نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۶ شمارهٔ۱، صفحهٔ ۵۳-۴۲ ، نیمهٔ اول ۱۳۹۴

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 6, No. 1, 2015, p. 42-53

تأثیر متانول بر خصوصیات جوانه‌زنی گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Sadry) تحت تنش خشکی

نظام آرمند[۱]، حمزه امیری[۲*] و احمد اسماعیلی[۳]

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهی، دانشکده علوم، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران
۲- دانشیار فیزیولوژی گیاهی، دانشکده علوم، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران
۳- دانشیار بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۱۲

چکیده

به‌منظور بررسی اثر متانول بر میزان درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، گیاهچه، وزن خشک ساقه‌چه، ریشه‌چه و آندوسپرم مصرفی گیاه لوبیا رقم صدری در شرایط تنش خشکی آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار به‌اجرا درآمد. عامل اول غلظت‌های متانول با ۴ سطح (شامل شاهد یا بدون متانول، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی) و عامل دوم خشکی ایجاد شده با پلی‌اتیلن گلایکول 6000 در ۴ سطح (۰، ۳-، ۶- و ۹- بار) بود. نتایج نشان داد بین سطوح مختلف متانول اختلاف معنی‌داری از نظر درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه، شاخص بنیه بذر و آندوسپرم مصرفی وجود داشت ($p\leq 0.01$). با افزایش غلظت متانول، کاهش معنی‌داری در کلیه صفات مورد بررسی نسبت به سطح شاهد مشاهده شد. تنش خشکی در سطح ۹- بار موجب کاهش معنی‌داری ($p\leq 0.01$) در میزان درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول گیاهچه، وزن خشک ریشه‌چه و آندوسپرم مصرفی نسبت به دیگر سطوح شد. نتایج نشان داد که در شرایط بدون تنش خشکی، متانول باعث کاهش معنی‌دار در کلیه صفات مورد بررسی شد. در شرایط تنش خشکی، متانول در کلیه سطوح به‌صورت معنی‌داری درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول گیاهچه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: آندوسپرم مصرفی، تنش کم آبی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر

مقدمه

حبوبات پس از غلات، اصلی‌ترین منبع غذایی بشر و لوبیا مهم‌ترین آنها محسوب می‌شود (Bagheri *et al.*, 2001). سطح زیر کشت این گیاه در ایران حدود ۱۱۲ هزار هکتار است که از این سطح بیش از ۲۵۷ هزار تن محصول برداشت می‌شود. عملکرد لوبیا در کشور (۱۵۷۳ کیلوگرم در هکتار) نسبت به سایر حبوبات، از متوسط عملکرد بالاتری برخوردار است (Bagheri *et al.*, 2001). تنش خشکی یکی از مشکلات عمده تولید کشاورزی در ایران و جهان به‌شمار می‌رود و تهدید جدی برای تولید موفقیت‌آمیز محصولات زراعی است (Ober, 2001). میانگین کاهش محصول ناشی از تنش خشکی در بخش‌های مختلف دنیا بیش از ۵۰ درصد گزارش شده است (Zlatev & Yordanov, 2004). جوانه‌زنی بذرهای حبوبات از قبیل نخود و لوبیا تحت تأثیر مستقیم شرایط نامطلوب محیطی قرار دارد که از مهم‌ترین شرایط نامطلوب، می‌توان به تنش‌های غیرزیستی مثل خشکی، شوری و یخزدگی اشاره کرد (Bagheri *et al.*, 2001). جوانه‌زنی یک مرحله مهم در حیات گیاه است و می‌تواند تأثیر به‌سزایی در میزان تولید و عملکرد گیاهان داشته باشد. عملکرد گیاه به نوع بذر، شرایط محیطی و رشد بذر وابسته است (Mensah *et al.*, 2006). بنیه و قابلیت زیست بذر دو عامل مهم تأثیرگذار بر استقرار گیاهچه، رشد و عملکرد گیاه به‌شمار می‌روند (Zakaria *et al.*, 2009). کمبود آب، دماهای بالا، شوری، اسیدیته خاک، عوامل بیماری‌زا و شرایط بی‌هوازی که مستقیماً بر رشد و جوانه‌زنی بذرها تأثیر می‌گذارند، می‌توانند به‌طور غیر مستقیم بر نمو دانه، ذخایر غذایی و کیفیت زیست اثر بگذارند (Ganjeali *et al.*, 2008). جوانه‌زنی بذر یکی از اولین رفتارهای فیزیولوژیکی بیان شده توسط گیاهان می‌باشد. این واقعیت پیامدهای متعددی برای تکامل صفات بعد از جوانه‌زنی، نیچ‌های اکولوژیکی و محدوده جغرافیایی گیاه دارد (Donohue *et al.*, 2010). در مناطق خشک و نیمه‌خشک مشاهده شد که هرگونه عملیات زراعی که

* **نویسنده مسئول:** خرم آباد، کیلومتر۵ جاده تهران، دانشکده علوم، دانشگاه لرستان
همراه: ۰۹۱۶۶۶۳۴۰۶۴، amiri_h_lu@yahoo.com

موجب تسریع جوانه‌زنی و سبز شدن بذر شود، عملکرد دانه را افزایش خواهد داد (Gan *et al.*, 2002).

آب یکی از عوامل اصلی فعال‌کننده جوانه‌زنی است و قابلیت دسترسی به آب با کاهش پتانسیل اسمزی کم می‌شود. پتانسیل آب محیط، تأثیر مستقیمی بر سرعت جذب آب و در نتیجه جوانه‌زنی گیاه دارد (Gamze *et al.*, 2005). برای ایجاد محیط‌های مصنوعی کنترل پتانسیل آب، از ماده‌ای با جرم مولکولی بالا به نام پلی اتیلن گلایکول استفاده می‌شود که نقشی در تغذیه بافت‌ها نداشته و جذب گیاه نمی‌شود لذا برعکس موادی همچون کلرید سدیم، مانیتول و ساکارز باعث صدمه به گیاه نمی‌شوند، این ماده به‌دلیل ایجاد محلولی با شرایط مشابه طبیعی بیشترین کاربرد را در تحقیقات تحمل به خشکی پیدا کرده است (Emmerich & Hardegree, 1991).

در تحقیقات مختلف، کاربرد متانول به‌عنوان یک منبع کربن برای گیاهان زراعی رواج پیدا کرده است (Hosseinzadeh *et al.*, 2011; Gout *et al.*, 2000). گیاهان می‌توانند متانول محلول‌پاشی شده بر روی برگ‌ها را به‌راحتی جذب کرده و آن را به‌عنوان منبع کربنی اضافه بر کربن اتمسفر مورد استفاده قرار دهند (Hosseinzadeh *et al.*, 2013; Downie *et al.*, 2004). متانول در گیاهان عالی به آسانی با اتصال به گروه‌های متیل می‌تواند تبدیل به مولکول‌هایی مثل سرین، متیونین و فسفاتیدیل کولین شود (Nadali *et al.*, 2010). کاربرد خارجی متانول به‌طور مستقیم با فرآیندهای متابولیکی رشد و نمو گیاه و همچنین با فرآیندهای مرتبط با مکانیسم‌های دفاعی از قبیل فعال شدن ژن‌های درگیر در بیوسنتز اسید جاسمونیک مرتبط است (Hosseinzadeh *et al.*, 2012). برخی مطالعات نشان داده‌اند که ترکیب عناصر غذایی مختلف به‌همراه متانول و محلول‌پاشی آنها روی گیاهان زراعی می‌تواند کارایی جذب عناصر را افزایش دهد. از این رو محلول‌پاشی متانول به‌همراه سایر عناصر معدنی می‌تواند راه‌کار مناسبی جهت تأمین عناصر مختلف مورد نیاز گیاهان باشد (Downie *et al.*, 2004). در مناطقی که بذرهای گیاهان با تنش خشکی مواجه هستند به‌دلیل بالا بودن اسیدیته خاک، جذب عناصر ریزمغذی معمولاً کم است و ممکن است مقدار مواد غذایی جذب شده از خاک کافی نباشد (Veberic *et al.*, 2005). از طرف دیگر ذخایر ناکافی عناصر مغذی در بذرها می‌تواند اثرات نامطلوبی را بر قدرت زیست بذرها و ظهور گیاهچه‌ها باقی گذارد (Aref, 2011). تاکنون مطالعات متعددی مبنی بر اثرات مثبت محلول‌پاشی متانول بر برخی گیاهان زراعی در مراحل گیاهچه‌ای و گلدهی صورت گرفته که منجر به نتایج مثبت در افزایش عملکرد و جذب عناصر غذایی در آنها شده است (Gout *et al.*, 2000; Downie *et al.*, 2004; Hosseinzadeh *et al.*, 2011). بر این اساس هدف این تحقیق بررسی اثر متانول بر صفات جوانه‌زنی بذرهای لوبیا تحت تنش خشکی بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر دو عامل متانول و تنش خشکی بر روی بذرهای لوبیا (رقم صدری) آزمایشی در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای مورد بررسی شامل عامل محلول‌پاشی در ۴ سطح شاهد (بدون متانول)، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی متانول بود و عامل خشکی در ۴ سطح (۰، ۳-، ۶- و ۹- بار) بود که طبق دستورالعمل میچل و کافمن (Michael & Kaufman, 1976) ایجاد شد (جدول ۱) و برای پتانسیل صفر بار (شاهد) از آب مقطر استفاده شد. هر پتری دیش که در کف آن کاغذ صافی استریل قرار داده شده بود به‌عنوان یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شد که با توجه به محدودیت بسیار زیاد بذر، تنها ۲۰ عدد بذر در هر واحد آزمایشی قرار گرفت. به‌منظور پرهیز از آلودگی‌های قارچی بذرها با استفاده از قارچ‌کش بنومیل ۲ در هزار ضدعفونی و سپس با آب مقطر آب‌کشی شدند. به هر واحد آزمایشی، هشت سی سی محلول تهیه شده شامل ترکیب سطوح مختلف خشکی و غلظت‌های مختلف متانول اضافه شد. اطراف پتری دیش‌ها با پارافیلم بسته و در ژرمیناتور با دمای ۲۵°C و رطوبت ۴۵ درصد در تاریکی گذاشته شدند. بازدید از نمونه‌ها به‌طور روزانه یکبار و به مدت ۱۲ روز انجام شد و تعداد بذرهای جوانه زده (دارای طول ریشه‌چه ۲ الی ۳ میلی‌متر) ثبت شدند. برداشت پتری دیش‌ها ۱۲ روز بعد از شروع آزمایش انجام شد. پس از برداشت، ریشه‌چه و ساقه‌چه از بذر جدا شدند و طول ساقه‌چه و ریشه‌چه به‌وسیله خط‌کش اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین وزن خشک اندام‌های فوق، ساقه‌چه و ریشه‌چه در آون ۷۰ °C به‌مدت ۴۸ ساعت خشک شده و وزن خشک آنها با ترازویی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. درصد جوانه‌زنی از رابطه (۱) محاسبه شد. سرعت جوانه‌زنی (day^{-1}) از رابطه (۲) محاسبه شد (Agrawal, 1991).

$$Gp\% = \sum \frac{n_i}{N} \times 100 \quad (۱)$$

$$GS = \sum \frac{ni}{Di} \quad (۲)$$

در روابط فوق GP درصد جوانه‌زنی، ni تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر بار شمارش، N تعداد کل بذرها، Di تعداد روز پس از آغاز آزمایش و GS سرعت جوانه‌زنی است. با به‌دست آوردن طول گیاهچه از طریق مجموع طول ریشه‌چه و ساقه‌چه

می‌توان شاخص بنیه بذر را از رابطه (۳) به‌دست آورد (Agrawal, 1991):

(۳) ۱۰۰ / طول گیاهچه× درصد جوانه زنی = شاخص بنیه بذر

میزان آندوسپرم مصرفی بذرها از طریق محاسبه اختلاف وزن آنها قبل و بعد از جوانه‌زنی محاسبه شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار Mstat-C انجام و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال خطای ۱ درصد ($p \leq 0.01$) استفاده شد.

جدول ۱- نحوه ایجاد پتانسیل خشکی در هر واحد آزمایشی

Table 1. Formation of dry potential in unit experiment

PEG 6000	مقدار محلول	نوع محلول (پتانسیل خشکی)
	Content solution	Type of solution
55.2 g	400 ml	-3 Bar
75.6 g	400 ml	-6 Bar
88.8 g	400 ml	-9 Bar

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۲) نشان داد که اثر تیمارهای مختلف متانول و سطوح متفاوت خشکی به‌تنهایی بر درصد نهایی جوانه‌زنی بذرهای لوبیا معنی‌دار بود ($p \leq 0.01$). اثر متقابل متانول و تنش خشکی نیز تأثیر معنی‌داری ($p \leq 0.05$) بر این صفت داشت. در میان سطوح متانول بیشترین درصد جوانه‌زنی در سطح شاهد (بدون متانول) مشاهده شد که با کلیه سطوح اختلاف معنی‌داری داشت و کمترین درصد نیز در غلظت ۱۵ درصد حجمی متانول بود که نسبت به دیگر سطوح کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۳). در بین سطوح خشکی سطح شاهد (بدون تنش خشکی) با ۶۳/۷۵ درصد بیشترین میزان درصد جوانه‌زنی را داشت که با کلیه سطوح خشکی تفاوت معنی‌داری داشت و اما سطح خشکی ۹- بار با ۲۰ درصد کمترین مقدار این صفت را به‌خود اختصاص داد (جدول ۴). در برهم‌کنش متقابل متانول و تنش خشکی بیشترین میزان درصد جوانه‌زنی با ۹۶/۶۷ درصد در سطح شاهد (بدون متانول و تنش خشکی) مشاهده شد که با کلیه سطوح به‌جز تیمار خشکی ۳- بار در شرایط بدون کاربرد متانول اختلاف معنی‌داری دارد و کمترین درصد جوانه‌زنی با ۱/۶۶ درصد به سطح ۱۵ درصد حجمی متانول در تیمار خشکی ۹- بار اختصاص داشت (شکل ۱). جوانه‌زنی یکی از مراحل مهم و حیاتی رشد در گیاهان بوده و اعتقاد بر این است که جوانه‌زنی، یک عامل مهم تعیین‌کننده عملکرد نهایی گیاهان می‌باشد (Derek Bewely & Black, 1994). در مطالعه‌ای که بر روی خصوصیات جوانه‌زنی گیاه نخود صورت گرفت، گزارش کردند که کاهش پتانسیل آب کمتر از ۳- بار جذب آب را در این گیاهان کاهش داده و فرآیند جوانه‌زنی را به تأخیر انداخت (Auld *et al.*, 1988). در این مطالعه نیز کاهش پتانسیل آب منجر به کاهش درصد جوانه‌زنی شد. کاهش جوانه‌زنی می‌تواند به‌دلیل کاهش جذب آب توسط بذر باشد که منجر به کاهش فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی بذر گردیده و لذا وفور مواد لازم برای ادامه حیات گیاه را با مشکل روبه‌رو می‌سازد (De and Kar, 1994). کاهش درصد جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی در بررسی بر روی نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) نیز گزارش شده است (Gamze *et al.*, 2005). ترکیباتی از قبیل متانول و اتانول با وجود اثرات مثبت بر فاز رویشی گیاهان به‌دلیل افزایش میزان CO_2 درون سلول و فتوسنتز (Hosseinzadeh *et al.*, 2013; Makhdum *et al.*, 2002) دارای اثرات متنوع بر روی جوانه‌زنی هستند (Nonomura & Benson, 1997). در مطالعه‌ای که بر روی برخی گیاهان از قبیل پیاز، هویج و گوجه‌فرنگی صورت گرفت، گزارش کردند که اثر تیمار الکلی اتانول منجر به کاهش درصد جوانه‌زنی در بذرهای این گیاهان شد. این محققین علت کاهش میزان جوانه‌زنی را تأثیر الکل بر ساختار لیپیدی غشاء و اثر آن بر شکل فضایی پروتئین‌های غشائی بیان کردند (Albrecht, 1995). اما در مطالعه بر روی گیاه شنبلیله مشاهده شد که متانول منجر به افزایش معنی‌دار برخی صفات جوانه‌زنی از قبیل درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه شد (Mehrafarin *et al.*, 2011). نتایج پژوهش حاضر نشان‌دهنده تأثیر منفی افزایش غلظت متانول در کلیه سطوح تنش خشکی بر درصد جوانه‌زنی بذرهای لوبیا بود. با دقت بیشتر در نتایج به‌نظر می‌رسد متانول در سطوح بالای خشکی، تأثیر محدودکنندگی بیشتری بر کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی دارد.

سرعت جوانه‌زنی

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر متانول و تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار است ($p \leq 0.01$). برهم‌کنش متقابل متانول و تنش خشکی بر این صفت معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) در ارتباط با اثرات ساده متانول نشان داد که سطح شاهد (بدون کاربرد متانول) بیشترین میزان سرعت جوانه‌زنی را در بذرهای لوبیا داشت که با کلیه سطوح اختلاف معنی‌داری داشت و کمترین مقدار سرعت در سطح ۱۵ درصد حجمی متانول مشاهده شد که با سطح ۱۰ درصد حجمی اختلاف معنی‌داری نداشت. یکی از آنزیم‌های مهم در جوانه‌زنی آلفا آمیلاز می‌باشد که موجب

شکسته‌شدن قندها و نشاسته بذر شده و آنها را به مواد قابل استفاده جنین تبدیل می‌کند (Fabian *et al.*, 2008). تحت تیمارهای الکلی از قبیل اتانول کاهش فعالیت این آنزیم مشاهده شده است (Albrecht, 1995). David (2010) گزارش کرد که اتانول منجر به کاهش فعالیت هورمون جیبرلین و در نهایت منجر به کاهش فعالیت آلفا آمیلاز می‌شود. از طرف دیگر استفاده از تیمارهای الکلی در کاهش تقسیم سلولی نیز نقش دارند (Liga *et al.*, 2003). کاهش در تقسیم سلولی با کاهش در فعالیت هورمون جیبرلین ارتباط مستقیم دارد (David, 2010). در مطالعه‌ای که بر روی شکست خواب بذرهای گونه‌های *Albizia* صورت گرفت، گزارش کردند بذرهایی که با متانول، اتانول و اسید سولفوریک تیمار شده بودند با کاهش میزان هورمون ژیبرلین رو به‌رو شدند و درنتیجه این تیمارها در شکست خواب بذر ناموفق بودند (Tigabu & Oden, 2001). با توجه به نتایج، کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی بذرها را می‌توان به کاهش فعالیت آلفا آمیلاز نسبت داد. در بین سطوح خشکی سطح شاهد (بدون تنش خشکی) و سطح ۹- بار به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار برای این صفت را داشتند که نسبت به دیگر سطوح تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۴). در شرایط تنش خشکی، کاهش جذب آب با کاهش فعالیت‌های آنزیمی مربوط به فرآیندهای بیوشیمیایی جوانه‌زنی همراه است که علت اصلی کاهش سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی است. در سطوح بالای تنش خشکی، آسیب‌های احتمالی ناشی از واسرشته شدن ساختمان سه بعدی آنزیم‌ها می‌تواند یکی از دلایل اصلی کاهش سرعت جوانه‌زنی باشد (Fabian *et al.*, 2008). از طرف دیگر اگر جذب آب توسط بذر مختل و یا به کندی صورت گیرد، سرعت انجام فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی در داخل بذر کاهش یافته و در نتیجه مدت زمان لازم برای خروج ریشه‌چه از بذر افزایش و سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (Mensah *et al.*, 2006). Zeng و همکاران (۲۰۱۰) نیز، کاهش جوانه‌زنی به‌دلیل محدودیت آب را یک راه‌کار تکاملی در گیاهان مناطق خشک می‌دانند. در واقع کاهش جوانه‌زنی در تنش‌های خشکی، یک راه‌کار سازشی است تا زمانی که شرایط مساعدی برای جوانه‌زنی ایجاد شود.

در این ارتباط در تحقیقی بر روی ژنوتیپ‌های عدس گزارش کردند که شاخص‌های جوانه‌زنی از قبیل سرعت و درصد جوانه‌زنی تحت تنش خشکی کاهش یافت (Kafi *et al.*, 2005).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات جوانه‌زنی گیاه لوبیا تحت تأثیر متانول و تنش خشکی

Table2. Analysis of variance of germination characteristics of bean under methanol and drought stress

منابع تغییر (S. O. V.)	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Perecent germination	سرعت جوانه‌زنی Speed germination	طول ساقه‌چه Plumule lenght	طول ریشه‌چه Radicial lenght	وزن خشک ساقه‌چه Dry weight plumule	وزن خشک ریشه‌چه Dry weight radicial	طول گیاهچه Plant lenght	شاخص بنیه بذر Vigor index	آندوسپرم مصرفی Consumed andosperm
		Mean Squar		میانگین مربعات						
متانول Methanol	3	9028.472**	894.557**	4.466**	274.654**	2.602**	765.172**	348.269**	504.252**	7502.188**
تنش Stress	3	4481.250**	443.525**	4.882**	280.013**	1.356**	546.247**	355.212**	184.247**	2695.521**
متانول×تنش Stress×Methanol	9	172.454*	18.964 ns	0. ns282	10.937*	0.107*	47.602*	13.281*	710 ns.23	317 ns.183
خطای آزمایش Eror	32	69.271	14.371	0.378	4.910	0.047	8.265	5.256	11.975	115.917

ns ,*, ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns ,*, ** Respectivly: Non-significant, and Significant at P ≤ 0.05 & P ≤ 0.01

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات جوانه‌زنی گیاه لوبیا در غلظت‌های مختلف متانول

Table3. Comparison of germination characteristics of bean under different levels of methanol

آندوسپرم مصرفی Consumed andosperm (mg)	شاخص بنیه بذر Vigor index	طول گیاهچه Plant lenght (cm)	وزن خشک ریشه‌چه Dry weight radicial (mg)	وزن خشک ساقه‌چه Dry weight plumule (mg)	طول ریشه‌چه Radicial lenght (cm)	طول ساقه‌چه Plumule lenght (cm)	سرعت جوانه‌زنی Speed germination	درصد جوانه‌زنی Perecent germination	متانول Methanol
64.58 a	15.78 a	17.70 a	22.35 a	1.176 a	15.62 a	2.03 a	24.52 a	72. 08 a	0
52.83 a	9.668 b	12.60 b	14.15 b	0.579 b	11.11 b	1.517 ab	18.44 b	54.17 b	5%
21.08 b	4.454 c	9.825 c	8.564 c	0.202 c	8.81 b	0.916 bc	9.325 c	27.50 c	10%
12.25 b	0.891 c	4.796 d	3.757 d	0.178 c	4.12 c	0.675 c	5.50 d	10.42 d	15%

*میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($p \leq 0.05$) اختلاف معنی‌داری ندارند.

The columns with a letter in common are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to Dunkan test.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات جوانه‌زنی گیاه لوبیا در سطوح مختلف تنش خشکی

Table4. Comparison of germination characteristics of bean under different levels of drought

آندوسپرم مصرفی Consumed andosperm (mg)	شاخص بنیه بذر Vigor index	طول گیاهچه Plant lenght (mm)	وزن خشک ریشه‌چه Dry weight radicial (mg)	وزن خشک ساقه‌چه Dry weight plumule (mg)	طول ریشه‌چه Radicial lenght (mm)	طول ساقه‌چه Plumule lenght (mm)	سرعت جوانه‌زنی Speed germination	درصد جوانه‌زنی Perecent germination	تنش خشکی Drought stress (Bar)
52.08 a	12.77 a	16.95 a	19.95 a	0.92 a	15.01 a	1.98 a	21.58 a	63.75 a	0
43.25 ab	8.944 ab	13.80 b	14.48 b	0.68 b	12.11 b	1.60 ab	16.77 b	49.17 b	-3
38.58 b	6.662 bc	9.813 c	10.43 c	0.35 c	8.80 c	1.01 bc	11.94 c	31.25 c	-6
16.83 c	2.959 c	4.346 d	3.948 d	0.175 c	3.75 d	0.537 c	7.49 d	20 d	-9

*میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($p \leq 0.05$) اختلاف معنی‌داری ندارند.

The columns with a letter in common are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to Dunkan test.

طول ساقه‌چه

نتایج تجزیه واریانس مشاهدات (جدول ۲) نشان داد که کاربرد متانول و تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر طول ساقه‌چه دانه رست‌های لوبیا داشت ($p\leq0.01$). اثر متقابل متانول و تنش خشکی بر این صفت معنی‌دار نبود. در بین سطوح متانول سطح شاهد (بدون کاربرد متانول) با ۲/۰۳ میلی‌متر بیشترین میزان طول ساقه‌چه را داشت که با سطح ۵ درصد حجمی (۱/۵۱۷ میلی‌متر) اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین مقدار این صفت با ۰/۶۷۵ میلی‌متر در سطح ۱۵ درصد حجمی متانول مشاهده شد که با سطح ۱۰ درصد حجمی متانول تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). جوانه‌زنی و رشد دانه رست‌های برخی از گیاهان زراعی در غلظت‌های بالاتر از ۱۰ درصد حجمی متانول به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. این محققین دلیل کاهش رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه را به کاهش فعالیت تقسیم سلولی در بذر و سمیت متانول نسبت دادند (Ramberg *et al.*, 2002). در مطالعه‌ای بر روی سیب‌زمینی مشاهده شد که در غلظت ۵ درصد حجمی اتانول رشد بافت کالوس به‌علت کاهش شدید در تقسیم سلولی متوقف شد (Liga *et al.*, 2003). نتایج این مطالعه نیز با نتایج این محققین مطابقت دارد. در میان سطوح خشکی، سطح شاهد (بدون تنش خشکی) با ۱/۹۸ میلی‌متر بیشترین و سطح ۹- بار با ۰/۵۳۷ میلی‌متر کمترین میزان طول ساقه‌چه را داشتند (جدول ۴). کاهش رشد بخش ساقه‌چه و ریشه‌چه در اثر تنش خشکی، به‌دلیل کاهش جذب آب توسط بذر و متعاقباً کاهش انتقال مواد غذایی مورد نیاز برای رشد، به محور زیر لپه می‌باشد (Mensah *et al.*, 2006). علاوه بر آن کاهش جذب آب توسط بذر در شرایط تنش باعث کاهش ترشح هورمون‌ها و فعالیت آنزیم‌ها و در نتیجه اختلال در رشد گیاهچه شامل ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌شود (Kafi *et al.*, 2005). در مطالعه‌ای بر روی ژنوتیپ‌های نخود گزارش کردند که کاهش رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه در شرایط تنش خشکی در ارتباط با کاهش سرعت فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بذر است (Bibi *et al.*, 2009). در این مطالعه نیز کاهش طول ساقه‌چه در سطوح مختلف تنش خشکی نسبت به شرایط بدون تنش مشاهده شد.

طول ریشه‌چه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۲) نشان داد که اثر متانول و تنش خشکی بر طول ریشه‌چه معنی‌دار است ($p\leq0.01$). اثر متقابل متانول و تنش خشکی نیز بر این صفت معنی‌دار بود ($p\leq0.05$). در میان سطوح متانول، سطح شاهد با ۱۵/۶۲ میلی‌متر بیشترین و سطح ۱۵ درصد حجمی متانول با ۴/۱۲ میلی‌متر کمترین میزان طول ریشه‌چه را داشت که با کلیه سطوح اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۳). با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۹- بار میزان طول ریشه‌چه کاهش یافت به‌طوری‌که بیشترین میزان طول ریشه‌چه در سطح شاهد (بدون تنش خشکی) با ۱۵/۰۱ میلی‌متر مشاهده شد که با دیگر سطوح تفاوت معنی‌داری داشت و کمترین مقدار برای این صفت با ۳/۷۵ میلی‌متر در سطح ۹- بار مشاهده شد که با کلیه سطوح اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۴). افزایش تنش خشکی، آب قابل دسترس بذرها را جهت جوانه‌زنی کاهش می‌دهد، لذا سرعت فعالیت‌های متابولیکی بذر کاهش یافته و منجر به کاهش طول ریشه‌چه می‌شود. این مطلب توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Khalid *et al.*, 2001; Gamze *et al.*, 2005; Mensah *et al.*, 2006). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۲) در ارتباط با اثرات متقابل متانول و تنش خشکی نشان داد که بیشترین مقدار برای طول ریشه‌چه با ۲۱/۷۷ میلی‌متر در سطح شاهد متانول در شرایط بدون تنش خشکی مشاهده شد که با کلیه سطوح اختلاف معنی‌داری داشت و کمترین مقدار نیز با ۱/۱۶۷ میلی‌متر در سطح ۱۵ درصد حجمی متانول در تیمار خشکی ۹- بار مشاهده شد. علت کاهش طول ریشه‌چه در این سطح از اثرات متقابل را می‌توان به عوامل متعددی چون کاهش تقسیمات میتوزی در مریستم ریشه، کاهش فعالیت آنزیم‌های کاتالیزکننده فرآیندهای جوانه‌زنی گیاه و اختلال در جذب آب در سطوح بالای متانول و تنش خشکی اشاره کرد.

وزن خشک ساقه چه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۲) نشان داد که متانول و تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک ساقه‌چه بذرهای لوبیا داشت ($p\leq0.01$). برهم کنش متقابل متانول و تنش خشکی نیز تأثیر معنی‌داری بر این صفت داشتند ($p\leq0.05$). در میان اثرات ساده متانول سطح شاهد (بدون کاربرد متانول) بیشترین مقدار وزن خشک ساقه‌چه را داشت که با تمامی سطوح اختلاف معنی‌داری داشت و کمترین مقدار این صفت در سطح ۱۵ درصد حجمی متانول مشاهده شد که با کلیه سطوح تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۳). در بین سطوح خشکی بیشترین میزان وزن خشک ساقه‌چه در سطح شاهد (بدون تنش خشکی) مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری نسبت به دیگر سطوح داشت و کمترین میزان نیز در سطح خشکی ۹- بار مشاهده شد که با سطح ۶- بار تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). در برهم‌کنش متقابل متانول و تنش خشکی

بیشترین میزان این صفت در سطح شاهد متانول در شرایط بدون تنش خشکی مشاهده شد که با کلیه سطوح اختلاف معنی‌داری داشت و کمترین میزان وزن خشک ساقه‌چه متعلق به سطح ۱۵ درصد حجمی متانول در تیمار خشکی ۹- بار بود (شکل ۳). کاهش وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه یکی از رخدادهای رایجی است که در اکثر گیاهان در شرایط تنش خشکی اتفاق می‌افتد (Khalid *et al.*, 2001). یکی از دلایل کاهش وزن ساقه‌چه در پتانسیل‌های آب پایین، تحرک کم مواد غذایی و انتقال کمتر آنها از لپه به محور جنینی می‌باشد (Mensah *et al.*, 2006). Opoku و همکاران (۱۹۹۶) در مطالعه‌ای بر روی لوبیا گزارش کردند که رابطه مستقیمی بین میزان تجمع ماده خشک و رشد طولی ساقه‌چه گیاهان وجود داشت. بنابراین کاهش وزن خشک ساقه‌چه در غلظت‌های بالای متانول و سطوح پایین‌تر پتانسیل آب را می‌توان به کاهش رشد ساقه‌چه در این سطوح نسبت داد.

وزن خشک ریشه‌چه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۲) نشان داد که اثر متانول و تنش خشکی بر وزن خشک ریشه‌چه بذرهای لوبیا معنی‌دار بود ($p\leq 0.01$). اثرات منقابل متانول و تنش خشکی نیز بر این صفت معنی‌دار بود ($p\leq 0.05$). در میان سطوح متانول، سطح شاهد (بدون کاربرد متانول) با ۲۲/۳۵ میلی‌گرم بیشترین و سطح ۱۵ درصد حجمی متانول با ۳/۷۵۷ میلی‌گرم کمترین مقدار وزن خشک ریشه‌چه را داشت که با کلیه سطوح اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۳). در میان اثرات ساده تنش با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۹- بار میزان وزن خشک ریشه‌چه کاهش یافت به‌طوری‌که بیشترین میزان وزن خشک ریشه‌چه در سطح شاهد (بدون تنش خشکی) با ۱۹/۹۵ میلی‌گرم مشاهده شد که با دیگر سطوح تفاوت معنی‌داری داشت و کمترین مقدار برای این صفت با ۳/۹۴۸ میلی‌گرم در سطح ۹- بار مشاهده شد که با کلیه سطوح اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۴). یکی از دلایل کاهش طول و وزن خشک ریشه‌چه در ژنوتیپ‌های نخود تأخیر در انتقال پروتئین از لپه عنوان شده است (Bibi *et al.*, 2009). در میان اثرات متقابل متانول و تنش خشکی بیشترین مقدار این صفت در سطح شاهد متانول در شرایط بدون تنش خشکی (۳۶/۵۹ میلی‌گرم) مشاهده شد که با کلیه سطوح تفاوت معنی‌داری داشت و کمترین میزان وزن خشک ریشه‌چه به سطح ۱۵ درصد حجمی متانول در تیمار خشکی ۹- بار (۰/۸۳۳ میلی‌گرم) اختصاص داشت (شکل ۴). Pahlevani و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که استفاده از عصاره‌های آبی متانول و اتانول در غلظت‌های بالاتر از ۱۰ درصد حجمی منجر به کاهش خصوصیات جوانه‌زنی از قبیل درصد جوانه‌زنی، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌شود. به‌نظر می‌رسد متانول با کاهش فعالیت جیبرلین و اثر بر تقسیم سلول منجر به کاهش طول و وزن خشک ریشه‌چه می‌شود.

طول گیاهچه

نتایج تجزیه واریانس مشاهدات (جدول ۲) نشان داد که اثر متانول، تنش خشکی و برهم‌کنش متقابل متانول و تنش بر طول گیاهچه دانه رست‌های لوبیا به‌ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) در ارتباط با اثرات ساده متانول نشان داد که سطح شاهد (بدون کاربرد متانول) بیشترین میزان طول گیاهچه را داشت که با کلیه سطوح اختلاف معنی‌داری داشت و کمترین مقدار این صفت در سطح ۱۵ درصد حجمی متانول مشاهده شد که با کلیه سطوح تفاوت معنی‌داری داشت. در میان سطوح خشکی سطح شاهد (بدون تنش خشکی) و سطح ۹- بار به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را برای این صفت داشتند که نسبت به دیگر سطوح تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۴). در برهم‌کنش متقابل متانول و تنش خشکی بیشترین مقدار طول گیاهچه با ۲۴/۶۰ میلی‌متر در سطح شاهد متانول در تیمار بدون تنش خشکی مشاهده شد که با کلیه سطوح اختلاف معنی‌داری داشت و کمترین میزان این صفت با ۱/۵۳۳ میلی‌متر در سطح ۱۵ درصد حجمی متانول در تیمار تنش خشکی ۹- بار مشاهده شد (شکل۵). در مطالعه‌ای که بر روی ژنوتیپ‌های مختلف نخود صورت گرفت، علت کاهش طول گیاهچه در شرایط تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ کاهش شدید در صفات ریشه‌چه از قبیل سطح، طول و قطر ریشه‌چه گزارش شد (Bibi *et al.*, 2009). با افزایش سطوح متانول و تنش خشکی طول گیاهچه کاهش یافت که می‌توان به کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در این سطوح نسبت داد.

شاخص بنیه بذر

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر متانول و تنش خشکی بر شاخص بنیه بذرهای لوبیا معنی‌دار بود ($p\leq 0.01$). برهم‌کنش متقابل متانول و تنش خشکی بر این صفت معنی‌دار نبود. در میان سطوح متانول بیشترین میزان شاخص بنیه در سطح شاهد (بدون کاربرد متانول) مشاهده شد که با کلیه سطوح تفاوت معنی‌داری داشت و کمترین میزان برای این صفت در سطح ۱۵ درصد حجمی متانول مشاهده شد

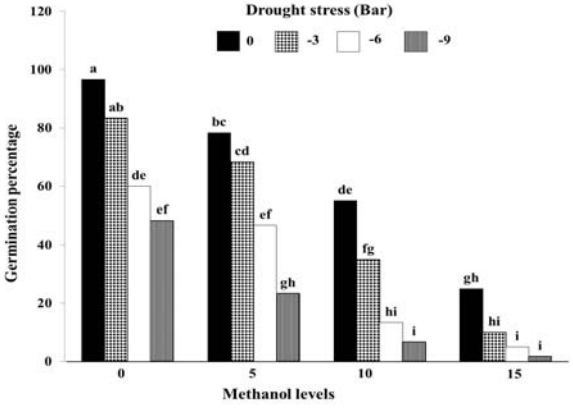
که با سطح ۱۰ درصد حجمی اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳). در بین سطوح خشکی با کاهش پتانسیل آب شاخص بنیه بذر روند نزولی داشت به‌طوری‌که بیشترین میزان این صفت در سطح شاهد (بدون تنش خشکی) بود که با سطح ۳- بار تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین میزان نیز در سطح ۹- بار مشاهده شد که با سطح ۶- بار اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۴). با توجه به اینکه تعیین شاخص بنیه بذر از حاصل‌ضرب درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه به‌دست می‌آید (Agrawal, 1991). بنابراین کاهش شاخص بنیه بذر را می‌توان به کاهش درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه در سطوح فوق نسبت داد.

آندوسپرم مصرفی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۲) نشان داد که اثر متانول و تنش خشکی بر میزان آندوسپرم مصرفی بذرهای لوبیا معنی‌دار بود ($p\leq0.01$). اثرات متقابل متانول و تنش خشکی بر این صفت معنی‌دار نبود. در میان سطوح متانول، سطح شاهد (بدون کاربرد متانول) با ۶۴/۵۸ میلی‌گرم بیشترین میزان آندوسپرم مصرفی را داشت که با سطح ۵ درصد حجمی متانول تفاوت معنی‌داری نداشت و سطح ۱۵ درصد حجمی متانول با ۱۲/۲۵ میلی‌گرم کمترین میزان را داشت که با سطح ۱۰ درصد حجمی متانول تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴) در ارتباط با اثرات ساده تنش خشکی نشان داد که سطح شاهد (بدون تنش خشکی) با ۵۲/۰۸ میلی‌گرم بیشترین میزان را داشت که با سطح ۳- بار اختلاف معنی‌داری نداشت و سطح ۹- بار با ۱۶/۸۳ میلی‌گرم کمترین میزان آندوسپرم مصرفی را داشت که با کلیه سطوح تفاوت معنی‌داری داشت. افزایش آندوسپرم مصرفی در پتانسیل صفر و ۳- بار را می‌توان این گونه توجیه کرد که جوانه حاصل از بذر، قبل از اینکه برگ‌های اولیه آن بتوانند با استفاده از نور خورشید فتوسنتز انجام دهند از مواد غذایی ذخیره شده در درون بذر استفاده می‌کنند، بنابراین ظهور سریعتر و رشد بیشتر ساقه‌چه و ریشه‌چه در سطوح پایین خشکی می‌تواند دلیلی بر افزایش برداشت مواد غذایی از درون لپه باشد (Kafi *et al.*, 2005). از طرفی رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه در پتانسیل‌های بالای آب بیشتر است که در نتیجه آن میزان استفاده از اندوخته لپه نیز بیشتر خواهد بود (Mensah *et al.*, 2006). کاهش آندوسپرم مصرفی در سطوح متانول را می‌توان به کاهش درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه نسبت داد.

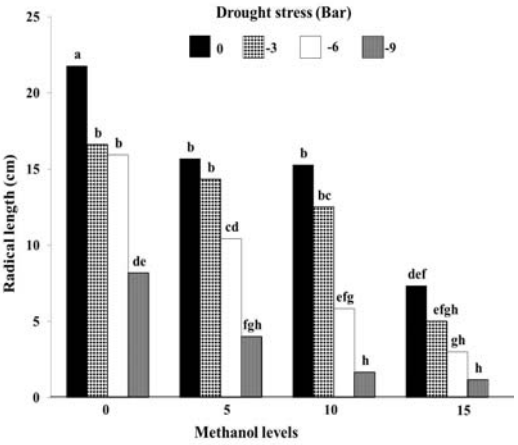
نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش فوق مؤید این است که تنش خشکی منجر به کاهش معنی‌داری در کلیه صفات مورد بررسی شد. در شرایط بدون تنش خشکی، متانول باعث کاهش معنی‌داری در تمامی صفات جوانه‌زنی گیاه لوبیا شد. در اثرات توأم کاربرد متانول و تنش خشکی مشاهده شد که متانول علاوه بر اینکه نتوانست اثرات منفی ناشی از تنش خشکی را جبران کند بلکه منجر به کاهش بیشتری در صفاتی از قبیل درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول گیاهچه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه شد. به‌طور کل می‌توان گفت، با توجه به اینکه مطالعات نشان می‌دهد که محلول‌پاشی متانول در مرحله رویشی و گلدهی اثر مثبتی بر خصوصیات مورفولوژیکی اکثر گیاهان زراعی دارد و نظر به اینکه در مزارع کشت استان خوزستان به‌خصوص شهر بهبهان مشاهده شد که در مرحله رویشی و گلدهی برخی حبوبات از قبیل نخود و لوبیا در مجاورت بوته‌ها علف‌های هرز جوانه می‌زند، پیشنهاد می‌شود استفاده از متانول علاوه بر اثر مثبت بر مرحله رویشی این گیاهان می‌تواند در کاهش جوانه‌زنی علف‌های هرز مفید باشد.



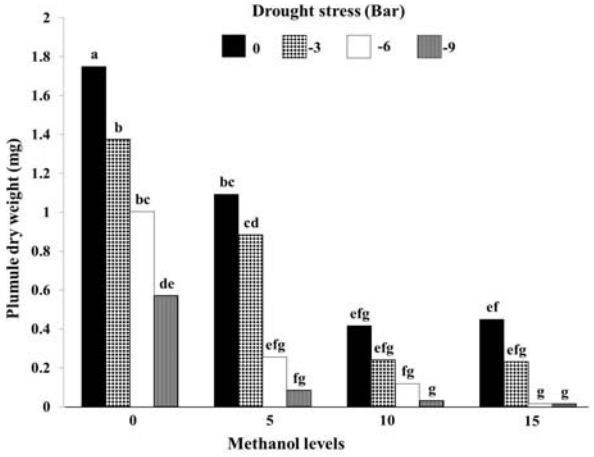
شکل۱- اثر برهم‌کنش متانول و تنش خشکی بر میزان درصد جوانه‌زنی

Fig. 1. The effect of methanol and drought stress intraction on germination percent



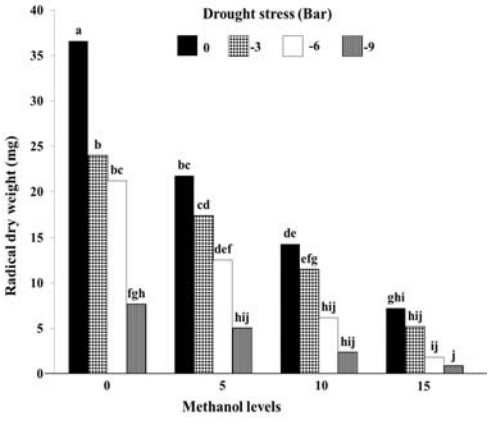
شکل۲- اثر برهم‌کنش متانول و تنش خشکی بر میزان طول ریشه‌چه

Fig. 2. The effect of methanol and drought stress intraction on radicle lenght



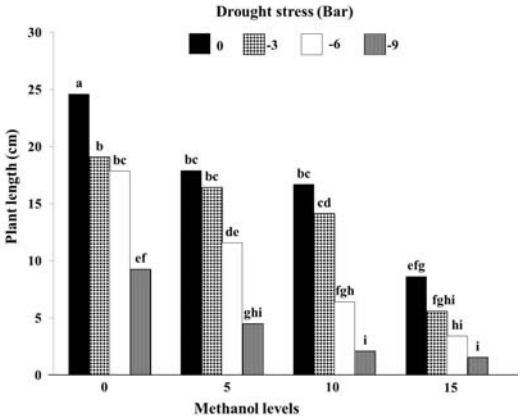
شکل۳- اثر برهم‌کنش متانول و تنش خشکی بر میزان وزن خشک ساقه‌چه

Fig. 3. The effect of methanol and drought stress intraction on plumule dry weight



شکل۴- اثر برهم‌کنش متانول و تنش خشکی بر میزان وزن خشک ریشه‌چه

Fig. 4. The effect of methanol and drought stress intraction on radicle dry weight



شکل۵- اثر برهم کنش متانول و تنش خشکی بر میزان طول گیاهچه

Fig. 5. The effect of methanol and drought stress intraction on plant length

منابع

1. Agrawal, R.L. 1991. Seed Technology. Second edition, Oxford and IBH press. New York and London, 445 pp.
2. Albrecht, S.L. 1995. Effects of foliar ethanol application on crop yield. Crop Science 35: 1642-46.
3. Aref, F. 2011. Concentration of zinc and boron in corn leaf as affected by zinc sulphate and boric acid fertilizers in a deficient soil. Life Science Journal 8: 26-31.
4. Auld, D.L., Bettis, B.L., Crock, J.E., and Kephart, K.D. 1988. Planting date and temperature effects on germination, emergence, and seed yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Agriculture 80: 909-914.
5. Bagheri, A., Mahmoudi, A., and Ghezeli, F. 2001. Common Bean: Research for Crop Improvement. Publications Jahad University of Mashhad. (In Persian).
6. Bibi, N., Hameed, A., Ali, H., Iqbal, N., Haq, M.A., Atta, B.M., Shah, T.M., and Alam, S.S. 2009. Water stress induced variations in protein profiles of germinating cotyledons from seedlings of Chickpeas genotypes. Pakistan Journal of Botany 41:731-736.
7. David, C. 2010. The effect of gibberellins (GA3 and GA47) and ethanol on seed germination of *Rosa eglanteria* and *Rosa glauca*. Journal of Plant Growth Regulation 41: 1-10.
8. De, F., and Kar, R.K. 1994. Seed germination and seedling growth of mung bean (*Vigna radiate*) under water stress induced by PEG-6000. Seed Science and Technology 23:301-304.
9. Derek Bewely, J., and Black, M. 1994. Seeds Physiology of Development and Germination. 2nd Ed, Pleum press, London, 577 pp.
10. Donohue, K., Rubio De Casas, R., Burghardt, L., Kovach, K., Willis, C.G. 2010. Germination, postgermination adaptation, and species ecological ranges. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 41: 293-319.
11. Downie, A., Miyazaki, S., Bohnert, H., John, P., Coleman, J., Parry M., and Haslam, R. 2004. Expression profiling of the response of Arabidopsis thaliana to methanol stimulation. Journal of Phytochemistry 65: 2305-2316.
12. Emmerich, W.E., and Hardegree S.P. 1991. Seed germination in polyethylen glycol solution. Effect of filter paper exclusion and water vapor loss. Journal of Crop Science 31: 454-458.
13. Fabian, A., Jager, K., and Barnabas, B. 2008. Effects of drought and combined drought and heat stress on germination ability and seminal root growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. Journal of Acta Biological 52: 157-159.
14. Gamze, O.K.U., Mehmet Demir, K.A.Y., and Mehmet A.T.A. 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). Turkish Journal of Agriculture 29: 237-242.
15. Gan, Y.T., Miller, P.R., Stevenson, F.C., and McDonald, C.L. 2002. Seedling emergence, pod development and seed yields of chickpea and dry pea in a semi arid environment. Canadian Journal of Plant Science 82: 531-553.
16. Ganjeali, A., Parsa, M., and Khatib, M. 2008. Quantifying seed germination response of chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) influenced temperature and drought stress regimes. Agricultural Research: water, soil and plant agriculture 8: 77-88. (In Persian with English Summary).
17. Gout, E., Aubert, S., Blingy, R., Rebeille, P., and Nonomura, A.R. 2000. Metabolism of methanol in plant cells. Plant Physiology 123: 287-296.
18. Hosseinzadeh, S.R. Salimi, A. Ganjeali, A., and Ahmadpour, R. 2012. Effects of foliar application of methanol on growth and root characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. European Journal of Experimental Biology 2(5): 1697-1702.
19. Hosseinzadeh, S.R., Salimi, A., and Ganjeali, A. 2011. Effects of foliar application of methanol on morphological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Environmental stresses in crop science 4: 140-150. (In Persian with English Summary).

20. Hosseinzadeh, S.R., Salimi, A., Ganjeali, A., and Ahmadpour, R. 2013. Effects of foliar application of methanol on photosynthetic characteristics chlorophyll fluorescence and chlorophyll content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Iranian Journal of Plant Biology 5: 116-129. (In Persian with English Summary).
21. Kafi, M., Nezami, A., Hosaini, H., and Masomi, A. 2005. Physiological effects of drought stress by polyethylene glycol on germination of lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes. Iranian Journal of Field Crops Research 3: 69-80. (In Persian with English Summary).
22. Khalid, M.N., Iqbal, H.F., Tahir, A., and Ahmad A.N. 2001. Germination potential of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) under saline condition. Journal of Biology Science 4: 395-396.
23. Liga, M.V., Eraso I., and Sturte, G.W. 2003. Effect of ethanol on the growth and development. Seed Science and Technology 21: 427-435.
24. Makhdum, I.M., Nawaz, A., Shabab, M., Ahmad, F., and Illahi, F. 2002. Physiological response of Cotton to methanol foliar application. Journal of Research Pakistan University 13: 37-43.
25. Mehrafarin, A., Naghdi Badi, H., Noormohammadi, G., Zand, E., Rezazadeh, S., and Qaderi, A. 2011. Effects of environmental factors and methanol on germination and emergence of Persian Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). African Journal of Agricultural Research 6(19): 4631-4641.
26. Mensah, J.K., Obadoni, B.O., Eruotor, P.G., and Onome, F. 2006. Simulated flooding and drought effects on germination, growth and yield parameters of sesame (*Sesamum indicum* L.). Africian Journal Biology 5: 1249-1253.
27. Michael B.E., and Kaufman M.R. 1976. The osmotic potential of polyethylenglycol-6000. Plant Physiology 51: 914-916.
28. Nadali, I., Paknejad, F., Moradi, F., and Vazan, S. 2010. Effect of methanol on yield and some quality characteristics of sugar beet (Beta vulgaris L.) cv. rasoul in drought and non-drought stress conditions. Journal of Seed and Plant Improvement 26: 95-108. (In Persian with English Summary).
29. Nonomura, A.M., and Benson, A. 1997. The path of carbon in photosynthesis: improved crop yields with methanol. National Academy Science 89: 9794-9798.
30. Ober, E. 2001. The search for drought tolerance in sugar beet. British Sugar Beet Review. 69: 40-43.
31. Opoku, G., Davies, F., M. Zetrio, E.V., and Camble, E.E. 1996. Relationship between seed vigor and yield of white beans (*Phaseolos vulgaris* L). Journal of Plant Variety Seed 9: 119-125.
32. Pahlevani, A.H., Rashed, M.H., Ghorbani, R. 2008. Effects of environmental factors on germination and emergence of Swallowwort. Journal of Weed Technology 22: 303-308.
33. Ramberg, H.A., Bradley, J.S.C., Olson, C., Nishio, J.N., Markwell, J., and Osterman, J.C. 2002. The role of methanol in promoting plant growth. Plant Biochemistry and Biotechnology 1: 113-126.
34. Tigabu, M., and Oden, P.C. 2001. Effect of scarification, gibberellic acid and temperature on seed germination of two multipurpose *albizia* species from Ethiopia. Seed Science and Technology 29: 11-20.
35. Veberic, R., Vodnic, D., and Stampar, F. 2005. Influence of foliar-applied phosphorus and potassium on photosynthesis and transpiration of Golden Delicious apple leaves (*Malus domestica* Borkh.). Journal of Agriculture Slovenia 85: 143-155.
36. Welch, R.M. 1986. Effects of nutrient deficiencies on seed production and quality. Advanced Plant Nutrition 2: 205-247.
37. Zakaria, M.S., Ashraf, H.F., and Serag, E.Y. 2009. Direct and residual effects of nitrogen fertilization, foliar application of potassium and plant growth retardant on Egyptian cotton growth, seed yield, seed viability and seedling vigor. Acta Ecological Science. 29: 116-123.
38. Zeng, Y.J., Wang, Y.R., and Zhang, J.M. 2010 Is reduced seed germination due to water limitation a special survival strategy used by xerophytes in arid dunes. Journal of Arid Environments 74:508-511.
39. Zlatev, Z.S., and Yordanov, I.T. 2004. Effects of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. Bulgharestan Journal of Plant Physiology 30: 3-18.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 6, No. 1, 2015, p. 42-53

Effect of methanol on germination characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Sadry) under drought stress condition

Armand[1], N., Amiri*[2], H., & Ismaili[3], A.

1. Ph.D Student, Faculty of Sciences, Lorestan University, Khoramabad, Iran
2. Department of Biology, Faculty of Sciences, Lorestan University, Khoramabad, Iran
3. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khoramabad, Iran

Received: 31 January 2015
Accepted: 03 March 2015

Abstract

In order to evaluate the effects of methanol on germination percentage, germination speed index, plumule and radicle length, plumule and radicle dry weigh, vigor index and consumed endosperm of bean in condition of water deficit, a factorial experiment done based on completely randomized design with three replications. The first factor was different levels of methanol included 0 (control), 5, 10 and 15 volumetric percentage, and second factor was negative water deficit in four levels of 0, -3, -6 and -9 bar. Results of this study showed that there was a significant difference among different methanol concentrations regarding germination percentage, germination speed index, plumule and radicle length, plumule and radicle dry weight, vigor index and consumed endosperm ($p \leq 0.01$). Different levels of methanol caused significant decrease on germination characteristics compared with control. Drought stress at -9 bar level significantly decreased germination percentage, germination speed index, radicle length, radicle dry weigh and consumed endosperm compared with other levels. Results showed that in non-stress condition, methanol levels led to significant decrease on germination characteristics compared with control. In drought stress condition, methanol levels caused significant decrease on germination percentage, plumule dry weigh, radicle length and radicle dry weight compared with control.

Key word: Consumed endosperm, Germination rate, Seed vigour, Water deficit stress

* **Corresponding Author:** amiri_h_lu@yahoo.com, Mobile: 09166634064