



The Effect of Humic Acid Foliar Application on Morphophysiological Characteristics and Yield of Black Bean Plant Under Different Irrigation Regimes

Mohamad Keshtgar Khajedad¹ | Ali Reza Sirousmehr² | Issa Khammari³ |
Khodadad Dahmardeh⁴

1. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: m.kh1392@yahoo.com
2. Corresponding Author, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: asirousmehr@uoz.ac.ir
3. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: ikhammari@uoz.ac.ir
4. Sistan Agricultural and Natural Resources Research Center, Zabol, Iran. E-mail: dahmard.1.1@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received: April 18, 2021
Received in revised form:
July 14, 2022
Accepted: September 14, 2022
Published online: April 16, 2023

Keywords:

Biomass yield,
forage yield,
mineral elements,
photosynthetic pigments,
proline.

ABSTRACT

Water deficit is one of the most important limiting factors of production in crops. The present study was conducted in 2019 to investigate the effect of different irrigation times and foliar application of humic acid on morphophysiological traits and yield of black beans as a split plot in a randomized complete block design with three replications at Zahak Agricultural Research Station in Sistan and Baluchestan Province. The main factor involves three irrigation treatments, including irrigation from planting to harvest, irrigation from planting to flowering, and irrigation from flowering to harvest, and the secondary factor includes foliar application at four levels of humic acid (0, 1, 2, and 3 per thousand). By increasing drought stress levels, plant height and width, fresh and dry forage yield, leaf area (in both stem and flowering stages), photosynthetic pigments, nitrogen, phosphorus (3.39%), potassium (20.6%), calcium of leaf, grain yield (11.27%), and biological yield (60.22%) has decreased, whereas proline content (31.88%) has increased, compared to the control. Also, by increasing humic acid levels, the values of all studied traits has increased. Humic acid has had a positive effect on black bean plant traits under drought stress conditions, so that its concentration of three per thousand reduces the adverse effects of drought stress, increasing the tolerance of black bean crop. In general, complete irrigation and application of three per thousand humic acids for the production of black beans seems appropriate. It is suggested that in future research, soil application of humic acid consumption should be investigated to compare the efficiency of the methods used.

Cite this article: Keshtgar Khajedad, M., Sirousmehr, A. R., Khammari, I., & Dahmardeh, Kh. (2023). The Effect of Humic Acid Foliar Application on Morphophysiological Characteristics and Yield of Black Bean Plant Under Different Irrigation Regimes. *Journal of Crops Improvement*, 25 (1), 127-142.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2022.322275.2538>





تأثیر محلول پاشی هیومیک اسید بر ویژگی های مورفوفیزیولوژیکی و عملکرد گیاه لوبیای سیاه تحت رژیم های مختلف آبیاری

محمد کشتگر خواجه داد^۱ | علیرضا سیروس مهر^۲ | عیسی خمیری^۳ | خداداد دهمرده^۴

۱. دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: m.kh1392@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: asirousmehr@uoz.ac.ir

۳. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: ikhammari@uoz.ac.ir

۴. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، زابل، ایران. رایانامه: dahmard.1.1@gmail.com

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۴/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۳

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۱/۲۷

کلیدواژه ها:

پرولین،

رنگیزه های فتوسنتزی،

عملکرد زیست توده،

عملکرد علوفه،

عناصر معدنی.

کمبود آب یکی از مهم ترین عوامل محدودکننده تولید در گیاهان زراعی است. پژوهش حاضر در سال ۱۳۹۸ به منظور بررسی اثر زمان های مختلف آبیاری و محلول پاشی هیومیک اسید بر صفات مورفوفیزیولوژیکی و عملکرد لوبیای سیاه به صورت کرت خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهر زهک استان سیستان و بلوچستان اجرا گردید. عامل اصلی سه تیمار آبیاری شامل آبیاری از کاشت تا مرحله برداشت (شاهد)، آبیاری از کاشت تا مرحله گل دهی و آبیاری از گل دهی تا برداشت و عامل فرعی شامل محلول پاشی چهار غلظت هیومیک اسید (صفر، یک، دو و سه در هزار) بود. در سطح آبیاری گل دهی تا برداشت ارتفاع، عملکرد تر و خشک علوفه، سطح برگ (در مرحله ساقه دهی و گل دهی)، رنگیزه های فتوسنتزی، غلظت نیتروژن، فسفر (۳/۳ درصد)، پتاسیم (۲۰/۶ درصد) و کلسیم برگ، عملکرد دانه (۱۱/۲ درصد) و زیست توده (۶۰/۲ درصد) کاهش داشته اما مقدار پرولین (۳۱/۸ درصد) نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. همچنین با افزایش سطوح هیومیک اسید مقادیر همه صفات مورد بررسی افزایش یافتند. مصرف هیومیک اسید بر صفات گیاه لوبیا سیاه در شرایط تنش خشکی اثر مثبت داشت به طوری که غلظت سه در هزار آن باعث کاهش اثرات نامطلوب کم آبی و بهبود صفات گیاه زراعی لوبیای سیاه شد. به طور کلی آبیاری کامل و کاربرد سه در هزار هیومیک اسید برای تولید لوبیای سیاه مناسب به نظر می رسد. پیشنهاد می گردد که در پژوهش های آتی کاربرد خاک مصرف هیومیک اسید مورد بررسی قرار گیرد تا کارایی روش های به کار برده شده مقایسه شوند.

استناد: کشتگر خواجه داد، م، سیروس مهر، ع. ر، خمیری، ع. و دهمرده، خ (۱۴۰۲). تأثیر محلول پاشی هیومیک اسید بر ویژگی های مورفوفیزیولوژیکی و عملکرد گیاه لوبیای سیاه تحت رژیم های مختلف آبیاری. *به زراعی کشاورزی*، ۲۵ (۱)، ۱۲۷-۱۴۲.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2022.322275.2538>



۱. مقدمه

حبوبات با دارا بودن ۱۸ تا ۳۲ درصد پروتئین، از منابع مهم تأمین پروتئین در تغذیه انسان و دام بوده و سهم مهمی در برنامه غذایی افراد دارند (McClellan *et al.*, 2004). مساحت برداشت‌شده لوبیا ۳۴۸۰۱۵۶۷ هکتار در جهان با تولید ۲۷۵۴۵۹۴۲ تن در سال ۲۰۲۰، گزارش شده است (FAO, 2021). طبق گزارش وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیر کشت حبوبات در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ حدود ۸۱۸ هزارهکتار برآورد شده است. بیش‌ترین تولید لوبیا نیز در استان‌های فارس، لرستان، زنجان، مرکزی، آذربایجان غربی، خراسان رضوی و چهارمحال و بختیاری صورت می‌گیرد. سطح زیر کشت لوبیای آبی در ایران سال ۱۳۹۷، حدود ۱۰۶۲۶۴ هکتار با مقدار تولید ۲۵۵/۰۸ هزار تن بوده است (www.agriis.ir). لوبیای سیاه (*Phaseolus vulgaris* L.) واریته‌ای از لوبیای معمولی بوده و جزو گیاهان فراموش‌شده و بومی استان سیستان و بلوچستان محسوب می‌شود، به‌همین دلیل کارهای پژوهشی انجام‌گرفته روی این گیاه اندک است. لوبیای سیاه حاوی طیف گسترده‌ای از فلاونوئیدها از جمله فلاونولها، گلیکوزیدهای فنولی، آنتوسیانین‌ها، پروآنتوسیانیدین‌ها، ایزوفلاون و هم‌چنین برخی از اسیدهای فنولیک است (Fernandes *et al.*, 2010). تقریباً ۲۰۰ گرم لوبیای سیاه حدود ۱۵ گرم فیبر و ۱۵ گرم پروتئین (معادل ۵۰ گرم گوشت مرغ یا ماهی) دارد. ترکیب تقریباً جادویی فیبر و پروتئین لوبیای سیاه فواید مهمی برای سلامتی دستگاه گوارش، سیستم تنظیمی قند خون و سیستم قلبی عروقی دارد (Wang *et al.*, 2011).

تنش خشکی یکی از عوامل محدودکننده تولید موفقیت‌آمیز گیاهان زراعی می‌باشد. لوبیا به شرایط آب در خاک حساس بوده و عملکرد این گیاه در دوره‌های نامناسب آب در خاک، دچار آسیب خواهد شد (Machado & Duraes, 2006). تنش خشکی سبب کاهش اندازه برگ‌ها، وزن خشک اندام هوایی، سطح برگ، تعداد برگچه و فشار تورژانس در بافت‌های گیاهی می‌شود (Abid *et al.*, 2018). نتایج پژوهش Davoodi *et al.* (2018) سطوح تنش خشکی موجب کاهش در میزان کلروفیل a, b و کل ارقام مورد بررسی لوبیا نسبت به تیمار عدم تنش و افزایش پرولین شد. با افزایش تنش خشکی در گیاه لوبیا قرمز میزان کلروفیل برگ کاهش یافت (Rasti Sani *et al.*, 2014). Khoshvaghti *et al.* (2008) با بررسی آبیاری محدود بر روند رشد و عملکرد دانه ارقام لوبیاجیتی نشان دادند که با تشدید کمبود آب، عملکرد دانه به‌طور چشم‌گیری کاهش یافت.

استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و عدم استفاده از کودهای آلی طی سالیان اخیر، عامل کاهش چشم‌گیر میزان مواد آلی خاک، ایجاد مشکلات زیست‌محیطی از جمله تخریب فیزیکی خاک و عدم توازن عناصر غذایی است (Nakhyeinejad & Moosavi, 2015). امروزه مصرف انواع کودهای آلی رو به افزایش است به‌همین جهت، استفاده از کودهای طبیعی مانند هیومیک اسید بدون اثرات مخرب زیست‌محیطی جهت بالابردن عملکرد و میزان زیست‌توده ریشه گیاهان به‌خصوص در شرایط متغیر محیطی می‌تواند مؤثر باشد، لذا از هیومیک اسید به‌عنوان کود آلی دوست‌دار طبیعت نام برده می‌شود (Beheshti *et al.*, 2016). از مزایای مهم هیومیک اسید می‌توان به خاصیت کلات‌کنندگی عناصر غذایی مختلف مانند سدیم، پتاسیم، منیزیم، روی، کلسیم، آهن و مس اشاره کرد (Mozafari *et al.*, 2016; Abedi Baba-Arabi *et al.*, 2011). هیومیک اسید می‌تواند رفتاری شبیه مواد محرک رشد، به‌ویژه هورمون‌های اکسینی، از خود بروز دهد و از این طریق موجب بهبود شاخص‌های رشد و عملکرد گیاهان شود. اراضی خشک و نیمه‌خشک با شرایط قلیایی مواجه هستند و هیومیک اسید به‌دلیل حلالیت بیش‌تر می‌تواند اثرات مثبتی بر رشد گیاهان داشته باشد (Arancon *et al.*, 2006). مواد هیومیکی به سبب افزایش جذب نیتروژن، پتاسیم، فسفر، کلسیم و منیزیم موجب بهبود رشد و هم‌چنین سبب کاهش اثرات تنش خشکی در گیاهان می‌شوند. لذا بر رشد آن‌ها در شرایط تنش

خشکی اثرگذار است (Taghadosi *et al.*, 2012). بر همین اساس، گزارش شده است که تنش آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا اثر منفی داشته و استفاده از هیومیک‌اسید، سبب کاهش اثرات نامطلوب کمبود آب شده و می‌تواند باعث بهبود رشد و عملکرد گیاه شود (Abdzaad Gohari & Sadeghipour, 2019). در پژوهش دیگری گزارش کرده‌اند که مصرف هیومیک‌اسید در شرایط تنش خشکی، سبب افزایش شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و تجمع ماده خشک ماده گیاه ذرت شد (Sharifi, 2017).

محلول‌پاشی هیومیک‌اسید در لوبیا تحت تنش کم‌آبی توانست تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن دانه در بوته را به‌طور معنی‌داری افزایش دهد (Jahan, 2012). Beheshti & Tadayyon (2017) گزارش کردند که محلول‌پاشی هیومیک‌اسید با افزایش غلظت قندهای محلول و پرولین سبب افزایش فشار اسمزی سلول‌ها شده در نتیجه تحمل به خشکی گیاه لوبیا افزایش یافت.

با توجه به محدودیت منابع آب و تعیین یک الگوی بهینه آبیاری برای لوبیای سیاه و اهمیت هیومیک‌اسید در بحث کشاورزی پایدار و هم‌چنین مطالعات اندک در این مورد، این پژوهش با هدف تأثیر تنش خشکی و هیومیک‌اسید بر عملکرد و برخی ویژگی‌های کمی و کیفی لوبیای سیاه در استان سیستان و بلوچستان طراحی و اجرا شد.

۲. مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر در سال ۱۳۹۸ به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زهک واقع در شمال شهرستان زهک استان سیستان و بلوچستان اجرا شد. ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زهک در ۲۵ کیلومتری جنوب‌شرقی شهرستان زابل در طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و ارتفاع ۴۸۳ متر از سطح دریا قرار دارد. داده‌های هواشناسی منطقه در طی ماه‌های اجرای آزمایش در جدول (۱) آورده شده است.

تیمارهای آزمایش شامل آبیاری کامل (از زمان کاشت تا مرحله برداشت) (شاهد)، آبیاری از زمان کاشت تا مرحله گل‌دهی و آبیاری از مرحله گل‌دهی تا رسیدگی کامل به‌عنوان عامل اصلی و عامل فرعی شامل چهار سطح محلول‌پاشی هیومیک‌اسید با غلظت‌های صفر، یک، دو و سه در هزار بودند. قبل از انجام شخم، ابتدا از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر خاک محل اجرای آزمایش نمونه‌گیری و جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه خاک و آب مرکز تحقیقات ارسال شد که نتایج آن در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۱. داده‌های هواشناسی منطقه مورد نظر در طی ماه‌های اجرای آزمایش

ماه‌های سال	حداقل دما (°C)	حداکثر دما (°C)	میانگین بارندگی (mm)	رطوبت نسبی هوا (%)
تیر	۲۷/۸	۴۱/۶	۰	۱۶
مرداد	۲۸/۱	۴۲	۰	۱۸
شهریور	۲۲/۲	۳۶/۵	۰	۱۹
مهر	۱۵/۴	۲۸/۹	۰	۱۸
آبان	۸/۷	۲۴/۱	۲/۶	۳۴

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش.

عمق (cm)	هدایت الکتریکی EC (μSiemens/cm)	اسیدیته (pH)	کربن آلی (%)	نیترژن (%)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	بافت خاک
۰-۳۰	۴/۸	۸/۲	۰/۴۵	۰/۰۲۱	۶/۲	۱۴۵	۱۲	۵۳	۳۵	سیلت لوم

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح قبل از کاشت انجام شد. کودهای سوپر فسفات تریپل ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار، سولفات پتاسیم ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و اوره ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار را قبل از کاشت براساس آزمون خاک به خاک داده شد. قبل از کاشت آزمون قوه‌نامه در آزمایشگاه ثبت و گواهی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی انجام شد که قوه‌نامه بذر موردنظر جهت کاشت برابر با ۹۷ درصد بود. کاشت در نیمه دوم تیرماه به‌صورت هیرم‌کاری در کرت‌هایی به طول چهار و عرض ۱/۵ متر انجام شد. فاصله بین کرت‌های فرعی ۱/۵ متر، کرت‌های اصلی دو متر و فاصله بین تکرارها دو متر بود. هر کرت شامل چهار ردیف کشت با تراکم ۱۲ بوته در مترمربع تعیین شد. آبیاری به‌صورت سطحی (غرقابی) بود. محلول پاشی با هیومیک اسید در سه مرحله نمودی گیاه شامل ساقه‌دهی (هفت‌برگی)، گل‌دهی و غلاف‌دهی در هنگام عصر اعمال شد. هیومیک اسید مورد استفاده شامل ۴/۴ پتاس، ۱۳/۲ هیومیک اسید و ۲/۲ اسید فولیک برحسب درصد وزنی / وزنی بود. عملیات داشت شامل آبیاری، وجین و سله‌شکنی به‌طور منظم و در صورت نیاز انجام شد. جهت مبارزه با آفت سوسک لوبیا، سم‌پاشی در مرحله ظهور نیام با حشره‌کش دیازینون به نسبت دو در هزار انجام شد. پس از رسیدگی فیزیولوژیک، برداشت با حذف اثر حاشیه‌ای در اواسط آبان ماه انجام شد. برای برداشت و تعیین میزان علوفه از هر کرت سه بوته در مرحله گل‌دهی برداشت (از دوردیف وسط با رعایت اثر حاشیه) و جداگانه داخل پاکت گذاشته و با ترازوی حساس وزن تر اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری ارتفاع بوته و تعداد برگ، از هر کرت پنج بوته به‌طور تصادفی انتخاب و پس از اندازه‌گیری، میانگین آن‌ها به‌عنوان داده نهایی ثبت شد (Ghasemi Aryan *et al.*, 2013; Mohammadi Golrang *et al.*, 2008). زمان نمونه‌گیری برای اندازه‌گیری ویژگی‌های کیفی در ابتدای شروع نیام‌دهی بود. اندازه‌گیری رنگی‌های کلروفیلی (a, b، کل و کارتنوئید) براساس روش Rangana (1977)، پرولین به روش Bates *et al.* (1973)، نیتروژن برگ به روش Emami (1996)، فسفر برگ به روش اسپکتوفتومتر نوری (مدل uv/vis- Genova bio ساخت کشور انگلستان) و پتاسیم و سدیم برگ به روش خاکسترگیری خشک (Rayan *et al.*, 2001) انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C (نسخه ۲/۱) و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) صورت گرفت. اعداد فسفر برگ به‌علت کوچک بودن، در عدد ۱۰۰ ضرب شد.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. ویژگی‌های مورفولوژیکی در مرحله ساقه‌دهی و گل‌دهی

۳.۱.۱. مرحله ساقه‌دهی

ارتفاع بوته: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر تأثیر معنی‌دار تیمار آبیاری و هیومیک اسید بر ارتفاع بوته بود (جدول ۳). بیش‌ترین ارتفاع بوته با ۳۱ و ۳۱/۳ سانتی‌متر به‌ترتیب در تیمارهای آبیاری کامل و آبیاری از زمان کاشت تا مرحله گل‌دهی مشاهده شد (جدول ۴). هم‌چنین تیمار سه در هزار محلول پاشی هیومیک اسید بالاترین ارتفاع بوته (۳۱/۸ سانتی‌متر) را داشت (جدول ۵).

سطح برگ: تیمار آبیاری در سطح پنج درصد و تیمار هیومیک اسید در سطح یک درصد بر شاخص سطح برگ اثر معنی‌داری داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر ساده تنش خشکی (جدول ۵) نشان داد که بیش‌ترین سطح برگ (۷۹/۴۷ سانتی‌مترمربع) از سطح شاهد به‌دست آمد. هم‌چنین مقایسه میانگین اثر ساده هیومیک اسید (جدول ۶) نشان داد که بیش‌ترین مقدار آن (۷۳/۱۵ سانتی‌مترمربع) از سطح تیماری سه در هزار هیومیک اسید به‌دست آمد. در شرایط تنش کم‌آبی به‌علت کاهش آب قابل دسترس در ناحیه فعال ریشه، فرایندهای فعال فیزیولوژیکی مرتبط با رشد دچار اختلال شده و در نتیجه طول بوته و سطح برگ کاهش می‌یابد (Mirabad *et al.*, 2013).

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی لوبیای سیاه با کاربرد هیومیک‌اسید در مرحله ساقه‌دهی

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	میانگین مربعات	میانگین مربعات	میانگین مربعات
تکرار	۲	۱۷/۳۹۱	۹۴/۰۵	۱۱۵۱۴۵۸/۳۳	۱۲۲۶۹۴۴/۴۴
آبیاری	۲	۳۴۸/۳*	۱۸۵۷/۲۸*	۴۶۷۵۸۹۵۸/۳۳**	۳۹۶۵۲۷۷/۷۷**
خطای a	۴	۲۴/۵۱	۱۵۹/۰۷	۱۲۴۶۶۶۶/۶۶	۷۴۴۴۴/۴۴
هیومیک‌اسید	۳	۸۰/۸۶**	۱۶۸/۶۲**	۱۱۵۷۱۱۸۰/۵۵**	۳۰۰۲۵۹۲/۵۹**
آبیاری × هیومیک‌اسید	۶	۱/۹۸ns	۲/۶ ^{ns}	۱۵۰۶۲۵/۰ns	۹۰۰۹۲/۵۹ns
خطای b	۱۸	۸/۲۹	۲/۲۶	۱۳۰۶۷۱/۲۹	۴۰۰۹۲/۵۹
ضریب تغییرات (%)		۱۰/۲۶	۲/۲۱	۶/۲۵	۷/۹۲

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

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر تیمار آبیاری روی برخی ویژگی‌های مورد بررسی در لوبیای سیاه در مرحله ساقه‌دهی

صفت / سطوح آبیاری	آبیاری کامل (شاهد)	آبیاری از زمان کاشت تا مرحله گل‌دهی	آبیاری از مرحله گل‌دهی تا زمان برداشت
ارتفاع بوته (cm)	۳۱/۰۷a	۳۱/۳۱a	۲۱/۸۶b
سطح برگ (cm ²)	۷۹/۴۷a	۷۰/۰۸b	۵۴/۸۲b
عملکرد تر علوفه (kg/ha)	۱۹۳۵a	۱۸۰۲a	۹۷۲b
عملکرد خشک علوفه (kg/ha)	۷۹۹/۶a	۷۴۲/۵a	۵۰۵/۴۱b

سطرهایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد فاقد تفاوت معنی‌دار هستند.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر هیومیک‌اسید روی برخی ویژگی‌های مورد بررسی در لوبیای سیاه در مرحله ساقه‌دهی

سطوح هیومیک‌اسید	شاهد	یک در هزار	دو در هزار	سه در هزار
ارتفاع بوته (cm)	۲۴/۹۳ c	۲۶/۶۲ bc	۲۸/۹ b	۳۱/۸۵ a
سطح برگ (cm ²)	۶۳/۲ d	۶۶/۲۵ c	۶۹/۹ b	۷۳/۱۵ a
عملکرد تر علوفه (kg/ha)	۱۲۵۷ d	۱۴۳۱ c	۱۶۴۷ a ^۱ b	۱۹۴۴ a
عملکرد خشک علوفه (kg/ha)	۵۰۹/۸۸ d	۶۳۱/۱۱ c	۷۰۸ b	۸۸۱ a

سطرهایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد فاقد تفاوت معنی‌دار هستند.

عملکرد تر و خشک علوفه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر آبیاری و هیومیک‌اسید بر عملکرد تر و خشک علوفه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر سطوح آبیاری (جدول ۵) نشان داد که بیش‌ترین عملکرد تر (۱۹۳۵) کیلوگرم در هکتار) و خشک (۷۹۹/۶ کیلوگرم در هکتار) از سطح شاهد بود که با سطح آبیاری تا مرحله گل‌دهی اختلاف معنی‌دار نداشته و در یک گروه آماری قرار گرفتند. می‌توان اظهار داشت که در سطح آبیاری تا مرحله گل‌دهی، چون تنش در مراحل انتهایی چرخه رشد گیاه بوده و گیاه بیش‌تر اندام‌های خود را تکمیل نموده و تاحدی مقاوم به شرایط کم‌آبی شده است، بنابراین عملکردی مشابه سطح شاهد تولید کرده است. مقایسه میانگین اثر ساده هیومیک‌اسید (جدول ۶) نشان داد که بیش‌ترین مقدار عملکرد تر (۱۹۴۴) کیلوگرم در هکتار) و خشک (۸۸۱) کیلوگرم در هکتار) در تیمار سه در هزار هیومیک‌اسید بود. گزارش شده است که هیومیک‌اسید از طریق افزایش محتوای نیتروژن برگ‌ها و افزایش دوام برگ‌ها سبب بهبود رشد، افزایش زیست‌توده و ارتفاع بوته شد (Ayas & Gulser, 2005). در آزمایش دیگری گزارش شده است که بیش‌ترین وزن خشک بوته مرزه در آبیاری کامل و بالاترین غلظت هیومیک‌اسید به‌دست آمد (Hosseini et al., 2019) که نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های ذکرشده هم‌خوانی دارد.

۲.۱.۳. مرحله گل دهی

ارتفاع بوته: نتایج تجزیه واریانس داده ها بیانگر تأثیر معنی دار تیمار آبیاری و هیومیک اسید بر ارتفاع بوته بود (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر ساده آبیاری (جدول ۷) نشان داد که بیشترین مقدار ارتفاع بوته (۳۹ سانتی متر) از سطح تنش متوسط (آبیاری تا مرحله گل دهی) بود که با سطح شاهد اختلاف معنی دار نداشته و در یک گروه آماری مشترک قرار گرفتند. همچنین با توجه به جدول (۸)، مقایسه میانگین اثر ساده هیومیک اسید، بیشترین مقدار ارتفاع بوته (۴۴/۵ سانتی متر) از سطح تیماری سه در هزار هیومیک اسید به دست آمد. هیومیک اسید از طریق اثرات هورمونی و با تأثیر بر متابولیسم های سلولی سبب افزایش ارتفاع گیاه می شود (Abdzad Gohari & Sadeghipour, 2019; Dadnia, 2017).

سطح برگ: اثر تیمار آبیاری و هیومیک اسید در سطح احتمال یک درصد بر صفت سطح برگ معنی دار بود (جدول ۶). بالاترین میزان سطح برگ (۱۲۰ سانتی متر مربع) در تیمار شاهد آبیاری مشاهده شد (جدول ۷). غلظت سه در هزار هیومیک اسید نیز بالاترین مقدار سطح برگ (۱۱۶/۵ سانتی متر مربع) را دارا بود (جدول ۸). کاهش رشد برگ در اثر تنش خشکی می تواند به عنوان یک پاسخ سازشی در نظر گرفته شود. بنابراین تنش خشکی، گسترش سطح برگ و در نهایت میزان تعرق گیاهان را محدود می کند (Sikuku et al., 2010).

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس برخی ویژگی های مورفولوژیکی و علوفه لوبیای سیاه در مرحله گل دهی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		میانگین مربعات
		ارتفاع بوته	سطح برگ	
تکرار	۲	۱۵/۴	۵۸/۳۷	۳۸۴۰۳۴۶/۱۴ns
آبیاری	۲	۲۷۹/۸۲*	۱۹۸۲/۶**	۱۴۳۳۵۵۳۸۳/۴۴ **
خطای a	۴	۱۰/۴۴	۳۷/۷	۲۶۶۷۴۸۶/۲۴
هیومیک اسید	۳	۵۱۹/۵۳**	۳۷۰/۸ **	۳۳۸۳۶۳۳۵/۳۱ **
آبیاری × هیومیک اسید	۶	۹/۱ns	۱۵/۸ ns	۲۸۰۲۹۹/۷۹ns
خطای b	۱۸	۳/۷۹	۱۲/۸	۳۶۱۲۰۰/۴۴
ضریب تغییرات (%)		۵/۴۲	۳/۳	۸/۷۸

ns * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر تیمار آبیاری روی برخی ویژگی های مورد بررسی در لوبیای سیاه در مرحله گل دهی

صفت / سطوح آبیاری	آبیاری کامل (شاهد)	آبیاری از زمان کاشت تا مرحله گل دهی	آبیاری از مرحله گل دهی تا زمان برداشت
ارتفاع بوته (cm)	۳۸/۳۲a	۳۹/۰۸a	۳۰/۳۶b
سطح برگ (cm ²)	۱۲۰a	۱۱۱/۵b	۹۴/۷۲c
عملکرد تر علوفه (kg/ha)	۴۰۴۶a	۳۰۰۶b	۲۰۷۰c
عملکرد خشک علوفه (kg/ha)	۲۷۶۳a	۱۵۹۹b	۱۰۴۴c

سطرهای که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد فاقد تفاوت معنی دار هستند.

جدول ۸. مقایسه میانگین اثر هیومیک اسید روی برخی ویژگی های مورد بررسی در لوبیای سیاه در مرحله گل دهی

سطوح هیومیک اسید	شاهد	یک در هزار	دو در هزار	سه در هزار
ارتفاع بوته (cm)	۲۷/۳ d	۳۲/۴۱ c	۳۹/۴۶ b	۴۴/۵۲ a
سطح برگ (cm ²)	۱۰۱/۴۷ d	۱۰۶/۲۸ c	۱۱۰/۶۱ b	۱۱۶/۵ a
عملکرد تر علوفه (kg/ha)	۲۴۰۳ d	۲۸۵۱ c	۳۲۲۸ b	۳۶۸۱ a
عملکرد خشک علوفه (kg/ha)	۱۲۲۴ d	۱۵۳۳ c	۱۹۵۷ b	۲۵۰۳ a

سطرهای که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد فاقد تفاوت معنی دار هستند.

عملکرد تر و خشک علوفه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر آبیاری و هیومیک‌اسید برای عملکرد تر و خشک علوفه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۶). بیش‌ترین عملکرد تر (۴۰۴۶ کیلوگرم در هکتار) و خشک (۲۷۶۳ کیلوگرم در هکتار) علوفه در تیمار شاهد آبیاری به‌دست آمد (جدول ۷). هم‌چنین مقایسه میانگین اثر ساده هیومیک‌اسید نشان داد که بیش‌ترین مقدار عملکرد تر (۳۶۸۱ کیلوگرم در هکتار) و خشک (۲۵۰۳ کیلوگرم در هکتار) علوفه از تیمار سه در هزار هیومیک‌اسید بود (جدول ۸). استفاده از هیومیک‌اسید رشد اندام‌های هوایی را باعث می‌شود که علت آن افزایش جذب عناصری مانند نیتروژن، کلسیم، فسفر، پتاسیم، منگنز، آهن، روی و مس است (Erkossa et al., 2002). Sabouri et al. (2018) با بررسی اثرات تنش خشکی و محلول‌پاشی سطوح مختلف هیومیک‌اسید روی مرزه نتیجه گرفتند که با افزایش غلظت هیومیک‌اسید، وزن خشک افزایش می‌یابد که با نتایج آزمایش حاضر هم‌خوانی دارد.

۲.۳. عملکرد دانه، زیست‌توده، برخی صفات فیزیولوژیکی و عناصر

رنگیزه‌های فتوسنتزی: تیمار آبیاری و هیومیک‌اسید بر صفات کلروفیل a، b و کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۹). هم‌چنین اثرات متقابل آبیاری × هیومیک‌اسید بر کلروفیل b در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۹). مقایسه اثر آبیاری نشان داد که بیش‌ترین مقدار کلروفیل a (۱/۰۱۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) و کلروفیل کل (۱/۲۰۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در تیمار شاهد آبیاری (عدم تنش خشکی) به‌دست آمد (جدول ۱۰). بیش‌ترین مقدار کلروفیل a و کل به‌ترتیب با ۰/۹۸۱۱ و ۱/۲۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ با کاربرد سه در هزار هیومیک‌اسید به‌دست آمد که این سطح برای کلروفیل a با غلظت دو در هزار هیومیک‌اسید اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۱۱). مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار آبیاری و هیومیک‌اسید بر مقدار کلروفیل b نشان داد که بیش‌ترین مقدار آن (۰/۶۲۶۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در تیمار شاهد آبیاری و محلول‌پاشی سه در هزار هیومیک‌اسید به‌دست آمد (جدول ۱۲).

برخی گیاهان در طول تنش خشکی میزان کلروفیل خود را حفظ می‌کنند و در برخی دیگر میزان کلروفیل کاهش می‌یابد. در این مطالعه، روند کاهشی معنی‌داری در رنگیزه‌های مربوط به نمونه‌های تحت تنش آبی نسبت به شرایط پیش از تنش مشاهده شد. این روند کاهشی را می‌توان احتمالاً به‌علت از بین‌رفتن آنزیم‌های بیوسنتزی رنگیزه‌های فتوسنتزی و هم‌چنین القای تجزیه شدن یا مهار سنتز آن‌ها در شرایط تنش نسبت داد. آنزیم گلوتامات لیگاز از جمله این آنزیم‌ها است که نقش مهمی در سنتز کلروفیل دارد و کاهش سنتز کلروفیل تحت شرایط تنش خشکی به‌دلیل ممانعت از فعالیت آنزیم گلوتامات لیگاز می‌باشد (Dalal & Tripathy, 2012). از دلایل دیگر کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی تحت تنش خشکی را می‌توان عموماً به تخریب ساختمان کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی، فتواکسیداسیون کلروفیل‌ها، واکنش آن‌ها با اکسیژن یکتایی و اختلالات هورمونی نسبت داد (Naghavi et al., 2015). تخریب مولکولی کلروفیل به‌علت جدا شدن زنجیره فیتولی از حلقه پورفیرین در اثر ROS و یا آنزیم کلروفیل‌لاز صورت می‌گیرد. بنابراین می‌توان گفت که ابتدایی‌ترین و معنی‌دارترین تغییر در ساختار سلولی، تخریب ساختاری کلروپلاست است که در آن فرایند متابولیکی تجزیه کلروفیل و ماکرو مولکول‌های دیگر رخ می‌دهد (Severino & Auld, 2013). به‌طور کلی، می‌توان گفت که کاهش در مقادیر کلروفیل تحت تنش خشکی به‌علت تخریب بیش‌تر کلروفیل نسبت به سنتز آن است.

Hosseinzadeh et al. (2016) کاهش شدید رنگیزه‌ها در سطوح بالای تنش آبی را به‌دلیل کاهش انتقال مواد معدنی و عناصر ضروری برگ در اثر کاهش مکشی ناشی از تعرق در آوند چوب و افزایش تنش اکسیداتیو ناشی از گونه‌های فعال اکسیژن در سلول‌های برگ و تجزیه این رنگیزه‌ها دانسته‌اند. کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی تحت تنش خشکی در لوبیا چشم‌بلبلی (Afshar Mohamadian et al., 2018) و لوبیا (Saglam et al., 2011) توسط محققین

به ثبت رسیده است. کاهش میزان کلروفیل a در اثر تنش خشکی مربوط به افزایش تولید ROS در سلول می باشد. این رادیکال های آزاد سبب پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه این رنگیزه ها می شوند و با کاهش میزان کلروفیل، تغییرات زیادی در مقدار تولید در گیاهان به وجود می آید (Sadeghipour & Aghaei, 2012). Rasti Sani *et al.* (2014) نیز کاهش کلروفیل b را طی خشکی در لوبیا قرمز بیان کردند. Yasar *et al.* (2010) تغییرات محتوای کلروفیل را در ژنوتیپ های لوبیا سبز تحت شرایط تنش خشکی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که تنش باعث کاهش محتوای کلروفیل در ژنوتیپ های لوبیا سبز شد. Davoodi fard *et al.* (2012) بیان کردند که هیومیک اسید با بهبود جذب آب و عناصر غذایی سبب افزایش بیوسنتز رنگیزه ها شد.

جدول ۹. تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی، عناصر معدنی و اجزای عملکرد لوبیای سیاه تحت تیمار آبیاری و هیومیک اسید

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	عملکرد دانه
تکرار	۲	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰ns	۰/۰۰ns	۱۹۸۵۲۷۷/۷ns
سطوح آبیاری	۲	۰/۱۰۱**	۰/۱۳۷**	۰/۰۹۱**	۲۰۴۷۶۳/۶۵ns
خطای a	۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۱۱۳۶۳۶۸۶/۸**
هیومیک اسید	۳	۰/۰۲۸**	۰/۰۱۵**	۰/۰۳۸**	۱۶۸۱۴۶/۵
آبیاری × هیومیک اسید	۶	۰/۰۰ns	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱ ns	۵۹۶۰۰۵۵/۲**
خطای b	۱۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۸۷۴۷۶۴/۹**
ضریب تغییرات (%)		۲/۷۹	۳/۹۵	۲/۱۴	۹۷۷۵۵/۱۸
		۶/۲۴	۷/۲۴	۱/۴۲	۱۹۲۳۱۴/۸

ns و * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ادامه جدول ۹. تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی، عناصر معدنی و اجزای عملکرد لوبیای سیاه تحت تیمار آبیاری و هیومیک اسید

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		نیترژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم
تکرار	۲	۰/۰۳۵ns	۰/۰۱۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
سطوح آبیاری	۲	۱۶/۷۹**	۵/۵۳**	۰/۱۷**	۰/۰۰۱ns
خطای a	۴	۰/۰۳۳	۰/۰۲۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
هیومیک اسید	۳	۰/۵۴**	۱/۸۵**	۰/۰۲۸**	۰/۰۰۱**
آبیاری × هیومیک اسید	۶	۰/۴۴**	۰/۱۲۹**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰ ns
خطای b	۱۸	۰/۰۲	۰/۰۱۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
ضریب تغییرات (%)		۳/۲۹	۰/۷۲	۰/۷۹	۱۸/۹۷

ns و * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۱۰. مقایسه میانگین اثر سطوح آبیاری بر روی برخی صفات مورد بررسی در لوبیای سیاه

سطوح آبیاری	شاهد	آبیاری تا مرحله گلدهی	آبیاری از گلدهی تا برداشت
کلروفیل a (mg/g FW)	۱/۰۱۹ a	۰/۸۲۵۸ c	۰/۹۳۲۵ b
کلروفیل کل (mg/g FW)	۱/۲۰۷ a	۱/۰۴۸ b	۱/۱۹ a
کلسیم برگ (%)	۱/۱۳۱b	۱/۱۰۷ c	۱/۱۵۳ a

سطرهای که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد فاقد تفاوت معنی دار هستند.

جدول ۱۱. مقایسه میانگین اثر هیومیک اسید بر روی برخی صفات مورد بررسی در لوبیای سیاه

سطوح هیومیک اسید	شاهد	یک در هزار	دو در هزار	سه در هزار
کلروفیل a (mg/g FW)	۰/۸۶۱۱ c	۰/۹۰۵۶ b	۰/۹۶۸۹ a	۰/۹۸۱۱ a
کلروفیل کل (mg/g FW)	۱/۰۷۶ d	۱/۱۱۸ c	۱/۱۷۸ b	۱/۲۲۲ a
کلسیم برگ (%)	۱/۰۸۸ d	۱/۱۲ c	۱/۱۴۶ b	۱/۱۶۷ a
سدیم برگ (ppm)	۰/۰۳۵ b	۰/۰۴۴ b	۰/۰۵۷ a	۰/۰۶ a

سطرهای که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد فاقد تفاوت معنی دار هستند.

جدول ۱۲. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار آبیاری و هیومیک اسید بر برخی ویژگی‌های مورد بررسی در لوبیا سیاه

سطوح آبیاری	سطوح هیومیک اسید	عملکرد دانه (kg/ha)	عملکرد زیست توده (kg/ha)	کلروفیل b (mg/g FW)	پرویلین (μmol/g FW)	نیترژن برگ (%)	فسفر برگ (%)	پتاسیم برگ (ppm)
شاهد	صفر	۱۴۵۴ef	۸۹۶۷d	۰/۵۱۶۷c	۶۱/۱۷f	۲/۸۳d	۰/۱۷۷c	۱/۲۸d
	یک در هزار	۲۱۰۲cd	۱۱۳۷۰c	۰/۵۳۳۳c	۶۱/۲۲f	۴/۱۷c	۰/۱۸۳ab	۱/۳۱cd
	دو در هزار	۳۳۲۲b	۱۲۹۰۰b	۰/۵۶۶۷b	۶۱/۳۴f	۴/۲۳c	۰/۱۸۳b	۱/۳۸b
	سه در هزار	۴۳۸۲a	۱۳۷۷۰a	۰/۶۲۶۷a	۶۲/۷۴f	۴/۲c	۰/۱۸۵a	۱/۴۲a
آبیاری تا مرحله گل‌دهی	صفر	۵۴۶/۸h	۲۷۰۰j	۰/۲۸۶۷h	۷۳/۲۷e	۵/۰۵b	۰/۱۶۱h	۱/۰۶h
	یک در هزار	۸۵۴/۶gh	۳۶۰۰i	۰/۳۱۶۷h	۷۲/۹۸e	۵/۰۷b	۰/۱۶۶g	۱/۰۹gh
	دو در هزار	۱۱۲۱fg	۴۸۳۳gh	۰/۳۷۶۷g	۷۳/۳۵e	۵/۰۷b	۰/۱۷۲f	۱/۱۲g
	سه در هزار	۱۱۱۲fg	۵۷۶۷f	۰/۴۱f	۷۳/۰۶e	۵/۰۸b	۰/۱۷۴de	۱/۱۶f
آبیاری از گل‌دهی تا برداشت	صفر	۱۲۹۰efg	۳۵۶۷i	۰/۴۲۶۷ef	۸۹/۸۱d	۶/۱۷a	۰/۱۷۱f	۱/۱۷f
	یک در هزار	۱۷۲۸de	۴۴۳۳h	۰/۴۵۳۳de	۹۵/۵۲c	۶/۲a	۰/۱۷۲ef	۱/۱۹ef
	دو در هزار	۲۴۴۴c	۵۴۰۰fh	۰/۴۶d	۹۸/۴۳b	۶/۱۸a	۰/۱۷۵cd	۱/۲۳e
	سه در هزار	۳۳۴۲b	۷۰۲۳e	۰/۴۷۳۳d	۱۰۲/۶a	۶/۳۴a	۰/۱۸۱b	۱/۳۳c

ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد فاقد تفاوت معنی‌دار هستند.

پرویلین: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر تأثیر معنی‌دار سطوح آبیاری و هیومیک اسید بر محتوای پرویلین برگ بود (جدول ۹). هم‌چنین اثر متقابل آبیاری × هیومیک اسید بر میزان پرویلین برگ در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول ۹). بیش‌ترین مقدار پرویلین (۱۰۲/۶ میکرومول بر گرم وزن تر) در تیمار آبیاری از مرحله گل‌دهی تا برداشت و محلول‌پاشی سه در هزار هیومیک اسید به‌دست آمد (جدول ۱۲). (Bagheri Zadeh *et al.*, 2014) بیان داشتند که تجمع پرویلین آزاد یک پاسخ متداول به تنش خشکی در گیاهان باشد هنگامی که گیاهان به‌وسیله خشکی، شوری، دماهای پایین و سایر عواملی که باعث کاهش پتانسیل آب شیره سلولی می‌شوند تحت تأثیر قرار می‌گیرند، باید غلظت تنظیم‌کننده‌های را افزایش دهند تا جذب آب تحت شرایط تنش ادامه پیدا کند. نتایج پژوهش Shoghiyan & Roozbahani (2017) نشان داد که در شرایط تنش خشکی میزان پرویلین ۱۸ درصد نسبت به آبیاری مطلوب در لوبیا قرمز افزایش یافت.

هیومیک اسید در گیاهان ممکن است سبب افزایش نفوذپذیری غشای سلولی، افزایش سرعت فتوسنتز و تنفس، بالابردن جذب عناصر معدنی و افزایش سنتز پروتئین و هم‌چنین افزایش فعالیت شبه هورمون‌ها در گیاه شود. هم‌چنین هیومیک اسید اثرات پایدارکنندگی سیستم غشای پلاسمایی را به‌وسیله افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و دخالت در تنظیم اسمزی سلول انجام می‌دهد. افزایش سطوح پروتئین‌های محلول و پرویلین می‌تواند به‌طور مؤثری از تلفات آب سلول جلوگیری کند (Shen *et al.*, 2020). در این آزمایش تجمع ترکیباتی مانند پرویلین در بافت‌های سبز تحت تنش خشکی می‌تواند تا حدی شرایط لازم را برای انجام ادامه جذب آب از محیط ریشه برای گیاه فراهم آورد، اما اتکای گیاه به این ترکیبات آلی برای تنظیم اسمزی با مصرف تولیدات فتوسنتزی همراه بوده و همین عامل سبب کاهش عملکرد می‌شود. بنابراین استفاده از ترکیبات آلی نظیر هیومیک اسید از طریق افزایش ترکیبات آلی نیترژن‌دار مانند پروتئین و اسیدهای آمینه سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه در شرایط نامساعد شده و تا حدی اثرات تنش را کاهش می‌دهد (Ayas & Gulser, 2005; Karimi *et al.*, 2016).

عملکرد دانه: تیمار آبیاری و هیومیک اسید و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۸). بیش‌ترین عملکرد دانه با ۴۳۸۲ کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد آبیاری و محلول‌پاشی سه در هزار هیومیک اسید و کم‌ترین آن ۵۴۶/۸ کیلوگرم در هکتار) در تیمار آبیاری تا مرحله گل‌دهی و عدم محلول‌پاشی هیومیک اسید به‌دست آمد (جدول ۷). به‌طور کلی، عملکرد دانه در تیمار آبیاری شاهد نسبت به سایر تیمارهای تنش

بیش تر بود. هم‌چنین تیمار آبیاری از مرحله گل‌دهی تا برداشت، عملکرد بیش‌تری نسبت به تیمار آبیاری تا مرحله گل‌دهی داشت. این امر بیانگر این واقعیت بوده که آبیاری در شرایط گل‌دهی و پرشدن دانه اهمیت زیادی داشته و اگر گیاه خوب تغذیه شود می‌تواند عملکرد قابل‌قبولی تولید نماید.

در شرایط تنش ممکن است به دو دلیل عملکرد دانه کاهش یابد، یکی کاهش سطح برگ که باعث کاهش فتوسنتز در گیاه شده و در نتیجه موجب کاهش اندازه منبع می‌شود و در این حالت حتی اندازه مخزن دانه هم بزرگ باشد، به‌علت عدم وجود مواد فتوسنتزی، عملکرد کاهش می‌یابد. از طرف دیگر، اگر تنش در زمان گرده‌افشانی یا غلاف‌دهی اتفاق بیفتد این امر باعث کاهش تعداد دانه (اندازه مخزن) می‌شود. هنگامی که اندازه مخزن پایین باشد، مواد فتوسنتزی در عناصر آوندی تجمع می‌یابند و این امر سبب ایجاد یک بازخور منفی بر روی سیستم انتقال مواد در آوندها شده و در نهایت باعث کاهش نقل و انتقال مواد می‌شود که در این پژوهش احتمالاً هر دو دلیل ذکر شده باعث کاهش عملکرد دانه در بوته شده است (Davoodi *et al.*, 2018). برخی پژوهش‌گران گزارش نمودند بیش‌ترین میزان کاهش عملکرد دانه در تنش خشکی در مرحله زایشی بوده که می‌تواند به دلیل سقط گل‌ها در اثر تنش خشکی باشد و نشان‌دهنده حساسیت زیاد این مرحله به تنش خشکی است (Abedi Baba-Arabi *et al.*, 2011). هیومیک اسید از طریق اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی، افزایش غلظت کلروفیل برگ، افزایش میزان فتوسنتز خالص با افزایش دادن میزان تبادلات گازی و جریان انتقال الکترون، بالابردن جذب عناصر غذایی و در نتیجه آن باعث افزایش عملکرد گیاهان می‌شود (Shen *et al.*, 2020; Nardi *et al.*, 2002).

Beheshti *et al.* (2016)، تنش آبی و محلول پاشی هیومیک اسید را در لوبیا بررسی و گزارش نمودند که اثرات متقابل تنش خشکی و هیومیک اسید بر عملکرد دانه معنی‌دار بود و در شرایط ۵۰ میلی‌متر تبخیر و کاربرد هیومیک اسید (۶ لیتر در هکتار)، میزان عملکرد افزایش یافت.

عملکرد زیست‌توده: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سطوح آبیاری و هیومیک اسید و اثر متقابل آبیاری × هیومیک اسید بر عملکرد زیست‌توده اثر معنی‌داری داشت (جدول ۹). بالاترین عملکرد زیست‌توده (۱۳۷۷۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار شاهد آبیاری و محلول پاشی سه در هزار هیومیک اسید به‌دست آمد. کم‌ترین زیست‌توده (۲۷۰۰ کیلوگرم در هکتار) نیز در تیمار آبیاری تا مرحله گل‌دهی و عدم محلول پاشی هیومیک اسید مشاهده شد (جدول ۱۲). گزارش شده است که هیومیک اسید با افزایش فعالیت آنزیم رایبوسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌شود (Delfine *et al.*, 2005). محلول پاشی هیومیک اسید سبب افزایش زیست‌توده رازیانه شد (Gholami *et al.*, 2015) که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد.

نیترژن برگ: نتایج تجزیه واریانس نشان داد (جدول ۹) سطوح آبیاری و هیومیک اسید و اثر متقابل آن‌ها بر میزان نیترژن برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار آبیاری و هیومیک اسید (جدول ۱۲) نشان داد که بیش‌ترین مقدار این عنصر (۶/۳۴ درصد) از کاربرد سه در هزار هیومیک اسید و تیمار آبیاری از مرحله گل‌دهی تا برداشت به‌دست آمد و کم‌ترین آن (۲/۸۳ درصد) از تیمار آبیاری شاهد و عدم محلول پاشی هیومیک اسید به‌دست آمد. Argenta *et al.* (2004) بیان نمود که میزان زیاد نیترژن گیاهانی که در معرض تنش خشکی هستند به دلیل تجمع سریع اسیدهای آمینه آزادی هستند که تبدیل به پروتئین نشده‌اند. کاربرد هیومیک اسید توانایی گیاهان برای حفظ محتوای نیترژن بیش‌تر همراه با سایر عناصر پرمصرف و کم‌مصرف را افزایش می‌دهد (Khattab *et al.*, 2012).

فسفر برگ: با توجه به نتایج تجزیه واریانس تیمار آبیاری و هیومیک اسید و اثر متقابل آن‌ها بر میزان فسفر برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۹). بالاترین غلظت فسفر برگ (۰/۱۸۵ درصد) در آبیاری شاهد و غلظت

سه در هزار هیومیک‌اسید مشاهده شد، که با کاربرد یک در هزار هیومیک‌اسید در همین سطح آبیاری اختلاف معنی‌دار نداشت. کم‌ترین مقدار فسفر برگ (۰/۱۶ درصد) در تیمار آبیاری تا مرحله گل‌دهی و شاهد هیومیک‌اسید به‌دست آمد (جدول ۱۲). نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که یکی از اولین پیامدهای تنش خشکی در خاک کاهش جذب فسفر در گیاهان می‌باشد. کاهش غلظت و جذب فسفر در شرایط تنش خشکی به این دلیل است که در اثر کمبود آب پخشیدگی فسفر و تحرک و فراهمی آن در خاک کاهش یافته و بنابراین جذب فسفر توسط گیاه کاهش می‌یابد (Salehi *et al.*, 2016). Nardi *et al.* (2002) بیان کردند که هیومیک‌اسید از طریق اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله افزایش متابولیسم در درون سلول‌ها و همچنین از طریق بالابردن غلظت کلروفیل در برگ‌ها سبب دوام برگ‌ها شده، در نتیجه جذب عناصر غذایی را بهبود می‌دهد.

پتاسیم برگ: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد سطوح آبیاری و هیومیک‌اسید و اثر متقابل آبیاری × هیومیک‌اسید بر میزان پتاسیم برگ ($P \leq 0/01$) معنی‌دار بود (جدول ۹). در بررسی اثر متقابل آبیاری و هیومیک‌اسید (جدول ۷) مشخص شد که بیش‌ترین پتاسیم برگ (۱/۴۲ قسمت در میلیون) در تیمار شاهد آبیاری و کاربرد سه در هزار هیومیک‌اسید حاصل شد (جدول ۷) و تیمار شاهد آبیاری تا مرحله گل‌دهی نیز با ۱/۰۶ قسمت در میلیون کم‌ترین پتاسیم برگ را داشت (جدول ۷). در شرایط تنش خشکی غلظت یون‌های محلول خاک افزایش یافته و موجب کاهش پتانسیل آب محیط کشت می‌شوند. در نتیجه جذب آب توسط ریشه گیاه محدود می‌شود و در پی آن جذب عنصر پتاسیم کاهش می‌یابد هم‌چنین علت کاهش پتاسیم برگ بر اثر تنش خشکی ممکن است به دلیل حرکت این عنصر از برگ‌ها به ریشه باشد، زیرا پتاسیم به‌عنوان محافظت‌کننده اسمزی عمل می‌نماید. پتاسیم در شرایط تنش کم‌آبی حلالیت کم‌تری داشته، در نتیجه کم‌تر جذب گیاه می‌شود (Osuwagwu *et al.*, 2010). در هنگام استفاده از هیومیک‌اسید به دلیل افزایش رشد ریشه توسط هیومیک‌اسید، طول ریشه و به‌دنبال آن جذب عناصر غذایی ماکرو و میکرو افزایش می‌یابد (Çelik *et al.*, 2011; Malik & Azam, 1985)، به‌همین دلیل در سطوح هیومیک‌اسید جذب پتاسیم بیش‌تر بوده است.

کلسیم برگ: نتایج تجزیه واریانس نشان داد سطوح آبیاری و هیومیک‌اسید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۹). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین مقدار کلسیم برگ در تیمار آبیاری از مرحله گل‌دهی تا برداشت به‌دست آمد (جدول ۱۰). کاربرد هیومیک‌اسید سبب افزایش کلسیم برگ شد، به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار کلسیم برگ نیز با ۱/۱۶۷ درصد در تیمار سه در هزار هیومیک‌اسید به‌دست آمد (جدول ۱۱). افزایش کلسیم برگ با کاربرد هیومیک‌اسید می‌تواند به دلیل نقش آن در سنتز حامل‌های پروتئینی یونی و در نتیجه افزایش جذب یون‌ها در ارتباط باشد (Dell'Agnola *et al.*, 1981). هر چند گزارش شده است که محتوای کلسیم برگ با محلول‌پاشی هیومیک‌اسید تا غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر افزایش و در غلظت‌های بالاتر کاهش یافت (Dalvand *et al.*, 2018).

سدیم برگ: تیمار هیومیک‌اسید بر سدیم برگ اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت، درحالی‌که تیمار آبیاری و اثر متقابل هیومیک‌اسید × آبیاری بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۹). بیش‌ترین مقدار سدیم برگ (۰/۰۶ قسمت در میلیون) در غلظت سه در هزار هیومیک‌اسید به‌دست آمد هرچند که با غلظت دو در هزار تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۱۱). گزارش شده ترکیبات هیومیکی در تحریک رشد ریشه، ساقه و جذب عناصر غذایی توسط گیاه مؤثر است (Malik & Azam, 1985). نتایج پژوهش Sodaeizadeh & Mansouri (2014) نشان داد که با افزایش تنش خشکی غلظت عناصر پتاسیم، کلسیم، منیزیم، نیتروژن و فسفر کاهش یافت، درحالی‌که غلظت عناصر سدیم، کلر، روی، آهن و مس افزایش یافته است. در آزمایشی محلول‌پاشی هیومیک‌اسید جذب مس، روی، فسفر، پتاسیم، منیزیم و سدیم را در ذرت افزایش داد (Khaled & Fawy, 2011).

۴. نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده مشخص شد که تیمار آبیاری بر عملکرد دانه و زیست توده لوبیای سیاه اثرات متفاوتی داشت. به طور کلی، قطع آبیاری در مرحله زایشی (آبیاری از زمان کاشت تا مرحله گل دهی) تأثیر قابل توجهی بر کاهش عملکرد دانه لوبیای سیاه داشت غلظت سه در هزار هیومیک اسید بیشترین تأثیر مطلوب را در شرایط آبیاری کامل داشت، به طوری که بیشترین عملکرد دانه و زیست توده به ترتیب با ۴۳۸۲ و ۱۳۷۷۰ کیلوگرم در هکتار با محلول پاشی سه در هزار هیومیک اسید به دست آمد. اثر هیومیک اسید در شرایط کم آبی تا حدودی عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک لوبیا سیاه را بهبود بخشید. در مجموع استفاده از غلظت سه در هزار هیومیک اسید و آبیاری کامل در تولید لوبیای سیاه در منطقه سیستان و بلوچستان مناسب به نظر می رسد. جهت حصول نتایج تکمیلی، پیشنهاد می شود که کاربرد خاک مصرف هیومیک اسید در گیاه لوبیای سیاه نیز مورد بررسی قرار گیرد.

۵. تشکر و قدردانی

بخشی از هزینه اجرای این آزمایش از محل اعتبار پژوهانه IR-UOZ-GR 2904 دانشگاه زابل تأمین شده است.

۶. تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

- Abdizad Gohari, A., & Sadeghipour, O. (2019). Effect of deficit irrigation and humic acid on yield and water use efficiency in common bean. *Journal of Water Research in Agriculture (Soil and Water Science)*, 3(33), 383-396. (In Persian)
- Abedi Baba-Arabi, S., Movahhedi Dehnavi, M., Yadavi, A. R., & Adhami, E. (2011). Effects of Zn and K foliar application on physiological traits and yield of spring safflower under drought stress. *Electronic Journal of Crop Production*, 4(1), 75-95.
- Abid, M., Ali, S., Kang qi, L., Zahoor, R., Tian, Z., Jiang, D., Snider, J., & Dai, T. (2018). Physiological and biochemical changes during drought and recovery periods at tillering and jointing stages in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Scientific Reports*, 8, 1-15.
- Afshar Mohamadian, M., Omidipour M., & Jamal Omidi, F. (2018). Effect of different drought stress levels on content and chlorophyll fluorescence indices of two bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 31(3), 511-525. (In Persian)
- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Lee, S., & Byrne, R. (2006). Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *European Journal of Soil Biology*, 42, 65-69.
- Argenta, G., P. R. F. Da Silva & Sangoi, L. (2004). Leaf relative chlorophyll content as an indicator parameter predicts nitrogen fertilization in maize. *Crop Science*. 34, 1379-1387.
- Ayas, H., and Gulser, F. (2005). The effect of sulfur and humic acid on yield components and acronutrient contents of spinach. *Journal of Biological Science*, 5(6), 801-804.
- Bates, L. S., Waldren, S. P., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant Soil*, 39, 205-207.
- Beheshti, S., & Tadayyon, A. (2017). Effect of drought stress and humic acid foliar application on some of the characteristics of Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.). *Plant Process and Function*, 6(19), 1-14. (In Persian)

- Beheshti, S., Tadayyon, A., & Falah, S. (2016). Effect of humic acid on the yield and yield components of Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) under drought stress conditions, *Iranian Journal of Pulses Research*, 7(2), 175-187. (In Persian)
- Çelik, H., Katkat, A.V., Sik, B.B., & Turan, M.A. (2011). Effect of foliar-applied humic acid to dry weight and mineral nutrient uptake of maize under calcareous soil conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42, 29-38.
- Dadnia, M. R. (2017). Effect of humic acid on activity of antioxidant enzymes and yield of castor bean (*Ricinus communis*) under water deficit condition. *Journal of Crop Ecophysiology*, 11(1), 85-98. (In Persian)
- Dalal, V. K., & Tripathy, B. C. (2012). Modulation of chlorophyll biosynthesis by water stress in rice seedlings during chloroplast biogenesis. *Plant Cell and Environment*, 35, 1685-1703.
- Dalvand, M., Solgi, M., & Khaleghi, A. (2018). Effects of foliar application of humic acid and drought stress on growth and physiological characteristics of marigold (*Taget erecta*). *Journal Science and Technology Greenhouse Culture*, 9(2), 67-80. (In Persian)
- Davoodi Fard, M., Habibi, D., & Davoodi Fard, F. (2012). Effects of salinity stress on membrane stability, chlorophyll Content and yield components of Wheat inoculated with plant growth promoting bacteria and humic acid. *Agronomy and Plant Breeding*, 8(2), 76-81.
- Davoodi, S., 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(1), 83-95. (In Persian)
- Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E., & Alvino, A. (2005). Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agronomy for Sustainable Development*, 25, 183-191.
- Dell'Agnola, G., Ferrari, G., & Nardi, S. (1981). Antidote action of humic substances on atrazine inhibition of sulphate uptake in barley roots. *Pesticide, Biochemistry and Physiology*, 15, 101-104.
- Emami, A. (1996). Plant decomposition methods. First volume. Journal No. 982. Soil and Water Research Institute, 128 pages.
- Erkossa, T., Stahr, K., & Tabor, G. (2002). Integration of organic and inorganic fertilizers: effect on vegetable productivity. *Ethiopian institute of Agricultural Research*, 82, 247-256.
- FAO. (2021). Statistical Yearbook, World Food and Agriculture. <https://www.fao.org/statistics/en/>
- Ghasemi Aryan, Y., Arzani, H., Filekesh, E., & Yari, R. (2013). Estimating the production of *Artemisia sieberi* through the measurement of plant's dimensions (Case study: southwest Sabzevar). *Iranian Journal of Range and Desert Reseach*, 20 (1), 1-10. (In Persian)
- Gholami, A., Akbari, I., & Abbas Dokht, H. (2015). Study the effects of bio and organic fertilizers on growth characteristics and yield of Fennel (*Foeniculum vulgare*). *Journal of Agroecology*, 7(2), 215-224. (In Persian)
- Hosseinian, S.H., Ebrahimipak, N.A., Yusefi, A., & Egdernezhad, A. (2019). Effect of water stress and humic acid foliar application on morpho-physiological characteristics of *Satureja hortensis*. *Journal of Water and Soil Conservation*, 26(1), 219-232. (In Persian)
- Hosseinzadeh, S., Amiri, H., & Ismaili, A. (2016). Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Photosynthetica*, 54(1), 87-92.
- Jahan, M., Sohrabi, R., Doaei, F., & Amiri, M.B. (2012). Effect of soil moisture superabsorbent hydrogel and foliar application of humic acid on some of agro-ecological characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Mashhad. *Journal of Ecological Agriculture*, 2(3), 71-90. (In Persian)
- Karimi, A., Tadayyon, A., & Tadayyon, M. (2016). Effect of humic acid on yield, yield components and proline content of safflower leaves different levels of irrigation. *Journal of Agriculture*, 18(3), 609-623. (In Persian)

- Khaled, H., & Fawy, H. (2011) Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth and soil properties under conditions of salinity. *Soil and Water Research*, 6(1), 21-29.
- Khattab, M., Shaban, A., El-Shrief, H.A., & ElDeen Mohamed, A. (2012). Effect of humic acid and amino acids on pomegranate trees under deficit irrigation. I: growth, flowering and fruiting. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*, 4(3), 253-259.
- Khoshvaghti, H., Ghasemi -Golozani, K., Zehtab -Salmasi, S., & Alyari, H. (2008). Effect of limited water on growth, cover canopy and seed yield of chitti bean cultivars. Paper Abstracts of 10th Iranian Crop Production and Plant Breeding. Karaj. 464-465.
- Machado, N.N.B., & Duraes, M.A.B. (2006). Physiological and biochemical response of common bean varieties treated with salicylic acid under water stress. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 6, 269-277.
- Malik, K. A., & Azam, F. (1985). Effect of humic acid on wheat (*Triticum aestivum* L.) seedling growth. *Environmental and Experimental Botany*, 25, 245-252.
- Mirabad, A. A., Lotfi, M., & Roozban, M. R. (2013). Impact of water-deficit stress on growth, yield and sugar content of cantaloupe (*Cucumis melo* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(22), 2778-2782.
- Mohammadi Golrang, B., Gazanchian, Gh. A., Ramzani Moghadam R. Falahati, H., Rouhani, H., & Mashayekhi, M. (2008). Estimation of forage yields of some range plant species by plant height and diameter measurements. *Iranian Journal of Range and Desert Reseach*, 15 (2), 158-178. (In Persian)
- Mozafari, S., Khorasaninezhad, S., & Gergini Shabankareh, H. (2016). Effect of irrigation values based on percentage of field capacity and application of humic acid on some morphophysiological characteristics of portulaca oleracea. *Journal of Crop Production*, 9(3), 153-175.
- Naghavi, M. R., Toorchi, M., Moghaddam, M., & Shakiba, M. R. (2015). Evaluation of diversity and traits correlation in spring wheat cultivars under drought stress, *Notulae Scientia Biologicae*, 7(3), 349-354.
- Nakhyeinejad, B., & Moosavi, S. G. R. (2015). Effect of irrigation interval, humic acid and sulfur fertilizer on morphological and yield traits of fenugreek (*Trigonella foenum-gracum* L.). *Scientific Journal of Plant Ecophysiology*, 8(30), 40-51.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., & Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biological and Biochemistry*, 34, 1527-1536.
- Osuagwu, G. G. E., Edeoga, H. O., & Osuagwu, A. N. (2010) The influence of water stress (drought) on the mineral and vitamin potential of the leaves of *Ocimum gratissimum* L. *Recent Research in Science and Technology*, 2, 27-33.
- Rangana, S. (1977). Manual for analysis of fruit and vegetable products. Tata Mc Graw Hill Co. Pvt. Ltd., New Delhi. 73-76.
- Rasti Sani, S., 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(1), 103-116. (In Persian)
- Rayan, J. R., Estefan, G., & Rashid, A. (2001). Soil and plant analysis laboratory manual, (2nd edition). ICARDA, Syria. Pp: 231.
- Sadeghipour, O., & 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.
- Sabouri, F., Sirousmehr, A., & Gorgini Shabankareh, H. (2018). Effect of irrigation regimes and application of humic acid on some morphological and physiological characteristics of Savory (*Satureja hortensis* L.). *Iranian Journal of Plant Biology*, 9(4), 13-24. (In Persian)

- Saglam, A., Saruhan, N., Terzi, R., & Kadioglu, A. (2011). The relations between antioxidant enzymes and chlorophyll fluorescence parameters in common bean cultivars differing in sensitivity to drought stress. *Russian Journal of Plant Physiology*, 58(1), 60-68.
- Salehi, A., Tasdighi, H., & Gholamhoseini, M. (2016). Evaluation of proline, chlorophyll, soluble sugar content and uptake of nutrients in the German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) under drought stress and organic fertilizer treatments. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6(10), 886-891.
- Severino, L. S., & Auld, D. L. (2013). Seed yield and yield components of castor influenced by irrigation, *Industrial Crops and Products*, 49, 52-60.
- Sharifi, P. (2017). Studying maize growth indices in different water stress conditions and the use of humic acid. *Biomedical and Pharmacology Journal*, 10(1), 303-310.
- Shen, J., Guo, M., Wang, Y., Yuan, X., Wen, Y., Song, X., Dong, S., & Guo, P. (2020). Humic acid improves the physiological and photosynthetic characteristics of millet seedlings under drought stress. *Plant Signaling & Behavior*, 15(8), 1774212.
- Shoghiyan, M., & Roozbahani, A. (2017). Effect of salicylic acid foliar application on morphophysiological traits, yield and yield components red beans under drought stress, *Journal of Crop Physiology - Islamic Azad University, Ahvaz Branch*, 9(34), 131-147. (In Persian)
- 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.). *ARPJN Journal of Agricultural and Biological Science*, 5, 23-28.
- Sodaeizadeh, H., & Mansouri, F. (2014). Effects of drought stress on dry matter accumulation, nutrient concentration and soluble carbohydrate of *Salvia macrosiphon* as a medicinal plant. *Arid Biome Scientific and Research Journal*, 4(1), 1-9.
- Taghadosi, M., Hasani, N., & Sinky, J. (2012). Disruption of irrigation and spraying stress with humic acid and algae extract on antioxidant enzymes and prolylene in forage sorghum. *Journal of Crop Production in Environmental Conditions*, 4(4), 1-12. (In Persian)
- Wang, S., Meckling, K. A., & Marcone, M. F. (2011). Synergistic, additive, and antagonistic effects of food mixtures on total antioxidant capacity. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 59(3), 960-968.
- Yasar, F., Uzal, O., & Ozpay, T. (2010). Changes of the lipid peroxidation and chlorophyll amount of green bean genotypes under drought stress. *African Journal of Agricultural Research*, 5(19), 2705-2709.