

## ارزیابی عملکرد دانه و برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت تاثیر کم آبی و مولیبدن

وحید فتحی رضائی<sup>۱\*</sup>، محمدرضا شکیبیا<sup>۲</sup>، عادل دباغ محمدی نسب<sup>۲</sup>، محمود تورچی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۹/۶/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۰/۲۹

۱- دانشجوی دکتری گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲- استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳- استاد گروه به نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

\*مسئول مکاتبه: Email: allahdadi64@yahoo

### چکیده

اهداف: این مطالعه به منظور ارزیابی عملکرد دانه و برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی لوبیا متأثر از تنش کم آبی و اثرات بهبودبخش محلول پاشی مولیبدن در این شرایط انجام گردید.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت اسپلیت پلات-فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی دو فصل زراعی سال‌های ۹۲-۱۳۹۱ در محل مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام گرفت. عامل اصلی شامل سه سطح مختلف تنش کم آبی (شاهد: آبیاری پس از ۶۰-۵۵، تنش ملایم: ۹۵-۹۰ و تنش شدید: ۱۳۰-۱۲۵ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) و عامل فرعی ترکیب فاکتوریل سطوح مولیبدن، کاربرد (+Mo) (به میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سدیم‌مولیبیدات) و عدم کاربرد مولیبدن (-Mo) و ژنوتیپ‌ها (شامل لوبیا قرمز اختر و لوبیا چیتی COS16) بودند. اعمال تنش کم آبی از مرحله تکمیل سومین سه برگچه شروع و تا زمان قطع آبیاری تمام تیمارها ادامه یافت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تنش کم آبی باعث کاهش مقدار نسبی آب برگ (RWC) (بطور متوسط ۸ و ۱۴ درصد به ترتیب در تنش متوسط و شدید نسبت به شاهد) و کاهش دوام سطح سبز برگ (LAD) (بطور متوسط حدود ۱۵ و ۳۱ درصد به ترتیب در تنش متوسط و شدید نسبت به شاهد) گردید. در حالیکه محلول پاشی مولیبدن با کاهش اثرات منفی تنش کم آبی، در اثر حفظ مقدار نسبی آب برگ، افزایش دوام سطح برگ و همچنین تعداد نیام، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه ژنوتیپ‌های لوبیا به میزان ۲۶ درصد (۷۷/۷ گرم در متر مربع) شد.

نتیجه‌گیری: کاهش مقدار نسبی آب برگ، دوام سطح برگ و عملکرد دانه و اجزای عملکرد در اثر تنش کم آبی، به طور معنی‌داری (با افزایش ۳، ۱۵، ۳۹ و ۱۱ درصد به ترتیب برای هر کدام از صفات فوق) با محلول پاشی مولیبدن بهبود یافت. در نتیجه می‌توان بکارگیری مولیبدن را برای کاهش اثرات تنش کم آبی لوبیا مورد توصیه قرار داد.

واژه‌های کلیدی: دوام سطح برگ، عملکرد دانه و اجزای آن، کم آبی، مقدار نسبی آب، مولیبدن

## Evaluation of Grain Yield and some Physiological Characteristics of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under Water Deficit and Molybdenum

Vahid Fathirezaee<sup>1\*</sup>, Mohammad Reza Shakiba<sup>2</sup>, Adel Dabbagh Mohammadi Nassab<sup>2</sup>,  
Mahmoud Toorchi<sup>3</sup>

Received: August 29, 2020 Accepted: January 18, 2021

1-PhD Student, Dept. of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

2-Prof., Dept. of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

3-Prof., Dept. of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

\*Corresponding Author Email: allahdadi64@yahoo

### Abstract

**Background & Objective:** This study was conducted to evaluate the yield and some physiological characteristics of leaves and yield of dry bean affected by water deficit stress and foliar application of molybdenum.

**Materials & Methods:** This experiment was conducted as a split plot - factorial based on randomized complete blocks design with three replications during the two years 2012-2013 at the Research Farm of Faculty of Agriculture, University of Tabriz. The main factor includes three different levels of irrigation (control: irrigation after 55-60, mild stress: 90-95 and severe stress: 125-130 mm evaporation from Class A evaporation pan) and sub-factor includes factorial composition of molybdenum levels, foliar application (+ Mo (80 kg.ha<sup>-1</sup>

<sup>1</sup> from the source of sodium molybdate) and non-application (-Mo) and genotypes (including AKHTAR (red bean) and COS16 (pinto beans)).

**Results:** The results showed that water deficit reduced RWC (on average, 8 and 14% in moderate and severe stress, compared to the control, respectively) and LAD (on average, 15 and 31% in moderate and severe stress, compared to the control, respectively). While molybdenum foliar application by reducing the negative effects of water deficit, due to maintaining the leaf relative water content, increasing green area continuity and pods number per plant, increased biological yield and grain in bean genotypes.

**Conclusion:** Reduction of relative water content (RWC), leaf area duration (LAD) and grain yield and yield components due to water deficit were significantly ameliorated (with an increase of 3, 15, 39 and 11% for each of the above traits, respectively) by molybdenum foliar application. As a result, the use of molybdenum can be recommended to reduce the effects of drought stress in plants, especially beans.

**Keywords:** Leaf Area Duration, Molybdenum, Relative Water Content, Water Deficit, Grain Yield and Yield Components

### مقدمه

کشورهای در حال توسعه است (هاناتسکو- کونکا و همکاران ۲۰۱۴ و باقری و همکاران ۲۰۰۶). در بین متغیرهای محیطی، کمبود آب یکی از علل اصلی کاهش عملکرد در گیاهان به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک

حبوبات پس از غلات، دومین منبع غذایی بشر است، که سرشار از می باشد. در این میان لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L) مهمترین لگو م خوراکی به ویژه در

غیرعادی و کمتر رشد یافته می‌شود (مارچنر ۱۹۹۵). یکی از آنزیم‌هایی که نقش کلیدی در سلسله فرآیندهای مربوط به مصرف نیترات دارد، نیترات ردوکتاز است (ویرا و همکاران ۲۰۱۱). عبدالصمد و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی اثر کاربرد مولیبدن بر فعالیت دو آنزیم نیترات ردوکتاز و نیتروژنار در گندم تحت شرایط تنش خشکی گزارش کردند که وزن ماده خشک کل و کارایی نیتروژن به صورت معنی‌داری تحت تاثیر تنش خشکی کاهش یافت. این افت ناشی از اثر تنش در کاهش فعالیت دو آنزیم نیتروژنار و نیترات ردوکتاز بود. کاربرد مولیبدن سبب افزایش معنی‌دار کارایی نیتروژن و محتوای پروتئین، پتاسیم و منیزیم و سرعت رشد محصول در شرایط تنش شد. این محققان اظهار داشتند که اثر مثبت و معنی‌دار مولیبدن بر فعالیت نیترات ردوکتاز و نیتروژنار سبب افزایش سوخت و ساز نیتروژن و افزایش رشد عمومی گیاه گردید. شواهد زیادی حاکی از پیچیدگی تنظیم این دو آنزیم و نقش مولیبدن در میزان فعالیت آنها می‌باشد. فعالیت این آنزیم‌ها در برگ به تغییرات وضعیت آبی آن حساس بوده و زمانی که پتانسیل آب کاهش می‌یابد فعالیت آنها نیز کم می‌شود (سیگل ۲۰۰۲). به نظر برخی در شرایط تنش آبی، سنتز این دو آنزیم کاهش می‌یابد که، مهم تر از کاهش فعالیت این آنها است و به این سبب، مولیبدن می‌تواند نقش موثر و مهمی در کنترل این فعالیت در شرایط تنش داشته باشد (دنگ و ژانگ ۲۰۰۳). مولیبدن به عنوان یک عنصر القاء کننده مقاومت در برابر تنش‌های غیرزنده است و نقش آن در افزایش تحمل به تنش‌هایی مانند تنش شوری، دمای پایین و تنش آب در گیاهان مختلف گزارش شده است (ژانگ و همکاران ۲۰۱۲). مولیبدن اثر منحصر بفردی در سنتز اسید آبسزیک ( $ABA^3$ ) داشته و به این ترتیب در روابط آبی گیاه و

محسوب می‌شود. تنش کم آبی کاهش معنی‌دار عملکرد دانه لوبیا را در پی دارد و البته میزان این کاهش بسته به طول مدت تنش، شدت تنش و نیز ژنوتیپ مورد مطالعه می‌تواند متفاوت باشد (فرجزاده معمار تبریزی ۲۰۱۱). مقدار نسبی آب ( $RWC^1$ ) برگ از جمله صفاتی است که با روابط و شرایط آبی گیاه ارتباط نزدیکی داشته و به طور معنی‌داری از تنش کم آبی متاثر شده و کاهش می‌یابد (آنژیوم و همکاران ۲۰۱۱ و کیوان ۲۰۱۰).

در شرایط خشکی و یا کمبود آب، استفاده از ارقام متحمل و روش‌های به زراعی می‌تواند در مقابله با تنش خشکی موثر باشد. بکارگیری انواع مختلف کودهای آلی و معدنی از جمله روش‌های به زراعی متداول محسوب می‌شود. تحمل تنش‌های مختلف از طریق محلول‌پاشی عناصر غذایی کم مصرف افزایش می‌یابد (قاسمیان و همکاران ۲۰۱۰). البته تحقیقات نشان داده‌اند که راهکار بسیار مفید و کارآمد دیگر، توسعه و ترویج مصرف عناصر ریز مغذی است (ملکوتی و تهرانی ۱۹۹۹). ماده خشک تولیدی به طور عمده به توسعه سطح برگ و دوام آن و مصرف آب وابسته است، لذا کاهش عملکرد در شرایط تنش خشکی بیشتر به دلیل اثر منفی آن بر نحوه مصرف آب، کاهش سطح برگ و سرعت رشد محصول ( $CGR^2$ ) اتفاق می‌افتد (سامان و همکاران ۲۰۰۶).

عناصر ریزمغذی اگرچه به مقدار کم مورد نیاز رشد و تولید گیاهان می‌باشند اما کمبود آنها اثرات نامطلوب بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و رشد و نمو گیاهی خواهند داشت (حیدریان و همکاران ۲۰۱۰). عنصر مولیبدن نیز یکی از ریزمغذی‌های ضروری برای گیاهان است و بسیاری از خاک‌های زراعی جهان دچار کمبود این عنصر می‌باشند (لیو و همکاران ۲۰۰۹). مولیبدن بویژه در سازوکارهای مربوط به متابولیسم نیتروژن نقش مهمی دارد. مولیبدن برای تثبیت نیتروژن توسط ریزوبیوم‌ها ضروری است و کمبود مولیبدن سبب ایجاد گره‌های

<sup>3</sup> Absisic acid<sup>1</sup> Relative Water Content<sup>2</sup> Crop Growth Rate

پاسخ به تنش‌های محیطی موثر می‌باشد (کایزر و همکاران ۲۰۰۵).

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو فصل زراعی سال‌های (۱۳۹۱-۹۲) در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه

تبریز واقع در اراضی کرکج در هشت کیلومتری شرق تبریز با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و یک دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۶۰ متر از سطح دریا اجرا گردید. برخی مشخصات خاک مزرعه در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱ - برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد استفاده در آزمایش‌ها

سال اجرای آزمایش	عمق نمونه برداری (cm)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	pH	کربن آلی (%)	ازت کل (%)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	مولیبدن قابل جذب (ppm)
۱۳۹۱	۳۰-صفر	۵۰	۱۷	۲۳	۷/۷	۰/۶۰	۰/۳۵	۶/۵	۲۳۸	۲/۳
۱۳۹۲	۳۰-صفر	۴۶	۱۹	۲۵	۷/۵	۰/۵۳	۰/۲۳	۵/۹	۲۸۱	۳/۱

آزمایش‌ها به صورت اسپلیت پلات-فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا درآمدند. تعداد ۱۲ تیمار (جدول ۲) حاصل از سطوح تنش کم آبی شامل سه سطح (شاهد: آبیاری پس از ۶۰-۵۵، تنش ملایم: ۹۵-۹۰ و تنش شدید: ۱۳۰-۱۲۵ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) به عنوان عامل اصلی و عامل فرعی ترکیب فاکتوریل سطوح مولیبدن، کاربرد (+Mo) و عدم کاربرد (-Mo) و ژنوتیپ‌ها (شامل لوبیا قرمز اختر و لوبیا چیتی COS16) بودند. هر کرت آزمایشی فرعی از ۱۰ خط کشت به طول ۲/۵ متر تشکیل شده بود. فاصله خطوط کشت در کرت‌های آزمایشی ۲۵ سانتیمتر، کاشت با تراکم ۴۰ دانه در مترمربع و فاصله بین بوته‌ها روی پشته ۱۰ سانتیمتر، فاصله بین کرت‌های اصلی یک و کرت‌های فرعی نیم متر در نظر گرفته شدند. پس از کاشت آبیاری همه کرت‌ها بصورت همزمان انجام می‌شدند تا در مرحله تکمیل سه برگچه سوم تیمارهای تنش کم آبی اعمال گردیدند و روند اعمال تنش تا زمان قطع آبیاری تیمارها ادامه یافت. پیش از شروع

اعمال تنش و با در نظر گرفتن شرایط جوی مطلوب محلول‌پاشی مولیبدن در تیمارهای با کاربرد مولیبدن به میزان ۸۰ گرم در هکتار مولیبدن خالص از منبع مولیبدات سدیم با استفاده از سمپاش دستی و بصورت یکنواخت انجام گرفت (در کرت‌های عدم محلول‌پاشی مولیبدن همزمان با اعمال تیمار آب مقطر پاشیده شد). مراحل داشت متداول زراعی طی دوره رشد انجام می‌شدند. کودهای شیمیایی با توجه به آزمون خاک (جدول ۱)، فسفر به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل در زمان کاشت و نیتروژن نیز به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره در دو مرحله در زمان کاشت و در مرحله شروع گلدهی مورد استفاده قرار گرفتند. وجین بصورت دستی انجام می‌گردید. نمونه برداری برای صفات عملکرد و اجزای عملکرد با حذف نواحی حاشیه‌ای هر کرت بصورت ده بوته تصادفی انجام و عملکرد در واحد گرم در مترمربع محاسبه شده است.

جدول ۲ - مشخصات تیمارهای آزمایش

تیمار	سطوح آبیاری (میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A)	سطوح مولیبدن (۸۰ گرم در هکتار مولیبدات سدیم)	ژنوتیپها
۱		+Mo	قرمز اختر (Akhtar)
۲	۵۵-۶۰		چیتی COS16
۳		-Mo	قرمز اختر (Akhtar)
۴			چیتی COS16
۵		+Mo	قرمز اختر (Akhtar)
۶	۹۰-۹۵		چیتی COS16
۷		-Mo	قرمز اختر (Akhtar)
۸			چیتی COS16
۹		+Mo	قرمز اختر (Akhtar)
۱۰	۱۲۵-۱۳۰		چیتی COS16
۱۱		-Mo	قرمز اختر (Akhtar)
۱۲			چیتی COS16

محتوای نسبی آب (RWC) برگ درست قبل از رفع تنش تیمارهای آبیاری تعیین شد. بدین طریق که ابتدا سه بوته به طور تصادفی انتخاب و سه برگ بالغ از این بوته‌ها قطع و روی هم گذاشته و از محلی غیر از رگبرگ اصلی سه بار سه دیسک برگ به قطر یک سانتی‌متر از هر یک از آنها تهیه گردید (جمعاً ۹ دیسک برگ) سپس در داخل ورق آلومینیومی قرار گرفته و به سرعت به آزمایشگاه منتقل شده و وزن تر آنها با ترازوی حساس

توزین می‌شدند. سپس به مدت ۲۰-۱۸ ساعت درون آب دو بار تقطیر در محیط تاریک و در دمای پنج درجه سانتیگراد قرار گرفته و پس از گرفتن آب موجود سطح نمونه‌ها، وزن اشباع آنها تعیین شد. دیسک‌های برگ در داخل پاکت، توسط آونی با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت خشکانده و وزن خشک آنها با ترازوی حساس مشخص می‌شد. در نهایت محتوای نسبی آب برگ از طریق رابطه‌ی زیر تعیین گردید (اسلاتیر ۱۹۶۵):

$$100 \times \frac{(\text{وزن خشک-وزن اشباع})}{(\text{وزن خشک-وزن تر})} = \text{محتوای نسبی آب (\%)}$$

به منظور تعیین LAD از بین شاخص‌های رشد در هر سال در پنج مرحله نمونه برداری (سه بوته‌ای) انجام گردید. این نمونه برداری‌ها بعد از اعمال تنش و با فواصل حدود ۱۰ تا ۱۵ روزه انجام شدند. با توجه به اینکه بین

رشد و نمو گیاه و دما همبستگی نزدیکی وجود دارد، مبنای محاسبات درجه - روز رشد (GDD<sup>۱</sup>) در نظر گرفته شد (کریمی و سیدیک ۱۹۹۱):

$$GDDs = \sum H_i = \sum \left\{ \left[ \frac{(T_{max} + T_{min})}{2} \right] - T_b \right\}$$

<sup>۱</sup> Growth Degree Day

شرایط عدم کاربرد آن شده است (جدول ۴). این دستاورد با نتایج وو و همکاران (۲۰۱۴) در گندم، مهدوی (۲۰۱۴) در جو و کوریر و همکاران (۲۰۰۶) در لوبیا مشابه می‌باشد. به نظر غفاریان و همکاران (۲۰۰۳) تاثیر مثبت مولیدن در تقویت فعالیت آنزیم‌های نیتروژناز و نیترات‌ردوکتاز و افزایش غلظت یون‌های پتاسیم منجر به بهبود مقدار نسبی آب برگ و افزایش تحمل گیاه نسبت به تنش شده است. وو و همکاران (۲۰۱۹) نیز مولیدن را باعث کاهش تعرق برگ و افزایش غلظت مواد اسمزی در ریشه دانسته‌اند که سرانجام با گسترش مورفولوژی ریشه و افزایش غلظت یونی، توانایی جذب ریشه‌ای بالاتر رفته است، این امر می‌تواند وضعیت آبی بهبود یافته تیمارهای دارای مولیدن را توجیه کند. در بین دو رقم مورد آزمایش، اختر بیشترین مقدار نسبی آب برگ را داشت (جدول ۴) و این مورد با یافته‌های قنبری و همکاران (۲۰۱۳) و قانع پور و همکاران (۲۰۱۴) که ارقام مشترکی با آزمایش را بکار برده‌اند مطابقت دارد.

#### دوام سطح برگ (LAD)

نتایج برآورد مربوط به دوام سطح برگ در تیمارهای مورد ارزیابی در دو سال مجزا به ترتیب در شکل ۱ برای سال اول و شکل ۲ برای سال دوم نشان داده شده است. در مقایسه بین سطوح آبیاری شرایط نرمال، در بین ارقام، لوبیا قرمز اختر، بیشترین دوام سطح برگ را داشت و محلول پاشی مولیدن باعث افزایش دوام سطح سبز شده است. در اغلب موارد هم در مقادیر دوره‌ای و هم مجموع تیمارهای با مولیدن سطوح تنشی ملایم نسبت به بدون مولیدن شرایط شاهد تنش کم آبی، دارای دوام سطح برگ بیشتری بودند. این حالت در مورد سطح تنش شدید به ملایم هم دیده می‌شود. بیشترین مقادیر دوره‌ای و مجموع کل سطح زیر منحنی در هر دو سال برای تیمار یک به ثبت رسیده است. دوام سطح برگ

در این رابطه  $H_i$  درجه - روز رشد تا روز  $i$ ،  $T_{max}$  حداکثر دمای روزانه با یک حد بالایی ۳۰ درجه سانتی-گراد،  $T_{min}$  برابر کمترین دمای روزانه در نظر گرفته شد و  $T_b$  نیز دمای پایه یا دمایی است که پایین‌تر از آن رشد گیاه متوقف می‌گردد، که برابر ۱۰ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شد (راسل و همکاران ۱۹۸۴).

برای تعیین سطح برگ از روش وزنی استفاده شد. در هر بار نمونه برداری به تعداد ۳۰ دیسک برگی از هر نمونه جداگانه وزن و از نسبت وزن کل برگ به دیسک‌ها سطح برگ مورد محاسبه قرار گرفت. پس از آن شاخص سطح برگ و سرانجام دوام سطح برگ ( $LAD^1$ ) برای میانگین تیمارها از رابطه زیر محاسبه گردید (هانت ۱۹۸۲):

$$LAD = [(LAI_1 + LAI_2) / 2] \times (GDD_2 - GDD_1)$$

با توجه به داشتن پنج دوره برآورد شاخص سطح برگ، می‌تواند چهار مقدار دوام سطح برگ و مجموع آنها در ارزیابی تیمارها بکار گرفته شده است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها بوسیله نرم افزار SAS، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شده و نمودارها هم به وسیله نرم افزارهای Excel 2010 و Statistica رسم شده است.

#### نتایج و بحث

##### مقدار نسبی آب (RWC) برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان دادند که مقدار آب نسبی برگ از سه عامل اصلی آبیاری، رقم و مولیدن در سطح احتمال یک درصد متاثر شده است ولی اثرات متقابل این عوامل بر این صفت معنی‌دار نبوده است. تنش کم آبی باعث کاهش (به ترتیب تنش ملایم و شدید ۷/۶۶ و ۱۴/۰۵ درصد نسبت به شاهد) مقدار آب نسبی برگ گردید (جدول ۴). مولیدن سبب حفظ مقدار نسبی آب برگ به میزان ۳/۵ درصد بیشتر نسبت به

<sup>1</sup> Leaf Area Duration

می‌دانیم که مولیدن در سازوکارهای متابولیسم نیتروژن نقش مهمی دارد. در نتیجه، بهبود و حفظ دوام سطح برگ با محلول‌پاشی مولیدن می‌تواند در اثر تامین نیتروژن مورد نیاز گیاه و فعالیت مناسب آنزیم‌های مربوطه باشد. جونیور و همکاران (۲۰۰۱) نیز افزایش رشد لوبیا و حفظ و دوام سطوح برگ‌گی سالم را با محلول‌پاشی مولیدن مورد تایید قرار داده‌اند.

نشان دهنده‌ی دوام بافت فتوسنتزی گیاه است که با عملکرد دانه همبستگی خوبی دارد، زیرا هرچه انرژی خورشیدی در مدت زمان بیشتری به گیاه برسد، ماده خشک بیشتری نیز تولید خواهد شد (صادقی و همکاران ۲۰۱۵). آزمایش‌های به عمل آمده در مورد دوام سطح برگ، نشان داده‌اند که دوام سطح برگ و شاخص سطح برگ در اثر کمبود نیتروژن زودتر کاهش می‌یابند. خارج شدن نیتروژن از برگ باعث تحریک پیری برگ‌ها می‌شود (عبدالصمد و همکاران ۲۰۰۵؛ دنگ و ژانگ ۲۰۰۳).

جدول ۳ - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات لوبیا تحت تاثیر کم آبی و مولیدن در دو سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۲

منابع تغییر	درجه آزادی	مقدار نسبی آب برگ (RWC)	تعداد نیام در بوته	تعداد دانه در نیام	وزن ۱۰۰ دانه	عملکرد دانه
سال	۱	۱۰۵/۱۲۵*	۱۱۴/۰۰۵**	۶/۳۶۱*	۱۸۱/۴۲۰*	۲۰۲۵۵۳/۳۹۵**
تکرار در سال	۴	۸/۱۶۷	۰/۹۷۸	۰/۳۴۲	۱۴/۸۸۶	۲۵۵۸/۶۳۰
تنش کم آبی	۲	۷۳۴/۰۴۲**	۶۳/۷۰۴**	۰/۱۶۹	۱۱۱/۹۶۳**	۱۸۹۷۶۹/۶۷۹**
سال × تنش کم آبی	۲	۴/۰۴۲	۰/۴۳۲	۰/۱۰۹	۴۵/۷۱۸**	۶۵۴۱/۵۶۷
خطای اصلی	۸	۱۰/۲۰۸	۰/۷۸۵	۰/۱۰۵	۴/۷۸۲	۱۸۷۴/۲۰۶
مولیدن	۱	۱۱۰/۰۱۴**	۴۲/۰۱۴**	۰/۰۷۳	۳۳/۴۱۵	۱۱۷۱۶۶/۷۲۳**
سال × مولیدن	۱	۰/۰۱۴	۶/۱۲۵	۰/۰۰۵	۲/۴۷۵	۱۰۲۵۶/۹۳۹
تنش کم آبی × مولیدن	۲	۱۱/۳۴۷	۱/۴۷۴	۰/۲۶۱	۸/۹۳۳	۳۷۷۲/۲۶۹
سال × تنش کم آبی × مولیدن	۲	۲/۵۱۴	۰/۲۱۵	۰/۰۵۰	۳/۱۳۸	۲۴۵۷/۳۶۳
رقم	۱	۲۱/۱۲۵*	۱/۵۶۱	۱/۶۶۸**	۸۵۷/۸۷۷**	۶۴۵۱۲/۳۲۰**
سال × رقم	۱	۰/۱۲۵	۰/۲۹۴	۰/۰۸۳	۵۱/۳۲۵*	۳۴۷۸/۸۹۲
تنش کم آبی × رقم	۲	۱۰/۰۴۲	۱/۹۵۱	۰/۳۹۲	۳/۲۴۹	۶۴۹۷/۴۶۶
سال × تنش کم آبی × رقم	۲	۰/۵۴۲	۰/۳۰۷	۰/۰۶۴	۲۹/۴۳۱	۳۳۲/۵۹۴
مولیدن × رقم	۱	۰/۰۱۴	۰/۳۴۷	۰/۷۴۸*	۴/۳۵۶	۱۰۱۹/۱۱۱
سال × مولیدن × رقم	۱	۰/۶۸۱	۳/۸۲۷	۰/۰۹۵	۱/۶۹۶	۲۴۸۷/۴۷۶
تنش کم آبی × مولیدن × رقم	۲	۴/۱۱	۰/۹۴۱	۰/۱۵۳	۲/۲۸۶	۹۹۱/۸۸۱
سال × تنش کم آبی × مولیدن × رقم	۲	۳/۱۸۱	۰/۰۸۴	۰/۱۰۲	۶/۵۳۷	۱۱۴۲/۶۵۵
خطای فرعی	۳۶	۳/۹۳۵	۱/۹۱۲	۰/۱۳۷	۱۰/۱۲۲	۲۷۳۴/۲۵۲
ضریب تغییرات (%)		۲/۷۳	۲۰/۴۷	۱۰/۶۵	۱۰/۵۰	۲۱/۳۴

\* و \*\* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشد.

جدول ۴ - مقایسه میانگین صفات لوبیا تحت تاثیر کم آبی و مولیبدن

مقدار نسبی آب برگ (%)	عملکرد دانه (g.m <sup>-2</sup> )	وزن ۱۰۰ دانه (g)	تعداد دانه در نیام	تعداد نیام در بوته	سال
۷۱/۴b	۲۹۸/۱a	۲۸/۷b	۳/۸a	۸/۰a	۱۳۹۱
۷۳/۸a	۱۹۲/۰b	۳۱/۹a	۳/۲b	۵/۵b	۱۳۹۲
<u>تنش کم آبی</u>					
۷۸/۳a	۳۳۰/۱a	۳۱/۸a	۳/۵a	۸/۴a	شاهد
۷۲/۳b	۲۵۲/۳b	۳۱/۳a	۳/۵a	۶/۸b	تنش ملایم
۶۷/۳c	۱۵۲/۷c	۲۷/۸b	۳/۴a	۵/۱c	تنش شدید
<u>مولیبدن</u>					
۷۳/۹a	۲۸۵/۴a	۳۱/۰a	۳/۵a	۷/۵a	+Mo
۷۱/۴b	۲۰۴/۷b	۲۹/۶a	۳/۴a	۶/۰b	-Mo
<u>رقم</u>					
۷۳/۲a	۲۷۵/۰a	۳۳/۸a	۳/۶a	۶/۶a	اختر
۷۲/۱b	۲۱۵/۱b	۲۶/۹b	۳/۳b	۶/۹a	COS16

## اجزای عملکرد دانه

## تعداد نیام در بوته

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد اثرات سال، سطوح تنش کم آبی و سطوح محلول‌پاشی مولیبدن بر تعداد نیام در بوته معنی‌دار شده‌اند. با توجه به مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) مشاهده می‌شود که سال اول با میانگین هشت نیام در بوته تفاوت معنی‌داری با تعداد پنج نیام در بوته سال دوم دارد. سه سطح تنش کم آبی نیز از هم تفاوت معنی‌داری دارند و به طور متوسط تنش ملایم کاهش ۱/۵ نیام و تنش شدید کاهش سه نیام در بوته را باعث شده است. این امر نشان‌دهنده حساسیت زیاد این صفت به محدودیت آبی در لوبیا می‌باشد. تنهایی و همکاران (۲۰۱۸) با مشاهده‌ی کاهش معنی‌دار تعداد نیام در بوته ماش تحت شرایط خشکی بیان نمودند که کاهش سنتز مواد فتوسنتزی و افزایش رقابت درون بوته ای حاصل از آن به همراه ریزش گل آذین در اثر تنش کمبود آب، باعث کاهش تعداد نیام در بوته شده است. صادقی پور و آقای (۲۰۱۲) هم نتیجه‌ی مشابهی را در

لوبیا گزارش کردند. مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی مولیبدن بر تعداد نیام در بوته نشان می‌دهد که دو سطح از هم تفاوت معنی‌داری دارند (جدول ۴). محلول‌پاشی مولیبدن توانسته تعداد نیام در بوته را افزایش داده و بدین طریق از میزان خسارت تنش کم آبی بکاهد. این نتیجه با نتایج ساویرس (۲۰۰۱) و داشادی و رسایی (۲۰۲۰) مشابه است. اثرات مثبت محلول‌پاشی مولیبدن بر حفظ و افزایش اجزای عملکرد در گندم نیز مورد تایید قرار گرفته است که حسن پور و همکاران (۲۰۱۵) آن را ناشی از افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت بیان نموده‌اند.

## تعداد دانه در نیام

بر اساس تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳)، صفت تعداد دانه در نیام صرفاً متأثر از اثرات سال و رقم بوده است. تغییرات محیطی نمود خود را در اثر سال نشان داده است و میانگین تعداد دانه در نیام ۳/۸ و ۳/۲ عدد به ترتیب در سال اول و دوم به ثبت رسیده است. پایداری



۲۸ درصد (۶۰ گرم در متر مربع) دانه بیشتری تولید کرد (جدول ۴). در نتایج این پژوهشگران نیز برتری عملکرد دانه رقم اختر نسبت به COS 16 مشهود بوده است.

با محلول پاشی مولیبدن میانگین عملکرد دانه به میزان ۲۶ درصد (۷۷/۷ گرم در متر مربع) افزایش یافت (جدول ۴). افزایش عملکرد ناشی از کاربرد مولیبدن به عنوان یک کود ریز مغذی در انواع حالت های مصرفی آن بصورت بذرمال، مصرف خاکی و محلول پاشی در گیاهان متعددی همانند گندم (غفاریان و همکاران ۲۰۱۳ و حسن پور و همکاران ۲۰۱۵)، نخود داشادی و رسایی (۲۰۲۰) و ماش (طاهر و همکاران ۲۰۱۱) و شمار زیادی از گیاهان دیگر به ثبت رسیده است. در گیاه لوبیا نیز کندیل و همکاران (۲۰۱۳) این نتایج را مورد تایید قرار داده اند.

خصوصیت مقابله با اثرات منفی تنش ها و تعدیل آنها توسط مولیبدن در نتایج حسن پور و همکاران (۲۰۱۵)، سان و همکاران (۲۰۰۶) و جونیور و همکاران (۲۰۰۱) مورد اشاره و تاکید قرار گرفته است.

### نتیجه گیری

نتایج نشان داد که تنش کم آبی، مولیبدن و رقم، صفات مورد ارزیابی در این تحقیق روی لوبیا را تحت تاثیر قرار داده اند. با افزایش فواصل آبیاری و در نتیجه ایجاد و تشدید تنش کم آبی، کاهش معنی دار مقدار نسبی آب برگ (بطور متوسط ۸ و ۱۴ درصد به ترتیب در تنش متوسط و شدید نسبت به شاهد) و به تبع آن کاهش دوام سطح برگ (بطور متوسط حدود ۱۵ و ۳۱ درصد به ترتیب در تنش متوسط و شدید نسبت به شاهد) رخ داد. این دو باعث افت عملکرد دانه بدلیل کاهش سطح فتوسنتزی خواهند شد. محلول پاشی مولیبدن، با کاهش شدت و به نوعی بازدارندگی اثرات منفی تنش کم آبی، افزایش مقدار نسبی آب برگ (۳ درصد) و تداوم سطح برگ بیشتر (۱۵ درصد) را در پی داشت. به نظر می رسد

ژنتیکی صفت تعداد دانه در نیام باعث شده است که کمترین تاثیر را از تغییرات تنش کم آبی و اعمال تیمار مولیبدن داشته باشد. هرچند که کاهش غیرمعنی دار ناشی از تنش کم آبی و افزایش غیرمعنی دار حاصل از محلول پاشی مولیبدن در نتایج دیده می شود. این مورد در نتایج نصرالله زاده اصل و قربان نژاد (۲۰۱۴) در گیاه لوبیا نیز بدست آمده است. با وجود کم بودن اختلاف دو رقم اختر و COS16 از نظر صفت تعداد دانه در نیام از نظر آماری متفاوت بوده و اختر برتری نسبی از این جهت داراست.

### وزن صد دانه

صفت وزن صد دانه از اثرات سال، تنش کم آبی و اثر متقابل آن دو و همچنین رقم تحت تاثیر قرا گرفت (جدول ۳). بیشترین وزن دانه در سال دوم در سطح تنشی ملایم به میزان ۳۴/۲ گرم و کمترین آن در سال اول سطح تنش شدید با ۲۶/۱ گرم به ازای هر صد دانه برآورد شد. رقم اختر با ۳۳/۸ گرم وزن صد دانه (۶/۹ گرم بیشتر از رقم COS16) دانه های درشتتری داشت (جدول ۴). محلول پاشی مولیبدن با وجود افزایش وزن دانه اثر آماری معنی داری نداشت که نتایج داشادی و رسایی (۲۰۲۰) در نخود و کریم و همکاران (۲۰۱۷) در گندم نیز موید این امر است.

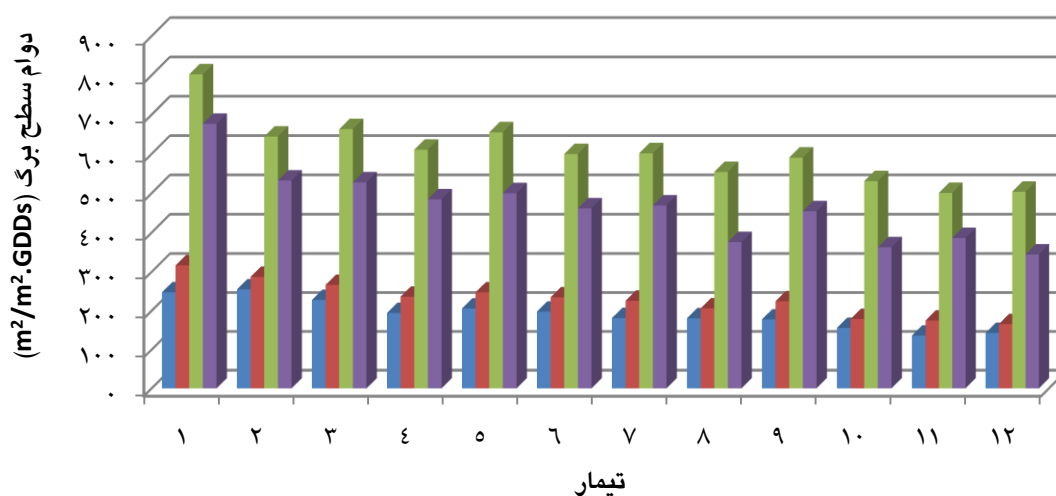
### عملکرد دانه

اثرات سال، تنش کم آبی، مولیبدن و رقم بر این صفت در سطح احتمال یک در صد معنی دار بود (جدول ۳). بیشترین میانگین عملکرد دانه به میزان ۳۳۰/۱، ۲۸۵/۴ و ۲۷۵/۰ گرم در مترمربع به ترتیب در سطح شاهد تنش کم آبی، با محلول پاشی مولیبدن و رقم اختر مشاهده گردید (جدول ۴). عملکرد دانه به میزان ۲۴ و ۵۴ درصد در اثر اعمال سطوح تنش ملایم و شدید نسبت به شاهد افت پیدا کرد (جدول ۴). این نتایج با دستاوردهای قنبری و همکاران (۲۰۱۳) و قانع پور و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت می نماید. رقم اختر نیز در مقایسه با COS16 به نسبت

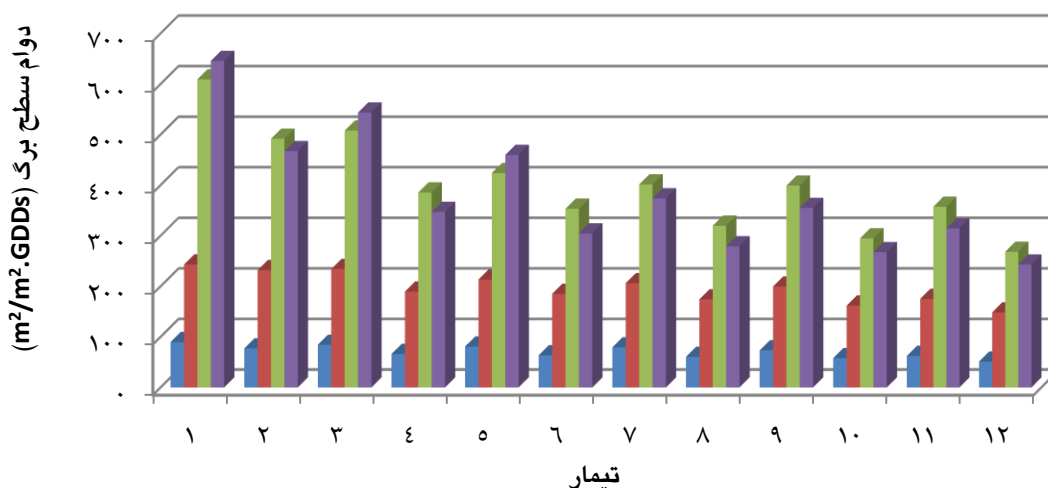
با توجه به شکل ۳ و جدول ۵ با نگاه کلی به دو خصوصیت فیزیولوژیکی برگ در این تحقیق و عملکرد دانه لوبیا مشاهده می‌شود که تیمارهایی با مقدار نسبی آب و دوام سطح برگ بیشتر، عملکرد دانه نسبتاً بیشتری نیز داشته‌اند.

که مولیدن می‌تواند به شکل معنی‌داری سبب بهبود تحمل به تنش کم آبی شود.

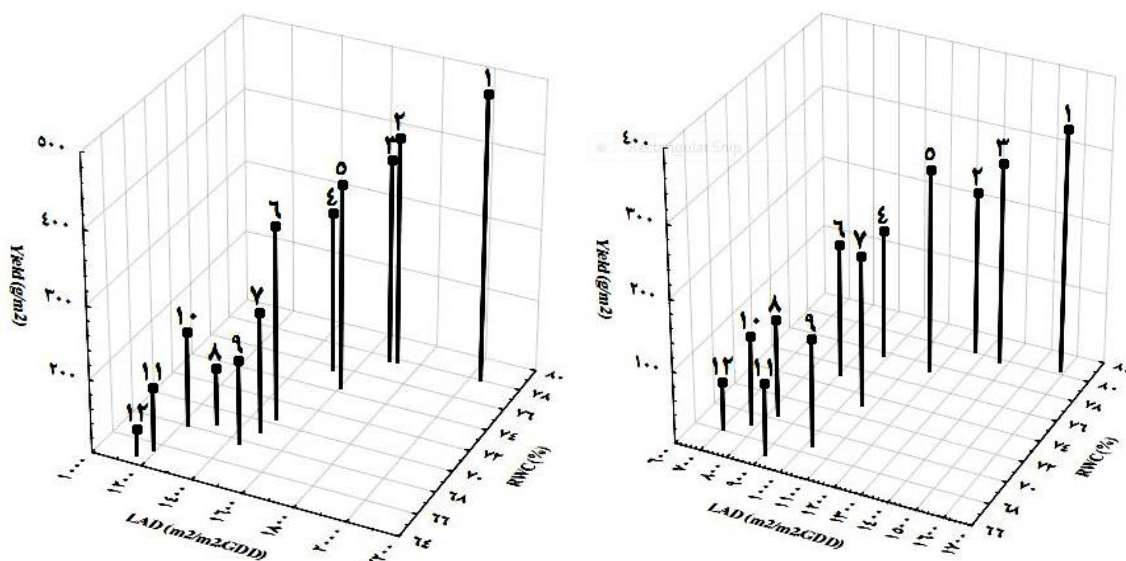
مشخص شد داشتن وضعیت آبی مطلوب برگ، اولین قدم در ایجاد، حفظ و پایداری شاخص دوام سطح برگ می‌باشد که متضمن تشکیل سطح جذب نور مناسبتر برای تولید مواد فتوسنتزی و عملکرد بالاتر خواهد بود.



شکل ۱ - تغییرات دوام سطح برگ ۱۲ تیمار در چهار مرحله در سال زراعی ۱۳۹۱



شکل ۲ - تغییرات دوام سطح برگ ۱۲ تیمار در چهار مرحله در سال زراعی ۱۳۹۲



شکل ۳- نمودارهای سه بعدی محتوای نسبی آب برگ، دوام سطح برگ و عملکرد دانه در دو سال زراعی ۱۳۹۱ (سمت راست) و ۱۳۹۲ (سمت چپ)

جدول ۵ - مقادیر محتوای نسبی آب برگ، دوام سطح برگ و عملکرد دانه در دو سال زراعی ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲

سال ۱۳۹۲			سال ۱۳۹۱			تیمار
Yield (g.m <sup>-2</sup> )	LAD (m <sup>2</sup> .m <sup>-2</sup> .GDD)	RWC (%)	Yield (g.m <sup>-2</sup> )	LAD (m <sup>2</sup> .m <sup>-2</sup> .GDDs)	RWC (%)	
۳۳۹/۹	۱۵۸۷/۳	۸۰/۳۳	۴۹۲/۲	۲۰۴۲/۲	۷۸/۰۰	1
۲۳۱/۰	۱۲۶۷/۹	۸۰/۰۰	۴۱۲/۹	۱۷۱۷/۹	۷۷/۶۷	2
۲۸۲/۷	۱۳۶۹/۶	۷۹/۶۷	۳۸۰/۶	۱۶۸۴/۷	۶۷/۷۷	3
۱۸۰/۰	۹۸۸/۰	۷۷/۶۷	۳۲۱/۷	۱۵۲۵/۱	۷۵/۶۷	4
۲۸۶/۵	۱۱۷۷/۸	۷۷/۳۳	۳۸۳/۰	۱۶۰۷/۷	۷۴/۳۳	5
۱۸۷/۲	۹۰۶/۵	۷۵/۰۰	۳۶۶/۵	۱۴۹۳/۰	۷۰/۳۳	6
۲۱۱/۱	۱۰۶۰/۵	۷۳/۰۰	۲۶۵/۸	۱۴۷۷/۰	۶۹/۰۰	7
۱۳۶/۸	۸۳۳/۲	۷۰/۳۳	۱۸۱/۱	۱۳۱۶/۰	۶۸/۶۷	8
۱۵۱/۹	۱۰۲۶/۵	۶۸/۶۷	۲۱۵/۸	۱۴۴۶/۳	۶۷/۶۷	9
۱۲۶/۰	۷۸۲/۰	۶۹/۰۰	۲۳۱/۶	۱۲۲۷/۲	۶۸/۰۰	10
۱۰۱/۳	۹۰۸/۹	۶۷/۰۰	۱۸۸/۸	۱۱۹۷/۲	۶۵/۳۳	11
۶۹/۷	۷۱۰/۲	۶۸/۰۰	۱۳۶/۷	۱۱۵۵/۷	۶۴/۶۷	12

سپاسگزاری

صمیمانه خود را از تمامی عزیزان دانشگاه تبریز اعلام کنند. در ضمن نمونه های بذری مورد استفاده از منبع موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه و از جناب آقای دکتر علی اکبر قنبری در این زمینه تقدیر و تشکر می گردد.

این مقاله از رساله دوره دکتری تخصصی زراعت فیزیولوژی گیاهان زراعی مصوب گروه اکوفیزیولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز استخراج شده است. نویسندگان بر خود لازم می دانند مراتب تشکر

## منابع مورد استفاده

- Abd el-Samad HM, El-komy HM, Shaddad MK and Hetta AM. 2005. Effect of molybdenum on nitrogenase and nitrate reductase activities of wheat inoculated with *Azospirillum brasilense* grown under drought stress. *General and Applied Plant Physiology*, 31(1-2): 43-54.
- Anjum SA, Xie X, Wang LC, Saleem MF, Man C, Lei W. 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*, 6: 2026-2032.
- Bagheri A, Nezami A, and Porsa H. 2006. An analysis to pulse research strategies in Iran based on the first national pulse symposium approaches. *Iranian Journal of Field Crop Research*, 4(1): 1-13. (In Persian).
- Dashadi M and Rasaei A. 2020. Investigation of different levels of molybdenum and nitrogen on yield and yield components of chickpea cultivars. *Crop Physiology Journal*, 12(46): 81-96. (In Persian).
- Deng Y and Zhang JM. 2003. Effect of B and Mo application on growth and yield. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 31: 52-53.
- Farjzadeh Memari Tabrizi N and Rashidi V. 2011. Drought effects on morphological traits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Annals of Biological Research*, 2(5): 95-99.
- Ghafarian AH, Zarghami R, Zand B and Bayat V. 2013. Wheat performance as affected by foliar application of molybdenum (Mo) under drought stress condition. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(11):3050-3056.
- Ghanbari AA, Shakiba MR, Toorchi M, Choukan R. 2013. Morpho-physiological responses of common bean leaf to water deficit stress. *European Journal of Experimental Biology*, 3(1):487-92.
- Ghanepour S, Shakiba MR, Toorchi M, Oustan S, Rao IM. 2014. Physiological changes associated with soil drought stress in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as influenced by zinc supply. *International Journal of Biosciences (IJB)*, 5(1):232-41.
- Ghasemian V, Ghalavand A, Soroosh zadeh A and Pirzad A. 2010. The effect of iron, zinc and manganese on quality and quantity of soybean seed. *Journal of Phytology*, 2: 73-79.
- Hasanpour J, Kanani SM and Teimouri S. 2015. Effects of molybdenum (Mo) spraying on morphophysiological characteristics of wheat under drought stress condition. *Applied Field Crops Research (Pajouhesh & Sazandegi)*, 28(106): 45-54. (In Persian).
- Heidarian AR, Kord H, Mostafavi K, Lak AP and Amini Mashhadi F. 2010. Investigating Fe and Zn foliar application on yield and its components of soybean (*Glycine max* (L) Merr.) at different growth stages. *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development*, 3(9): 189-197.
- Hnatuszko-Konka K, Kowalczyk T, Gerszberg A, Wiktorek-Smagur A and Kononowicz AK. 2014. *Phaseolus vulgaris*-recalcitrant potential. *Biotechnology Advances*, 32(7): 1205-1215.
- Hunt R. 1982. *Plant growth curves*. Edward Arnold Pub. Ltd. London. United Kingdom.
- Junior WJ, Vale F, Zambolim L, Coelho R, Costa L, Hau B. 2001. Strategies to manage angular leaf spot on *Phaseolus vulgaris* based in molybdenum application and chemical control. *WALDIR CINTRA DE JESUS JUNIOR*.
- Kaiser BN, Gridley KL, Ngair Brady J, Phillips T and Tyerman SD. 2005. The role of molybdenum in agricultural plant production. *Annals of Botany*, 96(5): 745-754.
- Kandil H, Gad N, Abdelhamid MT. 2013. Effects of different rates of phosphorus and molybdenum application on two varieties common bean of (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agriculture and Food Technology*, 3(3): 8-16.
- Kareem F, Rihan H, Fuller M. 2017. The effect of exogenous applications of salicylic acid and molybdenum on the tolerance of drought in wheat. *Agricultural Research and Technology*, 9 (4): 1-9.

- Karimi MM and Siddique KHM. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. *Australian Journal of Agricultural Research*, 42: 13-20.
- Keyvan S. 2010. The effects of drought stress on yield, relative water content, proline, soluble carbohydrates and chlorophyll of bread wheat cultivars. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 8: 1051-1060.
- Korir PC, Nyabundi JO, Kimurto PK. 2006. Genotypic response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to moisture stress conditions in Kenya. *Asian Journal of Plant Sciences*, 5(1): 24-32.
- Liu H, Hu C, Sun X, Tan Q, Nie Z, Su J, Liu J. and Huang H. 2009. Interactive effects of molybdenum and phosphorus fertilizers on grain yield and quality of *Brassica napus*. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7: 266-269.
- Mahdavi S. 2014. Can foliar molybdenum compensate for damage to barley because of draught stress?. *Biosciences, Biotechnology Research Asia*, 11(3):1403-1411.
- Malakouti MJ and Tehrani MM. 1999. The role of micronutrients in increasing yield and improving the quality of agricultural products. *Tarbiat Modares University Publications* (In Persian).
- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, San Diego.
- Nasrollahzadeh Asl, A and Gorbannezhad h. 2014. Effect of biological and mineral phosphorus fertilizers together with microelement sprayings on yield and component of yield in pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Crop Ecophysiology (Agriculture Science)*, 8(4): 451-464. (In Persian).
- Russell MP, Wilhelm WW, Olson RA and Power JF. 1984. Growth analysis based on degree days. *Crop Science*, 24: 28-32.
- Sadeghi S, Heidari G and Sohrabi Y. 2015. Effect of biological fertilizer and fertilization management on some growth indices of two maize varieties. *Agricultural Science and Sustainable Production*, 25(3): 43-60. (In Persian).
- Sadeghipour O and Aghaei P. 2012. Response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to exogenous application of salicylic acid (SA) under water stress conditions. *Advances in Environmental Biology*, 6(3): 1160-1168.
- Saman M, Sepehri A, Ahmadvand G and Sabaghpour SH. 2006. Effect of irrigation on growth and yield of four cultivars chickpea in grain filling and podding stages. *Journal of Agriculture Research*, 7: 1- 15. (In Persian).
- Sawires ES. 2001. Effect of phosphorus fertilization and micronutrients on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Annals Agricultural Science (Cairo)*, 46(1): 155-164.
- Sigel A. 2002. Molybdenum and tungsten: Their roles in biological processes. *Metal ions in biological systems*. New York Marcel Dekker.
- Slatyer RO. 1965. Plant water relationships. Academic Press, London, England.
- Sun XC, Hu CX, Tan QL. 2006. Effects of molybdenum on antioxidative defense system and membrane lipid peroxidation in winter wheat under low temperature stress. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*, 32(2): 175-182.
- Tahir M, Ali A, Noor-ul-Aabidin M, ur Rehman H. 2011. Effect of molybdenum and seed inoculation on growth, yield and quality of mungbean. *Crop and Environment*, 2(2):37-40.
- Tanhaei R, Yadavi A, Movahhedi dehnavi M and Salehi A. 2018. Effects of mycorrhizal fungi and biofertilizer on yield and yield components of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in drought stress conditions. *Agricultural Science and Sustainable Production*, 28(3): 277-291. (In Persian).
- Vieira RF, Paula TJ, Pires AA, Carneiro JES and da Rocha GS. 2011. Common bean seed complements molybdenum uptake by plants from soil. *Agronomy Journal*, 103(6): 1843-1848.

- Wu S, Hu C, Tan Q, Nie Z, Sun X. 2014. Effects of molybdenum on water utilization, antioxidative defense system and osmotic-adjustment ability in winter wheat (*Triticum aestivum*) under drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 1(83): 365-374.
- Wu S, Sun X, Tan Q, Hu C. 2019. Molybdenum improves water uptake via extensive root morphology, aquaporin expressions and increased ionic concentrations in wheat under drought stress. *Environmental and Experimental Botany*, 1(157): 241-249.
- Zhang M, Hu C, Zhao X, Tan Q, Sun X, Cao A, Cui M and Zhang Y. 2012. Molybdenum improves antioxidant and osmotic-adjustment ability against salt stress in chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *Pekinensis*). *Plant and Soil*, 355(1-2): 375-383.