲۴/۷، ۴۷/۶، ۵۴/۵، ۴۰/۴ و ۳۹/۳

درصد و در سطح I_3 نسبت به سطح I_1 به‌ترتیب ۷۰/۷، ۷۴/۹، ۷۷/۲، ۷۸، ۷۶/۴، ۷۰/۸، ۷۸/۲، ۷۳/۳، ۷۹/۳، ۷۱/۹ درصد بود (شکل ۱- هـ). به‌عبارتی دیگر، بیشترین و کمترین تعداد دانه در بوته در سطح آبیاری I_1 به‌ترتیب به ارقام KS-۲۱۱۸۹ و فریدون‌شهر، در سطح آبیاری I_2 به ارقام E9 و خمین و در سطح آبیاری I_3 به‌ترتیب به ارقام KS-۲۱۱۸۹ و اقلید تعلق داشت (شکل ۱- هـ).

وزن صد دانه در سطوح آبیاری I_2 و I_3 نسبت به سطح آبیاری I_1 به‌ترتیب ۱۴/۳ و ۲۳/۷ درصد کاهش یافت (جدول ۵). در نتایج مشابهی تنش خشکی در گیاه لوبیا معمولی باعث کاهش ۱۳ درصدی در وزن صد دانه شد (۲۶). در مطالعه غریب اردکانی و همکاران (۷) نیز اعمال تنش خشکی باعث کاهش ۴۰ درصدی وزن صد دانه در لوبیاچیتی شد. علاوه بر این، نتایج مشابهی مبتنی بر کاهش وزن صد دانه در شرایط تنش خشکی در بسیاری از گیاهان زراعی مانند نخود (۱۰ و ۱۳)، ذرت (۱۸)، کنجد (۳۰) و رازیانه (۹) گزارش شده است. نتایج بسیاری از مطالعات نشان می‌دهد که تداوم کمبود آب پس از گرده‌افشانی وزن دانه‌ها را کاهش می‌دهد (۷ و ۲۸). شرایط محیطی از قبیل کمبود آب از طریق بازدارندگی فتوسنتز و تولید متابولیت‌های دیگر که در مرحله پرشدن دانه دخالت دارند می‌تواند اثر مخربی بر توسعه دانه داشته باشد (۲۹). کاهش وزن صد دانه در مرحله تولید مثل به این دلیل اتفاق می‌افتد که طی مرحله پرشدن دانه انتقال مواد فتوسنتزی به دانه تحت تأثیر تنش کمبود آب دچار اختلال می‌شود (۲۸). بیشترین و کمترین وزن صد دانه به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های KS-۲۱۱۹۱ (۴۶/۱ گرم) و ژنوتیپ اقلید (۳۷/۰ گرم) به‌دست آمد (جدول ۵). تشدید تنش رطوبتی (از سطح آبیاری I_1 به سطح I_2 و I_3) باعث کاهش وزن صد دانه تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شد، اما این کاهش بسته به ژنوتیپ متفاوت بود. به‌طوری که میزان کاهش در ژنوتیپ‌های فریدون‌شهر، خمین، اقلید، صدری، تلاش، E9، E10، KS-۲۱۱۸۹، KS-۲۱۱۹۱ و KS-۲۱۱۹۳ در سطح I_2 آبیاری نسبت به سطح I_1 به‌ترتیب ۱۳/۹، ۱۲/۷، ۱۲/۷، ۲۴/۱، ۱۵/۸، ۱۲/۸، ۱۳/۱۳،۳/۴، ۱۱/۳ و ۱۲/۹ درصد و در سطح I_3 نسبت به سطح I_1 به‌ترتیب ۲۳، ۲۵/۴، ۲۴/۹، ۲۲/۵، ۲۲/۴، ۲۱/۸، ۲۳/۵، ۲۵/۱، ۲۳/۷ و ۲۴/۱ درصد بود (شکل ۱- ی). به‌عبارت دیگر، بیشترین و کمترین وزن صد دانه در کلیه سطوح آبیاری به‌ترتیب به ارقام KS-۲۱۱۹۱ و تلاش تعلق داشت (شکل ۱- ی). نتایج مشابهی مبنی بر تابع ژنوتیپ بودن اثر تنش رطوبتی بر وزن صد دانه یا متغیر بودن درصد کاهش وزن صد دانه در گیاه لوبیاچیتی (۸) و برخی گیاهان زراعی دیگر مانند نخود (۱۰)، کنجد (۳۰) و رازیانه (۹) گزارش شده است.

وزن دانه تک بوته در سطوح آبیاری I_2 و I_3 نسبت به سطح آبیاری I_1 به‌ترتیب ۴۷/۱۵ و ۸۱/۴ درصد کاهش یافت (جدول ۵). قاسمی گلعذانی و همکاران (۸) در گیاه لوبیاچیتی و غلامی‌زالی و همکاران (۱۰) در گیاه نخود بیان داشتند که آبیاری تکمیلی در طی مراحل حساس رشد تأثیر معنی‌داری در افزایش وزن دانه تک بوته دارد، به‌طوری که یک یا دو نوبت آبیاری در مرحله حساس رشدی باعث افزایش قابل توجه وزن دانه تک بوته نسبت به شرایط دیم شد. بیشترین و کمترین وزن دانه تک بوته به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های KS-۲۱۱۹۱ (۱۱/۴ گرم) و اقلید (۸/۳۱ گرم) به‌دست آمد (جدول ۵). تشدید تنش رطوبتی (از سطح آبیاری I_1 به سطح I_2 و I_3) باعث کاهش وزن دانه تک بوته تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شد، اما این کاهش بسته به ژنوتیپ متفاوت بود. به‌طوری که میزان کاهش وزن دانه تک بوته در ژنوتیپ‌های فریدون‌شهر، خمین، اقلید، صدری، تلاش، E9، E10، KS-۲۱۱۸۹، KS-۲۱۱۹۱ و KS-۲۱۱۹۳ در سطح I_2 نسبت به سطح I_1 به‌ترتیب ۴۲/۶، ۴۹/۸، ۳۶/۶، ۵۴/۱، ۴۳/۲، ۴۶/۲، ۴۶/۸، ۴۵/۲، ۵۰/۸ و ۵۰/۵ درصد و در سطح I_3 به‌ترتیب ۷۴/۹، ۸۴/۴، ۷۸/۱، ۸۶/۲، ۷۶/۴، ۸۰/۶، ۸۲/۵، ۷۷/۵، ۸۶/۴ و ۸۱/۲ درصد بود (شکل ۲- الف). به‌عبارت دیگر، بیشترین و کمترین وزن دانه تک بوته در سطح آبیاری I_1 به‌ترتیب به ارقام KS-۲۱۱۹۱ و اقلید، در سطح آبیاری I_2 به ارقام KS-۲۱۱۹۱ و صدری و در سطح آبیاری I_3



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل: الف) رژیم آبیاری و ژنوتیپ بر عملکرد دانه تک بوته، ب) عملکرد دانه، ج) عملکرد بیولوژیک و د) شاخص برداشت ده ژنوتیپ لوبیاچیتی. (I_1، I_2 و I_3، به‌ترتیب آبیاری پس از ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A). در هر ستون نمودار و برای هر عامل آزمایشی میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، برا اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

به‌ترتیب به ارقام فریدون‌شهر و صدری تعلق داشت (شکل ۲-الف). در نتایج مشابهی توسط قاسمی گلعذانی و همکاران (۸) در گیاه لوبیاچیتی و غلامی‌زالی و همکاران (۱۰) در گیاه نخود ژنوتیپ‌های لوبیا و نخود از لحاظ وزن دانه تک بوته اختلاف معنی‌داری با هم داشتند و این اختلاف بسته به سطح آبیاری متفاوت بود.

عملکرد دانه در سطوح آبیاری I_2 و I_3 نسبت به سطح آبیاری I_1 به‌ترتیب ۴۷/۲ و ۸۱/۵ درصد کاهش یافت (جدول ۵). کمبود آب می‌تواند سبب بسته شدن روزنه‌ها شده و درنتیجه میزان گازکربنیک ورودی به گیاه را نیز کاهش دهد که

به‌دنبال آن میزان فتوسنتز کم شده و درنهایت منجر به کاهش در اجزای عملکرد و عملکرد شود. تنش خشکی با کاهش سطح برگ و ارتفاع بوته و افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه در مقایسه با اندام هوایی گیاه باعث کاهش ماده خشک و درنهایت عملکرد دانه می‌شود (۲۵). به‌عبارت دیگر، کاهش عملکرد ناشی از تنش خشکی می‌تواند به‌دلیل کاهش سطح فتوسنتز کننده، افزایش انرژی مصرفی گیاه برای جذب آب و بالا بردن غلظت شیره سلولی باشد. به‌نظر می‌رسد در مطالعه حاضر نیز کاهش در عملکرد دانه در شرایط تشدید تنش رطوبتی به موازات کاهش طول دوره رشدی (کاهش در روز تا رسیدگی فیزیولوژیک) و اجزای عملکرد (ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه و وزن دانه تک بوته) اتفاق افتاده است (جدول ۵). محمدی و همکاران (۱۶) در مطالعه مشابه روی ارقام مختلف لوبیای معمولی، کاهش تعداد غلاف در بوته و به‌تبع آن کاهش عملکرد دانه و بیولوژیک، شاخص برداشت و درصد پروتئین دانه در شرایط تنش رطوبتی را گزارش کردند. در مطالعه‌ای مشابه دیگر در گیاه لوبیا معمولی تنش خشکی منجر به کاهش ۶۰ درصدی تعداد غلاف در گیاه، ۲۶ درصدی تعداد دانه در غلاف و ۱۳ درصدی در وزن صد دانه و به موازات آنها کاهش ۸۰ درصدی عملکرد دانه شد (۲۶). در مطالعه غریب اردکانی و همکاران (۷) در گیاه لوبیاچیتی، اثر رژیم آبیاری بر عملکرد دانه معنی‌دار شد. ایشان بیان داشتند که عملکرد دانه در شرایط اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی نسبت به شاهد (عدم تنش) ۳۲ درصد کاهش یافت. بررسی واکنش ژنوتیپ‌های مختلف نخود به رژیم‌های آبیاری کاهش اجزای عملکرد و در پی آن عملکرد دانه به موازات تشدید تنش رطوبتی را نشان داد (۱۰). به‌طوری که عملکرد دانه در سطوح آبیاری پس از ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر نسبت به سطح آبیاری پس از ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر به‌ترتیب ۸/۴ و ۱۳/۲ درصد کاهش نشان داد. اکبری‌نیا و همکاران (۲) با مطالعه‌ای در گیاه سیاه‌دانه بیان کردند نبود رطوبت کافی باعث کاهش ارتفاع و شاخ و برگ بوته شده که منجر به کاهش عملکرد دانه می‌شود. بیشترین و کمترین عملکرد دانه به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های KS-۲۱۱۹۱ (۲۳۱۹ کیلوگرم در هکتار و اقلید (۱۷۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (جدول ۵). تشدید تنش رطوبتی (از سطح آبیاری I_1 به سطح I_2 و I_3) باعث کاهش عملکرد دانه تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شد، اما این کاهش بسته به ژنوتیپ متفاوت بود. به‌طوری که میزان کاهش عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های فریدون‌شهر، خمین، اقلید، صدری، تلاش، E۹،E۱۰، KS-۲۱۱۸۹، KS-۲۱۱۹۱ و KS-۲۱۱۹۳ در سطح I_2 نسبت به سطح I_1 به‌ترتیب ۴۲/۶، ۴۹/۸، ۳۶/۶، ۵۴/۱، ۴۳/۲، ۴۶/۲، ۴۶/۸، ۴۵/۲، ۵۰/۸ و ۵۰/۵ درصد و در سطح I_3 نسبت به سطح I_1 به‌ترتیب ۷۴/۹، ۸۴/۶، ۷۸/۲، ۸۶/۲، ۷۸/۵، ۸۰/۶، ۸۲/۶، ۷۷/۶، ۸۷/۳ و ۸۱/۳ درصد بود (شکل۲- ب). به‌عبارت دیگر، بیشترین و کمترین عملکرد دانه در سطح آبیاری I_1 به‌ترتیب به ارقام KS-۲۱۱۹۱ و اقلید، در سطح آبیاری I_2 به ارقام KS-۲۱۱۹۱ و صدری و در سطح آبیاری I_3 به‌ترتیب به ارقام فریدون‌شهر و صدری تعلق داشت (شکل ۲- ب). نتایج مشابهی در گیاه لوبیاچیتی (۳ و ۸)، لوبیا معمولی (۱۶) و برخی گیاهان زراعی دیگر مانند نخود (۱۰ و ۱۳)، کنجد (۳۰)، رازیانه (۹) مبنی بر معنی‌دار بودن اثر برهم‌کنش تیمار آبیاری در رقم یا ژنوتیپ بر عملکرد دانه گزارش شده است. نتایج این مطالعات به‌طور مشابهی نشان داد گه اگرچه به موازات تشدید تنش رطوبتی عملکرد دانه در ژنوتیپ‌ها و ارقام مورد مطالعه آنها کاهش یافت، اما درصد این کاهش تابع ژنوتیپ یا رقم بوده است. همچنین بیان شد که ژنوتیپ‌ها یا ارقامی که از درصد کاهش عملکرد کمتری در شرایط تنش رطوبتی برخوردار باشند می‌توانند به‌عنوان ژنوتیپ‌ها یا ارقام متحمل به تنش رطوبتی در برنامه‌های اصلاحی و کشت و کار مورد توجه قرار گیرند (۳، ۸، ۹، ۱۱، ۱۳، ۱۶ و ۳۰). بر این اساس، به‌نظر می‌رسد در مطالعه حاضر با توجه به اینکه کاهش درصد عملکرد دانه در سطح آبیاری I_3 نسبت به سطح آبیاری I_1 در ژنوتیپ فریدون‌شهر در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها کمتر بود

(شکل ۲-ب) می‌تواند به‌عنوان یک ژنوتیپ متحمل به تنش خشکی در مناطقی مانند فریدون‌شهر اصفهان مورد کشت و کار قرار گیرد.

در مطالعه حاضر عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح آبیاری I_1 (آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر) با روز تا رسیدگی (r^2=۰/۵۶**)، تعداد غلاف در بوته (r^2=۰/۳۶**)، تعداد دانه در بوته (r^2=۰/۴۹**)، وزن صد دانه (r^2=۰/۸۲**)، وزن دانه در بوته (r^2=۰/۹۵**) و عملکرد بیولوژیک (r^2=۰/۹۶**)، در سطح آبیاری I_2 (آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر) با تعداد غلاف در بوته (r^2=۰/۳۸*)، تعداد دانه در بوته (r^2=۰/۳۹*)، وزن دانه در بوته (r^2=۰/۵۵**) و عملکرد بیولوژیک (r^2=۰/۵۵**) و در سطح آبیاری I_3 (آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر)، با تعداد غلاف در بوته (r^2=۰/۴۳*)، وزن دانه در بوته (r^2=۰/۷۳**) و عملکرد بیولوژیک (r^2=۰/۷۱**) نشان داد (نتایج ارائه نشده است). وجود این همبستگی‌ها بیانگر این است که تنش کمبود آب با تأثیر منفی بر مراحل نمو و نیز اجزای عملکرد منجر به کاهش عملکرد دانه می‌شود. عملکرد دانه بیشترین همبستگی را با عملکرد بیولوژیک داشت که بیان از آن دارد که این دو صفت بسیار به هم وابسته‌اند و بیانگر این مسئله است که تنش کمبود آب با تأثیر بر عملکرد بیولوژیک می‌تواند به‌شدت عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار دهد. علاوه بر این، عملکرد دانه بیشترین همبستگی را با وزن دانه در بوته داشت که نشان می‌دهد این دو صفت بسیار به هم وابسته بوده و درنهایت، وزن دانه در بوته تعیین‌کننده عملکرد دانه خواهد بود.

عملکرد بیولوژیک در سطوح آبیاری I_2 و I_3 نسبت به سطح آبیاری I_1 به‌ترتیب ۴۲ و ۷۳/۳ درصد کاهش یافت (جدول ۵). بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های KS-۲۱۱۹۱ (۴۳۹۷ کیلوگرم در هکتار) و اقلید (۳۰۰۷ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (جدول ۵). در مطالعات مختلف تفاوت بین ارقام لوبیا از نظر میزان تجمع و تخصیص زیست‌توده گزارش شده است و دلایل آن به عادات رشد متفاوت ارقام لوبیا ارتباط داده شده است. به‌طور کلی، عنوان شده است که ارقام رشد محدود به‌دلیل اینکه عادت رشدی آنها به‌صورت فشرده و متراکم است در مقایسه با ارقامی که از عادت رشدی نامحدود برخوردارند، میزان زیست‌توده کمتری را تولید می‌کنند (۲۰). به‌نظر می‌رسد وزن خشک بیشتر در برخی ژنوتیپ‌ها به‌دلیل کارایی مصرف بالاتر آب و یا توانایی ژنوتیپ در جهت استحصال آب برای تعرق بیشتر است. تشدید تنش رطوبتی (از سطح آبیاری I_1 به سطح I_2 و I_3) باعث کاهش عملکرد بیولوژیک تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شد، اما این کاهش بسته به ژنوتیپ متفاوت بود. به‌طوری که میزان کاهش عملکرد بیولوژیک در ژنوتیپ‌های فریدون‌شهر، خمین، اقلید، صدری، تلاش،E9،E10، KS-۲۱۱۸۹، KS-۲۱۱۹۱ و KS-۲۱۱۹۳ در سطح I_2 آبیاری نسبت به سطح I_1 به‌ترتیب ۲۳/۹، ۴۲/۸، ۲۹/۷، ۵۴/۹، ۲۶/۸، ۳۴/۱، ۳۸/۹، ۴۲/۶، ۵۳ و ۴۵/۷ درصد و در سطح I_3 به‌ترتیب ۵۳/۸، ۷۸/۹، ۶۹/۷، ۸۰/۸، ۶۱/۵، ۷۶/۹، ۷۸/۸، ۸۰/۱، ۸۱/۲ و ۷۱/۲ درصد بود (شکل ۲- ج). به‌عبارتی دیگر، بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک در سطح آبیاری I_1 به‌ترتیب به ارقام KS-۲۱۱۹۱ و اقلید، در سطح آبیاری I_2 به ارقام E9 و صدری و در سطح آبیاری I_3 به‌ترتیب به ارقام فریدون‌شهر و E10 تعلق داشت (شکل ۲- ج).

شاخص برداشت در سطوح آبیاری I_2 و I_3 نسبت به سطح آبیاری I_1 به‌ترتیب ۹/۴۳ و ۳۰/۲ درصد کاهش یافت (جدول ۵). علت کاهش شاخص برداشت را می‌توان حساسیت بیشتر رشد زایشی به شرایط نامطلوب در مقایسه با رشد رویشی و کاهش تخصیص مواد پرورده به دانه دانست (۱۸). ژنوتیپ اقلید با میانگین ۵۳/۰ بیشترین و ژنوتیپ‌های فریدون‌شهر و تلاش به‌ترتیب با میانگین‌های ۴۸/۴ و ۴۸/۳ از کمترین شاخص برداشت برخوردار بودند (جدول ۵). اثر رژیم‌های آبیاری بر شاخص برداشت بسته به ژنوتیپ متفاوت بود. به‌طوری که میزان تغییر شاخص برداشت در ژنوتیپ‌های فریدون‌شهر، خمین، اقلید، صدری، تلاش، E9، E10، KS-۲۱۱۸۹، KS-۲۱۱۹۱ و KS-۲۱۱۹۳ در سطح I2 نسبت به سطح I1 به‌ترتیب

۲۴/۷-، ۱۲/۸-، ۹/۹-، ۲/۳۰، ۲۲-، ۱۶/۱-، ۱۳/۴-، ۱۱/۶، ۵/۶۲ و ۹/۳- درصد و در سطح I_3 نسبت به سطح I_1 به‌ترتیب ۴۵/۸-، ۲۷/۵-، ۲۸-، ۲۸/۹-، ۴۴/۱-، ۱۶/۱-، ۱۸/۸-، ۲۵/۰-، ۳۱/۲- و ۳۵/۵- درصد بود (شکل ۲- د). به‌عبارت دیگر، بیشترین و کمترین شاخص برداشت در سطح آبیاری I_1 به‌ترتیب به ارقام فریدون‌شهر و KS-۲۱۱۹۱، در سطح آبیاری I_2 به ارقام KS-۲۱۱۸۹ و فریدون‌شهر در سطح آبیاری I_3 به‌ترتیب به ارقام E9 و فریدون‌شهر تعلق داشت (شکل ۲- د). نتایج مشابهی مبنی بر تغییرات متفاوت شاخص برداشت ارقام مختلف لوبیای معمولی به موازات تشدید تنش رطوبتی گزارش شده است (۲۰).

درصد پروتئین دانه در سطوح آبیاری I_2 و I_3 نسبت به سطح آبیاری I_1 به‌ترتیب ۶/۹۹ و ۱۲/۵ درصد افزایش یافت (جدول ۵). غریب اردکانی و همکاران (۷) در نتایج مشابهی افزایش ۶/۱ درصدی محتوی پروتئین دانه را در شرایط تنش رطوبتی در گیاه لوبیاچیتی گزارش کردند. به‌نظر می‌رسد، افزایش پروتئین دانه تحت شرایط تنش آبی با افزایش نسبت پروتئین به نشاسته در دانه همراه است. زیرا که در شرایط تنش، مقدار کاهش در سنتز نشاسته بارزتر است که با مطالعه جلیلیان و همکاران (۱۳) در گیاه نخود و محمدزاده و همکاران (۱۷) در گیاه لوبیای قرمز مطابقت دارد. در شرایط تنش آب، مقدار جذب و تثبیت کربن به‌دلیل بسته شدن روزنه کاهش می‌یابد، انتقال مجدد نیتروژن از برگ به دانه کاهش پیدا نمی‌کند و باعث افزایش درصد پروتئین دانه می‌شود (۲۴). بیشترین و کمترین درصد پروتئین دانه به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های صدری (۲۳/۹ درصد) KS-۲۱۱۹۳ (۱۹/۹ درصد) به‌دست آمد (جدول ۵). احتمالاً اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر درصد پروتئین، به‌دلیل وجود تفاوت ژنتیکی بین آنها در پاسخ به تنش خشکی است.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که اگرچه تشدید تنش رطوبتی به‌واسطه تسریع در رسیدگی فیزیولوژیکی و کاهش اجزای عملکرد (ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه و وزن دانه در بوته) باعث کاهش عملکرد (دانه و بیولوژیک)، شاخص برداشت و افزایش درصد پروتئین دانه گیاه لوبیاچیتی شد، اما این تغییرات به استثنای درصد پروتئین دانه تابع ژنوتیپ بود. به‌طوری که، تشدید تنش رطوبتی (از سطح آبیاری I_1 به I_3) باعث کاهش عملکرد دانه تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شد. میزان این کاهش از ۸۷/۳ درصد در ژنوتیپ KS-۲۱۱۹۱ تا ۷۴/۹ درصد در فریدون‌شهر متغیر بود. علاوه بر این، بالاترین عملکرد دانه در سطح آبیاری I_1 در ژنوتیپ KS-۲۱۱۹۱ (۲۳۱۹ کیلوگرم بر هکتار) حاصل شد، اما احتمالاً کاشت توأم ژنوتیپ فریدون‌شهر با آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر (I_3) (با حداقل حجم و تعداد آبیاری، ۲۰۸/۱ میلی‌متر آب آبیاری طی ۷ بار آبیاری) به‌دلیل ثبات عملکرد بالاتر (درصد کاهش عملکرد کمتر) می‌تواند در تعدیل تنش خشکی و دستیابی به عملکرد قابل قبول گیاه لوبیاچیتی در مناطقی مانند فریدون‌شهر مؤثر واقع شود.

تقدیر و تشکر

از کمک‌های مالی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Acosta-Díaz, E., J. A. Acosta-Gallegos, C. Trejo-López, J. S. Padilla-Ramírez and M. D. Amador-Ramírez. 2009. Adaptation traits in dry bean cultivars grown under drought stress. *Agricultura técnica en México* 35(4): 419-428.
2. Akbari-Nia, A., M. Khosravi-Fard, E. Sharifi Ashoorabadi and P. Babakhanloo. 2005. Influence of irrigation regime on yield and agronomic traits of black cumin (*Nigella sativa*). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 21: 65-73. (In Farsi).

3. Bourgault, M., C. A. Madramootoo, H. A. Webber, G. Stulina, M. G. Horst and D. L. Smith. 2010. Effects of deficit irrigation and salinity stress on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) grown in a controlled environment. *Journal of Agronomy and Crop Science* 196: 262-272.
4. Boutraa, T. and F. E. Sanders. 2001. Influence of water stress on grain yield and vegetative growth of two cultivars of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science* 187: 251-257.
5. Emadi, N., S. Jahanbin and H. R. Balouchi. 2013. Effect of drought stress and plant density on yield and some physiological characteristics of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Yasouj region. *Iranian Journal of Crop Production and Processing* 3: 25-36. (In Farsi).
6. Farooq, M., N. Gogoi, S. Barthakur, B. Baroowa, N. Bharadwaj, S. S. Alghamdi and K. H. M. Siddique. 2017. Drought stress in grain legumes during reproduction and grain filling. *Journal of Agronomy and Crop Science* 203: 81-102.
7. Gharib Ardakani, L., H. Farajee and A. S. Kelidari. 2013. The effect of water stress on grain yield and protein of spotted bean (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar Talash. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research* 1: 940-949.
8. Ghassemi-Golezani, K., P. Zafarani-Moattar, Y. Raey and A. Mohammadi. 2010. Response of pinto bean cultivars to water deficit at reproductive stages. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 8: 801-804.
9. Gholami Zali, A. and P. Ehsanzadeh. 2018. Exogenous proline improves osmoregulation, physiological functions, essential oil, and seed yield of fennel. *Industrial Crops and Products* 111: 133-140.
10. Gholami Zali, A., P. Ehsanzadeh and J. Razmjoo. 2014. Effects of irrigation regimes on seed yield and yield components of chickpea cultivars at two autumn and spring planting seasons in Lorestan province. *Iranian Journal of Field Crop Research* 46(1): 123-135. (In Farsi)
11. Habibi, G. R. and M. R. Bihamta. 2007. Study of seed yield and some associare characteristics in pinto been under reduced irrigation. *Iranian Journal of Research and Construction* 20: 34-46. (In Farsi)
12. Hassani, A. 2006. Effect of water deficit stress on growth, yield and essential oil content of *Dracucephalum moldavica*. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 22: 256-261. (In Farsi)
13. Jalilian, J., S. A. M. Modarres Sanavy and S. H. Sabaghpour. 2005. Effect of plant density and supplemental irrigation on yield, yield components and protein content of four chickpea (*Cicer arietinum*) cultivars under dry land condition. *Journal of Agriculture and Natural Resources* 12(5): 1-9. (In Farsi).
14. Juliana, C. M., V. M. Cirion, N. S. F. Junior, R. T. Faria and D. Destora. 2001. Response of common bean cultivars and lines to water stress. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 4: 363-372.
15. Meckel, L., D. B. Egli, R. E. Philips, D. Redeliffe and J. E. Leggett. 1984. Effect of moisture stress on seed growth in soybean. *Agronomy Journal* 76: 647-650.
16. Mohammadi, M., M. Pouryousef, A. Tavakoli and E. Mohseni Fard. 2019. Improvement in photosynthesis, seed yield and protein content of common bean (*Phaseolus vulgaris*) by foliar application of 24-epibrassinolide under drought stress. *Crop and Pasture Science* 70: 535-545.
17. Mohammadzadeh, A., N. Majnoonhoseini, H. Moghaddam and M. Akbari. 2011. The effect of various water stress and nitrogen levels on the yield and yield components in red beans genotype. *Iranian Journal of Agriculture Science* 43(1): 29-38. (In Farsi)
18. Pendy, R. K., J. W. Marienville and A. Adum. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effect on maize in an aphelia environment: I. Grain yield components. *Agricultural Water Management* 46: 1-13.
19. Rezaei, Z. and F. Jabbari. 2015. Effect of drought stress on photo assimilate allocation of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Field Crop Research* 46(2): 217-226. (In Farsi).
20. Rosales-Serna, R., J. Kohashi-Shibata, J. Alberto Acosta-Gallegos, C. Trejo-Lopez, J. Ortiz-Cereceres and J. D. Kelly. 2004. Biomass distribution, maturity acceleration and yield in drought-stressed common bean cultivars. *Field Crop Research* 85: 203-211.
21. Salo-Vaananen, P. P. and P. E. Koivistoinen. 1996. Determination of protein in foods: comparison of net protein and crude protein (N x 6.25) values. *Food Chemistry* 51(1): 21-31.
22. Saxena, M. C. 1993. The challenge of developing biotic and abiotic stress resistance in cool season food legumes. PP. 3-14. *In*: Singh, K. B. and M. C. Saxena (Eds.), Breeding for Stress Tolerance in Cool Season Food Legumes. Jon Wiley & Sons, New York, NY.
23. Singh, S. P. 2007. Drought resistance in the race Durango dry bean landraces and cultivars. *Agronomy Journal* 99(5): 1219-1225.
24. Souza, G. M., J. M. Cardoso and A. N. Goncalves. 2004. Proline content and protein patterns in Eucalyptus grandis shoot submitted too high and low temperature shoks. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 47(3): 355-362.
25. Sreevalli, Y., K. Baskaran, R. Chandrashkara and R. Kuikkarni. 2001. Preliminary observations on the effect of irrigation frequency and genotypes yield and alkaloid concentration in periwinkle. *Journal of Medicinal and Aromatic Plant Science* 22: 356-358.

26. Szilagyi, L. 2003. Influence of drought on seed yield components in common bean. *Bulgarian Journal of Plant Physiology* 320-330.
27. Teran, h. and S. P. Singh. 2002. Comparsion of sourses and line selected for drought resistance in common bean. *Crop Science* 42: 64-70.
28. Vaezirad, S., F. Shekari, A. M. Shiranirad and A. Zangani. 2008. The effect of water stress in various growth stages on the yield and yield components in bean varieties. *Journal of New Knowledge of Agriculture* 4: 85-94.
29. Welbaum, G. E., Z. H. Shen. M. O. Oluoch and L. W. Jett. 1998. The evolution and effects on priming vegetabies seeds. *Seed Science and Technology* 20: 209-235.
30. Yousefzadeh Najafabadi, M. and P. Ehsanzadeh. 2017. Salicylic acid effects on osmoregulation and seed yield in drought-stressed sesame. *Agronomy Journal* 109 (4): 1414-1422.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 11, No. 2, Summer 2021, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Effect of Irrigation Regimes on Yield, Yield Components and Seed Quality of Different Pinto Bean (*Phaseolus vulgaris*) Genotypes

R. Ghaedi[1], J. Razmjoo[2*] and A. Gholami Zali[3]

(Received: March 24-2020; Accepted: May 06-2020)

Abstract

Identification of drought-resistant genotypes is crucial in order to reduce the negative effects of drought, as one of the most important limiting factors of crop production in arid and semiarid regions. Thus, effects of three irrigation regimes (irrigation after 50 (I_1), 100 (I_2) and 150 (I_3) mm evaporation from a class A pan), as the main plot were investigated. These effects were studied on some morphological traits, yield, yield components and seed quality of ten pinto bean cultivars (KS-21193, KS-21191, KS-21189, E10, E9, Sadri, Talash, local masses Khomein, Eghlid and Fereidoonshahr), as the sub-plot. The experiment was conducted with 3 replications as split-plot based on randomized complete block design in Fereidoonshahr, Esfahan, Iran. Drought stress led to decreases in day to physiological maturity, plant height, pods/plant, seeds/pod, seeds/plant, 100-seeds weight, seed weight/plant, dry matter and grain yield, and harvest index and increases in seed protein percentage. However, only seed protein percentage was not genotype-dependent. Variations of reduction in grain yield from I_1 to I_2 were observed. These variations were from 54.4% in Sadri to 36.6% in Talash genotype. Also, from I_1 to I_3 the variations were from 87.3% in KS-21191 to 74.9% in Fereidoonshahr genotype. It could be concluded that while the highest grain yield was obtained in KS-21191 (2319 kg ha^{-1}), probably planting Fereidoonshahr genotype along with irrigation after 150 mm evaporation may lead to moderation of drought stress at regions similar to Fereidounshahr.

Keywords: Drought, pinto bean, grain yield, harvest index, grain protein

1, 2, 3. MSc., Professor and PhD, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: krazmjoo@cc.iut.ac.ir