تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد چهاردهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۰
۷۴-۶۳
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.2596.1679

*مقاله پژوهشی*

# تأثیر رژیم‌های مختلف رطوبتی بر تبادلات گازی و صفات زراعی مرتبط با عملکرد گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)

**سمیه غفاری[۱]، افشین توکلی[۲*]، علیرضا یوسفی[۲]، جعفر نیکبخت[۳]، هادی سالک معراجی[۴]**

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه زنجان
۲. دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه زنجان
۳. دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه زنجان
۴. دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه زنجان

**تاریخ دریافت: ۹۸/۰۳/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۵/۲۳**

## چکیده

**لوبیا یکی از مهم‌ترین منابع تأمین‌کننده پروتئین موردنیاز انسان است. تنش خشکی به‌عنوان اصلی‌ترین عامل محدودکننده تولید لوبیا در سراسر جهان شناخته شده است. به‌منظور بررسی تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر تبادلات گازی و صفات زراعی مرتبط با عملکرد گیاه لوبیا، آزمایشی در بهار سال ۱۳۹۱ به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل پنج سطح مختلف آبیاری (آبیاری نشتی با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی، آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۱۰۰ درصد، ۸۰ درصد، ۶۰ درصد و ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه بود. رژیم‌های آبیاری به‌غیر از ارتفاع بوته و غلظت $CO_2$ زیر روزنه بر سایر صفات مورد ارزیابی تأثیر معنی‌داری داشت. کاهش مقدار آب در دسترس اثرات نامطلوبی بر عملکرد و اجزای عملکرد داشت. بالاترین میزان عملکرد دانه (۹۴۵/۶ کیلوگرم در هکتار)، تعداد غلاف در بوته (۱۰/۹۵) و شاخص برداشت (۲۳/۸۷ درصد) در تیمار آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۱۰۰ درصد و بالاترین هدایت روزنه‌ای (۰/۴۳ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه) در تیمار آبیاری نشتی با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی مشاهده گردید. در سایر صفات مورد مطالعه بین تیمار آبیاری نشتی با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۱۰۰ درصد تفاوتی وجود نداشت. غلظت $CO_2$ زیر روزنه در رژیم‌های مختلف آبیاری از نظر آماری یکسان بود. عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته و شاخص برداشت تیمار آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۱۰۰ درصد به‌ترتیب ۳۱/۲۹، ۵۹ و ۱۸/۹۳ درصد بیشتر از تیمار آبیاری نشتی با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی بود. نتایج نشان داد که با کاهش مقدار آب مورد نیاز، صفات فیزیولوژیکی و زراعی مؤثر بر رشد و نمو لوبیا دچار اختلال گردیده و در نهایت سبب کاهش عملکرد می‌شود. ازآنجاکه بین تیمار تیمار آبیاری نشتی با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۱۰۰ درصد در بسیاری از صفات اکوفیزیولوژیکی، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، به‌منظور کاهش آب مصرفی، پیشنهاد می‌شود که در کشت لوبیا به‌جای آبیاری نشتی (سنتی) از روش آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی استفاده شود.**

***واژه‌های کلیدی:*** **اجزای عملکرد، پارامترهای فتوسنتزی، رژیم‌های آبیاری، صفات اکوفیزیولوژیکی، لوبیا**

## مقدمه

حبوبات از منابع مهم تأمین‌کننده پروتئین در اکثر کشورها به‌ویژه کشورهای درحال‌توسعه است، زیرا از نظر اقتصادی ارزان‌تر از پروتئین حیوانی است (Khaghani et al., 2008). لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، یک منبع مهم غذایی در سراسر دنیا محسوب می‌شود که به دلیل دارا بودن پروتئین، ویتامین و فیبر ارزش غذایی بالایی دارد (Dursum, 2007). لوبیا با تولید سالانه بیش از ۳۰ میلیون تن، مقام اول (FAO, 2018) و در ایران پس از نخود، مقام دوم را دارد (FAO,

* نگارنده پاسخگو: افشین توکلی. پست الکترونیک: Tavakoli@znu.ac.ir

2018). بر اساس گزارش‌ها، تقریباً ۱۴/۹ درصد اراضی زیر کشت حبوبات و ۳۷/۶ درصد تولید سالیانه حبوبات را لوبیا تشکیل می‌دهد (Agricultural Statistics, 2013). میزان تولید لوبیا در ایران ۲۲۰ هزار تن با متوسط عملکرد ۲۱۰۰ کیلوگرم در هکتار است (FAO, 2018).

کمبود آب یکی از اصلی‌ترین عوامل محدودکننده تولید گیاهان در بسیاری از مناطق دنیا بخصوص مناطق خشک و نیمه‌خشک است (Shahbaz et al., 2009). در حدود یک‌سوم از زمین‌های قابل‌کشت دنیا به‌طور قابل‌توجهی با کمبود آب مواجه هستند (Rahbarian et al., 2011). لوبیا نیز همانند سایر گیاهان زراعی تحت تأثیر انواع تنش‌های محیطی قرار می‌گیرد. پژوهش‌گران گزارش کرده‌اند که مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید لوبیا در سراسر جهان، تنش خشکی است (Szilagyi, 2003; Teran and Singh, 2002). گیاه لوبیا تحمل پایینی به تنش آبی دارد و این در حالی است که حدود ۶۰ درصد از محصول لوبیا در مناطقی به دست می‌آید که تحت تنش کم‌آبی قرار دارند (Souza et al., 2003). گزارش‌شده که حدود ۲۵ درصد کاهش عملکرد لوبیا به دلیل تنش خشکی اتفاق می‌افتد (Rahbarian et al., 2011).

تحقیقات مختلفی در رابطه با تأثیر تنش کم‌آبی بر گیاه لوبیا انجام گرفته است. بر همین اساس گزارش گردیده که تنش خشکی در لوبیا با کاهش فشار تورژسانس سبب کاهش سطح برگ و تعداد برگچه شده و در نتیجه فتوسنتز کاهش می‌یابد (Hu et al., 2013). به‌دنبال کاهش توان فتوسنتزی در گیاه، عملکرد زیست‌توده، وزن دانه، شاخص برداشت و عملکرد دانه کاهش می‌یابد (Munoz-Perea et al., 2006). در آزمایشی گزارش شده که تحت شرایط تنش خشکی ارتفاع گیاه، سطح برگ، طول ریشه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه در گیاه لوبیا به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Sadat Rasti Sani et al., 2014). تنش خشکی در لوبیا سبب کاهش کلروفیل a و b، عملکرد دانه، وزن دانه گردید ولی درصد پروتئین دانه و پرولین برگ را افزایش داد (Davoodi et al., 2018). محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2018) گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی باعث کاهش شاخص سطح برگ، اجزای عملکرد، عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت لوبیا می‌شود.

گزارش شده است که تحت شرایط تنش خشکی مقاومت روزنه‌ای و شاخص کلروفیل در گیاهچه‌های لوبیا افزایش ولی محتوای آب نسبی برگ، شاخص پایداری غشاء، میزان کارایی فتوسیستم II و عملکرد کوانتومی فتوسنتز به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Sadat Rasti Sani et al., 2014). کاهش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت و ارتفاع بوته لوبیا در شرایط تنش توسط (Mohammad Zadeh et al., 2012) نیز گزارش شده است. ارتفاع بوته، عملکرد دانه در بوته، طول غلاف، تعداد کل غلاف در هر بوته، تعداد کل دانه در بوته لوبیا با کاهش مقدار آب قابل‌دسترس کاهش یافت (Sabzi et al., 2017). با توجه با اهمیت تغذیه‌ای و اقتصادی لوبیا و همچنین اثرات نامطلوب تنش در میزان تولید و عملکرد آن، آزمایشی به‌منظور بررسی تأثیر رژیم‌های مختلف به روش آبیاری سنتی و قطره‌ای-نواری روی برخی ویژگی-های فیزیولوژیکی و زراعی لوبیا قرمز تحت شرایط مزرعه‌ای طراحی و اجرا گردید.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در بهار سال ۱۳۹۰، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، با مختصات جغرافیایی ″۱۵ ′۲۴ °۴۸ طول شرقی و ″۳۷ ′۴۰ °۳۶ عرض شمالی و ارتفاع ۱۶۳۴ متر از سطح دریا، به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و پنج تیمار اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل پنج سطح مختلف آبیاری شامل آبیاری نشتی با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه ، آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه، آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه و آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه بود. به‌منظور تهیه زمین، ابتدا در فصل پاییز توسط گاوآهن برگردان‌دار شخم عمیق زده شد. در بهار نیز عملیات دیسک‌زنی و تسطیح زمین انجام گرفت. فاصله روی ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر تیمار شامل چهار ردیف کاشت به طول شش متر تعیین شد. جهت اعمال تیمار آبیاری نشتی (سنتی) به کمک دستگاه فاروئر جوی و پشته‌هایی به فاصله ۵۰ سانتی‌متر ایجاد و سپس اقدام به کشت گردید. تیمارهای آبیاری قطره‌ای-نواری نیز با همان فواصل ذکرشده روی زمین مسطح اجرا و سپس کشت انجام شد.

به‌منظور کنترل فشار آب ورود به سیستم آبیاری قطره‌ای-نواری، به ورودی لوله اصلی، یک عدد فشارسنج نصب گردید. همچنین حجم آب ورودی به تیمارهای آبیاری نشتی از طریق یک عدد کنتور نصب‌شده بر روی لوله آب‌رسان کنترل و اندازه‌گیری گردید. کنترل حجم آب مورداستفاده هر کرت در تیمارهای آبیاری قطره‌ای-نواری در هر دور آبیاری، از طریق یک عدد ظرف مدرج انجام شد. عملیات داشت مانند مبارزه با علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها نیز در زمان موردنیاز انجام گردید.

با تعیین تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ETo) به روش فائو-پنمن-مونتیث و ضرایب گیاهی (Kc) در مراحل مختلف رشد، نیاز آبی گیاه (ETC) در منطقه مورد آزمایش از رابطه ۱ تعیین شد (Allen et al., 1998).

$$ETc = ETo \times Kc \qquad [۱]$$

که در آن ETC:تبخیر-تعرق گیاه (mm/day)، ETO: تبخیر-تعرق مرجع (mm/day)، KC: ضریب گیاه هستند.

به‌منظور تأمین آب موردنیاز، حجم آب آبیاری در هر دور آبیاری برای سیستم آبیاری جوی-پشته‌ای و قطره‌ای-نواری نیز به ترتیب از رابطه ۲ (Alizadeh, 2007) و رابطه ۳ (Keller and Bliesner, 1990) استفاده شد.

$$IR = \frac{\text{ETc}}{\text{Ea}\times\text{LR}} \qquad [۲]$$

در این معادله IR: نیاز آبی (mm)، ETC: تبخیر-تعرق گیاه (mm/day)، Ea: راندمان مصرف آب (٪)، LR: نیاز آبشویی (٪) هستند.

$$G = K \times d \times Sp \times Sr \qquad [۳]$$

که در آن G: حجم ناخالص آب مورد نیاز در هر نوبت آبیاری (lit)، K: ضریب تبدیل واحدها (K=1)، Sp: فاصله بوته بر روی ردیف (m)، Sr: فاصله بین ردیف‌ها (m) هستند.

مقدار نیاز آب آبیاری برای تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه در هر دور آبیاری، بر اساس داده‌های پارامتریک هواشناسی ثبت‌شده در سایت هواشناسی دانشگاه زنجان محاسبه شد. جهت اندازه‌گیری محتوای نسبی آب، از برگ‌های میانی بوته‌ها چند برگ جدا و وزن‌تر آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس برگ‌ها به تکه‌های کوچک تقسیم و درون آب مقطر قرار گرفتند. پس ۲۴ ساعت وزن برگ آماس یافته اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. رابطه محتوای نسبی آب برگ با استفاده از رابطه ۴ محاسبه گردید (Clavel et al., 2005).

$$RWC = \frac{\text{FW}-\text{DW}}{\text{TW}-\text{DW}} \times 100 \qquad [۴]$$

که در آن RWC: محتوای نسبی آب برگ (٪)، FW: وزن تر نمونه DW: وزن خشک نمونه، TW: وزن آماس یافته نمونه هستند.

برای اندازه‌گیری فتوسنتز و سایر پارامترهای تبادلات گازی از دستگاه IRGA LCi استفاده شد. میزان هدایت مزوفیلی یا کارایی کربوکسیلاسیون (CE) از حاصل تقسیم سرعت فتوسنتز بر غلظت $CO_2$ درون روزنه (رابطه ۵) به دست آمد (Ritchie et al., 1990).

$$CE = \frac{\text{An}}{\text{Ci}} \qquad [۵]$$

که در آن CE: سرعت تعرق ($mmol.m^{-2}.s^{-1}$)، An: سرعت فتوسنتز، Ci: غلظت $CO_2$ درون اتاقک زیر روزنه هستند.

به‌منظور اندازه‌گیری صفات مرتبط با عملکرد و اجزای عملکرد، پس از رسیدگی کامل بوته‌ها از هر کرت آزمایشی، ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و سپس اندازه‌گیری‌ها انجام شد. سپس میانگین آن‌ها برای هر کرت محاسبه‌شده و به‌عنوان معیار آن کرت لحاظ شد. صفت شاخص برداشت نیز از رابطه ۶ محاسبه گردید (Karam et al., 2007) که در آن HI شاخص برداشت برحسب درصد، E عملکرد اقتصادی برحسب کیلوگرم در هکتار و BY عملکرد زیستی بر حسب کیلوگرم در هکتار است.

$$\text{HI}=\frac{\text{EY}}{\text{BY}} \times 100 \qquad [۶]$$

جهت انجام تجزیه واریانس داده‌ها، مقایسات میانگین و بررسی نرمال بودن توزیع خطاهای آزمایشی صفات مورد آزمایش، از نرم‌افزار SAS.9.1 استفاده شد. توزیع خطاهای آزمایشی صفات وزن هزار دانه، عملکرد دانه، هدایت روزنه‌ای و هدایت مزوفیلی نرمال نبود که جهت نرمال نمودن از تبدیل داده استفاده شد. مقایسات میانگین نیز با کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد بررسی قرار گرفت.

## نتایج و بحث

### *محتوای نسبی آب*

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار تیمارهای آبیاری بر محتوای آب نسبی برگ در سطح یک درصد بود (جدول ۱). تیمار آبیاری نشتی با ۹۰/۶۸ درصد

بالاترین مقدار را دارا بود. با کاش مقدار آب قابل‌دسترس، محتوای نسبی آب برگ نیز کاهش یافت به‌طوری‌که در تیمار ۴۰ درصد تأمین نیاز آبی، به کمترین مقدار (۶۲/۸۲ درصد) رسید. میزان محتوای نسبی آب برگ در تیمار آبیاری نشتی و آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه از نظر آماری مشابه بود (جدول ۲). محتوای نسبی آب برگ نقش مهمی در تنظیم هدایت روزنه‌ای و در نتیجه سرعت فتوسنتزی گیاه دارد (Mitchell et al., 2001). مقدار نسبی آب برگ به‌طور مستقیم با آماس و تقسیم سلولی مرتبط است، ازاین‌رو رابطه مستقیمی بین میزان نسبی آب برگ و عملکرد بیولوژیک وجود دارد (Yadav and Bhushan, 2001). گزارش گردیده که تنش خشکی سبب کاهش محتوای آب نسبی برگ لوبیا می‌شود (Ghanbari et al., 2013). کاهش محتوای آب نسبی برگ تحت شرایط تنش کم‌آبی در لوبیا قرمز (Sadat Rasti Sani et al., 2014: Boroujerdnia et al., 2016) و لوبیا چشم‌بلبلی (Shekari et al., 2010) نیز به اثبات رسیده است که همسو با یافته‌های این پژوهش است.

**جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای آبیاری بر پارامترهای فتوسنتزی گیاه لوبیا**

**Table 1. Analysis of variance of the effect of treatments of irrigation on photosynthesis parameters of bean plant**

| | | Mean of Squares میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| منابع تغییرات S.O.V | درجه آزادی df | محتوای آب نسبی RWC | سرعت فتوسنتز خالص Net CO2 assimilation rate ($ACO_2$) | هدایت روزنه‌ای بخارآب Stomatal conductance to water vapour (gs) | هدایت مزوفیلی Mesophyll Conductance (gm) | غلظت $CO_2$ زیر روزنه Intercellular $CO_2$ concentration (Ci) |
| تکرار Repeat | 3 | $7.41^{ns}$ | $28.21^{ns}$ | $0.018^{ns}$ | $0.008^{*}$ | $4711.08^{**}$ |
| تیمار Treatment | 4 | $472.34^{**}$ | $85.15^{**}$ | $0.12^{**}$ | $0.01^{*}$ | $2430.84^{ns}$ |
| خطا Total Error | 12 | 31.62 | 8.23 | 0.007 | 0.001 | 801.96 |
| ضریب‌تغییرات C.V % | - | *7.06* | *35.09* | *23.69* | *21.74* | *13.63* |

*، ** و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح پنج درصد، یک درصد و عدم معنی‌داری

*, ** and ns represent significant at of 5% and 1% probability level and not significant, respectively

### *هدایت روزنه‌ای*

تیمارهای آبیاری بر هدایت روزنه‌ای لوبیا اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۱). با افزایش شدت تنش کم‌آبی از هدایت روزنه‌ای برگ کاسته گردید. بالاترین میزان هدایت روزنه‌ای با ۰/۴۳ (میلی مول بر مترمربع در ثانیه) در تیمار آبیاری نشتی مشاهده گردید. تیمار ۴۰ درصد تأمین نیاز آبی، کمترین مقدار هدایت روزنه‌ای (۰/۰۳ میلی مول بر مترمربع در ثانیه) را داشت (جدول ۲). میزان هدایت روزنه‌ای در تیمار آبیاری نشتی و آبیاری با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند، این مسئله نشان می‌دهد که در شرایط رطوبتی یکسان، روش آبیاری نیز می‌تواند بر صفت هدایت روزنه‌ای تأثیرگذار باشد. کاهش پتانسیل آب برگ باعث بسته شدن روزنه و در نتیجه کاهش هدایت روزنه‌ای می‌گردد که این امر به‌نوبه خود باعث کاهش $CO_2$ و در نتیجه کاهش سرعت فتوسنتز و متعاقباً کاهش رشد می‌شود (Bota et al., 2004). گزارش شده که تنش کم‌آبی در لوبیا میزان فتوسنتز خالص و هدایت روزنه‌ای را کاهش داده و پیری برگ را تسریع می‌کند (Zou et al., 2007). کاهش هدایت روزنه‌ای تحت شرایط تنش در لوبیا قرمز (Figueiredo et al., 2008; Rasti Sani et al., 2014)، لوبیاچیتی (Karimzadeh et al., 2017) و لوبیا چشم‌بلبلی (Shekari et al., 2010; Anyia and Herzog, 2004) نیز گزارش شده که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

### *سرعت فتوسنتز*

اثر تیمارهای آبیاری بر سرعت فتوسنتز برگ لوبیا در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش شدت

تنش از سرعت فتوسنتز کاسته گردید به‌طوری‌که بیشترین و کمترین میزان سرعت فتوسنتز (۱۵/۳۲ و ۳/۷۲ میکرو مول بر مترمربع در ثانیه) به‌ترتیب مربوط به آبیاری نشتی با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۴۰ درصد نیاز آبی بود. تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی به روش نشتی نسبت به تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی به روش قطره‌ای، فتوسنتز بالاتری را نشان داد هرچند که اختلاف بین آن‌ها ازنظر آماری معنی‌دار نبود. سرعت فتوسنتز در تیمار آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه نیز اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۲). سرعت فتوسنتز در شرایط تنش آبی از طریق بسته شدن روزنه‌ها سریعاً کاهش می‌یابد و در صورت تشدید تنش، عوامل غیر روزنه‌ای نیز تأثیرگذار هستند. در آزمایش حاضر مشخص گردید که کمبود آب سبب کاهش سرعت فتوسنتز در لوبیا شده که می‌تواند سبب افت عملکرد گردد.

کاهش سرعت فتوسنتز در شرایط تنش در پژوهش‌های متعددی اثبات گردیده است. شکاری و همکاران (Shekari et al., 2010) گزارش کردند که در شرایط تنش کم‌آبی سرعت فتوسنتز در گیاه لوبیا چشم‌بلبلی کاهش می‌یابد. گزارش شده که در شرایط تنش سرعت فتوسنتز لوبیا قرمز کاهش پیدا می‌کند (Sadat Rasti Sani et al., 2014). نتایج به‌دست‌آمده در تحقیق حاضر با نتایج دیگر پژوهش‌ها مطابقت دارد. زمانی که گیاه با کمبود آب مواجه می‌شود، به علت بسته شدن روزنه‌ها سرعت تعرق و فتوسنتز کاهش می‌یابد (Hirayama et al., 2006).

**جدول ۲. مقایسات میانگین تأثیر تیمارهای آبیاری بر پارامترهای فتوسنتزی گیاه لوبیا.**

**Table 2. Mean comparisons of the effect of treatments of irrigation on photosynthesis parameters of bean plant**

| Treatment تیمار | محتوای آب نسبی RWC | سرعت فتوسنتز خالص Net CO2 assimilation rate ($ACO_2$) | هدایت روزنه‌ای بخارآب Stomatal conductance to water vapour (gs) | هدایت مزوفیلی Mesophyll Conductance (gm) | غلظت $CO_2$ زیر روزنه Intercellular $CO_2$ concentration (Ci) |
|---|---|---|---|---|---|
| | % | $\mu molco_2.m^{-2}.s^{-1}$ | ---------- $mmol.m^{-2}.s^{-1}$ ---------- | | |
| ۱۰۰ درصد آبیاری 100% Irrigation | 88.90[a] | 12.23[a] | 0.17[b] | 0.06[a] | 209.25[a] |
| ۸۰ درصد آبیاری 80% Irrigation | 81.05[ab] | 7.16[bc] | 0.10[bc] | 0.04[ab] | 192.0[a] |
| ۶۰ درصد آبیاری 60% Irrigation | 75.98[b] | 7.12[bc] | 0.08[bc] | 0.03[ab] | 178.88[a] |
| ۴۰ درصد آبیاری 40% Irrigation | 62.82[c] | 3.72[c] | 0.03[c] | 0.01[b] | 214.87[a] |
| آبیاری سنتی Traditional Irrigation | 90.68[a] | 15.32[a] | 0.43[a] | 0.06[a] | 243.75[a] |

در هر ستون سطوح تیماری که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, there is no significant difference between treatments with common letters according to Duncan test

### *غلظت $CO_2$ زیر روزنه‌ای*

تیمارهای آبیاری بر غلظت $CO_2$ زیر روزنه‌ای تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۱). آبیاری نشتی با ۲۴۳/۷۵ (میلی مول $CO_2$ بر مترمربع در ثانیه)، بیشترین و آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی با ۱۷۸/۸۸ (میلی مول $CO_2$ بر مترمربع در ثانیه)، کمترین میزان غلظت $CO_2$ زیر روزنه‌ای را دارا بودند هرچند که ازنظر آماری همه تیمارها در یک گروه قرار گرفتند. افزایش غلظت $CO_2$ زیر روزنه در تیمار آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۴۰ درصد نیاز آبی را می‌توان ناشی از بسته بودن روزنه‌ها و عدم مصرف $CO_2$ در فتوسنتز دانست. کم‌آبی موجب بسته شدن روزنه‌ها شده که این امر موجب افزایش $CO_2$ درون روزنه‌ای می‌گردد. غلظت بالای $CO_2$ در زیر اتاقک روزنه‌ای بیانگر این است که در شرایط تنش که در شرایط تنش، $CO_2$ واردشده به برگ به‌خوبی در فتوسنتز مورداستفاده قرار نگرفته است (Anyia and Herzog, 2004). بسته شدن روزنه‌ها و کاهش غلظت $CO_2$ زیر روزنه‌ای در شرایط تنش خشکی مهم‌ترین دلیل کاهش فتوسنتز

است (Mafakheri et al., 2010). گزارش کردند که تنش کم‌آبی در لوبیا چشم‌بلبلی باعث افزایش میزان $CO_2$ زیر اتاقک روزنه‌ای می‌شود (Shekari et al., 2010). در این پژوهش نیز غلظت $CO_2$ زیر روزنه‌ای لوبیا در شرایط تنش کاهش نشان داد هرچند که ازنظر آماری معنی‌دار نبود.

### هدایت مزوفیلی

اثر تیمارهای آبیاری بر هدایت مزوفیلی لوبیا در سطح یک درصد معنی‌داری بود (جدول ۱). مقایسات میانگین نشان داد که با کاهش میزان رطوبت قابل‌دسترس، هدایت مزوفیلی نیز کاهش می‌یابد. حداکثر و حداقل میزان هدایت مزوفیلی (۰/۰۶۴ و ۰/۰۱۷ میلی مول بر مترمربع در ثانیه) به ترتیب در آبیاری نشتی و آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۴۰ درصد نیاز آبی مشاهده گردید. هدایت مزوفیلی بین تیمار آبیاری نشتی با آبیاری تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی و همچنین بین آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۲). بالا بودن هدایت مزوفیلی بیانگر کارایی فرآوری بیشتر کربن بوده (Ratnayak and Kincaid, 2005) و اصلی‌ترین عامل محدودکننده فتوسنتز گیاه در شرایط تنش، کاهش میزان هدایت مزوفیلی است (Siosemardeh et al., 2003). کاهش سرعت فتوسنتز و فرآوری $CO_2$ در شرایطی که غلظت $CO_2$ زیر روزنه بالاست به دلیل پایین بودن میزان هدایت مزوفیلی و عدم توانایی سلول‌های مزوفیل در استفاده از $CO_2$ است (Roohi and Siosemardeh, 2008) که نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش همسو با دیگر گزارش‌ها است.

**جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری.**

**Table 3. Analysis of variance of yield and some traits of bean under different irrigation regimes**

| | | میانگین مربعات Mean of Squares | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| منابع تغییرات S.O.V | درجه آزادی d.f | ارتفاع بوته Length of plant | تعداد غلاف در بوته Number pod in plant | تعداد دانه در غلاف Number seed in pod | وزن هزار دانه Weight of thousand Seeds | عملکرد دانه Grain yield | عملکرد زیستی Biological yield | شاخص برداشت Harvest Index |
| تکرار Repeat | 3 | 466.4$^{**}$ | 1.30$^{ns}$ | 0. 042$^{ns}$ | 0.69$^{ns}$ | 3.10$^{ns}$ | 0.024$^{ns}$ | 17.94$^{ns}$ |
| تیمار Treatment | 4 | 57.04$^{ns}$ | 70.72$^{**}$ | 4.50$^{**}$ | 0.497$^{**}$ | 446.82$^{*}$ | 1.46$^{**}$ | 290.75$^{**}$ |
| خطای کل Total Error | 12 | 24.35 | 2.70 | 0.174 | 0.075 | 10.99 | 0.047 | 20.89 |
| ضریب تغییرات C.V% | - | *7.27* | *28* | *21.16* | *5.26* | *16.94* | *2.83* | *29.37* |

*، ** و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح پنج درصد، یک درصد و عدم معنی‌داری

*, **and ns represent significant at of 5% and 1% probability level and not significant, respectively

### ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده عدم تأثیر معنی‌دار تیمارهای آبیاری بر ارتفاع گیاه لوبیا بود (جدول ۳). بیشترین ارتفاع بوته با ۷۲/۰۷ سانتی‌متر در آبیاری نشتی و کمترین آن با ۶۲/۴۰ سانتی‌متر در آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۴۰ درصد نیاز آبی حاصل شد که ازنظر آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۴). کاهش ارتفاع گیاه بر اثر کم‌آبی در لوبیا قرمز (Sadeghipour, 2008; Sadat Rasti Sani et al., 2014; Sabzi et al., 2017; Mohammad Zadeh et al., 2012) و لوبیاچیتی (Emadi et al., 2012) گزارش شده است. نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش برخلاف نتایج سایر تحقیقات است. گزارش کردند که اعمال تنش در مرحله ابتدای گلدهی تأثیری در ارتفاع بوته لوبیا ندارد (Mohammadi et al., 2018) که با نتایج تحقیق حاضر مشابه است. فرآیند رشد و نمو در گیاهان شامل تقسیم سلول، طویل شدن سلول‌ها و تمایز است و این مراحل به دلیل وابستگی آن‌ها به فشار تورژسانس، به کمبود آب بسیار حساس هستند (Sikuku et al., 2010). علت کاهش ارتفاع

گیاه و تعداد گره در ساقه تحت تنش خشکی را کاهش تقسیم سلولی و کاهش رشد رویشی گیاه و در نهایت کاهش عملکرد بیولوژیکی گیاه در طول دوره تنش اعلام کرده‌اند (Zabet et al., 2003).

### تعداد غلاف در بوته

تیمارهای آبیاری در سطح یک درصد بر صفت تعداد غلاف در بوته اثر معنی‌داری داشت (جدول ۳). بیشترین تعداد غلاف در بوته با ۱۰/۹۵ در تیمار آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و کمترین آن با ۱/۳۷، در تیمار آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۴۰ درصد نیاز آبی مشاهده گردید. تیمار ۸۰ درصد تأمین نیاز آبی و آبیاری نشتی به‌ترتیب با ۸/۳۰ و ۶/۸۷ غلاف روی بوته، در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. تعداد غلاف در تیمارهای آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۶۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی نیز ازنظر آماری تفاوتی با یکدیگر نداشتند (جدول ۴). دلیل کاهش تعداد غلاف روی بوته در تیمار آبیاری نشتی با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه را این گونه می‌توان توجیه کرد که در شرایط آبیاری نشتی، به‌علت حجم آب زیاد و مرطوب شدن بیش‌ازحد منطقه ریشه، گیاه به‌طور موقت با کمبود اکسیژن مواجه شده و به‌تبع آن در اثر تولید اتیلن در منطقه ریشه، برخی از گل‌ها دچار ریزش می‌شوند. کاهش تعداد غلاف به علت ریزش گل‌ها در شرایط تنش کم‌آبی اثبات شده است (Vaezirad et al., 2008). کاهش تعداد غلاف رو بوته در پژوهش‌های مختلفی گزارش گردیده است (Sabzi et al., 2017; Mohammad Zadeh et al., 2012; Mohammadi et al., 2018) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

### تعداد دانه در غلاف

صفت تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفت (جدول ۳). تعداد دانه در غلاف یک صفت بسیار مهم در تعیین عملکرد گیاه لوبیا است. تیمارهای آبیاری نشتی و آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه از نظر تعداد دانه در غلاف تفاوتی با یکدیگر نداشتند. بیشترین تعداد دانه در غلاف (۳/۱۳) در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کمترین تعداد دانه در غلاف (۰/۷۸) در تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی مشاهده گردید. با افزایش شدت تنش، تعداد دانه در غلاف به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و در تیمار آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۴۰ درصد نیاز آبی به حداقل مقدار خود (۰/۷۸ دانه در غلاف) رسید که نسبت به آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی، حدود ۷۵ درصد کاهش نشان داد (جدول ۴). گزارش گردیده که کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا اثر معنی‌داری دارد و با افزایش کم‌آبیاری تعداد دانه در غلاف کاهش می‌یابد (Simsek et al., 2011). کاهش تعداد دانه در کاهش فتوسنتز موجب عدم تشکیل غلاف‌های بارورشده و درنهایت باعث افت شدید عملکرد در شرایط کمبود آب می‌شود. کاهش تعداد دانه در غلاف لوبیا تحت شرایط کم‌آبی در پژوهش‌های مختلفی به اثبات رسیده است (Sabzi et al., 2017; Mohammad Zadeh et al., 2012; Mohammadi et al., 2018) که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

### وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر تأثیر معنی‌دار تیمارهای آبیاری بر وزن هزار دانه لوبیا در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۳). بین تیمار آبیاری نشتی و سطوح ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی از لحاظ آماری تفاوتی در وزن هزار دانه مشاهده نشد. عدم تفاوت معنی‌داری تیمارهای آبیاری نشتی و آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه این‌گونه می‌توان استدلال کرد که در شرایط کم‌آبی تعداد گل‌های تشکیل‌شده روی بوته کاهش و در نتیجه رقابت دانه‌ها برای دریافت مواد فتوسنتزی تقلیل پیدا می‌کند به‌همین جهت وزن دانه تغییر چندانی نخواهد کرد. بیشترین و کمترین وزن هزار دانه با ۲۲۹/۶۸ و ۱۰۸/۶۵ گرم به‌ترتیب مربوط به تیمار آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۴۰ درصد نیاز آبی بود (جدول ۴).

گزارش‌ها حاکی از آن است که در شرایط کمبود رطوبت، وزن دانه‌ها کاهش پیدا می‌کند. دلیل کاهش وزن هزار دانه در شرایط کم‌آبی می‌تواند به علت کاهش جذب آب و عناصر غذایی، کاهش فتوسنتز برگ و کاهش تولید شیره پرورده باشد (Sinaki et al., 2007) گزارش گردیده که در شرایط تنش خشکی وزن هزار دانه ارقام لوبیا کاهش پیدا می‌کند (Mohammadi et al., 2018). کاهش وزن هزار دانه انواع لوبیای سفید، قرمز، سبز و چیتی در اثر تنش خشکی توسط داوودی و همکاران (Davoodi et al., 2018) نیز گزارش شده است. کاهش وزن دانه لوبیا در شرایط کم‌آبی در سایر

مطالعات نیز اثبات گردیده (Mohammad Zadeh et al., 2012; Sabzi et al., 2017) که با نتایج ما مطابقت دارد.

### عملکرد زیستی

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار تیمارهای آزمایش بر عملکرد زیستی در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۳). تیمار ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی گیاه با ۳۹۶۷/۹ کیلوگرم در هکتار، بالاترین عملکرد زیستی را دارا بود. کمترین عملکرد زیستی نیز با ۹۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار، در تیمار ۴۰ درصد تأمین نیاز آبی مشاهده گردید. از نظر آماری بین تیمارهای آبیاری نشتی و آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اختلاف بین تیمار آبیاری با ۶۰ و ۴۰ درصد تأمین نیاز آبی نیز یکسان بود (جدول ۴). کاهش عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش خشکی به علت کاهش شاخص سطح برگ، کاهش کلروفیل و سرعت فتوسنتز است. کمبود آب، موجب کاهش توانایی ارقام در جذب عناصر غذایی، ساخت و انتقال مواد پرورده شده و میزان زیست‌توده کاهش می‌یابد (German and Teran, 2006). کاهش عملکرد زیستی لوبیا در شرایط کم‌آبی در پژوهش‌های متعددی گزارش شده (Mohammad Zadeh et al., 2012: Mohammadi et al., 2018: Karimzadeh et al., 2017) که همسو با نتایج این پژوهش است.

**جدول ۴. مقایسات میانگین عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری.**

**Table 4. Mean comparisons of yield and some traits of bean under different irrigation regimes**

| تیمار Treatment | ارتفاع بوته Length of plant | تعداد غلاف در بوته Number pod in plant | تعداد دانه در غلاف Number seed in pod | وزن هزار دانه Weight of thousand Seeds | عملکرد دانه Grain yield | عملکرد زیستی Biological yield | شاخص برداشت Harvest Index |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | cm | | | g | ---------Kg/h-------- | | % |
| ۱۰۰ درصد آبیاری 100% Irrigation | 69.97$^{a}$ | 10.95$^{a}$ | 3.13$^{a}$ | 229.68$^{a}$ | 945.6$^{a}$ | 3967.9$^{a}$ | 23.87$^{a}$ |
| ۸۰ درصد آبیاری 80% Irrigation | 68.73$^{a}$ | 8.30$^{ab}$ | 1.93$^{b}$ | 267.02$^{a}$ | 531.7$^{bc}$ | 2822.2$^{a}$ | 19.16$^{ab}$ |
| ۶۰ درصد آبیاری 60% Irrigation | 65.77$^{a}$ | 1.65$^{c}$ | 1.07$^{bc}$ | 166.80$^{ab}$ | 178.1$^{c}$ | 1465.6$^{b}$ | 12.56$^{b}$ |
| ۴۰ درصد آبیاری 40% Irrigation | 62.40$^{a}$ | 1.37$^{c}$ | 0.78$^{c}$ | 108.65$^{b}$ | 21.0$^{d}$ | 978.7$^{b}$ | 2.15$^{c}$ |
| آبیاری سنتی Traditional Irrigation | 72.07$^{a}$ | 6.87$^{b}$ | 2.93$^{a}$ | 219.58$^{a}$ | 720.2$^{b}$ | 3725.4$^{a}$ | 20.07$^{ab}$ |

در هر ستون سطوح تیماری که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, there is no significant difference between treatments with common letters according to Duncan test

### عملکرد دانه

اثر تیمارهای آبیاری بر عملکرد دانه لوبیا در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). عملکرد دانه در بین تمام تیمارهای آبیاری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشت. بیشترین و کمترین مقدار عملکرد با ۹۴۵/۶ و ۲۱ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در تیمار آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد. عملکرد تیمار آبیاری نشتی نسبت به آبیاری قطره‌ای با تأمین ۱۰۰ نیاز آبی ۳۱ درصد پایین‌تر بود. کاهش عملکرد لوبیا در شرایط تنش خشکی می‌تواند به علت کاهش تعداد نیام در بوته، کاهش تعداد دانه در نیام و وزن دانه باشد. کاهش عملکرد دانه لوبیا در اثر کمبود آب در بسیاری از پژوهش‌های دیگر نیز گزارش شده است (Mohammadi et al., 2018; Porch, et al., 2009; Mohammad Zadeh et al., 2012). نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش با نتایج سایر پژوهش‌ها همخوانی دارد. تنش رطوبتی طی مراحل زایشی، باعث ایجاد اختلال در گلدهی و

پر شدن دانه گردیده و عملکرد دانه را از طریق کاهش زیست-توده، تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف پایین می‌آورد (Zadehbagheri,2015).

### *شاخص برداشت*

صفت شاخص برداشت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفت (جدول ۳). بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها، بالاترین شاخص برداشت (۲۳/۸۷ درصد) در تیمار آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و پایین‌ترین شاخص برداشت (۲/۱۵ درصد) در تیمار آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد. تفاوت شاخص برداشت بین تیمار آبیاری نشتی و آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه نیز از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۴). گزارش گردیده که در شرایط کم‌آبی به علت کاهش تعداد غلاف بوته از شاخص برداشت لوبیا کاسته می‌گردد (Rosales et al., 2012)؛ به‌عبارت‌دیگر، یکی از عوامل کاهش عملکرد دانه در شرایط کمبود آب، کاهش شاخص برداشت است. کاهش شاخص برداشت لوبیا تحت شرایط تنش در آزمایش‌های مختلفی مشاهده گردیده است (Karimzadeh et al., 2017; Builes et al., 2011; Mohammad Zadeh et al., 2012: Mohammadi et al., 2018). کاهش شاخص برداشت در شرایط کم‌آبیاری به دلیل این است که عملکرد دانه نسبت به عملکرد زیستی با شدت بیشتری کاهش می‌یابد (Karimzadeh et al., 2017). نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش حاضر با نتایج دیگر پژوهش‌ها مطابقت دارد.

## نتیجه‌گیری نهایی

نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش مشخص کرد که رژیم‌های مختلف آبیاری به‌غیراز ارتفاع بوته و غلظت $CO_2$ زیر روزنه، بر سایر صفات اثرگذار بود. نتایج نشان داد که در علاوه بر مقدار آب قابل‌دسترس گیاه، نوع آبیاری نیز بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه می‌تواند تأثیرگذار باشد. میزان عملکرد تیمار I۲ نسبت به تیمار I۱ در حدود ۳۱ درصد بالاتر بود. ازآنجاکه تیمار آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی (I۲) نسبت به آبیاری نشتی (I۱) برتری داشت به‌منظور دستیابی به عملکرد بالا، توزیع یکنواخت آب، کاهش سختی کار و ...، بهتر است به‌جای آبیاری سنتی (نشتی) از آبیاری قطره‌ای-نواری استفاده گردد.

## منابع


Agricultural Statistics. 2013. Iranian Ministry of Agriculture Press. 167p. [In Persian].

Alizadeh, A. 2007. Irrigation Systems Design. (2 Edition Revised), Imam Reza University Publication. 138 pages. [In Persian].

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Fao, Rome, 300, p.D05109.

Anyia, A.O., and H. Herzog. 2004. Water use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. European Journal of Agronomy. 20, 327-339.

Boroujerdnia, M., Bihamta, M., AlamiSaid, K., Abdossi, V. 2016. Effect of drought tension on proline content, soluble carbohydrates, electrolytes leakage and relative water content of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Crop Physiology. 8, 23-41. [In Persian with English Summary].

Bota, J., Flexas, J., Medrano, H., 2004. Is photosynthesis limited by decreased Rubisco activity and RuBP content under progressive water stress? New Phytolgist. 162, 671-681.

Builes, V.H., Porch, T.G., Harmsen, E.W., 2011. Genotypic differences in water use efficiency of common bean under drought stress. Agronomy Journal. 103, 1206-1215.

Clavel, D., Drame, N.K., Roy-Macauley, H., Braconnier, S., Laffray, D., 2005. Analysis of early responses to drought associated with field drought adaptation in four Sahelian groundnut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars. Environmental and Experimental Botany. 54, 219-230.

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. 18, 83-95. [In Persian with English Summary].

Dursum, A., 2007. Variability, Heritability and Correlation Studies in Bean Genotypes. World Journal of Agricultural Sciences. 3, 12-16.

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, 1-17. [In Persian with English Summary].

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2018. FAOSTAT data. Food and Agriculture Organization. http://faostat. fao.org.

Figueiredo, M.V.B., Burity, H.A., Martı´nez, C.R., Chanway, C.P. 2008. Alleviation of drought stress in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by co-inoculation with Paenibacillus polymyxa and Rhizobium Tropical Applied Soil Ecology. 40, 182–188.

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

Ghanbari, A.A., 2013. Investigation of developmental stages and phenology of common bean genotypes under normal irrigation and water defcit condition. Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi). 107, 190-199. [In Persian with English Summary].

Hirayama, M., Wada, Y., Nemoto, H., 2006. Estimation of drough tolerance based on leaf temperature in upland rice breeding. Breeding Science, 56, 47-54.

Hu, Y.Y., Zhang, Y.L., Yi, X.P., Zhan, D.X., Luo, H.H., Chow, W.S., Zhang, W.F., 2013. The relative contribution of non-foliar organs of cotton to yield and related physiological characteristics under water deficit. Journal of Integrative Agriculture. 13, 975-989.

Karam, F., Lahoud, R., Masaad, R., Kabalan, R., Breidi, J., Chalita, C., Rouphael, Y., 2007. Evapotranspiration, seed yield and water use efciency of drip irrigated sunflower under full and defcit irrigation conditions. Agricalture Water Management. 90, 213-223.

Karimzadeh, H., Nezami, A., Kafi, M., Tadayon, M.R., 2017. Effects of deficit irrigation on yield and yield components of pinto bean genotypes in Shahrekord. Iranian Journal of Pulses Research. 8, 113-126. [In Persian with English Summary].

Keller, J., Bliesner, R.D., 1990. Sprinkler and Trickle Irrigation. Van Nostrand Reinhold, New York.

Khaghani, Sh., Bihamta, M.R., Rahim, F., Dorry, H.R., Khaghani, S., 2008. Study of quantitative and qualitative traits in red bean in non-stress and drought conditions. Asian Journal of Plant Sciences. 7, 563-568.

Mafakheri, A., Sio-Semardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P.C., Sohrabi, Y., 2010. Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. Australian Journal of Crop Science, 4, 580-585.

Mitchell, R.A.C., Mitchell, V.J., Lawlor, D.W., 2001. Response of wheat canopy $CO_2$ and water gas-exchange to soil water content under ambient and elevated $CO_2$. Global Change Biology. 7, 599-611.

Mohammad Zadeh, A., Majnun Hoseini, N., Moghadam, H., Akbari, M., 2012. Effect of drought stress and nitrogen fertilizer levels on physiological characteristics of two red kidney bean genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences. 14(3), 294-307. [In Persian with English Summary].

Mohammadi, M., Tavakoli, A., Pouryousef, M., Mohseni Fard, E., 2018. The Effect of Epibrassinolide on Growth and Seed Yield of Bean under optimal irrigation and drought stress conditions. Journal of Agricultural Crops Production, 20, 595-608. [In Persian with English Summary].

Munoz-Perea, C.G., Teran, H., Allen, R.G., Wright, J.L., Westermann, D.T., Singh, S.P., 2006. Selection for drought resistance in dry bean landraces and cultivars. Crop Science, 46, 2111-2120.

Porch, T.G., Ramirez, V.H., Santana, D., Harmsen, E.W., 2009. Evaluation of common bean for drought tolerance in Juana Diaz, Puerto Rico. Journal of Agronomy and Crop Science. 195, 328-334.

Rahbarian, R., Khavari-nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A.R., Najafi, F., 2011. Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water. Acta Biological Cracoviensa Botanica. 53, 47-56.

Ratnayaka, H.H., Kincaid, D., 2005. Gas exchange and leaf ultrastructure tinnevelly

senna, Cassia angustifulia, under drought and nitrogen stress. Crop Science. 45, 840-847.

Ritchie, S.W., Nguyen, H.T., Holaday, A.S., 1990. Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science. 30, 105-111.

Roohi, E., Siosemardeh, A., 2008. Study on gas exchange in different wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under moisture stress conditions. Journal of Seedling and Seed. 24, 45 -62. [In Persian with English Summary].

Rosales, M.A., Ocampo, E., Rodríguez-Valentín, R., Olvera-Carrillo, Y., Acosta-Gallegos, J., Covarrubias, A.A., 2012. Physiological analysis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars uncovers characteristics related to terminal drought resistance. Plant Physiology and Biochemistry 56, 24-34.

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

Sadat Rasti Sani, M., Lahouti, M., Ganjeali, A., 1014. Effect of drought stress on some morphophysiological traits and chlorophyll fluorescence of red bean seedlings (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Pulses Research. 5, 103-116. [In Persian with English Summary].

Sadat Rasti Sani, M., Lahouti, M., Ganjeali, A., 2014. Effect of drought stress on some morphophysiological traits and chlorophyll fluorescence of red bean seedlings (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Pulses Research. 5, 103-116. [In Persian with English Summary].

Sadeghipour, O., 2009. Effect of deficit irrigation on physiologic and agronomic traits in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences. 11, 25-39. [In Persian with English Summary].

Shahbaz, K., Munir, A.H., Mu, J.X., 2009. Water management and crop production for food security in China: a review. Agricultural Water Management. 96, 349–360.

Shekari, F., Pakmehr, A., Rastgoo, M., Vazayefi, M., Goreishi Nasab, M.J., 2010. Effect of salicylic acid seed priming on some physiological traits of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under water deficit at podding stage. Journal of Agricultural Sciences. 4, 13-30. [In Persian with English Summary].

Sikuku P.A., Netondo, G.W., Onyango, J.C., Musyimi, D.M., 2010. Effects of water deficit on physiology and morphology of three varieties of NERICA rainfed rice (*Oryza sativa* L.). ARPN Journal of Agricultural and Biological Science. 5, 23-28.

Simsek, M., Comlekcioglu, N., Ozturk, I., 2011. The effects of the regulated deficit irrigation on yield and some yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under semi-arid conditions. African Journal of Biotechnology. 10, 4057-4064.

Sinaki, J.M., Heravan, E.M., Raad, A.H.S., Noormohammadi G., Zarei, G., 2007. The effects of water deficit during growth stages of Canola (*Brassica napus* L.). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences. 24, 417-422. [In Persian with English Summary].

Siosemardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., Ebrahimzadeh, H., 2003. Stomatal and nonstomatal limitations to photosynthesis and their relationship with drought resistance in wheat cultivars. Iranian Journal of Agriculture Science. 34, 93-106. [In Persian with English Summary].

Zadehbagheri, M., 2015. Effect of drought on grain yield and some physiological characteristics of red bean genotypes. Iranian Journal of Plant Ecophysiology. 6, 1-11. [In Persian with English Summary].

Souza, G.M., de Tarso Aidar, S., Giaveno, C.D., de Oliveira, R.F., 2003. Drought stability in different common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. Crop Breeding and Applied Biotechnology, 3(3), 203-208.

Szilagyi, L., 2003. Influence of drought on seed yield components in common bean. Bulgarian Journal of Plant Physiology, (Special Issue): 320-330.

Terán, H., Singh, S.P., 2002. Comparison of sources and lines selected for drought resistance in common bean. Crop Science. 42, 64-70.

Vaezirad, S., Shekari, F., Shiranirad, A.H., Zangani E., 2008. Effect of water stress at different growth stages on yield and yield components of kidney bean cultivars. Agroecology Journal. 10, 85-94. [In Persian with English Summary].

Yadav, R.S., Bhushan, C., 2001. Effect of moisture stress on growth and yield in rice genotype. Indian Journal of Agricultural Research. 2, 104-107.

Zabet, M., Hosein zade, A.H., Ahmadi, A., Khialparast, F., 2003. Effect of water stress on different traits and determination of the best water stress index in mung bean (*Vigna radiata*). Iranian Journal of Agriculture Science. 34, 889-898. [In Persian with English Summary].

Zou, G.H., Liu, H.Y., Mei, H.W., Liu, G.L., Yu, X.Q., Li, M.S., Wu, J.H., Chen, L., Luo. L.J., 2007. Screening for drought resistance of rice recombinant inbred populations in the field. Journal of Integrative Plant Biology. 49, 1508-1516.