Crop Science Research in Arid Regions

homepage: https://cropscience.uoz.ac.ir/

Research Article
Volume 7, Issue 1, 2025, P. 217-233

Evaluation of photosynthetic pigments, yield and yield components of mung bean (*Vigna radiate* L.) in response to humic acid application and irrigation interruption

Amene Haqshenas [a], Khosro Azizi [*b], Nasser Bakhtiari [c], Saeed Heydari [b]

[a] Ph.D Graduated of Department of Plant Production and Genetic, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran
[b] Department of Plant Production and Genetic, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran
[c] M.Sc Student of Department of Environment, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Tehran West Branch, Iran
[*]Corresponding Author: azizi.kh@lu.ir

Received: 6 January 2023 Accepted: 28 February 202 **DOI: 10.22034/CSRAR.2023.379755.1310**

How to cite this article:
Haqshenas, A., Azizi, K., Bakhtiari, N. and Heydari, S., 2025. Evaluation of photosynthetic pigments, yield and yield components of mung bean (*Vigna radiata* L.) in response to humic acid application and irrigation interruption. *Crop Science Research in Arid Regions*, *7*(1), 217-233. https://doi.org/10.22034/csrar.2023.379755.1310

Abstract

Introduction: The mung bean (*Vigna radiate* L. Wilczek) is one of the most important pulse crops in the world. It is a protein rich staple food and contains about 25 percent protein. Producing higher potential yield in comparison with other crops, is one of the greatest features of the mung bean crop. The use of organic fertilizers, including humic acid, without damaging the environment, may be effective for increasing yield. Humic acid is a natural organic polymer compound that is formed as a result of the decay of soil organic matter, peat, lignin, etc., which may be used to increase the product and its quality. One of the important benefits of humic acid is the chelation of various nutrients such as sodium, potassium, magnesium, zinc, calcium, iron, copper, etc. Water deficit by affecting on vegetative and reproductive growth period and balance between them will change yield and product quality. Humic substances play a vital role in soil fertility and plant nutrition. Plants grown on soils which contain adequate humic acid are less subject to stress, are healthier, produce higher yields; and the nutritional quality of harvested foods and feeds are superior. In this regard, the present study was conducted to investigate the effect of different levels of humic acid on yield and yield components of mung bean under drought stress conditions.

Materials and Methods: This study was conducted as split plot design with randomized complete block design with three replications in a field located in Firouzabad city during. Experimental treatments included water deficit stress as the main factor in three levels: control (normal irrigation), cutting irrigation at flowering stage and cutting irrigation at seed filling stage) and sub factor including use of humic acid at four levels (0, 2, 4, 6 kg / ha). The studied traits were: plant height, number of branches, number of lateral-secondary branches, number of leaves, leaf area index, pod length, number of seeds per pod, number of pods per plant, thousand seed weight, biological yield, seed yield, photosynthetic pigments (chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoid), proline and seed protein. The

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

collected data were analyzed using SAS software and means were compared with LSD test at the 5% level of probability.
Results and Discussion: The results showed that the highest amount of chlorophyll a and 1000 seed weight was obtained in the conditions of full irrigation and the application of 4 kg/ha of humic acid, which showed an increase of 39.65 and 35.77% respectively compared to the control treatment. The use of humic acid in the amount of 4 kg per hectare caused a significant increase in the number of sub-branches, sheath length and number of leaves by 34, 18 and 14%, respectively. The application of 6 kg/ha of humic acid in the stress treatment at the flowering stage increased the amount of protein by 26.45% and in the stress treatment at the seed filling stage, the amount of proline increased by 48.85% compared to the control treatment. Also, the application of 4 kg/ha of humic acid in non-stress conditions increased the grain yield by 13.01% compared to the control treatment. Based on the results of the present study, the application of humic acid can reduce the negative effects of water stress and increase mung bean yield.
Conclusion: In general, the results of the present study showed that drought stress in the stages of flowering and seed filling caused a significant decrease in yield and yield components in mung bean plant. Among the levels of drought stress, stress caused more damage to the plant in the flowering stage than in the seed filling stage. The use of humic acid under stress conditions increased the amount of proline and mung bean protein compared to the control treatment (no use of humic acid). Also, the application of all levels of humic acid compared to the control (no use of humic acid) increased chlorophyll a, b and carotenoids, so that the highest amount of the mentioned traits was observed in the condition of full irrigation and the application of humic acid at the rate of 4 kg per hectare. The application of humic acid had a positive effect on the investigated traits and among the consumption levels, the application of 4 kg/ha was more effective. In general, it can be stated that with the use of humic acid, the negative effects caused by drought stress can be reduced to a great extent, which can ultimately improve the growth and increase the yield and yield components of the plant. According to the results of this research, it can be said that in similar conditions of the research site, the application of 4 kg of humic acid per hectare is the most appropriate treatment to deal with drought stress and increase yield in mung bean.
Keywords: Carotenoid, Chlorophyll a, Proline, Protein

تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد هفتم، شماره اول، بهار ۱۴۰۴، ص ۲۳۳-۲۱۷

مقاله پژوهشی

ارزیابی رنگدانه‌های فتوسنتزی، عملکرد و اجزای عملکرد ماش (*Vigna radiate* L.) در پاسخ به کاربرد اسید هیومیک و قطع آبیاری

آمنه حق شناس[۱]، خسرو عزیزی*[۲]، ناصر بختیاری[۳]، سعید حیدری[۲]

۱- دانش آموخته دکتری گروه ژنتیک و تولید گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران
۲- گروه ژنتیک و تولید گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه محیط زیست، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، ایران
* مسئول مکاتبه: azizi.kh@lu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۰۹ **DOI: 10.22034/CSRAR.2023.379755.1310**

چکیده

به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف اسید هیومیک بر عملکرد ماش در شرایط تنش خشکی، آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در استان فارس شهرستان فیروزآباد، در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ اجرا گردید. عامل اصلی شامل سه سطح تنش خشکی: آبیاری کامل (بدون قطع آبیاری یا بدون تنش خشکی)، تنش آبیاری (یک نوبت قطع آبیاری) در مرحله گل‌دهی و تنش آبیاری (یک نوبت قطع آبیاری) در مرحله پر شدن دانه و عامل فرعی شامل اسید هیومیک به صورت خاک کاربرد در چهار سطح (صفر، ۲، ۴ و ۶ کیلوگرم در هکتار) بود. نتایج نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a و وزن هزار دانه در شرایط آبیاری کامل و کاربرد ۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک حاصل شد که به ترتیب نسبت به تیمار شاهد ۳۹/۶۵ و ۳۵/۷۷ درصد افزایش نشان داد. مصرف اسید هیومیک به مقدار ۴ کیلوگرم در هکتار، باعث افزایش معنی‌دار تعداد شاخه فرعی، طول غلاف و تعداد برگ به ترتیب به میزان ۳۴، ۱۸ و ۱۴ درصد گردید. کاربرد ۶ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک در تیمار تنش در مرحله گل‌دهی باعث افزایش ۲۶/۴۵ درصدی میزان پروتئین و در تیمار تنش در مرحله پر شدن دانه باعث افزایش ۴۸/۸۵ درصدی میزان پرولین نسبت به تیمار شاهد گردید. بر اساس نتایج پژوهش حاضر، کاربرد اسید هیومیک می‌تواند اثرات منفی ناشی از تنش کم‌آبی را کاهش داده و افزایش عملکرد ماش را به همراه داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، پرولین، کارتنوئید، کلروفیل a

مقدمه

با افزایش روزافزون جمعیت جهان افزایش تقاضا برای منابع پروتئین گیاهی در حال افزایش است. پس از غلات، حبوبات مهم‌ترین منبع غذایی بوده و در این میان ماش، یکی از مهم‌ترین حبوبات می‌باشد که با دارا بودن ۲۵-۲۰ درصد پروتئین، تأمین‌کننده بخش مهمی از پروتئین مورد نیاز انسان است و در این زمینه نقش مهمی را ایفا می‌کند (Firouzabadi and Farahani, 2013). ماش به عنوان یک منبع پروتئین، تقریباً تمام اسیدهای آمینه را داراست، به‌طوری‌که اسیدهای آمینه مانند لوسین، آرژنین، ایزولوسین، لیسین و والین به مقدار زیاد و اسیدهای آمینه تریپتوفان، سیستین و متیونین به میزان محدود در پروتئین آن یافت می‌شود (Ganjeali *et al.*, 2008).

ایران از اقلیمی خشک و نیمه‌خشک برخوردار است. به‌طوری‌که تنش خشکی در آن از مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولید محصولات زراعی، باغی و دارویی به‌شمار می‌رود (Babaeian *et al.*, 2010). بنابراین، استفاده از انواع کودهای آلی از جمله هیومیک اسید، بدون اثر مخرب زیست‌محیطی ممکن است برای افزایش عملکرد، مؤثر واقع شود. هیومیک اسید ترکیب پلیمری طبیعی آلی است که در نتیجه پوسیدگی مواد آلی خاک، پیت، لیگنین و غیره به وجود می‌آید که ممکن است برای افزایش محصول و کیفیت آن به کار گرفته شود. از مزایای مهم هیومیک اسید، کلات‌کنندگی عناصر غذایی مختلف مانند سدیم، پتاسیم، منیزیم، روی، کلسیم، آهن، مس و غیره برای غلبه بر کمبود عناصر غذایی است که افزایش طول، وزن ریشه و ایجاد ریشه‌های جانبی را سبب می‌شوند (Abedi and Pakniat, 2010).

تولید آنتی‌اکسیدان‌ها در شرایط تنش کمبود آب به واسطه جلوگیری از اتصال آن‌ها با پروتئین‌ها افزایش می‌یابد که محلول‌پاشی اسید هیومیک سبب تسریع این روند شده و در نتیجه آسیب‌های ناشی از تنش کم‌آبی کاهش می‌یابد (Nanda

et al., 2019). اثر مثبت هیومیک اسید در گیاه تحت شرایط تنش کمبود آب گزارش شده است که به نقش آن در افزایش جذب عناصر غذایی، توانایی فتوسنتز، رشد و افزایش گلوتاتیون پراکسیداز نسبت داده شده است (Shah *et al.*, 2014). محلول‌پاشی ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید در دوره‌های مختلف تنش کم آبیاری باعث بهبود شاخص‌های فیزیولوژیکی و افزایش مؤلفه‌های تولیدی گندم در مقایسه با شاهد (عدم محلول‌پاشی) گردید (Tourfi and Shokuhfar, 2019). در گیاه مرزه بیشترین ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد شاخه فرعی و وزن خشک بوته در شرایط آبیاری در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی با ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید به دست آمد؛ درحالی‌که بیشترین میزان طول برگ، کلروفیل a، b و کل، کارتنوئید و کربوهیدرات از تیمار آبیاری در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید حاصل شد (Hosseinian *et al.*, 2019). نتایج حاصل از تحقیقی که بر روی گیاه آفتاب گردان انجام شد نشان داد، اسید هیومیک می‌تواند سبب کاهش اثرات سوء تنش خشکی بر آفتابگردان شود هم‌چنین استفاده از اسیدهیومیک در هر دو شکل محلول‌پاشی و خاک مصرف با تأثیر معنی‌دار بر ارتفاع بوته، قطر طبق، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، مقادیر کلروفیل a و درصد عناصر فسفر و پتاسیم در دانه، سبب افزایش این صفات شد (Heidari *et al.*, 2019).

شناخت اثر تنش خشکی بر رشد ماش جهت کاهش خسارت ناشی از تنش نیازمند مطالعه و تحقیق بیشتری است که انجام مطالعات بیشتر در این خصوص ضروری است. در این راستا، یافتن راهکارهایی که بتواند امکان بهره‌برداری با راندمان بالا از منابع آب را در شهرستان فیروزآباد فراهم نماید، می‌تواند باعث ایجاد تحول قابل ملاحظه‌ای در تولید محصولات کشاورزی در این منطقه گردد. به همین منظور و با توجه به موارد ذکر شده این آزمایش با هدف تعیین حساس‌ترین مرحله رشد ماش به تنش خشکی و تعیین مناسب‌ترین میزان کاربرد اسید هیومیک در این گیاه انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در استان فارس، شهرستان فیروزآباد با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۱ دقیقه عرض شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه ۱۵دقیقه شرقی از نصف‌النهار گرینویچ با ارتفاع ۱۶۰۰ متری از سطح دریا، در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ اجرا گردید. عامل اصلی در سه سطح تنش خشکی شامل: آبیاری کامل (بدون قطع آبیاری یا بدون تنش خشکی)، تنش آبیاری (یک نوبت قطع آبیاری) در مرحله گل‌دهی و تنش آبیاری (یک نوبت قطع آبیاری) در مرحله پر شدن دانه و عامل فرعی شامل اسید هیومیک به صورت خاک کاربرد در چهار سطح (صفر، ۲، ۴ و ۶ کیلوگرم در هکتار) بود. جهت اعمال تیمار اسید هیومیک از پودر هیومکس شامل ۷۵ درصد، ۵ درصد اسید فولیک، پتاسیم ۱۱/۸ درصد، نیتروژن ۰/۲۸ درصد و آهن ۰/۲ درصد استفاده شد.

قبل از انجام آزمایش نمونه‌برداری از خاک مزرعه انجام و مورد آنالیز قرار گرفت. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ آمده است. عملیات خاک‌ورزی شامل شخم، دیسک و تسطیح قبل از کاشت صورت گرفت. در این آزمایش بذر ماش از شرکت حمایتی توزیع بذر مرودشت تهیه شد. بذرها به صورت کپه‌ای در عمق ۳ سانتی‌متر، بر روی پشته‌ها با فاصله ردیف ۵۰ و فاصله بوته ۱۰ سانتی‌متر با دست کشت شدند، عملیات تنک کردن در مرحله ۴-۳ برگی انجام گرفت. ابعاد هر کرت آزمایش ۵×۲ متر، در هر کرت ۵ خط کشت به‌طول ۵ متر در نظر گرفته شد. عملیات کاشت در ۱ تیرماه انجام شد و آبیاری بر اساس نیاز گیاه به‌روش قطره‌ای صورت گرفت. در طول دوره رشد، علف‌های هرز در کلیه واحدهای آزمایشی به صورت دستی وجین شدند. در طول دوره رشد آفت یا بیماری خاصی مشاهده نشد. به‌منظور اندازه‌گیری صفات مورد نظر دو ردیف کناری و ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت به‌عنوان حاشیه حذف شدند. سپس دو متر مربع از هر کرت برای اندازه‌گیری صفات در نظر گرفته شد. پس از کف‌بر نمودن بوته‌ها صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ در بوته، طول غلاف‌ها، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و شاخص سطح برگ و عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، وزن هزار دانه اندازه‌گیری شدند. در پایان رسیدگی فیزیولوژیکی اندازه‌گیری پروتئین بذر به روش برادفورد انجام شد (Bradford, 1976)

کلروفیل و کارتنوئید به روش لیچتنتالر اندازه‌گیری شد. به

این منظور ۰/۱ گرم برگ تازه در هاون چینی با ازت مایع خرد و با ۱۰ میلی‌لیتر استون خالص، مخلوط گردید و پس از سانتریفیوژ (دور ۴۰۰۰ به مدت ۱۵دقیقه) با استفاده از اسپکتروفتومتری، جذب محلول در طول موج‌های ۶۴۵، ۶۶۲ و ۴۷۰ اندازه‌گیری شد. استون به عنوان محلول شاهد برای تنظیم صفر جذب نوری استفاده گردید. میزان کلروفیل (CA) a، کلروفیل b (CB) و کارتنوئید ((C(X+C)) برحسب میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ، به ترتیب از طریق روابط ۱، ۲ و ۳ محاسبه شدند (Lichtenthaler, 1987):

$$A = 11/24 \times A662 - 2/04 \times A645 \quad C$$

$$C\ B = 20/13 \times A645 - 4/19 \times A662 \quad (۱)$$

$$C = (X+C) = 1000 \times (A470 - 1/90\ CA - 63/14 \quad (۲)$$

$$CB) / 214 \quad (۳)$$

برای اندازه‌گیری غلظت پرولین ۰/۵ گرم از نمونه برگ که در پایان مرحله گل‌دهی جمع‌آوری شده بود، توزین شد و ضمن ساییدن داخل هاون چینی به تدریج ۱۰ سی‌سی اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد به آن افزوده شد. محلول حاصل به لوله آزمایش در دار منتقل شد و به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ گردید (۳۰۰۰ دور در دقیقه). از عصاره حاصل ۱ سی‌سی برداشته و در لوله آزمایش ریخته شد سپس ۱ سی‌سی معرف نین هیدرین و ۱ سی‌سی اسید استیک گلاسیال به آن افزوده شد و یک ساعت در بن ماری ۱۰۰ درجه قرار گرفت تا رنگ آجری تولید شد. سپس برای توقف واکنش‌ها در آب یخ قرار داده شد و پس از سرد شدن به هر لوله آزمایش ۴ میلی‌لیتر محلول تولوئن اضافه شد. در هر لوله دو فاز تشکیل شد. فاز بالایی که حاوی کمپلکس رنگی بود، برای اندازه‌گیری مقدار پرولین استفاده شد و میزان جذب نور آن در طول موج ۵۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید (Bunce, 1981). برای اندازه‌گیری درصد پروتئین دانه از دستگاه NIR (دستگاه مادون قرمز) استفاده شد.

در این پژوهش داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (Version 9.4)، تجزیه و تحلیل گردید. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام پژوهش

Table 1- Soil physical and chemical properties of experimental location

بافت خاک Soil texture	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	نیتروژن N (%)	کربن آلی O.C (%)	اسیدیته pH	شوری خاک EC ($dS.m^{-1}$)
سیلت-لوم Silt loam	22.9	58	19.1	245	14.3	0.02	0.2	6.8	1

نتایج و بحث

ارتفاع بوته اثر متقابل تیمارهای تنش و اسید هیومیک بر ارتفاع بوته ماش در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). حداکثر ارتفاع بوته از تیمار مصرف ۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و در شرایط عدم تنش به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر سطوح مصرف اسید هیومیک داشت. کمترین ارتفاع بوته نیز در شرایط عدم مصرف هیومیک اسید و تنش خشکی در مرحله گل‌دهی به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد اسید هیومیک) ۳۵/۵ درصد کاهش یافت (جدول ۳). اولین اثر کم آبی در گیاهان اندازه کوچکتر و تعداد کمتر برگ‌ها یا ارتفاع گیاه است که ناشی از کاهش توسعه سلولی و رشد می‌باشد (Mohammadi Alborzi *et al.*, 2012). همچنین کاهش ارتفاع گیاه در اثر تنش خشکی را می‌توان به اختلال در فتوسنتز به واسطه کم آبی، کاهش تولید مواد فتوسنتزی برای ارائه به بخش‌های در حال رشد گیاه و کاهش انعطاف‌پذیری دیواره سلول‌های ساقه نسبت داد که در نتیجه طویل شدن سلول‌ها متوقف می‌شود (Candan *et al.*, 2018). در پژوهشی که بر روی چمن انجام شد کاربرد اسید هیومیک توانست اثرات تنش خشکی را کاهش داده و روند افزایش ارتفاع گیاه را بهبود بخشد (Bigdelinasab *et al.*, 2020).

هم‌راستا با پژوهش حاضر در تحقیقی که بر روی گیاه زیره سبز انجام شد کاربرد ۴ لیتر در هکتار اسید هیومیک نسبت به کاربرد ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک مؤثرتر بود و باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه زیره سبز به میزان ۲۳ درصد نسبت به شاهد گردید (Nasiri Dehsorkhi *et al.*, 2018).

جدول ۲- تجزیه واریانس تنش خشکی و اسید هیومیک بر خصوصیات مورد مطالعه ماش

Table 2- Analysis of variance of drought stress and humic acid on studied characteristics of mung bean

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	MS			
		ارتفاع بوته Plant height	شاخه فرعی Sub branch per plant	تعداد برگ Leaf number	شاخص سطح برگ Leaf area index
تکرار Replication	2	543^{ns}	6.0*	7.3^{ns}	2.4^{ns}
تنش Stress	2	1745.0*	56.4**	72.9*	10.7**
خطا Error	4	166.8	0.4	6.8	0.4
اسید هیومیک Humic acid	3	976.2**	11.9**	9.4**	6.1**
تنش×اسیدهیومیک Stress× Humic acid	6	91.6**	0.2^{ns}	0.2^{ns}	0.0^{ns}
خطا Error	18	22.1	0.5	0.2	0.4
ضریب تغییرات C.V (%)		5.8	8.1	3.7	10.2

ns، * و **: به ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: no significant and significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس تنش خشکی و اسید هیومیک بر خصوصیات مورد مطالعه ماش

Table 2 continue- Analysis of variance of drought stress and humic acid on studied characteristics of mung bean

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	MS				
		کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کارتنوئید Carotenoid	پرولین Proline	پروتئین Protein
تکرار Replication	2	0.1**	0.0**	0.1**	0.3**	0.1^{ns}
تنش Stress	2	0.4**	0.1**	0.9**	6.2**	63.0**
خطا Error	4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
اسید هیومیک Humic acid	3	0.2**	0.5**	0.1**	1.4**	8.7**
تنش×اسیدهیومیک Stress× Humic acid	6	0.0**	0.0^{ns}	0.0**	0.1**	0.4*
خطا Error	18	0.0	0.0	0.0	1.0	9.1
ضریب تغییرات C.V (%)		2.2	7.2	4.1	4.7	1.4

ns، * و **: به ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: no significant and significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

تعداد شاخه فرعی

مطابق با نتایج تجزیه واریانس، عامل تنش و اسید هیومیک تعداد شاخه فرعی را در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲). افزایش کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش تعداد شاخه فرعی گردید، این امر می‌تواند به دلیل اثرات هورمونی باشد که باعث بهبود جذب مواد غذایی و افزایش بیوماس ریشه و شاخساره می‌گردد. بیشترین تعداد شاخه فرعی در کاربرد ۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک مشاهده گردید که افزایش ۳۴ درصدی صفت مذکور نسبت به شاهد (عدم کاربرد اسید هیومیک) را به‌همراه داشت (جدول ۵). افزایش

انشعابات جانبی گیاه در اثر مصرف اسید هیومیک در گلرنگ نیز گزارش شده است (Karimi and Tadayyon, 2018). هم‌چنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد تنش در مرحله گل‌دهی و پرشدن دانه باعث کاهش تعداد شاخه فرعی به‌ترتیب به‌میزان ۳۷ و ۲۰ درصد نسبت به شاهد (عدم تنش) گردید (جدول ۴). کاهش انشعابات جانبی ماش در اثر تنش خشکی در پژوهش‌های دیگری نیز گزارش شده است. به طور مثال، نتایج پژوهشی نشان داد کم‌آبی سبب کاهش معنادار تعداد شاخه جانبی در بوته ماش گردید، به‌طوری‌که در تیمار کم آبی در مرحله زایشی تعداد شاخه جانبی ۲۹/۸ درصد و در تیمار کم آبی در مرحله رویشی ۲۱/۹ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (Aghdasi *et al.*, 2018).

جدول ۳- اثر متقابل تنش خشکی و سطوح مختلف اسید هیومیک بر خصوصیات مورد مطالعه ماش

Table 3- Interaction effect of drought stress and different levels of humic acid on studied properties of mung bean

تیمارها Treatments		ارتفاع بوته Plant height (cm)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg g^{-1} FW)	کارتنوئید Carotenoid (mg g^{-1} FW)	پرولین Proline (mg g^{-1} FW)	پروتئین Protein (%)
مرحله تنش Stress stage	اسید هیومیک Humic acid (kg/ha)					
عدم تنش No stress	0	79.6^{cd}	0.7^{e}	0.9^{c}	2.2^{f}	20.4^{h}
	2	91^{b}	0.8^{d}	1^{b}	2.4^{ef}	21.2^{g}
	4	113.6^{a}	1.1^{a}	1.2^{a}	2.5^{de}	21.6^{fg}
	6	85^{bc}	1^{b}	1.3^{a}	2.6^{de}	22.1^{ef}
تنش در مرحله گلدهی Stress at flowering stage	0	53^{f}	0.3^{h}	0.5^{f}	2.7^{d}	24.4^{c}
	2	72de	0.6^{f}	0.5^{f}	3.2^{c}	25.6^{b}
	4	78.6^{cd}	0.7^{e}	0.6^{e}	3.7^{b}	25.9^{b}
	6	69^{e}	0.5^{g}	0.6^{e}	3.8^{b}	27.7^{a}
تنش در مرحله پر شدن دانه Stress at seed filling stage	0	73.6^{de}	0.6^{f}	0.6^{e}	3.3^{c}	22.3^{e}
	2	84^{bc}	0.8^{d}	0.8^{d}	3.7^{b}	23.4^{d}
	4	89^{b}	0.9^{c}	1^{bc}	4.2^{a}	23.7^{d}
	6	79^{cd}	0.8^{d}	1^{bc}	4.3^{a}	24.4^{c}

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means with similar letters are not significantly different at the 5 % probability level based on LSD test

ادامه جدول ۳- اثر متقابل تنش خشکی و سطوح مختلف اسید هیومیک بر خصوصیات مورد مطالعه ماش

Continued table 3- Interaction effect of drought stress and different levels of humic acid on studied properties of mung bean

تیمارها Treatments		تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	وزن هزاردانه 1000 seed weight (gr)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (Kg/ha)	عملکرد دانه Seed yield (kg/ha)
مرحله تنش Stress stage	اسید هیومیک Humic acid (kg/ha)				
عدم تنش No stress	0	29.8^{d}	29.8^{d}	1562.9^{c}	835.6^{bc}
	2	43.8^{b}	43.8^{ab}	2050.3^{a}	855^{b}
	4	46.4^{a}	46.4^{a}	2363.2^{a}	960.6^{a}
	6	35.1^{c}	35.1^{c}	1634.8^{bc}	843.5^{bc}
تنش در مرحله گلدهی Stress at flowering stage	0	20.8^{g}	20.8^{f}	1222.4^{d}	596.9^{h}
	2	27.4^{de}	27.4^{de}	1526.9^{c}	693^{fg}
	4	41.1^{c}	41.1^{b}	1628.8^{bc}	722.3^{f}
	6	23.2^{ef}	23.2^{ef}	1500^{c}	670.8^{g}
تنش در مرحله پر شدن دانه Stress at seed filling stage	0	23.8^{e}	23.8^{ef}	1523.4^{c}	734.1^{ef}
	2	34.2^{c}	34.2^{c}	1652.2^{bc}	776de
	4	44.5^{b}	44.5^{ab}	1874.6^{b}	801.7^{cd}
	6	29.1^{d}	29.1^{d}	1676.4^{bc}	783.8^{d}

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means with similar letters are not significantly different at the 5 % probability level based on LSD test.

تعداد برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده تنش خشکی بر تعداد برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود این درحالی است که اثر متقابل تنش در اسید هیومیک برای این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). نتیجه مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارهای مورد مطالعه در جدول ۴ نشان داد که تعداد برگ در شرایط عدم تنش (شاهد) بیشینه مقدار (۱۵/۵۳) و در شرایط تنش در مرحله گل‌دهی کمینه مقدار (۱۰/۶۱) را داشت (جدول ۵). اعتقاد بر این است که کاهش مقدار آب در دسترس گیاه با تأثیر بر فشار تورژسانس سلول‌های گیاهی باعث کاهش رشد و گسترش سلول‌های برگ شده، از این‌رو تعداد برگ در این شرایط کاهش می‌یابد (Alishah *et al.*, 2006). نتایج پژوهشی نشان داد تنش کم آبی در مرحله رویشی باعث کاهش ۳۶/۶ درصدی و در مرحله زایشی سبب کاهش ۳۲/۶ درصدی تعداد برگ در بوته ماش سبز نسبت به تیمار شاهد گردید (Aghdasi *et al.*, 2018). هم‌چنین تنش کم‌آبی باعث کاهش تعداد برگ در سه گونه نعناع (پونه، سوسن و نعناع فلفلی) گردید (Nezami *et al.*, 2016). در مطالعه‌ای که بر روی اثر تنش کم‌آبی بر خصوصیات رشدی سه رقم گیاه جعفری انجام شد پژوهشگران بیان کردند، کاهش رطوبت قابل دسترس خاک باعث کاهش تعداد برگ گیاهان شد (Petropoulos *et al.*, 2008).

تعداد برگ تحت تأثیر کاربرد اسید هیومیک قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). بیشینه تعداد برگ (۱۳/۸۹) در تیمار کاربرد ۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک مشاهده گردید که با سایر تیمارهای کاربرد اسید هیومیک دارای اختلاف معنی‌داری بود و در مقایسه با شاهد، افزایش ۱۴ درصدی را به همراه داشت (جدول ۴). افزایش تعداد برگ در گیاه، احتمالاً به دلیل گسترش سریع سیستم ریشه‌ای گیاه در غلظت‌های بالای اسید هیومیک است که این خود منجر به افزایش جذب بیشتر عناصر غذایی، رشد بهتر گیاه و به دنبال آن افزایش تعداد برگ می‌شود (Fazel Tehrani *et al.*, 2018). تیمارهای ۳ و ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک به ترتیب با افزایش ۱۴ و ۲۲ درصدی تعداد برگ در بوته گلرنگ، اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد داشتند (Karimi and Tadayyon, 2018).

شاخص سطح برگ

مطابق با نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات اصلی تنش خشکی و کاربرد اسیدهیومیک در سطح احتمال یک درصد بر شاخص سطح برگ ماش معنی‌دار گردید؛ این در حالی بود که اثر متقابل عامل‌های مورد بررسی بر صفت مذکور معنی‌دار نشد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارهای مورد مطالعه بر این صفت در جدول ۴ نشان داد که با اعمال تنش خشکی سطح برگ کاسته شد و بیشینه سطح برگ (۴/۳۲) در تیمار عدم تنش مشاهده گردید. کمینه مقدار سطح برگ در تیمار تنش در زمان گل‌دهی مشاهده گردید که نسبت به تیمار شاهد ۴۳/۷۵ درصد کاهش را نشان داد (جدول ۵). سطح برگ تعیین‌کننده میزان تشعشع جذب شده توسط گیاه و بنابراین تعرق و تولید ماده خشک می‌باشد. از جمله سازگاری‌های گیاه در شرایط کم‌آبیاری، کاهش سطح برگ به‌منظور کاهش تعرق است (Pandey and Agarwal, 1998). از سوی دیگر با افت محتوی نسبی آب برگ زمینه کاهش فتوسنتز در واحد سطح برگ را فراهم می‌نماید (Tas and Tas, 2007). تقسیم سلولی در اثر افزایش میزان اسید آبسزیک، تأمین نشدن آسیمیلات مورد نیاز برای رشد برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز از مهم‌ترین علل احتمالی کاهش شاخص سطح برگ بر اثر تنش خشکی ذکر شده‌اند (Tesfaye *et al.*, 2006).

هم‌چنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد کاربرد کلیه سطوح اسید هیومیک باعث افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ گردید. به‌طوری‌که بیشترین شاخص سطح برگ (۴/۳۵)، با کاربرد ۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف اسید هیومیک) ۴۶/۲۰ درصد افزایش را نشان داد (جدول ۴). در پژوهشی که بر روی گندم انجام شد محققین گزارش دادند کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش سطح برگ گردید (Mahmoodi Zoeek *et al.*, 2015).

کلروفیل a، b و کارتنوئید

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که تنش به‌طور معنی‌داری ($P<0.01$) میزان کلروفیل b را تحت تأثیر قرار داد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین سطوح تنش، اختلاف معنی‌داری از نظر کلروفیل b وجود دارد، به‌طوری‌که

تیمار عدم تنش بالاترین میزان کلروفیل b را به خود اختصاص داد (جدول ۵). هم‌چنین نتایج این پژوهش بیانگر تأثیر معنی‌دار (سطح احتمال ۱٪) کاربرد اسید هیومیک بر میزان کلروفیل b بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که کاربرد کلیه سطوح اسید هیومیک در مقایسه با شاهد (عدم مصرف اسید هیومیک) باعث افزایش کلروفیل b گردید به‌طوری‌که بیشترین و کمترین میزان کلروفیل b به ترتیب در تیمارهای کاربرد ۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و شاهد مشاهده شد. کاربرد اسید هیومیک به میزان ۲، ۴ و ۶ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش معنی‌دار کلرفیل b به‌ترتیب به میزان ۲۲/۴۰، ۳۲/۹۲ و ۲۷/۷۰ درصد نسبت به شاهد گردید (جدول ۴).

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر سطوح تنش و اسید هیومیک و برهم‌کنش آن‌ها (در سطح احتمال ۱٪) بر کلروفیل a و کارتنوئید معنی‌دار بود. نتایج برهمکنش عوامل مورد بررسی نشان داد که کاربرد اسید هیومیک تأثیر مثبت و معنی‌داری بر کلروفیل a داشت. به‌طوری‌که بالاترین میزان کلروفیل a در شرایط آبیاری کامل و کاربرد اسید هیومیک به میزان ۴ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با کلیه تیمارها نشان داد و در مقایسه با شاهد (عدم کاربرد اسید هیومیک) باعث افزایش ۳۹/۶۵ درصدی صفت مذکور گردید (جدول ۳). هم‌چنین نتایج برهمکنش تنش و اسید هیومیک بر میزان کارتنوئید بیانگر آن بود که در شرایط تنش کاربرد ۶ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک کارآمدتر است، اما با تیمار کاربرد ۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک اختلاف معنی‌داری نداشت. کاربرد ۶ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک در شرایط آبیاری کامل باعث افزایش کارتنوئید به میزان ۲۹ درصد نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد اسید هیومیک) گردید (جدول ۳). کاهش میزان کلروفیل در اثر تنش خشکی به علت افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن می‌باشد که این رادیکال‌های آزاد سبب پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه رنگیزها می‌شوند (Sanjari *et al.*, 2015). از طرفی تأثیر مثبت اسید هیومیک بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش مقدار رنگیزه‌های کلروفیل تایید شده است. اسید هیومیک با قرار دادن آب و مواد غذایی بیشتر و مناسب‌تر در اختیار گیاه می‌تواند ساخت کلروفیل‌های a، b و کارتنوئید را افزایش دهد و انتقال مواد فتوسنتزی را راحت‌تر کند هم‌چنین باعث کاهش اثرات تنش خشکی گردد (Delfine *et al.*, 2005). پژوهش‌گران گزارش دادند، تنش خشکی موجب کاهش میزان کلروفیل a، b و کارتنوئید گردید از طرفی کاربرد اسید هیومیک، میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید را افزایش داد (Dalvand *et al.*, 2018).

پرولین

مطابق با نتایج واریانس داده‌ها (جدول ۲) اثرهای اصلی تنش و اسید هیومیک و برهم‌کنش آن‌ها در سطح احتمال ۱٪ بر میزان پرولین معنی‌دار گردید. نتایج برهم‌کنش عوامل مورد بررسی نشان داد در شرایط تنش در مرحله پر شدن دانه کاربرد ۶ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک کارآمدتر بود، به‌طوری‌که بیشترین میزان پرولین (۴/۳۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در این تیمار مشاهده گردید و نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف اسید هیومیک) ۴۸/۸۵ درصد افزایش را نشان داد (جدول ۳). تجمع پرولین یک مکانیسم سازگاری به تنش های غیر زیستی از جمله تنش خشکی می‌باشد به‌طوری‌که در شرایط تنش خشکی باعث کاهش از دست دهی آب گیاه می‌شود (Maiti *et al.*, 2000)، هم‌چنین تجمع پرولین به گیاه کمک می‌کند که در دوره کوتاهی بعد از اعمال تنش خشکی زنده بماند و پس از رفع تنش، رشد خود را بازیابی نماید از طرفی پرولین انباشت شده می‌تواند میزان آسیب وارده به گیاه در شرایط تنش را کاهش دهد (Movahhedy *et al.*, 2004).

یکی از روش‌هایی که می‌توان از طریق آن دوره‌های آبیاری را کاهش داد و باعث بهبود بهره‌وری مصرف آب و کاهش اثر تنش خشکی در گیاهان شد استفاده از ترکیب‌های ارگانیک مانند اسیدهیومیک است. کاربرد اسیدهیومیک می‌تواند باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها، بهبود فعالیت فتوسیستم II و کاهش پراکسیداسیون لیپیدی گردد (Lotfi *et al.*, 2015).

درصد پروتئین

مطابق با نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، تأثیر برهم‌کنش تنش و اسید هیومیک بر درصد پروتئین معنی‌دار گردید ($P<0.05$). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد،

تنش در مرحله گل‌دهی با کاربرد ۶ کیلوگرم در هکتار بالاترین میزان پروتئین را به خود اختصاص داد و باعث افزایش ۲۶/۴۵ درصدی نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد اسید هیومیک) گردید (جدول ۳).

بالاتر بودن درصد پروتئین در شرایط کم آبیاری نسبت به شرایط آبیاری می‌تواند مرتبط با کاهش طول دوره رشد و نمو در تیمارهای تنش دیده باشد که موجب کاهش نسبت کربوهیدرات به پروتئین و در نتیجه افزایش درصد پروتئین در این تیمارها می‌شود (Jalilian *et al.*, 2005). نیتروژن، فسفر وگوگرد جزء عناصر پر مصرف برای رشد گیاه هستند و از مهم‌ترین نقش این عناصر شرکت در ساختمان پروتئین و در نتیجه ساختمان گیاه می‌باشد. اسید هیومیک و ترکیبات آن هم ازطریق افزایش قابلیت ریشه‌ها در جذب این عناصر و هم از طریق مداخله در فعالیت‌های آنزیمی مرتبط با فراهمی آن‌ها برای گیاه، سبب افزایش توان سنتز پروتئین در گیاه و انتقال آن به دانه‌ها می‌گردند (Saruhan *et al.*, 2011). در پژوهش انجام شده بر روی گندم محققین عنوان نمودند کاربرد اسید هیومیک (به نسبت ۱ کیلوگرم به ۳۰۰ کیلوگرم بذر) باعث افزایش پروتئین دانه نسبت به تیمار شاهد گردید (Mohebbi *et al.*, 2022). در آزمایشی، اثر محلول‌پاشی اسید هیومیک و نیتروژن بر گندم دوروم مورد بررسی قرار گرفته است، نتایج نشان داده است که کاربرد اسید هیومیک و نیتروژن سبب افزایش معنی‌دار محتوی پروتئین دانه شده است (Delfine *et al.*, 2005).

طول غلاف

نتایج نشان داد تنش به‌طور معنی‌داری طول غلاف را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۴). بر اساس نتایج مقایسه میانگین بیشترین و کمترین طول غلاف با مقادیر ۱۰/۵ و ۸/۲ سانتی‌متر به‌ترتیب از تیمار عدم تنش (شاهد) و تنش در مرحله گل‌دهی ماش به‌دست آمد (جدول ۴). با توجه به ریزش گل‌ها طی وقوع تنش خشکی و کاهش تعداد غلاف با افزایش شدت تنش خشکی، شاخص‌های فیزیولوژیکی کاهش یافته و در نتیجه تقسیط مواد فتوسنتزی بین غلاف‌های کمتری صورت می‌گیرد. این مسئله روند نزولی کاهش طول غلاف را به دنبال دارد (Beheshti *et al.*, 2017). کاهش معنی‌دار ۹/۵ درصدی (Habibi and Bihamta, 2007) و ۱۶/۲ درصدی (Ebrahimi *et al.*, 2010) طول غلاف لوبیا در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط بدون تنش نیز گزارش شده است. بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴)، تأثیر اسید هیومیک بر طول غلاف در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. کاربرد اسید هیومیک، باعث افزایش معنی‌دار طول غلاف در بوته نسبت به شاهد (عدم مصرف اسید هیومیک) گردید. در بین سطوح مصرف اسید هیومیک، بیشترین طول غلاف در بوته مربوط به کاربرد ۴ کیلوگرم در هکتار بود، که افزایش ۱۸ درصدی طول غلاف در بوته نسبت به شاهد را نشان داد (جدول ۵). در همین راستا، پژوهش‌گران با محلول‌پاشی اسید هیومیک در گیاه ماش، افزایش معنی‌دار ($P\leq0.05$) طول غلاف را گزارش کردند. هم‌چنین آن‌ها به عدم معنی‌داری اثرات متقابل تنش خشکی× اسید هیومیک پی بردند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (Bandani *et al.*, 2014). در تحقیقی که بر روی لوبیای لیما انجام شد پژوهشگران گزارش دادند تنش خشکی به‌طور معنی¬داری باعث کاهش طول غلاف گردید از طرفی کاربرد اسید هیومیک با تأثیر مثبت بر طول غلاف باعث افزایش طول غلاف شد (Beheshti *et al.*, 2017).

تعداد دانه در غلاف

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول۴)، تنش خشکی و کاربرد اسید هیومیک تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در غلاف داشت ($P<0.01$). اما درمورد برهم‌کنش عامل‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌دار آماری از نظر صفت مذکور مشاهده نشد. با توجه به نتایج مقایسه میانگین برای زمان‌های مختلف تنش، بیشترین تعداد دانه در غلاف، به تیمار شاهد (عدم تنش) تعلق داشت و پس از آن به‌ترتیب تنش در مرحله پر شدن دانه و تنش مرحله گل‌دهی قرار داشتند (جدول ۵). سایر پژوهش‌گران گزارش دادند در گیاه ماش برای تشکیل تعداد مناسب دانه در هر غلاف شروع گل‌دهی نسبت به شروع تشکیل غلاف و پر شدن دانه حساس‌ترین مرحله رشدی به تنش کمبود آب می‌باشد (Pirzad *et al.*, 2015).

در خصوص سطوح مختلف اسید هیومیک، نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین تعداد دانه در غلاف، از تیمار کاربرد ۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به دست آمد و کمترین آن

جدول ۴- تجزیه واریانس تنش خشکی و اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش

Table 4- Variance analysis of drought stress and humic acid on mung bean yield and yield components

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	MS					
		طول غلاف Pod length	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield
تکرار Replication	2	3.6^{ns}	0.02^{ns}	16.69^{ns}	1.4^{ns}	92621.2^{ns}	54937.8*
تنش Stress	2	19.3*	37.0**	551.4**	342.2**	704167.3*	123577.3**
خطا Error	4	1.1	0.3	6.5	8.0	87994.3	4918.6
اسید هیومیک Humic acid	3	7.0**	4.5**	508.5**	622.0**	468566.5**	17034.0**
تنش×اسیدهیومیک Stress× Humic acid	6	0.4^{ns}	1.3^{ns}	11.7*	17.6*	97674.6*	2146.1*
خطا Error	18	0.4	0.7	3.9	6.0	25861.8	777.0
ضریب تغییرات C.V (%)		6.9	9.0	5.1	7.3	9.4	3.6

ns، * و **: به ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: no significant and significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

جدول ۵- اثر ساده تنش خشکی و سطوح مختلف اسید هیومیک بر خصوصیات مورد مطالعه ماش

Table 5- The simple effect of drought stress and different levels of humic acid on the studied characteristics of mung bean

تیمارها Treatments	تعداد شاخه فرعی Number of lateral branch	تعداد برگ Leaf number	شاخص سطح برگ Leaf area index	کلروفیل b Chlorophyll b (mg g^{-1} FW)	طول غلاف Pod length (cm)	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod
مرحله تنش Stress stage						
عدم تنش No stress	11.6^{a}	15.5^{a}	4.3^{a}	0.6^{a}	10.5^{a}	11.2^{a}
تنش در مرحله گلدهی Stress at flowering stage	7.3^{c}	10.6^{c}	2.4^{c}	0.3^{c}	8.2b	7.8^{c}
تنش در مرحله پر شدن دانه Stress at seed filling stage	9.3^{b}	12.8^{b}	3.3^{b}	0.4^{b}	10.3a	8.8^{b}
سطوح اسید هیومیک Humic acid (kg/ha)						
0	8.2^{c}	11.5^{c}	2.3^{c}	0.3^{d}	8.4^{c}	8.7^{b}
2	9.3^{b}	13.1^{b}	3.5^{b}	0.4^{c}	9.6^{b}	9.2^{b}
4	11^{a}	13.8^{a}	4.3^{a}	0.5^{a}	10.4^{a}	10.3^{a}
6	9.2^{b}	13.4^{b}	3.3^{b}	0.5^{b}	10.2^{ab}	8.8^{b}

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means with similar letters are not significantly different at the 5 % probability level based on LSD test.

نیز از عدم کاربرد اسید هیومیک حاصل گردید (جدول ۴). مصرف ۶ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک باعث افزایش تعداد دانه در غلاف به‌میزان ۱۵/۱ درصد نسبت به تیمار شاهد گردید. به‌نظر می‌رسد افزایش تعداد دانه در غلاف با مصرف اسید هیومیک به‌دلیل جلوگیری از ریزش یا عقیم شدن غلاف‌ها باشد. پژوهش‌گران عنوان نمودند، دلیل افزایش تعداد دانه در بوته

نخود با مصرف مقدار بالای اسید هیومیک در زمان رویشی+ گل‌دهی به‌دلیل جلوگیری از ریزش یا عقیم شدن غلاف‌ها در شرایط دیم می‌باشد (Shabani and Armin, 2015).

تعداد غلاف در بوته

مطابق با نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴)، اثرهای اصلی تنش و اسید هیومیک در سطح احتمال ۱٪ و برهم‌کنش آن‌ها در سطح احتمال ۵٪ بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار گردید. نتایج برهم‌کنش عوامل مورد بررسی نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته (۴۶/۴) در شرایط عدم تنش و کاربرد ۴ کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک بدست آمد که افزایش ۳۵/۷۷ درصدی نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد اسید هیومیک) داشت. کمترین تعداد غلاف در بوته (۲۰/۸) در تیمار تنش در مرحله گل‌دهی و عدم کاربرد اسید هیومیک مشاهده شد (جدول ۳). در مرحله گل‌دهی تنش باعث ریزش گل‌ها می‌شود که به‌تبع آن به کاهش تعداد غلاف نیز منجر می‌گردد. با توجه به این موضوع که در ابتدای مرحله زایشی رقابت زیادی بین مخازن در حال شکل‌گیری (گل‌ها و غلاف‌های در حال رشد) برای آسیمیلات در دسترس وجود دارد، به‌نظر می‌رسد که کمبود آب در مرحله گل‌دهی منجر به بروز عواملی مانند: کاهش شدت فتوسنتز، کاهش میزان آبسزیک اسید و کاهش میزان بارگیری مواد پرورده شده و در نهایت موجب ریزش گل‌ها و غلاف‌ها شده است (Moradi *et al.*, 2008). افزایش تعداد غلاف با مصرف اسید هیومیک ممکن است به‌دلیل افزایش جذب عناصر غذایی و در نتیجه کاهش ریزش طبیعی گل‌ها و غلاف‌ها باشد. با محلول‌پاشی اسید هیومیک و افزایش جذب عناصر غذایی، رشد گیاه بیشتر شده و گیاه دارای کانوپی بزرگ‌تری می‌شود که قادر است مخازن زایشی بزرگ‌تری را تغذیه نماید و به‌میزان کافی ماده خشک و غلاف در بوته تولید کند (Jalota *et al.*, 2007).

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که علاوه بر اثر ساده تنش و اسید هیومیک (سطح احتمال ۱٪)، تأثیر برهم‌کنش تنش و اسید هیومیک نیز بر وزن هزار دانه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار گردید (جدول ۴). نتایج برهم‌کنش عوامل مورد بررسی نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه (۴۶/۴ گرم) در تیمار عدم تنش به‌همراه کاربرد ۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک حاصل شد که وزن هزار دانه را نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد اسید هیومیک) ۳۵/۷۷ درصد افزایش داد (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد اسید هیومیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه شده (Delfine *et al.*, 2005) و احتمالاً با بهبود تولید قند، پروتئین و ویتامین در گیاه و تأثیر مثبتی که بر جنبه‌های مختلف فتوسنتز گذاشته، محتوای غذایی (ترکیبات ذخیره‌ای بذر) محصولات کشاورزی را افزایش دهد (Cavani *et al.*, 2003). افزایش ۲۷/۱ درصدی وزن هزار دانه با کاربرد ۱۴/۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک در گیاه ذرت گزارش شده است (Gomaa *et al.*, 2014). در بررسی اثر کاربرد اسید هیومیک بر اجزای عملکرد کلزا، افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه را با کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم هیومیک اسید گزارش کردند (Rahimi *et al.*, 2016). در پژوهشی که بر روی ذرت انجام شد محققین گزارش دادند تنش کم آبی باعث کاهش و کاربرد اسید هیومیک به میزان ۵ لیتر در هکتار باعث افزایش وزن هزار دانه گردید (Moosavi and Ragh ara, 2018)

عملکرد بیولوژیک

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۴)، اثر سطوح مختلف اسید هیومیک (در سطح احتمال ۱٪) و زمان‌های مختلف تنش (در سطح احتمال ۵٪) و برهم‌کنش آن‌ها (در سطح احتمال ۵٪) بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود. نتایج برهم‌کنش عوامل مورد بررسی نشان داد در بین سطوح اسید هیومیک کاربرد ۴ کیلوگرم در هکتار کارآمدتر بود. به‌طوری‌که در کلیه سطوح اسید هیومیک، کاربرد ۴ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد (عدم کاربرد اسید هیومیک) نشان داد. کاربرد ۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک در شرایط بدون قطع آبیاری، تنش در مرحله گل‌دهی و تنش در مرحله پر شدن دانه باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک به ترتیب به میزان ۳۳/۸۶، ۳/۹۲ و ۱۶/۶۲ درصد نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد اسید هیومیک) گردید. کمترین میزان عملکرد بیولوژیک (۱۲۲۲/۴ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار تنش در زمان گل‌دهی با عدم مصرف اسید هیومیک بود (جدول ۳). دلیل کاهش عملکرد بیولوژیک در شرایط کم آبیاری را می‌توان به رشد رویشی کمتر و به دنبال آن سطح محدودتر و

تولید ماده خشک کمتر در گیاه در این شرایط نسبت داد (Moosavi, 2017). افزایش عملکرد بیولوژیک با مصرف اسید هیومیک را می‌توان به تحریک رشد گیاه از طریق سوخت و ساز عناصر کم‌مصرف و پر مصرف، فعال‌سازی آنزیم‌ها و تغییر در نفوذپذیری غشاء و سنتز پروتئین‌ها نسبت داد که مجموع این عوامل سبب افزایش بیوماس گیاه می‌گردد (Ulukan, 2008). محققین مشاهده کردند که تنش آبی جذب نیتروژن و بیوماس را در ارقام نخود تونسی کاهش می‌دهد (Labidi *et al.*, 2009).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) گویای این مطلب است که زمان‌های مختلف تنش و اسید هیومیک در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد بر عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری داشت. نتایج مقایسه میانگین نشان داد تیمار عدم تنش با مصرف ۴ کیلوگرم در هکتار بیشترین مقدار (۹۶۰/۶ کیلوگرم در هکتار) و تیمار تنش در مرحله گل‌دهی با عدم مصرف اسید هیومیک کمترین مقدار (۵۹۶/۹ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه را به‌خود اختصاص دادند (جدول ۳). کاربرد ۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک در شرایط عدم تنش، تنش در مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه باعث افزایش عملکرد دانه به‌ترتیب به‌میزان ۱۴، ۲۱ و ۹ درصد نسبت به شاهد (عدم مصرف اسید هیومیک) گردید. در گیاه نخود (Haghparast *et al.*, 2012) و لوبیای لیما (Beheshti *et al.*, 2017) نیز نتایج مشابهی مبنی بر افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی با کاربرد اسید هیومیک مشاهده شد. محققین بیان نمودند عملکرد دانه با صفت تعداد غلاف در بوته همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری دارد. به نظر می‌رسد که هر چه شرایط محیطی و تغذیه‌ای مناسب باشد رشد جانبی گیاه بیشتر شده و احتمال افزایش تعداد غلاف در بوته و وزن خشک غلاف بیشتر است و در نهایت باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود (Farbod and Mambini, 2015).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج پژوهش حاضر نشان داد اعمال تنش خشکی در مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه باعث کاهش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد در گیاه ماش گردید. در بین سطوح تنش خشکی، تنش خشکی در مرحله گل‌دهی خسارت بیشتری را نسبت به مرحله پر شدن دانه بر گیاه وارد کرد. کاربرد اسید هیومیک در شرایط تنش باعث افزایش میزان پرولین و پروتئین ماش نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد اسید هیومیک) گردید. هم‌چنین کاربرد کلیه سطوح اسید هیومیک در مقایسه با شاهد (عدم مصرف اسید هیومیک) باعث افزایش کلروفیل a، b و کارتنوئید گردید به‌طوری‌که بالاترین میزان صفات مذکور در شرایط آبیاری کامل و کاربرد اسید هیومیک به میزان ۴ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. کاربرد اسید هیومیک تأثیر مثبتی بر صفات مورد بررسی داشت و در بین سطوح مصرفی، کاربرد ۴ کیلوگرم در هکتار مؤثرتر واقع گردید. در مجموع می‌توان اظهار داشت با کاربرد اسید هیومیک تا حدی زیادی می‌توان اثرات منفی ناشی از تنش خشکی را تقلیل داد که در نهایت، این امر می‌تواند بهبود رشد و افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه را به‌همراه داشته باشد. با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان بیان کرد در شرایط مشابه محل پژوهش، کاربرد ۴ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک مناسب‌ترین تیمار برای مقابله با تنش خشکی و افزایش عملکرد در ماش می‌باشد.

References

Abedi, T. and Pakniat, H., 2010. Changes in antioxidant enzymes in response to the drought in ten varieties of Canola. *Journal of Genetics and Plant Breeding*, *46*(1), pp.27–34. [In Persian]. https://doi.org/10.17221/67/2009-cjgpb

Aghdasi, S., Modares Sanavy, S.A.M., Aghaalikhani, M. and Keshavarz, H., 2018. Effect of foli ar application of iron and manganese on yield and yield components of mungbean under water deficit stress. *Water and Soil Science*, *28*, pp.13–25. [In Persian].

Alishah, H.M., Heidari, R., Hassani, A. and Dizaji, A., 2006. Effect of water stress on some morphological and biochemical characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum*). *Journal of Biological Sciences, 6*, pp.763–767. https://doi.org/10.3923/jbs.2006.763.767

Babaeian, M., Heidari, M. and Ghanbari, A., 2010. Effect of water stress and foliar micronutrient application on physiological parameters and nutrient uptake in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Iranian Journal of Crop Science, 12*(4), pp.377–391. [In Persian].

Bandani, M., Mobasser, H.R. and Sirusmehr, A., 2014. Effect of organic fertilizer on length of pod, biological yield and number of seeds per pod in mung bean (*Vigna radiata* L.). *International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 8*, pp.763–766.

Beheshti, S., Tadayyon, A. and Fallah, S., 2017. Effect of humic acid on the yield and yield components of Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) under drought stress conditions. *Iranian Journal Pulses Research, 7*, pp.175–187. [In Persian]. https://doi.org/10.22067/ijpr.v7i2.46533

Bigdelinasab, H., Solgi, M. and Taghizadeh, M., 2020. The application of humic acid and nanocomposite superabsorbent on growth characteristic and resistance to drought stress in turfgrass. *Iranian Journal of Horticultural Science, 51*, pp.387–402. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/ijhs.2019.276698.1608

Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry, 72*, pp.248–254. https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3

Bunce, J.A., 1981. Comparative responses of leaf conductance to humidity in single attached leaves. *Journal of Experimental Botany, 32*, pp.629–634. https://doi.org/10.1093/jxb/32.3.629

Candan, N., Cakmak, I. and Ozturk, L., 2018. Zinc-biofortified seeds improved seedling growth under zinc deficiency and drought stress in durum wheat. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 181*, pp.388–395. https://doi.org/10.1002/jpln.201800014

Cavani, A., Nasorri, F., Ottaviani, C., Sebastiani, S., De Pità, O. and Girolomoni, G., 2003. Human CD25+ regulatory T cells maintain immune tolerance to nickel in healthy, nonallergic individuals. *The Journal of Immunology, 171*, pp.5760–5768. https://doi.org/10.4049/jimmunol.171.11.5760

Dalvand, M., Solgi, M. and Khaleghi, A., 2018. Effects of foliar application of humic acid and drought stress on growth and physiological characteristics of marigold (*Tagetes erecta*). *Journal of Soil and Plant Interactions, 9*, pp.67–80. [In Persian]. https://doi.org/10.29252/ejgcst.9.2.67

Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E. and Alvino, A., 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agronomy for Sustainable Development, 25*, pp.183–191. https://doi.org/10.1051/agro:2005017

Ebrahimi, M., Behamta, M., Hoseinzadeh, A., Khialparast, F. and Gholbashi, M., 2010. Evaluation of yield, yield components and some agronomic traits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes under climatic conditions of Karaj. *Journal of Agroecology, 2*, pp.134–150. [In Persian].

Farbod, N. and Mambini, M., 2015. Effect of row spacing and water stress on correlation between yield, yield components and some morphophysiological traits of mung bean (*Vigna radiata* L.). *Journal of Plant Production Sciences, 4*, pp.1–3. [In Persian].

Fazel Tehrani, H., Ilkaei, M. and Mostafavi, K., 2018. Leaf characteristics of Basilicum (*Ocimum basilicum* L.) affected by different levels of humic acid and tea compost. *Journal of Agronomy and Plant Breeding, 13*, pp.65–73. [In Persian].

Firouzabadi, B.S. and Farahani, I., 2013. Effect of planting date on seed yield and its components of mung bean (*Vigna radiata* L.) genotypes in Varamin region in Iran. *Seed and Plant Production Journal, 29*(3), pp.387–401.

Ganjeali, A., Parsa, M. and Sabaghpour, S., 2008. *Farming and agrosystems of pulses in Pulses*. Jihade-Daneshgahi Mashhad Press. [In Persian].

Gomaa, M.A., Radwan, F.I., Khalil, G.A.M., Kandil, E.E. and El-Saber, M.M., 2014. Impact of humic acid application on productivity of some maize hybrids under water stress conditions. *Middle East Journal of Applied Sciences, 4*, pp.668–673.

Habibi, G. and Bihamta, M.R., 2007. Study of seed yield and some traits associated with pinto bean under reduced irrigation. *Journal of Research and Conservation in Agriculture and Horticulture, 74*, pp.34–46. [In Persian].

Haghparast, M., Maleki Farahani, S., Sinki, J.M. and Zarei, G.H., 2012. Reduction of negative effects of drought stress on chickpea using humic acid and seaweed extract. *Crop Production in Environmental Stress, 4*(1), pp.59–71. [In Persian].

Heidari, M., Paydar, A., Baradarn Firozabad, M. and Abedinin Esfalati, M., 2019. The effect of drought stress and application of humic on quantitative yield, photosynthetic pigments, and mineral nutrients content in sunflower seeds. *Iranian Journal of Field Crop Science, 50*(4), pp.51–62. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/ijfcs.2018.253008.654448

Hosseinian, S.H., Ebrahimipak, N., Yusefi, A. and Egdarnzhad, 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*, pp.219–232. [In Persian]. https://doi.org/10.22069/jwsc.2019.15481.3071

Jalilian, J., Modarres, S.A.M. and Sabaghpour, S.H., 2005. The effect of density and supplemental irrigation on yield, yield components and protein content of four chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under dry land condition. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resource, 12*, pp.1–9. [In Persian].

Jalota, S., Sood, A., Vitale, J. and Srinivasan, R., 2007. Simulated crop yields response to irrigation water and economic analysis. *Agronomy Journal, 99*, pp.1073–1084. https://doi.org/10.2134/agronj2006.0054

Karimi, E. and Tadayyon, A., 2018. Effect of humic acid spraying on yield and some morphological characteristics of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under drought stress conditions. *Field Crops Research, 31*(1), pp.19–38. [In Persian].

Labidi, N., Mahmoudi, H., Dorsaf, M., Slama, I. and Abdelly, C., 2009. Assessment of intervarietal differences in drought tolerance in chickpea using both nodule and plant traits as indicators. *Journal of Plant Breeding and Crop Science, 1*, pp.80–86. https://doi.org/10.5897/jpbcs2023.1021

Lichtenthaler, H.K., 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology, 148*, pp.350–382. https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1

Lotfi, R., Gharavi-Kouchebagh, P. and Khoshvaghti, H., 2015. Biochemical and physiological responses of *Brassica napus* plants to humic acid under water stress. *Russian Journal of Plant Physiology, 62*, pp.480–486. https://doi.org/10.1134/s1021443715040123

Mahmoodi Zoeek, R., Nasri, M. and Oveysi, M., 2015. Effects of humic acid spraying on yield and nutrient transition to wheat grain in drought stress condition. *Agronomic Research in Semi Desert Regions, 12*(2), pp.119–131.

Maiti, R., Moreno-Limon, S. and Wesche-Ebeling, P., 2000. Responses of some crops to various abiotic stress factors and its physiological and biochemical basis of resistances: a review. *Agricultural Reviews, 21*, pp.155–167.

Mohammadi Alborzi, M., Safikhani, F., Masoud Sinaki, J. and Abbaszadeh, B., 2012. The effect of drought on morphological characteristics of anisum (*Pimpinella anisum* L.). *Journal of Plant Ecophysiology, 4*, pp.14–25. [In Persian].

Mohebbi, M., Ghobadi, M.E. and Chaghazardi, H.R., 2022. The effect of seed treatment with salicylic acid, humic acid and zinc on the yield of durum wheat under rainfed conditions. *Cereal Biotechnology and Biochemistry, 1*, pp.318–334. [In Persian]. https://doi.org/10.22126/cbb.2022.8349.1020

Moosavi, G.R., 2017. Effect of irradiation interval, humic acid and sulfur fertilizer on morphological and yield traits of fenugreek (*Trigonella foenum-gracum* L.). *Journal of Plant Ecophysiology, 9*, pp.40–51. [In Persian].

Moosavi, S. and Ragh ara, H., 2018. Effect of water deficit stress and application of humic and salicylic acid on physiological traits, yield and yield components of corn. *Plant Environmental Physiology, 13*, pp.88–101. [In Persian].

Moradi, A., Ahmadi, A.S. and Hosseinzadeh, A., 2008. Physiological agronomic reactions of mung bean (variety) to severe and mild drought stress in vegetative and reproductive stages. *Journal of Agricultural Science and Technology, 12*, pp.659–671. [In Persian].

Movahhedy, D.M., Modares, S.S., Soroushzadeh, A. and Jalali, M., 2004. Changes in proline, total soluble sugars, SPAD and chlorophyll fluorescence in winter safflower cultivars under drought stress and foliar application of zinc and manganese. *Desert, 9*, pp.93–110.

Nanda, S., Sarangi, P.K. and Vo, D.V.N., 2019. *Fuel Processing and Energy Utilization*. CRC Press. https://doi.org/10.1201/9780429489594

Nasiri Dehsorkhi, A., Makarian, H., Varnaseri Ghandali, V. and Salari, N., 2018. Investigate effect of humic acid and vermicompost application on yield and yield components of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Applied Field Crops Research, 31*(1), pp.93–113. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/aj.2018.121407.1277

Nezami, S., Nemati, S.H., Aruee, H. and Bagheri, A., 2016. Study on effect of water deficit stress on growth of three *Mentha* species. *Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences, 9*, pp.59–74. [In Persian]. https://doi.org/10.22077/escs.2016.300

Pandey, R. and Agarwal, R., 1998. Water stress-induced changes in proline contents and nitrate reductase activity in rice under light and dark conditions. *Physiology and Molecular Biology of Plants, 4*, pp.53–57.

Petropoulos, S.A., Daferera, D., Polissiou, M. and Passam, H.C., 2008. The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. *Scientia Horticulturae, 115*(4), pp.393–397. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.10.008

Pirzad, A.R., Jalilian, J. and Akbari Bavandi, V., 2015. Improving grain yield of mung bean (*Vigna radiata* L.) using zeolite under water deficit conditions. *Research in Field Crops, 3*, pp.1–13. [In Persian].

Rahimi, Z., Mozaffari, H. and Hassanpour Darvishi, H., 2016. Investigation the effect of humic acid in irrigation water on yield and yield components of rapeseed. *Journal of Agronomy and Plant Breeding, 12*, pp.95–106. [In Persian].

Sanjari, M., Siroosmehr, A. and Fakheri, B., 2015. The effects of drought stress and humic acid on some physiological characteristics of roselle. *Journal of Crops Improvement, 17*, pp.403–441. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/jci.2015.55189

Saruhan, V., Kuvuran, A. and Babat, S., 2011. The effect of different humic acid fertilization on yield and yield components performances of common millet (*Panicum miliaceum* L.). *Scientific Research and Essays, 6*, pp.663–669. https://doi.org/10.5897/sre10.1153

Shabani, R. and Armin, M., 2015. Effects of time and integrated applications of biological and chemical fertilizers on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in dry land condition. *Journal of Applied Vegetation Ecophysiology, 1*, pp.31–43. [In Persian].

Shah, B., Sulaimana, S., Jamal, P. and Alam, M.Z., 2014. Production of heterogeneous catalysts for biodiesel synthesis. *International Journal of Chemical and Environmental Engineering, 5*(2), pp.73–75.

Tas, S. and Tas, B., 2007. Some physiological responses of drought stress in wheat genotypes with different ploidity in Turkiye. *World Journal of Agricultural Sciences, 3*(2), pp.178–183.

Tesfaye, K., Walker, S. and Tsubo, M., 2006. Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in a semi-arid environment. *European Journal of Agronomy, 25*, pp.60–70. https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.04.014

Tourfi, F. and Shokuhfar, A., 2019. Effect of humic acid on yield, yield components and physiological parameters of wheat in deficit irrigation conditions. *Journal of Plant Production Sciences, 9*, pp.121–132.

Ulukan, H., 2008. Agronomic adaptation of some field crops: a general approach. *Journal of Agronomy and Crop Science, 194*(3), pp.169–179. https://doi.org/10.1111/j.1439-037x.2008.00306.x