نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۷ شمارهٔ۲، صفحهٔ ۱۸۷-۱۷۵، نیمهٔ دوم ۱۳۹۵

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 2, 2016, p. 175-187
DOI: 10.22067/ijpr.v7i2.46533

اثر سطوح اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا لیما (*Phaseolus lunatus* L.) در شرایط تنش خشکی

صدیقه بهشتی[۱]، علی تدین[۲*] و سیف‌الله فلاح[۲]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد

۲- اعضای هیئت علمی (به ترتیب دانشیار و استاد) گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شهرکرد، شهرکرد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۰۶

چکیده

به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا لیما آزمایشی به‌صورت کرت‌های خُردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه‌تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ اجرا شد. فاکتور اصلی شامل چهارسطح مختلف تنش خشکی (۵۰، ۷۰، ۹۰ و ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک‌تبخیر کلاس A) و فاکتور فرعی شامل محلول‌پاشی چهارسطح اسید هیومیک (صفر، ۱، ۳ و ۶ لیتر در هکتار) بود. در این آزمایش صفات تعداد غلاف در بوته، طول، عرض و وزن غلاف، تعداد دانه در غلاف، وزن صددانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت موردبررسی قرار گرفتند. نتایج نشان‌داد تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار همهٔ صفات موردبررسی به‌جُز عرض غلاف گردید. اسید هیومیک نیز باعث افزایش معنی‌دار تعداد غلاف، طول غلاف، وزن صددانه، عملکرد و شاخص برداشت گردید؛ درحالی‌که بر عرض و وزن غلاف و تعداد دانه در غلاف تأثیر معنی‌داری نداشت. اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید هیومیک بر تعداد غلاف، وزن صددانه، عملکرد و شاخص برداشت معنی‌دار بود، ولی در سایر صفات تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرد. استفاده از اسید هیومیک در شرایط تنش خشکی (۷۰میلی‌متر تبخیر) در نهایت باعث افزایش عملکرد (۴۶درصد) و شاخص برداشت (۱۸درصد) گردید. این افزایش برآیند افزایش تعداد غلاف (متعاقباً افزایش تعداد دانه در بوته) و وزن دانه‌هاست که از مهم‌ترین صفات موردتوجه در گیاهان دانه‌ای محسوب می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: شاخص برداشت، کم‌آبیاری، محلول‌پاشی، مواد آلی

مقدمه

لوبیا عروس یا لیما با نام رایج انگلیسی Lima bean و نام علمی *Phaseolus lunatus* L. پس از لوبیای معمولی (*Phaseolus vulgaris* L.) بیشترین اهمیت را در بین گونه‌های جنس *فازئولوس* از نظر کشت‌وکار دارد (Bagheri *et al.*, 2001). لوبیا لیما یک‌گونه گرمسیری و متعلق به سرزمین‌های پست بوده و به فصل رشد گرم نیاز دارد. گاهی گیاه‌شناسان لوبیای لیما را به دو گونه جدا از هم به‌دلیل اختلاف در اندازه، رنگ و شکل رشد (بوته‌ای یا بالارونده) تقسیم می‌کنند. اما در کل لوبیای لیما به‌عنوان یک‌گونه *Phaseolous lunatus* در نظر گرفته می‌شود. این نوع معمولاً به‌منظور تولید دانه خشک کشت می‌شود (Fallah, 2009). یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد لوبیا تنش خشکی می‌باشد، به‌طوری‌که بر بیش از ۶۰درصد تولید لوبیا در سراسر جهان تاثیر می‌گذارد (Beebe *et al.*, 2011). تنش خشکی زمانی حادث می‌شود که میزان آب دریافتی گیاه کمتر از تلفات آن باشد. این‌امر ممکن است به‌علت اتلاف بیش از حد آب یا کاهش جذب و یا وجود هر دو مورد باشد (Alizadeh & Koocheki, 1996).خشکی شایع‌ترین تنش غیرزیستی در شرایط فعلی کشور ما نیز محسوب می‌گردد. اولین و بارزترین تأثیر تنش خشکی کاهش تولید اقتصادی گیاه است، اگرچه علت این کاهش تحت تأثیر قرارگرفتن فرایندهای فیزیولوژیک در گیاه می‌باشد (Veisipoor *et al.*, 2013). به‌طور کلی خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی مناطق خشک و نیمه‌خشک است که سبب کاهش رشد گیاهان زراعی می‌شود و دستیابی به عملکرد مطلوب محصولات کشاورزی را مشکل می‌سازد (Larcher, 2001). در این راستا، یافتن راهکارهایی که بتواند امکان بهره‌برداری یا راندمان بالا از منابع آب را در این مناطق فراهم نماید، می‌تواند باعث ایجاد تحول قابل‌ملاحظه‌ای در تولید محصولات کشاورزی در این مناطق گردد.

*نویسنده مسئول: شهرکرد، کیلومتر۲ جاده سامان، دانشگاه شهرکرد، دانشکدهٔ کشاورزی، گروه زراعت، tadayyon.sku@gmail.com، تلفن همراه: ۰۹۱۳۱۱۰۹۰۹۸

استفاده از کودهای طبیعی و از جمله اسید هیومیک بدون اثرات مخرب زیست‌محیطی جهت بالابُردن عملکرد و میزان زیست‌توده ریشه گیاهان به‌خصوص در شرایط متغیر محیطی می‌تواند مؤثر باشد، لذا از اسید هیومیک به‌عنوان کود آلی دوستدار طبیعت نام بُرده می‌شود (Hasanzadeh Daluie, 1994). اسید هیومیک با مولکول‌های آب پیوند تشکیل می‌دهند که تا حدود زیادی مانع از تبخیر آب می‌گردد. از طرف دیگر مولکول‌های اسیدفولویک (بخش ریز مولکول اسیدهیومیک) می‌توانند به درون بافت‌های گیاهی نفوذ کرده و با پیوندبرقرارکردن با مولکول‌های آب، تعریق و تعرق گیاه را کاهش داده به‌حفظ آب در درون گیاه کمک کنند (Delfine *et al*., 2005). علاوه‌براین اسیدهیومیک با بهبود تولید قند، پروتئین و ویتامین در گیاه و نیز تأثیر مثبتی که بر جنبه‌های مختلف فتوسنتز دارد نیز محتوای غذایی محصولات کشاورزی را افزایش می‌دهد. (Cavani *et al*., 2003) محلول‌پاشی اسید هیومیک در شرایط تنش خشکی در لوبیا توانست تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن دانه در بوته را به‌طور معنی‌داری افزایش دهد (Jahan *et al*., 2010). افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته، دانه در بوته، عملکرد دانه و شاخص برداشت نخود نیز در آزمایشی مشابه گزارش شد (Hagh-Parast *et al*., 2012). عملکرد گلرنگ نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد اسید هیومیک در شرایط تنش خشکی قرار گرفت و افزایش یافت (Mohsen-nia & Jalilian, 2011).

با توجه به گزارش‌های متعدد مبنی برتأثیرات مفید اسید هیومیک روی خصوصیات کمی و کیفی گیاهان زراعی و همچنین اهمیت تولید حبوبات مخصوصاً تولید لوبیا و ناکافی‌بودن مطالعات انجام‌شده در منطقه، اجرای این پروژه می‌تواند حائز اهمیت باشد. لذا هدف از اجرای این مطالعه بررسی اثرات سطوح اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا لیما به‌عنوان یک لوبیای جدید تحت شرایط تنش خشکی در اقلیم شهرکرد مطرح بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیای عروس تحت شرایط تنش خشکی آزمایشی به‌صورت کرت‌های خُردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد با عرض‌جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و طول‌جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی با ارتفاع ۲۱۱۶ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ اجرا شد. فاکتور اصلی شامل تنش خشکی با چهارسطح (۵۰، ۷۰، ۹۰ و ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک‌تبخیر کلاس A) و فاکتور فرعی شامل محلول‌پاشی اسید هیومیک در چهارسطح (صفر، ۱، ۳ و ۶ لیتر در هکتار) انجام شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از عمق ۳۰ سانتی‌متری تهیه شد (جدول ۱).

همچنین میانگین حداقل و حداکثر دما و مجموع بارندگی طی دوره رشد لوبیا لیما در جدول۲ نشان‌داده شده است.

به‌منظور آماده‌نمودن زمین در بهار، با گاوآهن برگردان‌دار شخم نیمه‌عمیق زده و سپس با زدن دو دیسک عمود برهم زمین تسطیح شد و به‌وسیله فارور پشته‌هایی به‌طول چهارمتر، عرض ۸۰ سانتی‌متر ایجاد گردید. برای کشت از بذور لوبیا لیما که از شرکت نگین بذر پارس شهر خُمین (استان مرکزی) تهیه گردیده بود، استفاده شد. کشت به‌صورت هیرم‌کاری انجام شد. بدین‌ترتیب که بذور ضدعفونی شده، دو سانتی‌متر بالاتر از محل داغ‌آب و دو طرف پشته‌ها به‌فاصله روی ردیف ۲۰ و عمق ۵سانتی‌متر (Falah, 2009) در واحدهای آزمایش به ابعاد ۴×۳متر کشت شدند. در طول دوره رشد گیاه، آبیاری (نیاز آبیاری گیاه با استفاده از نرم‌افزار Netwat تخمین زده شد که این میزان برای لوبیا ۵۶۰۰ مترمکعب در هکتار بود) و کنترل علف‌های‌هرز به‌صورت دستی و به موازات اعمال تیمارها انجام شد. کوددهی نیز بر اساس آزمون خاک، توصیه کودی و نیاز گیاه (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره به‌صورت سرک) انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Soil physical and chemical properties of experimental location

عمق Depth (cm)	اسیدیته گل اشباع pH	هدایت الکتریکی EC ($dS\ m^{-1}$)	کربن آلی Organic carbon (%)	نیتروژن کل Total nitrogen (%)	فسفر قابل جذب Available phosphorus ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب Available potassium ($mg\ kg^{-1}$)	بافت Texture
0-30	7.64	0.549	0.819	0.093	31.4	569	رسی لومی Clay loam

جدول ۲- میانگین ماهیانه حداقل و حداکثر دما و مجموع بارندگی طی دوره رشد لوبیا لیما

Table 2. The mean monthly minimum and maximum temperature and total rainfall during the growing season lima beans

ماه Month		حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد) Tmax (C)	حداقل دما (درجه سانتی‌گراد) Tmin (C)	مجموع بارندگی (میلی‌متر) Total rainfall (mm)
اردیبهشت	May	27.2	-0.7	7
خُرداد	June	29.13	7.82	0
تیر	July	35.8	8.6	0
مرداد	August	37	9	0
شهریور	September	32.2	4	0

بعد از دستیابی به تراکم مطلوب و استقرار کامل گیاه، زمانی‌که گیاه دارای دو تا سه گره روی ساقه اصلی خود بود، سطوح تیمار تنش با توجه به تبخیر تجمعی از تشتک‌تبخیر کلاس A اعمال گردید و این روند تا زمان برداشت ادامه داشت. مقادیر تبخیر از ایستگاه سینوپتیک فرودگاه شهرکرد (نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به مزرعه تحقیقاتی) به‌صورت روزانه دریافت گردید. منبع اسید هیومیک مورد استفاده دارای فاز مایع با نام تجاری HUMI-FERT ULTRA شامل ۱۲درصد اسید هیومیک، سه‌درصد اسید فولیک و سه‌درصد اکسید پتاسیم (K_2O) بود. غلظت‌های موردنظر (۱، ۳ و۶ لیتر در هکتار) قبل از آغاز گلدهی در دو نوبت به‌فاصله دو هفته اعمال گردید. عملیات محلول‌پاشی پس از غروب خورشید (برای جلوگیری از تبخیر سریع محلول) و یک تا دو روز قبل از آبیاری (جهت به حداکثر رسیدن جذب محلول توسط گیاه) صورت گرفت. برداشت نهایی هنگامی که ۸۰ تا ۹۰درصد غلاف‌ها رسیدند و با حذف حاشیه‌ها انجام شد. بدین‌منظور از هر کرت ۱۰ بوته از سه‌خط میانی به‌طور تصادفی انتخاب و کف‌بُر شده و برای اندازه‌گیری صفات تعداد غلاف در بوته، طول، عرض و وزن غلاف، تعداد دانه در غلاف، وزن صددانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت به آزمایشگاه انتقال یافتند.

داده‌های حاصل از صفات اندازه‌گیری شده با نرم‌افزارهای آماری SAS version 9 و MSTATC آنالیز و مقایسه میانگین عوامل آزمایشی با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال پنج‌درصد ارزیابی شدند. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

تعداد غلاف در بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، تعداد غلاف در بوته لوبیا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار تنش خشکی و اسید هیومیک در سطح احتمال یک‌درصد و اثر متقابل عوامل آزمایشی در سطح پنج‌درصد قرار گرفت (جدول۳). نظر به معنی‌دارشدن اثر متقابل بین تیمار تنش خشکی و کاربرد اسید هیومیک مقایسه میانگین‌های صفات مستقل ارائه نشد و فقط میانگین‌های اثرات متقابل آورده شده است. لذا تغییرات صفت تعداد غلاف در بوته علاوه بر تنش خشکی به کاربرد اسید هیومیک نیز بستگی دارد. در کلیه سطوح تنش خشکی کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش تعداد غلاف در بوته گردید (جدول۴) به‌طوری که با افزایش شدت تنش خشکی بیشترین تعداد غلاف در بوته (به‌ترتیب ۲۷/۳۰، ۲۰/۴۴ و ۱۹/۰۸) مربوط به کاربرد ۶لیتر در هکتار اسید هیومیک و کمترین آن (به‌ترتیب ۲۴/۲۷، ۲۰/۱۶، ۱۷/۲۲ و ۱۴/۲۲) مربوط به عدم کاربرد اسید هیومیک بود. با افزایش سطوح تنش خشکی، از روند افزایشی تأثیر اسید هیومیک بین سطوح مختلف آن کاسته می‌شود، به‌طوری‌که در تیمارهای آبیاری پس از ۷۰، ۹۰ و ۱۱۰میلی‌متر تبخیر تفاوت معنی‌داری بین کاربرد ۱، ۳ و ۶لیتر در هکتار اسید هیومیک وجود نداشت.

در کل بیشترین افزایش در تعداد غلاف (۳۶ درصد) با کاربرد ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک در تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر به‌دست آمد و بیشترین کاهش این صفت (۴۱ درصد) در آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر بدون کاربرد اسید هیومیک مشاهده شد.

در بررسی اثر متقابل اسید هیومیک و تیمار سطوح مختلف آبیاری مشاهده شد که محلول‌پاشی اسید هیومیک در شرایط تنش خشکی تعداد غلاف در بوته لوبیا (Jahan *et al*., 2010) و نخود (Hagh-Parast *et al*., 2012) را به‌طور معنی‌داری تغییر داد.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی و اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا لیما

Table 3. Analysis of variance the effect of drought stress and humic acid levels on yield and yield components of lima bean

منابع تغییرات (S. O. V.)	درجه آزادی df	غلاف در بوته Pod no. per plant	طول غلاف Pod length	عرض غلاف Pod width	دانه در غلاف Seed no. per pod	وزن غلاف Pod weight	وزن صددانه 100-Seed weight	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	0.62	0.055	0.001	0.01	0.073	0.62	60093	20.59
تنش خشکی Stress	3	234**	0.837**	0.003ns	0.96**	0.269**	520.3**	216798**	695**
خطای اصلی Error (E_a)	6	6.66	0.024	0.002	0.05	0.023	24.45	469535	53
اسید هیومیک Humic acid	3	57.1**	0.899**	0.004ns	0.02ns	0.029ns	429.8**	3913242**	232**
تنش‌خشکی× اسید هیومیک Stress×humic acid	9	3.6*	0.098ns	0.001ns	0.07ns	0.009ns	75.49**	13848**	115.9**
خطای فرعی Error (E_b)	24	1.55	0.046	0.002	0.039	0.023	12.67	144185	27.1
ضریب تغییرات (درصد) c.v (%)		5.7	1.69	2.01	10.22	6.24	4.47	12.84	14.25

ns , * ,**: به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال خطای پنج‌درصد و یک‌درصد.

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

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل تنش خشکی و اسید هیومیک بر تعداد غلاف در بوته، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت

Table 4. Mean comparison of interaction effect of drought stress and humic acid on number of pod per plant, 100 seed weight, seed yield and harvest index

تنش خشکی (میلی‌متر تبخیر) Drought stress (mm evaporation)	اسید هیومیک Acid humic (l ha^{-1})	تعداد غلاف در بوته Number pod per plant	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100- seed weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg ha^{-1})	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
50	شاهد (Control)	24.27 c	76.86 de	3258.17 de	35.71 cdef
	1	27.02 b	83.15 c	4168.66 c	40.88 bc
	3	28.33 ab	90.11 b	5257.37 b	45.16 b
	6	30 a	104.38 a	6774.92 a	63.71 a
70	شاهد (Control)	20.16 efg	73.84 e	2429.95 fghi	34.9 cdef
	1	21.86 de	75.43 de	2573.71 fgh	36.66 bcdef
	3	22.97 cd	79.14 cde	2819.20 ef	38.04 bcde
	6	27.5 b	84.98 bc	3558.80 cd	41.22 bc
90	شاهد (Control)	17.22 h	75.35 de	2013.92 ghi	29.9 efg
	1	20.13 efg	79.76 cde	2506.23 fghi	36.92 bcdef
	3	20.25 efg	79.56 cde	2586.73 fg	38.73 bcd
	6	20.44 ef	77.08 de	2198.78 fghi	30.08 defg
110	شاهد (Control)	14.22 i	63.26 f	1373.45 j	22.26 g
	1	18.33 gh	72.94 e	1891.08 ij	29.86 efg
	3	17.63 h	75.51 de	1939.36 hij	31.5 def
	6	19.08 fgh	80.04 cd	1941.80 ghij	29.27 fg

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

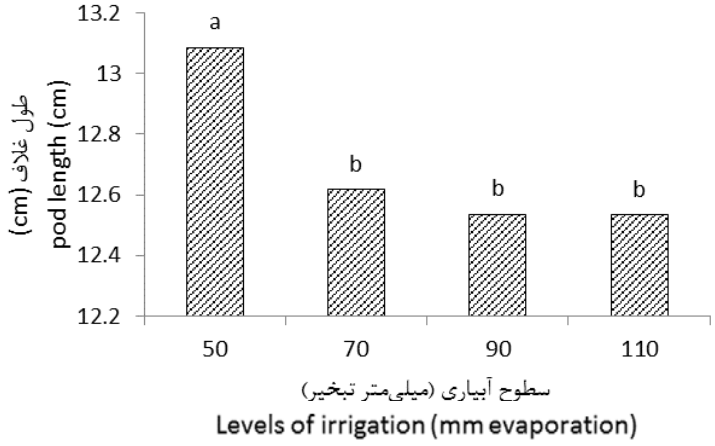
Means by the uncommon letter in each column are significantly ($p< 0.05$) different.

کم‌آبی در مرحله زایشی با خشک‌کردن دانه‌های گرده باعث عدم گرده‌افشانی و در نتیجه سقط گل‌ها و متعاقب آن کاهش تعداد غلاف در بوته می‌گردد. از دیگر عوامل مؤثر بر این صفت می‌توان به کاهش طول دوره گل‌دهی و ریزش غلاف‌های جوان در شرایط تنش خشکی اشاره کرد Roshdi *et al*., (2011). عوامل گیاهی که تقسیم و توسعه سلولی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، مانند میزان آب بافت و غلظت هورمون‌های مؤثر گیاهی مانند آبسیزیک‌اسید مسئول تنظیم تعداد غلاف در شرایط تنش خشکی می‌باشد (Saini & Westgate, 2000). در همین‌راستا، اسید هیومیک به‌صورت محلول‌پاشی و خاکی موجب افزایش هورمون های اکسین، سیتوکنین و جیبرلین در گیاه می‌شود (Abdel-Mawgoud *et al*., 2007) و به‌نظر می‌رسد این مکانیسم توجیه مناسبی برای افزایش تعداد غلاف در بوته در کنار سایر عوامل باشد. این امر بیانگر اثر اسید هیومیک بر تعداد غلاف در بوته است که برایند عوامل فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی مختلف از جمله جلوگیری احتمالی از ریزش گل‌ها، افزایش تعداد شاخه جانبی و... می‌باشد.

طول و عرض غلاف

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری (P≤۰/۰۱) بر طول غلاف داشت (جدول۳). با توجه به مقایسه میانگین‌ها طول غلاف با افزایش تنش خشکی کاهش یافت (شکل۱) و طویل‌ترین غلاف در تیمار شاهد بدون تنش (۵۰میلی‌متر تبخیر) و کوتاه‌ترین غلاف در تیمار تنش خشکی شدید (۱۱۰ میلی‌متر تبخیر) مشاهده گردید. افزایش سطوح تنش خشکی به‌ترتیب باعث کاهش ۳/۵، ۴/۲ و ۴/۲درصدی طول غلاف نسبت به شاهد گردید. این درحالی‌است که سطوح آبیاری پس از ۷۰، ۹۰ و ۱۱۰میلی‌متر تبخیر تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند.

کاهش معنی‌دار ۹/۵ درصدی (Habibi & 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، درحالی‌که اعمال تنش خشکی تفاوت معنی‌داری در طول غلاف ماش ایجاد نکرد (Bandani *et al*. 2014). 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 امر روند نزولی کاهش طول غلاف را درپی داشته و باعث ایجاد عدم‌اختلاف معنی‌دار بین سطوح بالای تنش گردید.

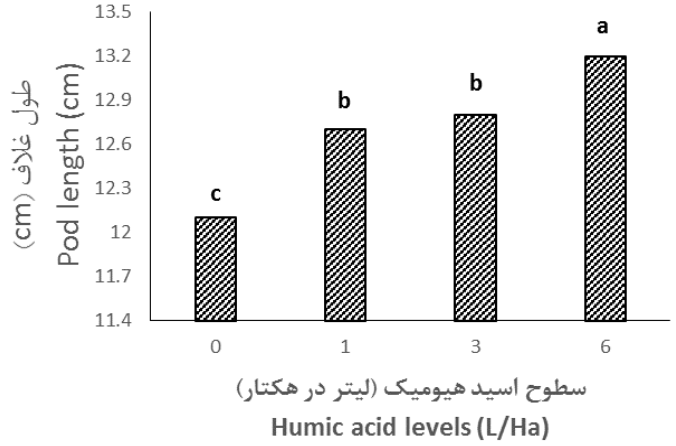


شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر طول غلاف لوبیا لیما

Fig. 1. The effects of drought stress levels on the pod length for lima bean

اسید هیومیک نیز باعث افزایش معنی‌دار (P≤۰/۰۱) طول غلاف گردید (جدول۳). با افزایش غلظت اسید هیومیک، بر طول غلاف در لوبیا لیما افزوده شد، به‌طوری‌که بیشترین طول غلاف با کاربرد ۶ لیتر در هکتار با افزایش ۴/۵ درصدی نسبت به شاهد حاصل شد که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با کاربرد ۳لیتر اسید هیومیک نداشت (شکل۲). همچنین کمترین طول غلاف در تیمار شاهد (عدم‌کاربرد اسید هیومیک) مشاهده شد. کاربرد ۱ لیتر اسید هیومیک نیز با افزایش ۲/۵درصدی

طول غلاف نسبت به شاهد در یک‌گروه آماری مجزا قرار گرفت. در این رابطه Bandani *et al*, (2014) با محلول‌پاشی اسید هیومیک در گیاه ماش، افزایش معنی‌دار (P≤۰/۰۵) 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 (جدول ۳).



شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف اسید هیومیک بر طول غلاف لوبیا لیما
Fig. 2. The effects of acid humic levels on the pod lenghth for lima bean

در این آزمایش تنش خشکی، اسید هیومیک و اثرات متقابل آنها تفاوت معنی‌داری بر عرض غلاف نداشتند (جدول۳). این در حالی است که کاهش ۱/۲ درصدی (Habibi & Bihamta, 2007) و ۷/۷ درصدی (Ebrahimi *et al*., 2010) عرض غلاف در شرایط تنش خشکی گزارش شد.

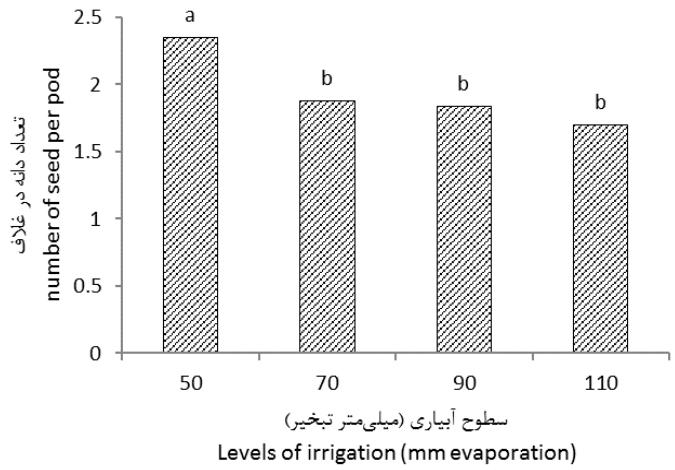
دانه در غلاف

صفت تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر تنش خشکی معنی‌دار (P≤۰/۰۱) شد، ولی اسید هیومیک و اثر متقابل تنش خشکی×اسید هیومیک نتوانستند اثر معنی‌داری بر این صفت داشته باشند (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها در شکل ۳ نیز کاهش تعداد دانه در غلاف را با افزایش شدت تنش خشکی را نشان می‌دهد. بیشترین تعداد دانه در غلاف در تیمار آبیاری پس از ۵۰میلی‌متر (شاهد) مشاهده شد که با سایر سطوح آبیاری تفاوت معنی‌داری داشت. با افزایش شدت تنش خشکی نیز گرچه از میزان این صفت کاسته شد، ولی از نظر آماری سطوح آبیاری پس از ۷۰، ۹۰ و ۱۱۰ میلی‌متر در یک گروه قرار گرفتند.

سایر محققان نیز به کاهش تعداد دانه در غلاف لوبیا در شرایط تنش خشکی پی بردند (Winnyfred *et al*., 2014; Gerardine *et al*., 2013). همچنین کاهش ۲۶ درصدی (Szilagyi, 2003) و کاهش ۴۴ درصدی (Habibi & Bihamta, 2007) تعداد دانه در غلاف لوبیا مشاهده شد. به‌نظر می‌رسد یکی از دلایل عمده کاهش تعداد دانه در بوته در شرایط تنش خشکی عدم تأمین مواد فتوسنتزی لازم برای رشد جنین و تکامل بذر باشد (Amiri Dehahmadi *et al*., 2009). با کاهش منبع، ظرفیت تعدادی از مخازن خالی می‌ماند و عملاً تعدادی از دانه‌ها در گیاه لوبیا سقط می‌گردد (Zhu, 2002). با توجه به این‌که بیشترین واکنش تعداد دانه در غلاف در تیمار آبیاری پس از ۷۰میلی‌متر در مقایسه با تیمار شاهد ملاحظه گردید و همچنین بین سایر سطوح تنش اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، می‌توان به حساسیت بالای صفت مورد بررسی به تنش خشکی پی برد. به‌نظر می‌رسد در سطوح بالای تنش خشکی مکانیسم‌های مختلف در کاهش اثرات تنش بر تعداد دانه در غلاف دخالت دارند.

وزن صددانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول۳) تنش خشکی، اسید هیومیک و اثرات متقابل این عوامل بر وزن صددانه در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد بیشترین وزن صددانه در سطح آبیاری مطلوب (۵۰میلی‌متر تبخیر) با کاربرد ۶لیتر در هکتار اسید هیومیک و کمترین آن در تیمار آبیاری پس از ۱۱۰میلی‌متر و بدون کاربرد اسید هیومیک حاصل شد.



شکل۳- تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر تعداد دانه در غلاف لوبیا لیما

Fig. 3. The effects of drought stress levels on the number of seed per pod for lima bean

الگوی تغییرات وزن صددانه در تیمار شاهد بدون تنش (۵۰میلی‌متر تبخیر) و تیمار تنش شدید (۱۱۰میلی‌متر تبخیر) مشابه بود، به نحوی که بیشترین وزن صددانه در کاربرد ۶ لیتر اسید هیومیک در هکتار و کمترین آن در تیمار عدم کاربرد اسید هیومیک مشاهده گردید (جدول ۴). به‌علاوه در تیمار یک‌لیتر اسید هیومیک به‌طور معنی‌داری وزن صددانه کمتری نسبت به کاربرد ۳لیتر هیومیک در هکتار در این دو تیمار تنش مشاهده شد. عکس‌العمل وزن صددانه گیاه لوبیا در تیمار تنش ملایم (۷۰ میلی‌متر) و متوسط (۹۰ میلی‌متر تبخیر) نسبت به کاربرد سطوح مختلف اسید هیومیک متفاوت بود. در تنش رطوبتی ملایم کاربرد ۶ لیتر اسید هیومیک به‌طور معنی‌داری صددانه بیشتری نسبت به سایر تیمارهای اسید هیومیک تولید نمود، ولی با کاربرد ۳ لیتر در هکتار اختلاف معنی‌داری نشان نداد. در تنش رطوبتی متوسط (۹۰ میلی‌متر تبخیر) کاربرد تمامی سطوح اسید هیومیک اثر یکسانی را در تعداد صددانه نشان‌داد (جدول ۴).

محققان به افزایش وزن صددانه در شرایط تنش خشکی با کاربرد اسید هیومیک در گیاه لوبیا (Jahan *et al*., 2010) و نخود (Hagh-Parast *et al*., 2012) اذعان داشتند. 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).

تنش رطوبتی در طول دوره پُرشدن دانه ممکن است از طریق کاهش دوره پُرشدن و یا کاهش سرعت پُرشدن دانه، عملکرد را کاهش دهد (Kafi *et al*., 2007). تنش خشکی با تحت‌تأثیرقراردادن درجه بازشدن روزنه‌ها و کاهش فعالیت آنزیم‌های چرخه کالوین، می‌تواند میزان تولید مواد پرورده را به‌میزان زیادی کاهش داده و از این‌راه به‌طور مستقیم موجب کاهش وزن هر دانه (ظرفیت مقصد فیزیولوژیک) شود (Emam & Niknejad, 2004). مقدار و کارآیی انتقال‌مجدد ترکیبات ذخیره‌ای به دانه به‌ویژه وقتی که گیاه در شرایط تنش خشکی قرار گرفته باشد، تعیین‌کننده عملکرد نهایی دانه خواهد بود (Ehdaie *et al*., 2006). از آنجایی‌که در شرایط عادی، تنفس پوشش گیاهی و تجمع مواد خشک در دانه‌ها، از مهم‌ترین مسیرهای مصرف موادپرورده تولیدشده به‌وسیله برگ‌ها می‌باشند و مجموع نیاز آنها از میزان مواد فتوسنتزی جاری تولیدشده بیشتراست (Ehdaie *et al*., 2006)، به‌نظر می‌رسد هنگامی‌که ظرفیت فتوسنتزی گیاه به‌وسیله تنش خشکی بعد از گلدهی کاهش پیدا می‌کند، پُرشدن دانه شدیداً وابسته به انتقال‌مجدد ذخایر ساقه می‌شود (Saeedi & Moradi, 2010). از طرف دیگر، تنش رطوبتی در مراحل اولیه پُرشدن دانه ممکن است، از طریق کاهش تعداد سلول‌های آندوسپرم روی پُرشدن دانه و در نتیجه عملکرد تأثیر بگذارد (Kafi *et al*., 2007). کاهش معنی‌دار وزن هزاردانه در تیمار تنش خشکی در مرحله پُرشدن دانه را می‌توان به پدیدآمدن دانه‌های چروکیده با وزن کمتر نسبت داد (Emam & Niknejad, 2004) تأثیر کمبود آب در این مرحله موجب کاهش فتوسنتز جاری گیاه، کاهش میزان

موادپرورده و در نتیجه چروکیدگی دانه‌ها خواهد شد (Ullah *et al*., 2002). به‌علاوه، کوتاه‌شدن دوره رشد دانه و در نتیجه زودرسی در اثر تنش خشکی که توسط برخی پژوهشگران مشاهده شده است، یکی دیگر از دلایل احتمالی کاهش وزن هزاردانه در تیمارهای اعمال تنش خشکی در مرحله پُرشدن دانه است (Emam & Niknejad, 2004). در کل، توانایی انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه به‌عنوان یکی از مکانیسم‌های کلیدی کمک به بهبود مقاومت به خشکی در لوبیا شناسایی شده است (Beebe *et al*., 2013).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان می‌دهد عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۱) تحت تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی و اسید هیومیک قرار گرفت. ضمناً اثر متقابل عوامل آزمایشی، تنش خشکی و اسید هیومیک، در سطح یک‌درصد معنی‌دار شد. لذا تغییرات عملکرد دانه علاوه‌بر تنش خشکی به کاربرد اسید هیومیک نیز بستگی دارد. بیشترین میزان عملکرد دانه با کاربرد ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک در تیمار آبیاری ۵۰میلی‌متر تبخیر (۱۰۸درصد افزایش نسبت به‌عدم کاربرد اسید هیومیک) و کمترین آن در تیمار شاهد بدون اسید هیومیک و تیمار آبیاری۱۱۰میلی‌متر تبخیر (با ۴۰درصد کاهش نسبت به کاربرد ۶لیتر اسید هیومیک) مشاهده شد (جدول۴). بر این اساس، واکنش عملکرد دانه لوبیا نسبت به اسید هیومیک در شرایط تنش ملایم (۷۰میلی‌متر تبخیر) الگوی متفاوتی را نسبت به تیمار شاهد بدون تنش (۵۰میلی‌متر تبخیر) نشان‌داد، به‌نحوی‌که بیشترین عملکرد دانه در تیمار ۶ لیتر اسید هیومیک در هکتار با افزایش ۴۶درصدی نسبت به عدم کاربرد اسید هیومیک به‌دست آمد و بین سطوح ۱، ۳ و ۶لیتر در هکتار اسید هیومیک اختلاف آماری معنی‌داری نشان نداد. ضمناً عکس‌العمل تولید دانه در تنش متوسط (۹۰میلی‌متر تبخیر) و تنش شدید، الگوی یکسانی را نشان‌داد، به‌نحوی‌که عملکرد دانه در کلیه سطوح اسید هیومیک اختلاف معنی‌داری را نشان نداد.

در گیاه لوبیا (Jahan *et al*., 2010) و نخود (Hagh-Parast *et al*., 2012) نیز نتایج مشابهی مبنی بر افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی با کاربرد اسید هیومیک مشاهده شد. اما در آزمایشی مشابه در گیاه گلرنگ اثر متقابل تنش خشکی×اسید هیومیک بر عملکرد دانه معنی‌دار نشد، اگرچه اثرات ساده معنی‌دار بودند (Mohsen-nia & Jalilian, 2011).

عملکرد اقتصادی یک گیاه ثمره بسیاری از فرآیندهای رشد است که در طی دوره رشد و نمو به‌وقوع می‌پیوندد. تنش خشکی می‌تواند از طریق تأثیرگذاری بر این فرآیندها عملکرد را تحت تأثیر قرار دهد. در شرایط آبیاری مطلوب، گیاهان از بیشترین ارتفاع، تعداد شاخه، تعداد غلاف در واحد سطح، تعداد دانه در غلاف و وزن صددانه برخوردار بودند، بنابراین عملکرد بیشتری را نیز تولید نمودند. با وقوع تنش از عملکرد دانه کاسته شد، به‌طوری‌که گیاهان در سطوح مختلف تنش عملکرد کمتری نسبت به آبیاری مطلوب داشتند. در مطالعه‌ای که Jahan *et al*, (2010) در شرایط تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید هیومیک روی لوبیا انجام دادند، با بررسی اثرات متقابل تنش و اسید هیومیک به‌این نتیجه رسیدند که سرعت اسیمیلاسیون خالص به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل اسید هیومیک و تنش خشکی قرار گرفت. در این آزمایش اثر اسید هیومیک در سطوح مختلف آبیاری متفاوت بود، بدین‌ترتیب که در شرایط بدون تنش سرعت اسیمیلاسیون خالص به میزان ۱۴درصد کاهش یافت و در شرایط تنش، افزایش ۷۹درصدی این صفت نسبت به‌شرایط عدم کاربرد اسید هیومیک مشاهده گردید. Giasuddin *et al*, (2007) عنوان کردند که اسید هیومیک نفوذپذیری غشای سلولی را افزایش داده و بدین‌طریق ورود پتاسیم را تسهیل می‌کند که نتیجه آن افزایش فشار داخل‌سلولی و تقسیم سلول است. از طرف دیگر افزایش انرژی در داخل سلول منجر به افزایش تولید کلروفیل و میزان فتوسنتز خواهد شد. به‌دنبال آن یک فاکتور مهم در رشد یعنی جذب نیتروژن به درون سلول تشدید می‌گردد و تولید نیترات کاهش می‌یابد که در نهایت این اثرات منجر به افزایش تولید می‌شود (Giasuddin *et al*., 2007).

شاخص برداشت

نتایج آنالیز واریانس بیانگر تأثیر معنی‌دار اثر متقابل تنش خشکی و اسید هیومیک بر شاخص برداشت می‌باشد (جدول۳). به‌علاوه اثرات اصلی تنش خشکی و اسید هیومیک نیز بر این صفت در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار شدند (جدول۳). محلول‌پاشی با اسید هیومیک سبب افزایش شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی گردید، بدان‌معنی که اسید هیومیک با افزایش عملکرد دانه در تمامی سطوح تنش خشکی باعث افزایش شاخص برداشت شد. چنان‌که نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد، بالاترین درصد شاخص برداشت (۶۳/۷) در سطح آبیاری پس از ۵۰میلی‌متر تبخیر با کاربرد ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک و کمترین آن (۲۹/۹درصد) در تیمار آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر و بدون کاربرد اسید هیومیک مشاهده شد

(جدول۴). الگوی تغییرات شاخص برداشت در تیمار شاهد بدون تنش (۵۰میلی‌متر تنبخیر) با تیمار تنش ملایم (۷۰میلی‌متر تبخیر) مشابه بود، به‌نحوی‌که بیشترین شاخص برداشت از نظر عددی در کاربرد ۶ لیتر اسید هیومیک در هکتار و کمترین آن در تیمار عدم کاربرد اسید هیومیک مشاهده گردید. ضمناً در تنش رطوبتی ملایم (۷۰ میلی‌متر تبخیر)، متوسط (۹۰ میلی‌متر تبخیر) و شدید (۱۱۰میلی‌متر تبخیر) کاربرد سطوح ۱، ۳ و ۶ لیتر اسید هیومیک اثر یکسانی را در شاخص برداشت نشان‌داد.

دیگر محققان نیز به افزایش شاخص برداشت تحت شرایط تنش خشکی در حضور اسید هیومیک در نخود اذعان داشتند (Hagh-Parast *et al*., 2012). اما Mohsen- Nia & Jalilian (2011) در گلرنگ، عدم معنی‌داری این صفت را در شرایط مذکور گزارش دادند. اسید هیومیک از طریق اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش غلظت کلروفیل برگ باعث افزایش عملکرد گیاهان می‌شود (Nardi *et al*., 2002). به‌نظر می‌رسد اسید هیومیک سبب تداوم بافت‌های فتوسنتزکننده شده و عملکرد دانه را افزایش می‌دهد. علاوه‌بَر تجمع ماده خشک، تسهیم موادپرورده بین اندام‌های مختلف گیاه نیز مهم است. در تیمار تنش خشکی در مرحله رویشی بخش بیشتری از مواد فتوسنتزی تولیدشده صرف ریشه‌ها شده تا آب بیشتری برای گیاه تأمین نماید. بنابراین در چنین شرایطی شاخص برداشت کاهش می‌یابد (Taleei *etal*., 2008). کاهش شاخص برداشت در تیمار تنش خشکی در مرحله رویشی و زایشی می‌تواند به دلیل کاهش سطح فتوسنتزکننده و کاهش انتقال مجدد مواد فتوسنتزشده در مرحله پر شدن دانه‌ها نیز باشد (Khoshvaghti, 2006). Pandy *et al*, (2000) دلیل کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی را حساسیت بیشتر رشد زایشی در مقایسه با رشد رویشی نسبت به شرایط نامطلوب تشخیص دادند. Moradi *et al*, (2007) نیز دلیل احتمالی کاهش شاخص برداشت را کمبود آب قابل‌دسترس دانستند و به‌دنبال آن شدت فتوسنتز و انتقال موادپرورده جاری به دانه کاهش یافته و منجر به اُفت عملکرد دانه می‌شود. همچنین کاهش تعداد غلاف در بوته که سهم مهمی در تولید عملکرد دارد، از دلایل مهم کاهش شاخص برداشت در تیمار تنش محسوب می‌شود.

نتایج سایر تحقیقات نشان‌داده است که به‌دلیل تأثیرگذاری خشکی بر عملکرد دانه لوبیا شاخص برداشت در تیمار تنش کاهش می‌یابد (Beebe Khoshvaghti, 2006 *et al*., 2013; در حالی‌که Gerardine *et al*, (2013) پایداری شاخص برداشت لوبیا در تنش خشکی را گزارش دادند.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان‌داد که اگرچه تنش خشکی باعث کاهش کم‌وبیش صفات موردبررسی گردید، اما محلول‌پاشی اسید هیومیک توانست اثرات منفی تنش خشکی را کاهش دهد. در این بین کاربرد ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک در شرایط بدون تنش توصیه می‌شود. اما استفاده از اسید هیومیک نقش محسوسی در کاهش اثرات منفی در تنش ملایم خشکی (آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر) با کاربرد ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک داشت، چراکه در شرایط تنش بیشترین میزان افزایش عملکرد (۴۶ درصد) را سبب گردید. لذا استفاده از این ماده آلی در مناطق خشک و نیمه‌خشک در جهت مقابله با تنش خشکی و در راستای اهداف کشاورزی پایدار توصیه می‌شود.

منابع

1. Abdel-Mawgoud, A.M.R., El-GreadlyHelmy, N.H.M., Helmy, Y.I., and Singer, S.M. 2007. Responses of tomato plants to different rates of humic based fertilizer and NPK fertilization. Journal of Applied Sciences Research 3(2): 169-174.
2. Amiri-Dehahmadi, S.R., Parsa, M., Nezami, A., and Ganjali, A. 2009. Effects of water stress at different phenological stages on the growth indexes of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under greenhouse condition. Iranian Journal of Pulses Research 1(2): 69-84. (In Persian).
3. Bagheri, A., Mahmudi, A., and Ghezeli, F.d. 2001. Common Beans, Research for Crop Improvement. Mashhad University Jihad Press. (In Persian)
4. 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(7): 763-766.
5. Beebe, S.E., Rao, I.M., Blair, M.W., and Acosta- Gallegos, J.A. 2013. Phenotyping common beans for adaptation to drought. Journal of Frontiers in Plant Physiology 4(35): 1-20.

6. Beebe, S., Ramirez, J., Jarvis, A., Rao, I.M., Mosquera, G., Bueno, J.M., and Blair, W. 2011. Genetic Improvement of Common Beans and the Challenges of Climate Change. In: S.S. Yadav, R.J. Redden, J.L. Hatfield, H.L. Campen & A.E. Hall (Eds.). Crop Adaptation to Climate Change, First Edition. 2011 John Wiley & Sons, Ltd. Published 2011 by Blackwell Publishing Ltd. P. 356-369.
7. Cavani, L., Ciavatta, C., and Gessa, C., 2003. Identification of organic matter from peat, leonardite and lignite fertilizers using humification parameters and electrofocusing. Bioresour Technology 86: 45-52.
8. 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 Sustain 25: 183-191.
9. 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(1): 134-150. (In Persian with English Summary).
10. Ehdaie, B., Alloush, G.A., Madore, M.A., and Waines, J.G. 2006. Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat: I. postanthesis changes in internode dry matter. Journal of Crop Science 46: 735-746.
11. Emam, Y., and Niknejad, M. 2004. An Introduction to the Physiology of Crop Yield. (Translation) Shiraz University Publication (In Persian).
12. Falah, S. 2009. Agricultural (General and Specialized) (Translation). Shahrekord University Publications 200 pp. (In Persian).
13. Gerardine, M., Butare, L., Cregan, P.B., Blai, M.W., and Kelly J.D. 2013. Quantitative trait loci associated with drought tolerance in common bean. Journal of Crop Science 54: 923-938.
14. Giasuddin, A.B.M., Kanel, S., and Choi, H. 2007. Adsorption of humic acid onto nanoscale zerovalent iron and its effect on arsenic removal. Journal of Environment Science Technology 41(6): 2022-2027.
15. 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: 34-46. (In Persian).
16. Hagh-Parast, M., Maleki Farahani, S., Masoud Sinaki, J., and Zare, G.H. 2012. Reduction of negative effects of dry tension and stress in chickpea with the application of humic acid and seaweed extract. Journal of Production of Agricultural Plants in Environmental Stresses 4(1): 59-71. (In Persian with English Summary).
17. Hasanzade-Valuie, M. 1994. Effect of foliar application time of humic acid on the yield, component yield protein and nitrogen remobilization and dry matter of two wheat cultivars. MSc. Thesis. Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).
18. Jahan, M., Sohrabi, R., Doaei, F., and 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 6 (In Press). (In Persian with English Summary).
19. Kafi, M., Zand, E., Kamkar, B., Mahdavi Damghani, A.A., Abasi, F., and Sharifi, H. 2007. Plant Physiology. Vol. I Mashhad Jahad-e- Daneshgahi Publication. 732 pp. (In Persian).
20. Khoshvaghti, H. 2006. Effect of water limitation on growth pattern, grain filling and yield of three pinto bean cultivars. MSc. Thesis. Tabriz University, Iran. (In Persian with English Summary).
21. Koocheki, A., and Alizadeh, A. 1996. Principles of Agriculture in Arid Regoin. (Translation) Astan Quds Razavi Publications. 270 pp (In Persian).
22. Larcher, W. 2001. Physiological Plant Ecology. Springer Verlag Berlin Heidelberg Germany.
23. Mohsen-Nia, O., and Jalilian, J. 2011. The effect of water stress and fertilizer sources on the yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology 4(3): 235-245. (In Persian with English Summary).
24. Moradi, A., Ahmadi, A., and Hossein- zadeh, A. 2008. Agro-physiological responses of mung bean (cv. Partov) to severe and moderate drought stress applied at vegetative and reproductive growth stages. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science 12(45): 659-671. (In Persian with English Summary).

25. Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry 34: 1527-1536.
26. Pandy, R.K., Marienville, J.W., and Adum, A. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effect on maize in a sahelian environment I. Grain yield components. Journal Agricultural Water Management 46: 1-13.
27. Roshdi, M., Boyaghchi, D., and Rezadoost, S. 2011. The effect of micronutrients on growth and yield of chiti bean under water deficit treatments. Journal of Crop Production and Processing 2(5): 131-141. (In Persian with English Summary).
28. Saeedi, M., and Moradi, F. 2010. Effects of water stress after pollination on remobilization of carbohydrates solution from the last and second last internode in the developing grains of two cultivars of bread wheat. Iranian Journal of Crop Science 3: 548-564. (In Persian with English Summary).
29. Saini, H.S., and Westgate, M.E. 2000. Reoroductive development in grain crops during drought. Advances in Agronomy 68: 59-95.
30. Szilagyi, L. 2003. Influence of drought on seed yield components in common beanbulg. Journal Plant Phisiology. Special Issue: 320-330.
31. Taleei, A., Postini, C., and Davazdahemami, S. 2008. Effect of plant density on some physiological characteristics of Pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agricultural Sciences 31(3): 477-488. (In Persian).
32. Ullah, A., Bakht, J., Shafi, M., and Islam, W.A. 2002. Effect of various irrigations levels on different chickpea varieties. Asian Journal of Plant Science 4: 355-357.
33. Veisipoor, A., Majidi, M.M., and Mirlohi, A.F. 2013. Response of physiological traits to drought stress in some varieties of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*). Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research 21(1): 87-102. (In Persian with English Summary).
34. Winnyfred, A., Nkalubo, S.T., Gibson, P., Edema, R., and Ochwo-Ssemakula, M. 2014. Genetics of drought tolerance in common bean genotypes adapted to Ugandan conditions. Journal of Plant Breeding and Crop Science 7(1): 18-27.
35. Zhu, J.K. 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. Annual Review. Plant Biology 53: 247-316.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 2, 2016, p. 175-187

Effect of Humic acid on the yield and yield components of Lima Bean (*Phaseolus lunatus* L.) under drought stress conditions

Beheshti[1], S., Tadayyon[2*], A. & Falah[2], S.

1. MSc. Student, Agronomy, Faculty of Shahrkord University Shahrkord, Iran
2. Faculty of Agriculture, Shahrkord University, Shahrkord, Iran

Received: 6 May 2015
Accepted: 27 June 2015

DOI: 10.22067/ijpr.v7i2.46533

Introduction

Drought stress is one of the most yield reduction factor of lima bean where effects on the more than 60% of bean world production. In this regard, solutions that help increase productivity with high water efficiency in this region can change the agricultural crop production. One of the solutions is using organic materials (acid humic). Humic acid with linkage of water molecules and folic acid and penetration into plant tissues link to water molecules reduce evaporation and transpiration and finally helps inner plant water.

Materials and Methods

In order to evaluate the effects of humic acid on yield and yield components of lima bean under water stress conditions, a field experiment was conducted as split plot arrangement in RCBD design with three replications at the Research Station of Shahrekord University in year 1994. Main factors include four treatments of water deficit (irrigation after 50, 70, 90 and 110 mm evaporation from evaporate pan of class A) and sub factor include four levels of humic acid (0, 1, 3, and 6 lit/ha). For this purpose, a semi-deep plowing in the spring then by the two vertical discs were leveling land and finally by furrower created 80 cm row width. Lima bean seeds were prepared by Pars Khomein Company. Seeds were planted in the wet soil. In this way, sterilized seeds were planted in both side of 80 cm width row with 20 cm row plant space in depth of 5 cm at plots area of 3×4 m2. During the plant growth period, the plots were irrigated by furrow irrigation, hand weeding were applied through the experiment. Chemical fertilizers were applied based on the soil test analysis and plant requirements. After achieving the desired density and complete plant establishment, where the plants had two stem nodes, irrigation treatment were applied as cumulative evaporation from class A evaporation pan, and this trend continued until harvest. Humic acid used in the composition of the liquid phase include 12% of humic acid, 3% of folic acid and 3% of potassium oxide. The recommended concentration of humic acid (1, 3, and 6 lit/ha) before flowering was applied two times within two weeks. Plants were harvested when the pods reach 80 to 90% maturity. After harvesting the plants for measurements number of pods per plant, length, width and weight of pods, number of seeds per pod, 100 seeds weight, seed yield and harvest index were transported to the laboratory. Data traits were analyzed by SAS 9, mean comparison of treatments using the least significant difference (LSD) at 5% by MSTAT-C were evaluated. Excel was used to plot the graphs.

Results and Discussion

The results showed that the humic acid in drought conditions increased yield of pods per plant, 100 seeds weight, grain yield and harvest index was followed. In this experiment, as the width of the seed was not influenced by drought stress and humic acid.

* **Corresponding Author:** tadayyon.sku@gmail.com; Mobile: 09131109098

Traits of pod weight and seeds number per pod were only affected by drought stress and pod length significantly affected by drought stress and humic acid was used. Drought stress by drying pollen grains, reducing the duration of flowering and young pods loss reduced pod per plant. The current decrease in photosynthesis leads to founder grains shrink and ultimately decreased 100 seeds weight under drought stress. Humic acid appears to increase plant photosynthesis activity as increased enzyme activity of Rubiscoand to improve production of sugar, protein and vitamins in plant and has a positive effect on the various aspects of photosynthesis, seed storage compounds increased. In general, many of the economical yield of a plant, is the result of the growth process that occurs during growth and development. Drought stress can affect performance by influencing these yield processes. The yield was decreased due to stress, so that the performance of the plants in drought stress levels were less than optimum irrigation. Humic acid increased cell membrane permeability, thereby facilitating the entry of potassium, resulting in increased pressure moved into the cell and cell division. On the other hand, increasing energy inside cells leads to the production of chlorophyll and photosynthesis rate. Followed by an important factor in the growth of the nitrogen uptake into cells is developed resonance and finally, the effects of nitrate production decreases, which leads to the increased production. Reduced harvest index in drought stress treatment may be due to reduction of photosynthetic level, reduced photosynthesis remobilization in grain filling stage and more sensitive of vegetative growth compared to vegetative growth to the adverse conditions.

Conclusion

A total of 6 liters per hectare application of humic acid under drought stress and moderate stress (irrigation after 70 mm evaporation) is recommended. Because under stress condition, caused the highest yield. Therefore, usage of organic materials in arid and semi-arid areas to fight drought stress and in order to deal with drought stress is recommended for sustainable agriculture.

Key words: Foliar application, Lima bean, Organic matter, Water deficit