Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 54, No 1, Spring 2023 (27-40)
DOI: 10.22059/IJFCS.2022.339351.654902

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۴، شمارهٔ ۱، بهار ۱۴۰۲ (۴۰-۲۷)

Effect of foliar application of some amino acids on growth and yield of chickpea (*Cicer arientinum* L.) under different irrigation regimes

Ali Khalesi[1], Seyed Amirabbas Mosavi Mirkalaei[2]*, Seyed Ali Mohammad Modarres Sanavy[3], Ali Eftekhari[2], Mojtaba Nashaeai Moghadam[2]
1,2. Agronomy Department, Islamic Azad University, Chalous, Iran,
3. Agronomy Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
(Received: March 11, 2022 - Accepted: May 9, 2022)

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the effects of foliar application of amino acids of proline, valine and alanine on some morphological traits, yield and yield components of chickpea (Mansouri cultivar) under different irrigation regimes. Therefore, an experiment was conducted in a randomised completely block design with a split-plot arrangement of treatments in a research farm of the Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Iran, during the 2018-2019 and 2019-2020 growing seasons. The experimental treatments included three different irrigation regimes (namely regular irrigation, moderate water stress, and severe water stress) as main plots and different foliar applications of amino acids (including 0.5 $g.l^{-1}$ of proline+valine, proline+alanine and alanine+valine, 1 $g.l^{-1}$ of a commercial amino acid from Agrares and two treatments with distilled water and no foliar application) as subplots in three replicates. The results showed that plant height, leaf area, 1000-seed weight, grain yield, chlorophyll a and b content, and total chlorophyll were significantly affected by irrigation regimes, foliar application of the amino acid, and their interaction. The highest grain yield (3924.05 $kg.ha^{-1}$) was obtained under regular irrigation×foliar application of proline+alanine and the lowest grain yield (687.27 $kg.ha^{-1}$) was obtained under severe water stress×no foliar application. Moreover, a significant increase of 69% in plant height was observed in the interaction regular irrigation×foliar application of proline+alanine compared to the control treatment. Accordingly, regular irrigation and combined application of the above amino acids (under water stress conditions) are recommended to reduce the adverse effects of drought stress on chickpea (Mansouri cultivar).
Keywords: Chlorophyll, irrigation regimes, valine, yield, yield components.

تأثیر محلول‌پاشی برخی از اسیدهای آمینه بر رشد و عملکرد نخود (*Cicer arientinum* L.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

علی خالصی[۱]، سید امیرعباس موسوی میرکلائی[۲]*، سید علی محمد مدرس ثانوی[۳]، علی افتخاری[۲] و مجتبی نشائی مقدم[۲]
۱و۲- دانشجوی دکتری و استادیار گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران، ۳- استاد گروه زراعت، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۲۰تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۲/۱۹)

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات محلول‌پاشی ترکیب اسیدهای آمینه پرولین، والین و آلانین بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد نخود منصوری تحت رژیم‌های مختلف آبیاری، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کاملا تصادفی در دو سال ۱۳۹۸-۱۳۹۷ و ۱۳۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس با سه تکرار انجام شد. رژیم‌های مختلف آبیاری شامل آبیاری مطلوب، تنش آبی متوسط و تنش آبی شدید در کرت‌های اصلی و تیمارهای مختلف محلول‌پاشی شامل پرولین+والین، پرولین+آلانین، آلانین+والین به میزان ۰/۵ گرم بر لیتر از هر اسیدآمینه، اسیدآمینه تجاری از شرکت آگراس (Agrares) اسپانیا به میزان یک گرم بر لیتر به همراه دو شاهد آب مقطر و عدم کاربرد محلول‌پاشی در کرت‌های فرعی به‌صورت تصادفی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اثر رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی و برهم‌کنش آن‌ها بر ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، محتوای کلروفیل a و b و کلروفیل کل معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه به میزان ۳۹۲٤/۰۵ کیلوگرم در هکتار از آبیاری مطلوب، پرولین+آلانین و کمترین عملکرد دانه به میزان ٦٨٧/٢٧ کیلوگرم در هکتار از تنش آبی شدید، بدون محلول‌پاشی به‌دست آمد. همچنین نتایج نشان داد ارتفاع بوته در تیمار آبیاری مطلوب، محلول‌پاشی پرولین+آلانین ٦٩ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده در شرایط تنش کم‌آبی به ترتیب استفاده از اسیدهای آمینه

* Corresponding author E-mail: amirabbasmosavi @iauc.ac.ir

پرولین+آلانین، پرولین+والین و اسیدآمینه‌های ترکیب تجاری برای کاهش اثرات سوء کم‌آبی در گیاه نخود رقم منصوری توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، رژیم‌های آبیاری، عملکرد، کلروفیل، والین.

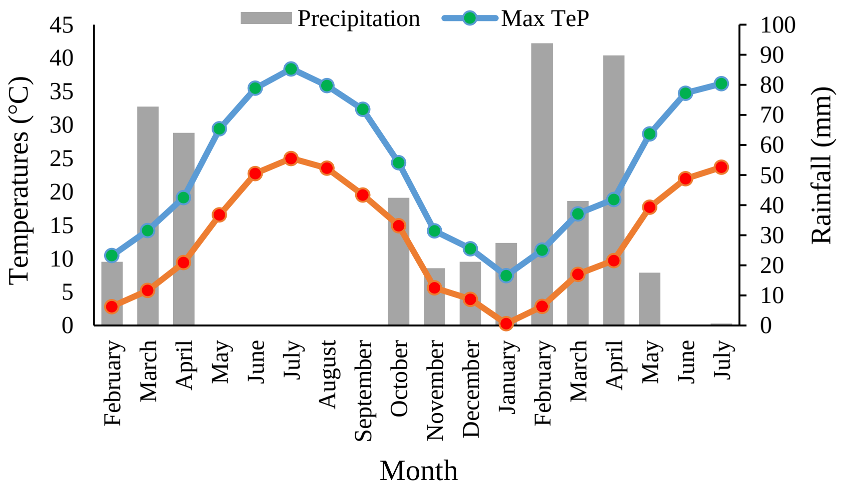
مقدمه

نخود (*Cicer arientinum* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات خانواده حبوبات است که غذای بخشی از جمعیت در حال رشد جهان فراهم را می‌کند. سطح زیر کشت این محصول در جهان بیش از ۱۱ میلیون هکتار است و ایران با سطح زیر کشت ۷۰۰ هزار هکتار پس از هند، پاکستان و ترکیه رتبه چهارم را دارد (Naseri *et al*., 2020). اگرچه نخود می‌تواند تنش آبی را تحمل کند، اما اثرات منفی قابل توجهی بر بهره‌وری نخود به دلیل تنش آبی گزارش شده است (Maleki *et al*., 2011; Rani *et al*., 2020; Shah *et al*., 2020)؛ بنابراین داشتن رقم مقاوم ضروری است، ارقامی که بتوانند دوره تنش آبی را تحمل کنند (Massawe *et al*., 2015). تنش آبی به‌عنوان عامل محیطی اصلی که می‌تواند به‌طور قابل توجهی بر بهره‌وری گیاه و کیفیت بسیاری از محصولات زراعی تأثیر بگذارد گزارش شده است (El Haddad *et al*., 2021)، به‌طوری‌که تاثیر آن بر حبوبات بیشتر است (Awasthi *et al*., 2017). تنش کم‌آبی با برهم‌زدن فرآیندهای فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی رشد گیاه را مختل می‌کند. در نتیجه مجموعه‌ای از فرآیندها از جمله رشد، تعداد گل، کربوهیدرات‌ها، محتوای پروتئین و غلظت ریزمغذی‌ها (روی و آهن) را تحت تأثیر قرار می‌دهد که در نهایت بر عملکرد دانه و کیفیت تغذیه تأثیر می‌گذارد (Maqbool *et al*., 2020: Johansson *et al*., 2020). مراحل زایشی گیاهان زراعی نسبت به مراحل رویشی در برابر تنش کم‌آبی آسیب‌پذیرتر هستند (Choukri *et al*., 2020; Sehgal *et al*., 2017). بیشتر مناطق کشت نخود در ایران دارای آب و هوای سرد و نیمه‌خشک با تنش کم‌آبی نهایی هستند (Ghassemi-Golezani *et al*., 2008). نخود در این مناطق به‌طور سنتی در بهار (اسفند تا فروردین) کاشته می‌شود که تقریباً با پایان فصل بارندگی در این مناطق مطابقت دارد. در نتیجه، تنش کم‌آبی در اواخر مراحل رویشی و زایشی یک عامل محدودکننده در عملکرد رایج در این منطقه است (Soltani *et al*., 2001). تنش کم‌آبی انتهای فصل معمولاً با افزایش دما در طول زمان رسیدگی همراه است و اغلب به دمای بیش از ۳۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد که ممکن است بر پر شدن غلاف تأثیر بگذارد (Khamssi *et al*., 2011). کمبود رطوبت خاک در مناطق دیم ایران اغلب در حساس‌ترین مراحل رشد نخود، یعنی گلدهی و پرشدن دانه ایجاد می‌شود (Shamsi *et al*., 2010). اگرچه نخود به‌خوبی با شرایط نیمه‌خشک سازگار است و باتوجه‌به چرخه زمستانی آن معمولاً نیازی به آبیاری ندارد، گاهی اوقات حداکثر به دو یا سه آبیاری تکمیلی نیاز است (Pasandi *et al*., 2014). استفاده از محرک‌های زیستی می‌تواند به دلیل تحریک و بهبود فرایندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاهان باعث افزایش قابل‌توجه عملکرد محصول شود (Naseri *et al*., 2020). در چند سال اخیر، مقدار زیادی از آمینواسیدها به محصولات محرک زیستی اضافه شده

است. اگرچه تأثیر مثبت کاربرد اسیدآمینه به‌خوبی شناخته شده است، اطلاعات کمی در مورد نقش هر اسیدآمینه در فرایندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی وجود دارد. همچنین اطلاعات کافی در مورد استفاده صحیح از آن‌ها وجود ندارد، زیرا اثرات اسیدهای آمینه به ترکیبی از عوامل مانند نوع گیاه، مقدار تعیین‌شده مصرفی، آب و هوا، نحوه و زمان استفاده و ... بستگی دارد (Paradikovi *et al.*, 2019 ; Colla *et al.*, 2015). Rafi *et al.* (2020) گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه (۷۵۶۵/۴۸ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کاربرد اسید-آمینه حاصل شد. این پژوهش باهدف بررسی تأثیر محلول‌پاشی مخلوط اسیدآمینه‌های پرولین+آلانین، پرولین+والین و اسیدآمینه‌های ترکیب تجاری بر عملکرد، اجزای عملکرد، سطح برگ و میزان کلروفیل a و b در شرایط تنش کم‌آبی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به‌صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران واقع در کیلومتر ۱۷ اتوبان تهران - کرج با موقعیت جغرافیایی ۵۱ درجه و ۸ دقیقه شمالی، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۲۱۵ متر از سطح دریا، با آب‌وهوایی نیمه‌خشک با میانگین بارندگی سالانه ۱۷۱ میلی‌متر در دو سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ و ۱۳۹۸-۱۳۹۹ اجرا شد. شکل یک میانگین حداقل و حداکثر دمای ماهانه و میزان نزولات آسمانی را در طی دو دوره رشد و نمو نخود نشان می‌دهد.



شکل ۱- میانگین دماهای کمینه و بیشینه ماهانه و بارندگی در طی دو دوره رشد و نمو نخود.
Figure 1. Average minimum and maximum monthly temperatures and rainfall during the two periods of growth and development of chickpea.

تیمارها شامل رژیم‌های آبیاری در سه سطح آبیاری مطلوب (۳۵ درصد تخلیه رطوبتی، I1)، تنش آبی متوسط (۵۵ درصد تخلیه رطوبتی، I2) و تنش آبی شدید (۷۵ درصد تخلیه رطوبتی، I3) قابل دسترس خاک در منطقه توسعه ریشه و سپس آبیاری تا حد ظرفیت زراعی از زمان استقرار گیاهچه تا برداشت گیاه در کرت‌های اصلی و

محلول‌پاشی اسیدهای آمینه مختلف در دو مرحله (در مرحله رویشی BBCH11 و شروع مرحله زایشی یعنی ۱۰ درصد گلدهی BBCH 61) شامل پرولین+والین (S1)، پرولین+آلانین (S2)، آلانین+والین (S3) به میزان ۰/۵ گرم بر لیتر از هر اسیدآمینه (از شرکت مرک آلمان)، اسیدآمینه تجاری از شرکت آگراس (Agrares) اسپانیا (S4) به میزان یک گرم بر لیتر از شرکت کاوش گستر تهیه شد و به همراه دو شاهد آب مقطر (S5) و عدم کاربرد محلول‌پاشی (S6) در کرت‌های فرعی به‌صورت تصادفی قرار گرفتند. عملیات آماده‌سازی زمین به‌وسیله‌ی شخم، دیسک و برای تسطیح زمین از ماله استفاده شد. قبل از کاشت دو نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری تهیه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شد و بر اساس آن میزان نیتروژن موجود در خاک (درصد ماده آلی خاک) و میزان نیتروژن موردنیاز گیاه نخود رقم منصوری (بر اساس کود اوره) تعیین شد (جدول ۱). هنگام کاشت بذر نخود رقم منصوری هر کرت آزمایشی به‌صورت پنج ردیف کشت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر به طول سه متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۸ سانتی‌متر و عمق ۴ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. عملیات وجین به‌صورت دستی برای کنترل علف‌های هرز انجام شد. آبیاری به‌صورت قطره‌ای و با استفاده از نوارهای آبیاری انجام شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کشت، و آبیاری‌های بعدی به‌صورت نرمال تا استقرار گیاهچه انجام شد. حجم آبیاری برای هر تیمار با کنتور کنترل شد. برای تعیین سطوح مختلف آبیاری از روابط ارائه‌شده توسط Behera & Panda (2009) استفاده شد در این روش، برنامه زمان‌بندی آبیاری بر اساس درصد تخلیه آب خاک در منطقه ریشه و یا بیشینه تخلیه مجاز MAD (Maximum Allowable Depletion) بود. درصد MAD با رابطه ۱ برآورد شد:

رابطه (۱)
$$MAD = \frac{FC - \theta}{FC - PWP}$$

FC رطوبت حجمی ظرفیت زراعی، θ رطوبت حجمی خاک و PWP رطوبت حجمی خاک در نقطه پژمردگی دائمی است. حجم آب مورد نیاز با رابطه‌های ۲ و ۳ محاسبه شد:

رابطه (۲)
$$ASW=FC-PWP$$

رابطه (۳)
$$V=ASW*MAD*Rz*10$$

که در آن ASW (Available Soil Water) آب قابل دسترس خاک، V (Volume of irrigation water) حجم آب آبیاری (بر حسب میلی‌متر)، R_z عمق مؤثر توسعه ریشه (۵۰ سانتی‌متر) و ۱۰ ثابت تبدیل سانتی‌متر به میلی‌متر است.

برای کنترل رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه از لوله‌های دستگاه TDR (Time-Domain Reflectometry) مدل TRIME-FM کشور انگلستان در عمق صفر تا ۵۰ سانتی‌متری کرت‌ها استفاده شد. برای این منظور، قبل از اجرای آزمایش با نمونه‌گیری از اعماق مختلف خاک در زمان‌های متفاوت، از طریق روش وزنی، درصد حجمی رطوبت خاک تعیین شد و سپس درصد حجمی رطوبت خاک در همین نقاط به وسیله دستگاه TDR اندازه‌گیری شد و سپس یک معادله رگرسیونی بین دو سری از داده‌ها محاسبه شد که برای کالیبره‌کردن دستگاه TDR مورد استفاده قرار گرفت.

هم‌زمان با اعمال تیمار تنش (بعد از استقرار گیاهچه تا زمان برداشت) دو بار محلول‌پاشی (یکی در مرحله رویشی و دیگری در مرحله زایشی یعنی حدود ۱۰ درصد گلدهی) انجام شد. در پایان دوره رشد و از هر کرت ۱۰ بوته به‌طور

تصادفی از سطح خاک برداشت و جهت تعیین صفات مورفولوژی و اجزای عملکرد از قبیل ارتفاع، سطح برگ و وزن هزار دانه به آزمایشگاه منتقل شد. با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل DELTA- T DEVICES (ساخت کشور انگلستان)، میزان سطح برگ اندازه‌گیری شد. وزن هزار دانه پس از انتخاب یک نمونه تصادفی از دانه‌های به‌دست‌آمده از هر تیمار با دستگاه بذرشمار شمارش و توزین شد. جهت تعیین عملکرد دانه در هنگام برداشت، از دو ردیف وسط هر کرت آزمایشی، یک متر مربع نمونه برداشت شد و داخل کیسه های مقوایی قرار گرفت. این نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه و جداکردن دانه‌های آن و خشکاندن در داخل آون (۴۸ ساعت تحت دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد) با ترازوی مدل AND ساخت کشور ژاپن بادقت ۰/۱ گرم توزین شدند. بدین ترتیب عملکرد دانه در یک متر مربع حاصل شد که بعد از آن به واحد کیلوگرم در هکتار تبدیل شد. برای سنجش غلظت کلروفیل ۰/۲ گرم نمونه‌ی برگی (در مرحله ۱۰ درصد گلدهی) در استون ۸۰٪ عصاره‌گیری شد. جذب نوری کلروفیل a و b به‌ترتیب در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر خوانده شد و با استفاده از فرمول مربوطه غلظت کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل بر حسب میلی‌گرم بر گرم برگ تازه به‌دست آمد. غلظت کلروفیل‌های a و b از فرمول‌های زیر به‌دست می‌آید (Arnon, 1949):

$$\text{کلروفیل } a = [12.7\,(D_{663}) - 2.69\,(D_{645})]\ \frac{V}{1000W}$$

$$\text{کلروفیل } b = [22.9\,(D_{645}) - 4.68\,(D_{663})] \times \frac{V}{1000W}$$

کلروفیل کل = کلروفیل b + کلروفیل a

W: وزن تر برگ (گرم)، V: حجم استون (میلی‌لیتر) و D: طول موج (نانومتر).

اثرات اصلی و برهم‌کنش عوامل مورد بررسی از تجزیه واریانس (ANOVA) با استفاده از روش مدل خطی عمومی (GLM) در نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ تعیین شد (SAS Institute Inc, 2019). فرضیه‌های تجزیه واریانس با اطمینان از این که باقی‌مانده‌ها تصادفی، همگن و با توزیع نرمال هستند، مورد آزمایش قرار گرفت. از آن‌جایی که آزمون Brown-Forsythe’s F-star برای صفات اندازه‌گیری‌شده معنی‌دار نبود، برداشت‌ها در یک آزمون مرکب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که سال به‌صورت فاکتور تصادفی در نظر گرفته شد. برای مقایسه اثرات اصلی آزمون LSD (کمینه تفاوت معنی‌دار) بکار رفت. برای مقایسه اثرات متقابل از میانگین کمینه مربعات (LS Means) با گزینه‌ی Lines استفاده شد. برای انجام آنالیز همبستگی از روش Corr و روش Pearson استفاده شد. در مواقعی که اثر متقابل دوگانه معنی‌دار شد، تنها از اثرات متقابل برای تفسیر بهتر نتایج استفاده شد و در غیر این صورت اثرات اصلی (در صورت معنی‌داربودن) برای تفسیر نتایج بکار رفت. برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel و برای رسم جداول از نرم‌افزار Microsoft Office 2013 استفاده شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

Table 1. Physicochemical characteristics of the experimental soil

Depth	Texture	Total nitrogen (%)	Available Potassium (mg / kg)	Available Phosphorus (mg / kg)	OC (%)	pH Paste	EC ($dS.m^{-1}$)
0-30	Sandy loam	0.12	689	830	1.2	7.48	0.73
30-60	Sandy loam	0.10	754	840	1.0	7.46	0.82

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

رژیم آبیاری و برهم‌کنش آن با محلول‌پاشی در سطح پنج درصد و محلول‌پاشی در سطح یک درصد بر ارتفاع گیاه اثر معنی‌دار داشت (جدول ۲). همچنین بیشترین ارتفاع بوته از تیمار ترکیبی آبیاری مطلوب با محلول‌پاشی پرولین+آلانین با ۵۸/۶۳ سانتی‌متر و کمترین مقدار هم از تیمار کم آبیاری شدید با ۳۴/۹۷ سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ۳). ارتفاع گیاه صفتی است که به میزان قابل توجهی به شرایط محیطی بستگی دارد. به‌طورکلی، دامنه تغییر ارتفاع گیاه نخود بین ۲۰ الی ۱۰۰ سانتی‌متر است. تنش خشکی باعث کاهش طول دوره رویشی لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) می‌شود (Bayat *et al*., 2010). با کاهش طول این دوره و عبور سریع‌تر گیاه از این مرحله، تعداد گره و طول میان‌گره در گیاه کاهش‌یافته و به دنبال آن ارتفاع گیاه سویا (*Glycine max*) کم می‌شود (Daneshian, 2000). دلیل کاهش ارتفاع گیاه در اثر تنش کمبود آب را می‌توان به علت کاهش فشار تورژسانس و کاهش رشد طولی سلول دانست (Upadhyaya & Panda, 2004). کاهش ارتفاع گیاه و تعداد گره در ساقه دلیلی است بر اینکه تنش کم‌آبی باعث کاهش تقسیمات سلولی شده و رشد رویشی گیاه را کاهش داده؛ لذا عملکرد زیستی گیاه کاهش یافته است (Zabat & Hosseinzadeh, 2011). اسیدهای آمینه می‌توانند فرآیندهای بیوشیمیایی اصلی و سوخت وساز را در گیاهان بهبود دهند (Golzadeh *et al*., 2011). همچنین باتوجه‌به نیتروژن موجود در اسیدآمینه افزایش ارتفاع بوته قابل توجیه است. در پژوهشی دیگر محلول‌پاشی اسیدآمینه فسنوترن سبب افزایش ارتفاع بوته بابونه شد (Haj Seyed Hadi *et al*., 2011).

سطح برگ بوته

سطح برگ بوته تحت تأثیر اثرات اصلی رژیم آبیاری و محلول‌پاشی و اثرات متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین میزان سطح برگ بوته با میانگین ۹۷۵/۶۲ سانتی‌متر مربع به تیمار آبیاری مطلوب، محلول‌پاشی تعلق داشت و کمترین میزان سطح برگ با میانگین ۱۷۳/۰۸ سانتی‌متر مربع از تیمار تنش آبی شدید و بدون محلول‌پاشی به‌دست آمد (جدول ۳). تنش آبی اغلب موجب ایجاد برگ‌های کوچکتر شده و عمر برگ‌ها را نیز کاهش می‌یابد (Webber *et al*., 2018). تنش آبی در طول دوره رشد رویشی منجر به کوچک‌تر شدن برگ‌ها شده و شاخص سطح برگ و میزان جذب نور توسط گیاه را کاهش می‌دهد (Bouazzama *et al*., 2012). تنش آبی سطح برگ، فتوسنتز و مصرف مواد فتوسنتزی را در برگ‌ها کاهش می‌دهد، زیرا انتقال شیره پرورده از آوند آبکش وابسته به پتانسیل فشاری است. اگر در طی تنش، پتانسیل آب در آوند آبکش کاهش یابد، کاهش در پتانسیل آماس نیز از انتقال مواد فتوسنتزی جلوگیری می‌کند (Imam & Zavareh, 2005). اسیدهای آمینه به‌عنوان منبع تأمین نیتروژن، در تولید پروتئین گیاهی و سبزینه (کلروفیل) و درنتیجه افزایش سطح برگ و نورساخت گیاه مؤثرند (Ghazi Manas *et al*., 2013)؛ در نتیجه افزایش رشد و عملکرد از محلول‌پاشی اسیدهای آمینه قابل انتظار است. بالاترین شاخص سطح برگ از تیمارهای محلول‌پاشی با سطوح ۳ و ۶ هزار اسیدآمینه با میانگین ۳/۳۶ و ۳/۰۴ به‌دست آمد (Entezari *et al*., 2008).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری‌شده نخود، رقم منصوری، تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی اسیدهای آمینه

Table 2. Analysis of variance for measured traits of chickpea, Mansouri cultivar, under irrigation regimes and foliar application of amino acids

		Mean of squares						
S.O.V.	df	Height plant	Leaf area	1000-seed weight	Grain yield	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total chlorophyll
Year (Y)	1	50.57^{ns}	1001.74^{ns}	279.72^{ns}	12124.49^{ns}	0.49^{ns}	0.0098^{ns}	0.64^{ns}
Error a	4	48.83	1953.69	11891.45	13871.93	13.19	0.095	15.43
Irrigation regimes (I)	2	2719.68*	3315972.01**	4897.98**	45251305.44**	20.20*	0.211^{ns}	24.54*
I*Y	2	71.33^{ns}	992.58^{ns}	3.44^{ns}	2070.10^{ns}	0.59*	0.012^{ns}	0.78*
Error b	8	77.53	17450.58	8151.12	29335.97	0.10	0.033	0.17
Spray (S)	5	132.57**	139118.73**	11265.79**	3315925.65**	7.72**	0.305**	11.09**
S*Y	5	4.37^{ns}	224.99^{ns}	56.515^{ns}	29230.51^{ns}	0.06^{ns}	0.0011^{ns}	0.07^{ns}
I*S	10	30.79*	58967.43**	1772.09*	550571.65**	0.36*	0.030**	0.47*
I*S*Y	10	9.20^{ns}	714.70^{ns}	504.08^{ns}	57883.95^{ns}	0.09^{ns}	0.0020^{ns}	0.12^{ns}
Error c	60	14.91	10333.04	5831.29	41694.90	0.38	0.0064	0.40
%C.V.		8.55	20.78	20.45	11.44	18.09	15.04	16.20

ns، * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد هستند.

ns, * and **: are non-significant difference, significant difference at the level of 5% and 1% probability, respectively.

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه تحت‌تأثیر معنی‌دار رژیم آبیاری، محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد و همچنین اثر متقابل آنها در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین برهم‌کنش دوگانه نشان می‌دهد که بیشترین وزن هزار دانه به میزان ۴۰۸/۶۴ گرم از تیمار ترکیبی آبیاری مطلوب و محلول‌پاشی پرولین+والین و کمترین میزان وزن هزار دانه به میزان ۱۷۲/۰۸ گرم متعلق به تیمار تنش آبی شدید و بدون محلول‌پاشی بود (جدول ۳). نتایج Shoa Hosseini *et al.* (2008) که بیان کردند وزن هزار دانه بر اثر تنش آبی کاهش می‌یابد، موید نتایج این تحقیق است.

اظهارات Yoder *et al.* (2015) مبنی بر اینکه کمبود آب در دوره پرشدن دانه موجب کاهش وزن دانه می‌شود، تاییدی دیگر بر نتایج این تحقیق است. تأثیر مثبت اسیدهای آمینه بر وزن هزار دانه به اثر اسیدهای آمینه بر ساخت مواد نیتروژن غیر پروتئینی نسبت داده می‌شود (El-Said & Mahdy, 2016). نتایج مشابهی توسط Manal *et al.* (2018) گزارش شده است. Entezari *et al.* (2008) نیز گزارش کردند گیاهانی که بالاترین سطح محلول‌پاشی اسیدآمینه را دریافت کردند بیشترین و گیاهانی که توسط اسیدآمینه محلول‌پاشی نشدند کمترین وزن هزار دانه را داشتند. نتایج آزمایشی نشان داد که محلول‌پاشی اسیدآمینه روی گیاه تریتیکاله تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه آن داشت (Zakipour *et al.*, 2012). در آزمایشی دیگر مشاهده شد که اسیدآمینه نیز بر صفات رویشی و زایشی تأثیرگذار بود. سطوح مختلف اسید فولویک و اسیدآمینه تأثیر معنی‌داری

بر صفات عملکرد دانه، عملکرد بوته، تعداد بذر در بوته و وزن هزار دانه داشتند؛ به‌طوری‌که بیشترین میزان عملکرد دانه (به ترتیب با ۹۸۵ کیلوگرم در هکتار) از تیمار پنج کیلوگرم اسیدفولویک و سه در هزار اسیدآمینه به‌دست آمدند. آنها عنوان کردند که بر اساس این نتایج، می‌توان تیمار پنج کیلوگرم در هکتار اسید فولویک و سه در هزار اسیدآمینه را در افزایش ویژگی‌های عملکردی و رشدی گشنیز مؤثر دانست (Aminifard *et al*., 2020).

عملکرد دانه

اثرات رژیم آبیاری، محلول‌پاشی و اثرات متقابل آنها بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین عملکرد دانه به میزان ۳۹۲۴/۰۵ کیلوگرم در هکتار از تیمار ترکیبی آبیاری مطلوب و محلول‌پاشی پرولین+آلانین به‌دست آمد و کمترین عملکرد دانه به میزان ۶۸۷/۲۷ کیلوگرم در هکتار به تیمار تنش آبی شدید و بدون محلول‌پاشی تعلق داشت (جدول ۳). در مطالعه‌ای مشخص شد کاهش عملکرد دانه ارقام لوبیا چیتی در شرایط تنش رطوبتی در مرحله زایشی می‌تواند با کاهش تجمع ماده خشک در واحد سطح، سرعت رشد گیاه زراعی و سرعت رشد نسبی مرتبط باشد (Zafarani-Moattar *et al*., 2012). اسیدهای آمینه به عنوان منبع تأمین نیتروژن، در افزایش نورساخت و بهبود سرعت رشد پرشدن دانه‌ها نقش مؤثری دارند که این موضوع نقش مؤثری در افزایش عملکرد دانه دارد (Haj Seyed Hadi & Rezaee Ghale, 2016). همچنین محلول‌پاشی اسیدهای آمینه باعث افزایش جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم ، عناصر کم‌مصرف و همچنین افزایش رشد و عملکرد در کدو شد (Faten *et al*., 2010). محلول‌پاشی اسیدآمینه، جذب سریع مواد غذایی در فتوسنتز را آسان کرده و فرایند متابولیسم گیاهی را ارتقا می‌بخشد و به‌خاطر اثرات تغذیه‌ای مثبت آنها بر رشد و نمو بهتر گیاه باعث افزایش عملکرد دانه ذرت شده است (Puryousef Miandoab & Citizens, 2014). نتایج پژوهشی نشان داد که محلول‌پاشی اسید آمینه در شرایط کم‌آبیاری باعث افزایش ۱۸ درصدی عملکرد دانه در گندم شده است (Entezari *et al*., 2008).

کلروفیل a

اثر رژیم‌های آبیاری در سطح احتمال پنج درصد و محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد و برهم‌کنش آنها و همچنین اثر متقابل آبیاری×سال بر محتوای کلروفیل a معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین محتوای کلروفیل a به میزان ۵/۲۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ از تیمار آبیاری مطلوب و با محلول‌پاشی پرولین+آلانین به‌دست آمد و کمترین محتوای کلروفیل a به میزان ۲/۱۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ به تیمار تنش آبی شدید بدون محلول‌پاشی تعلق داشت (جدول ۳). بیشترین محتوای کلروفیل در سال دوم و با آبیاری مطلوب مشاهده شد که با سایر تیمارهای اثر متقابل آبیاری×سال تفاوت معنی‌داری داشت. کمترین محتوای کلروفیل a به تیمار کم‌آبیاری شدید در سال دوم تعلق داشت که با تیمار مذکور در سال اول از نظر آماری اختلافی نداشت (جدول ۴). مطالعات نشان داده‌اند که اسیدهای آمینه به‌صورت مستقیم و غیر مستقیم بر فعالیت‌های فیزیولوژیکی و رشد و نمو گیاه مؤثر واقع می‌شوند (Faten *et al*., 2010). این ترکیب‌ها در بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه و هورمونی نقش مهمی داشته (Gawronska, 2008) و با تأثیر بر افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی، افزایش غلظت کلروفیل و در نتیجه

تأثیر بر فتوسنتز، بر رشد و عملکرد گیاهان مؤثر واقع می‌شوند.

کلروفیل b

تنها رژیم‌های محلول‌پاشی و برهم‌کنش آن با رژیم‌های آبیاری بر کلروفیل b در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین محتوای کلروفیل b به میزان ۰/۸۶۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ از تیمار آبیاری مطلوب و محلول‌پاشی پرولین+آلانین به‌دست آمد و کمترین محتوای کلروفیل b به میزان ۰/۲۴۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ به تیمار تنش کم‌آبی شدید و بدون محلول‌پاشی تعلق داشت (جدول ۳). سرعت فتوسنتزی و فعالیت آنزیم رابیسکو در گیاه نخود همبستگی مثبتی با عملکرد دارد و لذا پایداری کلروفیل به‌عنوان یک معیار تحمل به خشکی برای انتخاب ارقام پیشنهاد شده است. در بررسی روی نخود مشاهده شد که تنش خشکی در مراحل رشد رویشی و گرده‌افشانی به طور معنی‌داری میزان کلروفیل a و b را کاهش داد (Mafakheri *et al.*, 2010).

کلروفیل کل

طبق جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر رژیم‌های محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد و آبیاری و برهم‌کنش آنها و همچنین آبیاری×سال بر محتوای کلروفیل کل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. بیشترین محتوای کلروفیل کل به میزان ۶/۱۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ از تیمار آبیاری مطلوب و محلول‌پاشی اسیدآمینه به‌دست آمد و کمترین محتوای کلروفیل کل به میزان ۲/۴۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ از تیمار تنش آبی شدید و بدون محلول‌پاشی مشاهده شد (جدول ۳). بیشینه محتوای کلروفیل کل در تیمار آبیاری مطلوب در سال دوم به‌دست آمد (جدول ۴). به نظر می‌رسد کاهش کلروفیل تحت شرایط تنش رطوبتی به‌واسطه اثر کلروفیلاز و در نتیجه اثر کلروفیل می‌باشد.

بارزترین اثر تنش اکسیداتیو در شرایط تنش خشکی بر کلروفیل کل، کاهش محتوای کلروفیل a+b است. در نتیجه اکسیداسیون نوری رنگ‌دانه‌ها و کلروفیل تخریب می‌شود، بنابراین علت اصلی کاهش میزان فتوسنتز در شرایط تنش خشکی کاهش محتوای کلروفیل در برگ است (Sedeghipour & Aghaei, 2012). میزان کلروفیل در گیاهان زنده یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی است (Gusegnova *et al.*, 2006).

به نظر می‌رسد کاهش میزان کلروفیل تحت تنش کم‌آبی به علت افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن باشد که این رادیکال‌های آزاد باعث پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه این رنگیزه می‌شود (Sharifa & Muriefah, 2015). سرعت فتوسنتزی و فعالیت آنزیم رابیسکو در گیاه نخود همبستگی مثبتی با عملکرد دارد و لذا پایداری کلروفیل به‌عنوان یک معیار تحمل به کم‌آبی برای انتخاب ارقام پیشنهاد شده است. در بررسی روی نخود مشاهده شد که تنش کم‌آبی در مراحل رشد رویشی و گرده افشانی به طور معنی‌داری میزان کلروفیل a و b را کاهش داد (Mafakheri *et al.*, 2010). طی تنش رطوبتی، کلروفیل‌ها در کلروپلاست تجزیه و ساختارهای تیلاکوئید ناپدید شده و باعث تولید اکسیژن فعال، همراه با کاهش و تجزیه کلروفیل می‌شوند. تنش کم‌آبی باعث از هم‌گسیختگی ساختار سلول و اخلال در آنزیم‌های سلول می‌شود و از جمله کلروفیل که عامل اصلی در فرایند فتوسنتز و در نتیجه کاهش آسیمیلات‌سازی شده و در نتیجه کاهش عملکرد را به دنبال خواهد داشت (Ghorbani *et al.*, 2011). Zare Mehrjardi *et al.*

(2012) بیان کردند در گیاه نخود میزان کلروفیل کل طی تنش کم‌آبی کاهش معنی‌داری نشان می‌دهد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم‌های آبیاری×محلول‌پاشی برگی بر صفات ارزیابی‌شده نخود، رقم منصوری در دو سال آزمایش.

Table 3. Mean comparison of interaction of irrigation regimes×foliar application on evaluated traits of chickpea, Mansouri cultivar, in two years of the experiment

Treatment	Plant heigh (cm)	Leaf area (cm^2)	1000-seed weight (g)	Grain yield (kg.ha-^{1})	Chlorophyll a (mg g^{-1} wt)	Chlorophyll b (mg g^{-1} wt)	Total chlorophyll (mg g^{-1} wt)
I1S1	58.35a	914.01b	408.64a	3676.05ab	4.76b	0.693b	5.45b
I1S2	58.63a	975.62a	406.68a	3924.05a	5.29a	0.860a	4.05def
I1S3	57.07a	771.78c	373.20bcd	2833.46c	4.49bc	0.637bc	3.76fg
I1S4	55.13ab	953.93a	388.17ab	3489.09b	4.31c	0.615c	6.15a
I1S5	52.53b	732.33d	370.46bcd	2469.38d	3.90d	0.535e	4.20de
I1S6	45.10ced	628.85e	368.23cde	2055.98e	2.78hi	0.376	4.06def
I2S1	43.57def	581.44f	404.08a	1564.57f	3.50ef	0.541de	5.12bc
I2S2	46.12c	507.58g	392.95ab	1491.28gh	3.65de	0.550cde	4.04de
I2S3	45.42cd	326.92hi	384.54abc	1542.35fg	3.51ef	0.535e	3.71fg
I2S4	44.13de	341.46h	367.42cde	1214.34hi	3.26fg	0.535e	4.92c
I2S5	41.68e	291.67	352.30def	864.31j	2.42ij	0.458f	3.79efg
I2S6	41.48ef	297.46i	327.38fg	788.85jk	2.21j	0.361g	3.58gh
I3S1	39.07f	209.605il	404.97a	1174.75ij	3.16fg	0.594cd	4.44d
I3S2	37.58	277.02ij	357.02def	1334.67fgh	3.44fg	0.615c	2.88ij
I3S3	38.95fg	419.27h	407.21a	1224.56hi	3.12gh	0.587cd	2.47jk
I3S4	36.68fh	213.54ik	357.04def	1072.20ij	3.02gh	0.557cde	3.16hi
I3S5	36.32fi	188.21i	328.81fg	733.17jk	2.20j	0.270h	2.57jk
I3S6	34.97fj	172.08il	321.82g	687.27k	2.17j	0.246h	2.42k

میانگین‌هایی که در هر ستون، دارای حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD ، در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. S1، S2، S3، S4، S5 و S6 به ترتیب نشان‌دهنده اثر تیمارهای محلول‌پاشی شامل: پرولین+والین (هرکدام ۰/۵g l^{-1})، پرولین+آلانین (هرکدام ۰/۵g l^{-1})، آلانین+والین (هرکدام ۰/۵ g l^{-1})، اسیدآمینه تجاری (۱ g l^{-1})، آب مقطر و بدون محلول‌پاشی است. I1، I2 و I3 به ترتیب نشان‌دهنده تیمارهای آبیاری شامل آبیاری مطلوب، کم آبیاری متوسط و کم آبیاری شدید.

Means in each column, followed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level-LSD Test. S1, S2, S3, S4, S5 and S6 indicate the foliar spraying treatments, respectively: Proline+valine (0.5 g l^{-1} for each one), proline+alanine (0.5 g l^{-1} for each one), alanine+valine (0.5 g l^{-1} for each one), commercial amino acid (1 g l^{-1}), distilled water and without spraying. I1, I2 and I3 indicate irrigation treatments including optimal irrigation, moderate and severe water deficit stress, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مختلف نخود، رقم منصوری، تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری در دو سال متوالی

Table 4. Mean comparison of different traits of chickpea, Mansouri cultivar, under irrigation regimes in two consecutive years

Treatment		Chlorophyll a (mg g-1 wt)	Total chlorophyll (mg g-1 wt)
Year	Irrigation regimes		
Year1	(I1)	4.04±0.26b	4.63±0.30b
	(I2)	3.09±0.24c	3.59±0.26c
	(I3)	2.87±0.21cd	3.35±0.23c
Year2	(I1)	4.47±0.36a	5.12±0.40a
	(I2)	3.09±0.23c	3.59±0.24c
	(I3)	2.84±0.21d	3.32±0.23c

میانگین‌هایی که در هر ستون، دارای حرف مشترک هستند، بر اساس آزمونLSD، در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. I1، I2 و I3 به‌ترتیب نشان‌دهنده تیمارهای آبیاری شامل آبیاری مطلوب، کم آبیاری متوسط و کم آبیاری شدید.

Means in each column, followed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level-LSD Test. I1, I2 and I3 indicate irrigation treatments including optimal irrigation, moderate and severe water deficit stress, respectively.

نتیجه‌گیری کلی

تنش کم‌آبی موجب کاهش ارتفاع، سطح برگ، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، کلروفیل a و b و کلروفیل کل شد. محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در شرایط آبیاری مطلوب، کم‌آبیاری متوسط و شدید در اغلب صفات ذکرشده اثر مثبت داشت؛ بنابراین در شرایط تنش کم‌آبی استفاده از اسیدآمینه‌ها به‌ویژه پرولین+آلانین (هرکدام ۰/۵ $g.l^{-1}$) برای کاهش اثرات سوء تنش کم‌آبی در گیاه نخود رقم منصوری پیشنهاد می‌شود.

REFERENCES

1. Aminifard, M.H., Gholami, M., Bayat, H., & Moradinejad, F. (2020). The effect of folic acid and amino acid fertilizers on physiological, growth and yield characteristics (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Agricultural Ecology*, 3, 388-373.
2. Arnon, D.I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphennoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24(1),1-150.
3. Awasthi, R., Gaur, P., Turner, N., Vadez, V., Siddique, K., & Nayyar, H. (2017). Effects of individual and combined heat and drought stress during seed filling on the oxidative metabolism and yield of chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes differing in heat and drought tolerance. *Crop & Pasture Science*, 68, 823–841.
4. Bayat, A.A., Sepehri, A., Ahmadvand, G., & Dorri, H.R. (2010). Effect of water deficit stress on yield and yield components of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Journal of Crop Science*,12(1), 42-51.
5. Behera S.K. and Panda R.K. (2009). Effect of fertilization and irrigation schedule on water and fertilizer solute transport for wheat crop in a sub-humid sub-tropical region. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 130,141-155. https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.12.009
6. Bouazzama, B., Xanthoulis, D., Bouaziz, A., Ruelle, P., & Mailhol, J.C. (2012). Effect of water stress on growth, water consumption and yield of silage maize under flood irrigation in a semiarid climate of Tadla (Morocco). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 16(4), 468-477.

7. Choukri, H., Hejjaoui, K., El-Baouchi, A., El Haddad, N., Smouni, A., Maalouf, F., Thavarajah, D., & Kumar, S. (2020). Heat and drought stress impact on phenology, grain yield, and nutritional quality of lentil
(*Lens culinaris* Medikus). *Frontiers in Nutrition*, 7, 1-14.
8. Colla, G., Nardi, S., Cardarelli, M., Ertani, A., Lucini, L., Canaguier, R. & Rouphael, Y. (2015). Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*.196, 28–38.
9. Daneshian, J. (2000). *Ecophysiological study of water deficit on soybean*. Ph. D. Thesis, Azad Uni, Science and Research branch.
10. El Haddad, N., Sanchez-Garcia, M., Visioni, A., Jilal, A., El Amil, R., Sall, A.T., Lagesse, W., Kumar, S., & Bassi, F.M. (2021). Crop wild relatives crosses: Multi-location assessment in durum wheat, barley, and lentil. *Agronomy*, 11, 1-23.
11. El-Said, M.A.A. & Mahdy, A.Y. (2016). Response of two wheat cultivars to foliar application with amino acids under low levels of nitrogen fertilization. *Middle East Journal of Agriculture Research*. 5, 462-472.
12. Entezari, S., Khalatbari, M., Nasri, M. & Zakeri Mohammadabadi, A. (2008). The effect of amino acid spraying on water deficit in wheat in varamin condition. *Plant and Ecosystem*, 14, 64-76.
13. Faten, S.A., Shaheen, A.M., Ahmad, A.A. & Mahmoud, A.R., (2010). Effect of foliar application of amino acids as antioxidants on growth, yield and characteristics of squash. *Research Journal of Agriculture and Biological Science*, 5, 583-588.
14. Ghassemi Golezani, K., Muhammadi Nasab, A.D. & Zehtab, S. (2008). The Response of chickpea cultivars to field water deficit. *In Notulae Botanicae Horti AgrobotaniciCluj-Napoca*, 36, 25–28.
15. Gawronska, H. (2008). Bio stimulators in modern agriculture (*General aspects*). Plant Press Ryko. *University of Life Sciences* (WULS), 14, 23-89.
16. Ghazi Manas, M., Banj Shafiee, S., Haj Seyed Hadi, M. R. & Darzi, M. T. (2013). Effects of vermicompost and nitrogen on quantitative and qualitative yeild of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 2, 269-280.
17. Ghorbani, T., Galshi, S., Soltani, A. & Zeinali, A. (2011). The effect of drought stress on growth parameters, chlorophyll content and carotenoids in the vegetative stage of chickpea. *First National Conference and Strategies for Achieving Sustainable Agriculture*. 143-138.
18. Golzadeh, H., Mehrafarin, A., Naghdi Badi, H., Fazeli, F., Ghaderi, A. & Zarincheh, N. (2011). Effects of bio-stimulants on quantitative and qualitative yield of German chamomile. *Journal of Medicinal Plants*, 11(41), 195-207.
19. Gusegnova, I.M., Suleymanov, S.Y., & Aliyev, J.A. (2006). Protein composition and native state of pigments of thylakoid membrane of wheat genotypes differently tolerant to water stress. *Journal of Biochemistry Research*, 71, 223-228.
20. Haj Seyed Hadi, M.R., Darzi, M.T., Ghandehari, Z. & Riazi, G. (2011). Effects of vermicompost and amino acids on the flower yield and essential oil production from *Matricaria chamomile* L. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(23), 5611-5617.
21. Haj Seyed Hadi, M. R. & Rezaee Ghale, H. (2016). Effects of vermicompost and foliar application of amino acids and urea on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31(6), 1057-1070.
22. Imam, Y. & Zavareh, M. (2005). *Drought tolerance in higher plants: Genetic, physiological and molecular biological analyzes. Translation*. University Publishing Center. 196 pages.
23. Johansson, E., Branlard, G., Cuniberti, M., Flagella, Z., Hüsken, A., Nurit, E., Peña, R.J., Sissons, M., &Vazquez, D. (2020). Genotypic and environmental effects on wheat technological and nutritional quality. In wheat quality for improving processing and human health; Igrejas, G., Ikeda, T.M., Guzmán, C., Eds.; *Springer International Publishing: Cham, Germeny*, 171–204.
24. Khamssi, N.N., Ghassemi Golezani, K., Najaphy, A., & Zehtab, S. (2011). Evaluation of grain filling rate, effective grain filling period and resistance indices under acclimation to gradual water deficit stress in chickpea cultivars. *In Australian Journal of Crop Sciences*, 5, 1044–1049. http://eprints. icrisat.ac.in/id/eprint/3740.
25. Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, P.C., and Sohrabi, E. (2010). Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. *Australian Journal of Crop Science*, 8, 580-585.

26. Maleki, A., Heidari, A., Siadat, A., Tahmasebi, A. & Fathi, A. (2011). Effect of supplementary irrigation on yield, yield components and protein percentages of chickpea cultivars in Ilam, Iran. *Journal of Crop Ecophysiology*, 5(19), 65-78.
27. Manal, F.M., Thalooth, A.T., Essa, R.E.Y. & Mirvat, E.G. (2018). The stimulatory effects of tryptophan and yeast on yield and nutrient status of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) grown in newly reclaimed soil. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 7, 27-33.
28. Massawe, F.J., Mayes, S., Cheng, A., Chai, H.H., Cleasby, P., Symonds, R., Ho, W.K., Siise, A., Wong, Q.N., Kendabie, P., Yanusa, Y., Jamalluddin, N., Singh, A., Azman R. & Azam-Ali, S.N. (2015). The potential for underutilised crops to improve food security in the face of climate change. *Procedia Environmental Sciences*, 29, 140-141. http://dx.doi.org/10.1016/j.proenv.2015.07.228.
29. Maqbool, A., Abrar, M., Bakhsh, A., Çalı¸skan, S., Khan, H.Z., Aslam, M., & Aksoy, E. (2020). Biofortification under climate change: The fight between quality and quantity. *In Environment, Climate, Plant and Vegetation Growth; Springer: Cham, Switzerland*, 173–227.
30. Naseri, R., Soleymani Fard, A., Mirzaei, A., Darabi, F. & Fathi, A. (2020). The effect of plant growth promoting rhizohacteria on activities of antioxidative enzymes, physiological characteristics and root growth of four chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under dry land conditions of Ilam privince. *Iranian Journal Pulses Research*, 10(2), 62-76.
31. Paradikovic, N., Teklic, T., Zeljkovic, S., Lisjak, M., & Špoljarevic, M. (2019). Biostimulants research in some horticultural plant species-A review. *Food and Energy* Security, 2,1-17. doi:10.1002/fes3.162.
32. Pasandi, M., Jahmohammadi, M. & Karimizadeh, R. (2014). Evaluation of genotypic response of of Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to irrigation regimes in Northwest of Iran. *Agriculture* (Poľnohospodárstvo), 60 (1), 22–30.
33. Puryousef Miandoab, M., & Citizens, N. (2014). The effect of foliar application of amino acids at different times on yield and yield components of maize. *Journal of Crop Physiology*, 23, 32-21.
34. Rafi, M.R., Solhi, M. & Javadzadeh, M. (2020). Investigation of the effect of application of amino acid, folic acid and seaweed extract under normal conditions and drought stress on quantitative and qualitative characteristics of wheat in Behbahan region. *Environmental Stresses in Agricultural Sciences*, 1, 131-141.
35. Rani, A., Devi, P., Jha, U.C., Sharma, K.D., Siddique, K.H., & Nayyar, H. (2020). Developing climate-resilient chickpea involving physiological and molecular approaches with a focus on temperature and drought stresses. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1-29.
36. Sadeghipour, O. & Aghaei, P. (2012). Impact of exogenous salicylic acid application on some traits of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under water stress conditions. *International Journal of Agriculture and Crop Science*, 4: 685-690.
37. Sehgal, A., Sita, K., Kumar, J., Kumar, S., Singh, S., Siddique, K.H.M., & Nayyar, H. (2017). Effects of drought, heat and their interaction on the growth, yield and photosynthetic function of lentil (*Lens culinaris* Medikus) genotypes varying in heat and drought sensitivity. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1-22.
38. Shah, T.M., Imran, M., Atta, B.M., Ashraf, M.Y., Hameed, A., Waqar, I., Shafiq, M., Hussain, K., Naveed, M. Aslam, M. & Maqbool, M.A. (2020). Selection and screening of drought tolerant high yielding chickpea genotypes based on physio-biochemical indices and multi-environmental yield trials. *BMC Plant Biology*, 171: 1-16. Available from https://doi.org/10.1186/s12870-020-02381-9.
39. Shamsi, K., Kobraee, S., & Hagpararst, R. (2010). Drought stress mitigation using supplemental irrigation in rainfed chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties in Kermanshah, Iran. *In African Journal of Biotechnology*, 9, 4197–4203. DOI: 10.5897/ AJB09.1843.
40. Sharifa, S. & A. Muriefah. (2015). Effects of paclobutrazol on growth and physiological attributes of soybean (*Glycine max*) plants grown under water stress conditions. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 2: 81-93.
41. Shoa Hosseini M., Farsi M., & Khavari K.S. (2008). Investigation of water deficit stress effects on yield and yield components using path analysis in some corn hybrids. *Sustainable Agriculture and Production Science*, 92: 71-85.
42. Soltani, A., Khooie, F.R., Ghassemi Golezani, K. & Moghadam, M. (2001). A simulation study of chickpea crop response to limited irrigation in a semiarid environment. *In Agricultural Water Management*, 49, 225–237. http://dx.doi.org/10.1016/ S0378-3774(00)00143-8.

43. Upadhyaya H. & Panda, S.K. (2004). Antioxidant effeciency and biochemical variations in five clones of *Camelia sinensis* L. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 1, 115-120.
44. Webber, H., Ewert, F., Olesen, J.E., & Wallach, D. (2018). Diverging importance of drought stress for maize and winter wheat in Europe. *Nature Communications*. 9, 42-49.
45. Yoder A., Beyer R., & Jones C. (2015). The effects of drought-affected grain and carbohydrase inclusion in starter diets on broiler chick performance. *The Journal of Applied Poultry Research*, 24, 177-185.
46. Zabat, M. & Hosseinzadeh, A. (2011). Determining the most important traits affecting mung bean yield using multivariate statistical methods under drought stress and non-stress conditions. *Iranian Journal of Cereals Research*, 1, 98-87.
47. Zafarani-Moattar, P., Raey, Y., Ghassemi-Golezani, K. & Mohammadi, S.A. (2012). Effect of limited irrigation on growth and yield of bean cultivars. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, 4, 85-94.
48. Zakipour, A., Daneshian, J.J. & Rabiy, M. (2012). Effect of solution spraying on and amine acid on growth and yield plant triticale in the form of cultivation second in paddy field. *Twelfth Congress of Science, Agriculture, and Plant Reform*, Iran. Karaj. 1-4.
49. Zare Mehrjardi, M., Bagheri, A., Bahrami, A., Nabati, J. & Masoumi, A. (2012). The effect of drought stress on photosynthetic properties. Phenolic compounds and the ability to inhibit the active radicals of different genotypes of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in the culture medium. *Science and Techniques of Greenhouse Cultivation*, 3 (4), 77-59.