تأثیر متانول بر خصوصیات جوانه‌زنی گیاه عدس (*Lens culinaris* Medik.) تحت تنش خشکی

راهله احمدپور [۱،*]، سعید رضا حسین‌زاده [۱]، نظام آرم‌اند [۱]، ابراهیم فانی [۱]، فریبا نوعدوست [۱]

[۱] گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء، بهبهان
*پست الکترونیک نویسنده مسئول: Ahmadpour@bkatu.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۱۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۲۷)

چکیده

جوانه‌زنی و سبز شدن سریع بذر، یک عامل مهم و تعیین کننده در عملکرد نهایی گیاهان است. در این راستا به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف متانول و تنش خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی عدس (رقم گچساران) آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۳ در دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان به اجرا درآمد. فاکتورها عبارت‌اند از تیمار متانول با ۴ سطح شاهد (بدون متانول)، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی و عامل خشکی نیز شامل ۴ سطح (صفر، ۳، ۶- و ۹- بار) که توسط پلی‌اتیلن گلایکول ایجاد شد. نتایج نشان داد بین سطوح مختلف متانول اختلاف معنی‌داری از نظر درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، سطح و قطر ریشه‌چه وجود داشت. غلظت‌های مختلف متانول به ترتیب موجب کاهش معنی‌دار در کلیه صفات مورد بررسی نسبت به سطح شاهد شد. تنش خشکی در سطح ۹- بار موجب کاهش معنی‌داری در درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، سطح و قطر ریشه‌چه نسبت به دیگر سطوح شد. سطح بدون کاربرد متانول در شرایط بدون تنش خشکی در تمامی صفات نسبت به دیگر سطوح برتری نشان داد. در این تحقیق مشاهده شد که متانول در شرایط بدون تنش و تنش خشکی اثرات منفی بر شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه عدس دارد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، خصوصیات جوانه‌زنی، عدس (*Lens culinaris* Medik.)، متانول

مقدمه

عدس (*Lens culinaris* Medik) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بقولات، در بسیاری از نقاط جهان کاشت می‌شود. این گیاه نقش مهمی در بهبود سلامت انسان، حیوانات و خاک دارد (گروساک[1] و همکاران، ۲۰۰۹). دانه‌های عدس غنی از منابع پروتئینی، مواد مغذی (پتاسیم، فسفر، آهن و روی)، ویتامین‌ها و همچنین اسیدآمینه‌های لوسین و تریپتوفان برای تغذیه انسان می‌باشد (بامداد[2] و همکاران، ۲۰۰۹)؛ بنابراین مصرف عدس با گندم یا برنج، باعث متعادل شدن اسیدآمینه‌های ضروری برای تغذیه انسان می‌شود. عدس یکی از اولین گیاهان اهلی شده توسط بشر می‌باشد. این گیاه انواع خاک‌ها از جمله خاک‌هایی با حاصلخیزی کم را تحمل می‌کند. عوامل محدود کننده رشد، باعث عدم جوانه‌زنی، توسعه آهسته برگ، ماده خشک خیلی کم، شاخص برداشت پایین و قرار گرفتن در معرض تنش‌های زیستی و غیرزیستی این گیاه می‌شود. مهم‌ترین فاکتور غیرزیستی تهدیدکننده عدس، تنش رطوبتی است (گروس و همکاران، ۲۰۰۹). در ایران عدس با سطح زیر کشت حدود ۲۶۰ هزار هکتار و با متوسط عملکردی برابر با ۵۱۱ کیلوگرم در هکتار، تولیدی معادل ۱۱۵ هزار تن در سال دارد (سازمان غذا

[1] Grusak
[2] Bamdad

و کشاورزی سازمان ملل متحد[1]، ۲۰۰۷)؛ که پس از نخود در مقام دوم اهمیت قرار دارد و به دلیل کشت مداوم ارقام کم محصول و حساسیت آن‌ها به تنش‌های مختلف، دارای عملکرد بسیار پایین می‌باشد (آستارایی و فروزان[2]، ۲۰۰۰).

مرحله جوانه‌زنی یک مرحله مهم در حیات گیاه است و می‌تواند تأثیر بسزایی در میزان تولید و عملکرد گیاهان داشته باشد. عملکرد گیاه به نوع بذر، شرایط محیطی و رشد بذر وابسته است (منسا[3] و همکاران، ۲۰۰۶). بنیه و قابلیت زیست بذر دو عامل مهم تأثیرگذار بر استقرار گیاهچه، رشد و عملکرد گیاه به شمار می‌روند (زکریا[4] و همکاران، ۲۰۰۹). در گیاهان زراعی یک‌ساله، جوانه‌زنی و سبز شدن سریع بذر یک عامل مهم تعیین کننده عملکرد نهایی است (گنجعلی[5] و همکاران، ۲۰۰۸). کمبود آب، دماهای بالا، شوری، اسیدیته خاک، عوامل بیماری‌زا و شرایط بی‌هوازی که به‌طور مستقیم بر رشد و جوانه‌زنی بذرها تأثیر می‌گذارند، می‌توانند به‌طور غیرمستقیم بر نمو دانه، ذخایر غذایی و کیفیت زیست اثر بگذارند (ولچ[6]، ۱۹۸۶). بامداد و همکاران (۲۰۰۹) معتقدند که جوانه‌زنی از اهمیت عمده‌ای در بهبود ویژگی‌های تغذیه‌ای حبوبات برای مصرف انسان دارد.

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 (دانوهو[7] و همکاران، ۲۰۱۰). در مناطق خشک و نیمه‌خشک مشاهده شد که هر گونه عملیات زراعی که موجب تسریع جوانه‌زنی و سبز شدن بذر شود، عملکرد دانه را افزایش خواهد داد (گان[8] و همکاران، ۲۰۰۲). جوانه‌زنی بذر با جذب آب شروع می‌شود و با ظاهر شدن جنین کامل می‌شود. در اکثر گونه‌ها ابتدا ریشه‌چه ظاهر می‌شود و بذر به‌عنوان بذر جوانه‌زده در نظر گرفته می‌شود (نونوگاکی[9] و همکاران، ۲۰۱۰).

پتانسیل آب محیط، تأثیر مستقیمی بر سرعت جذب آب و در نتیجه جوانه‌زنی گیاه دارد (گامز[10] و همکاران، ۲۰۰۵). برای ایجاد محیط‌های مصنوعی کنترل پتانسیل آب، از ماده‌ای با جرم مولکولی بالا به نام پلی‌اتیلن گلایکول استفاده می‌شود که نقشی در تغذیه بافت‌ها نداشته و جذب گیاه نمی‌شود، این ماده به دلیل ایجاد محلولی با شرایط مشابه طبیعی بیشترین کاربرد را در تحقیقات تحمل به خشکی پیدا کرده است (امریچ و هاردیگری[11]، ۱۹۹۱). پلی‌اتیلن‌گلایکول ماده‌ای غیرسمی است که در بافت‌های گیاه نفوذ نمی‌کند لذا برعکس موادی همچون کلرید سدیم، مانیتول و ساکارز باعث صدمه به گیاه نمی‌شوند (امریچ و هاردیگری، ۱۹۹۱).

در تحقیقات مختلف، کاربرد متانول به‌عنوان یک منبع کربن برای گیاهان زراعی رواج پیدا کرده است (حسین‌زاده[12] و همکاران، ۲۰۱۱؛ گوت[13] و همکاران، ۲۰۰۰). 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 (حسین‌زاده و همکاران، ۲۰۱۴؛ داونی[14] و همکاران، ۲۰۰۴). متانول در گیاهان عالی به‌آسانی با اتصال به گروه‌های متیل می‌تواند تبدیل به مولکول‌هایی مثل سرین، متیونین و فسفاتیدیل‌کولین شود (راو[15] و همکاران، ۱۹۹۴). کاربرد خارجی متانول به‌طور مستقیم با فرآیندهای متابولیکی رشد و نمو گیاه در ارتباط است و همچنین با فرآیندهای مرتبط با مکانیسم‌های دفاعی از قبیل فعال شدن ژن‌های درگیر در بیوسنتز اسید جاسمونیک نیز مرتبط است (گوت و همکاران، ۲۰۰۰). برخی مطالعات نشان دادند که ترکیب عناصر مختلف به همراه متانول و محلول‌پاشی آن‌ها روی گیاهان زراعی می‌تواند کارایی جذب عناصر را افزایش دهد، از این رو

[1] FAO
[2] Astaraei and Foruzan
[3] Mensah
[4] Zakaria
[5] Ganjeali
[6] Welch
[7] Donohue
[8] Gan
[9] Nonogaki
[10] Gamze
[11] Emmerich and Hardegree
[12] Hosseinzadeh
[13] Gout
[14] Downie
[15] Row

محلول‌پاشی متانول به همراه سایر عناصر معدنی می‌تواند راهکار مناسبی جهت تأمین عناصر مختلف مورد نیاز گیاهان باشد (داونی و همکاران، ۲۰۰۴).

در مناطقی که بذرهای گیاهان با تنش خشکی مواجه هستند به دلیل بالا بودن اسیدیته خاک، جذب عناصر ریزمغذی معمولاً کم است و ممکن است مقدار مواد غذایی جذب شده از خاک کافی نباشد (وبریک[1] و همکاران، ۲۰۰۵). از طرف دیگر ذخایر ناکافی عناصر مغذی در بذرها می‌تواند اثرات نامطلوبی را بر قدرت زیست بذرها و ظهور گیاهچه‌ها باقی‌گذارد (عارف[2]، ۲۰۱۰). با توجه به اینکه اثرات مثبت محلول‌پاشی متانول در افزایش عملکرد و محصول برخی گیاهان از قبیل نخود (حسین‌زاده و همکاران ۲۰۱۲)، سویا (میرآخوری[3] و همکاران، ۲۰۱۰)، چغندرقند (نادعلی[4] و همکاران، ۲۰۱۰)، بادام‌زمینی (ویشگایی[5] و همکاران، ۲۰۰۸) پنبه (مخدوم[6] و همکاران، ۲۰۰۲) و کتان (مانوی و گریک[7]، ۱۹۹۴) گزارش شده است و با توجه به اینکه مطالعات کمی در زمینه اثر متانول بر شاخص‌های جوانه‌زنی وجود دارد.

هدف اصلی این تحقیق بررسی اثر متانول بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذرهای عدس تحت تنش خشکی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی برهم‌کنش متانول و تنش خشکی بر بذرهای عدس (رقم گچساران) آزمایشی در مهرماه سال ۱۳۹۳ در دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان اجرا گردید. آزمایش در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای مورد بررسی در آزمایش شامل تیمار متانول در ۴ سطح شاهد (بدون کاربرد متانول)، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی انتخاب شد. عامل خشکی نیز شامل ۴ سطح (۰، ۳، ۶- و ۹- بار) که طبق دستورالعمل میچل و کافمن[8] (۱۹۷۳) ایجاد شد (جدول ۱) و برای پتانسیل صفر بار (شاهد) از آب مقطر استفاده شد. سطوح خشکی بر اساس آزمایش‌های مقدماتی و نتایج تحقیقات سایر محققان انتخاب 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 سی‌سی محلول تهیه شده شامل 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 بذور جوانه‌زده (دارای طول ریشه‌چه ۲ میلی‌متر) ثبت شدند. برداشت پتری دیش‌ها ۱۲ روز بعد از شروع آزمایش انجام شد (کافی[9] و همکاران، ۲۰۰۵).

پس از برداشت، ریشه‌چه و ساقه‌چه از بذر جدا شدند و طول ساقه‌چه و ریشه‌چه به‌وسیله خط کش اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین وزن خشک اندام‌های فوق، ساقه‌چه و ریشه‌چه در آون ۷۰ °C به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و سپس وزن خشک آن‌ها با ترازوی AND مدل GT-300 ساخت کشور آلمان با دقت ۰/۰۰۱ گرم تعیین شد. صفات مربوط به ریشه‌چه مانند سطح و قطر ریشه‌چه پس از اینکه ریشه‌چه به مدت ۳ الی ۵ دقیقه در محلول بنفش رنگ پرمنگنات منیزیم قرار گرفتند، پس از مشاهده تغییر رنگ ریشه‌چه‌ها آن‌ها را خارج کرده و سپس توسط دستمال کاغذی کاملاً خشک شدند و در نهایت با استفاده از دستگاه اسکنر متصل به کامپیوتر (دستگاه اندازه‌گیری صفات مربوط به ریشه) ساخت شرکت WINRHIZO کانادا اندازه‌گیری شدند. درصد جوانه‌زنی از تقسیم تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر بار شمارش بر تعداد کل بذرها، ضرب درصد

[1] Veberic
[2] Aref
[3] Mirakhori
[4] Nadeali
[5] Vyshkaei
[6] Makhdum
[7] Mauney and Gerik
[8] Michel and Kaufman
[9] Kafi

محاسبه شد (معادله ۱). سرعت جوانه‌زنی (day^{-1}) از معادله (۲) محاسبه شد (اگراوال[1]، ۱۹۸۰).

$$GP\% = \sum \frac{n_i}{N} \times 100$$ معادله (۱)

$$GS = \sum \frac{ni}{Di}$$ معادله (۲)

در معادله‌های فوق Gp درصد جوانه‌زنی، n_i تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر بار شمارش، N تعداد کل بذرها، Di تعداد روز پس از آغاز آزمایش و GS سرعت جوانه‌زنی است. میزان آندوسپرم مصرفی بذرها از طریق محاسبه اختلاف وزن آن‌ها قبل و بعد از جوانه‌زنی محاسبه شد (رهباریان و همکاران، ۱۳۹۱). تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Mstat-C انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال خطای ۱ درصد استفاده شد.

جدول ۱- نحوه ایجاد پتانسیل خشکی

نوع محلول (پتانسیل خشکی)	مقدار محلول	مقدار PEG 6000
۳- بار	۴۰۰ میلی‌لیتر	۵۵/۲ گرم
۶- بار	۴۰۰ میلی‌لیتر	۷۵/۶ گرم
۹- بار	۴۰۰ میلی‌لیتر	۸۸/۸ گرم

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر تیمارهای مختلف متانول و نیز سطوح متفاوت خشکی به‌تنهایی بر درصد نهایی جوانه‌زنی بذرهای عدس معنی‌دار شد. مقایسه میانگین ترکیب تیماری متانول و تنش خشکی بر این صفت معنی‌دار نبود. در میان سطوح متانول بیشترین درصد جوانه‌زنی با ۷۴/۵۰ درصد در سطح شاهد (بدون متانول) مشاهده شد که با کلیه سطوح اختلاف معنی‌داری داشت و کمترین درصد با ۳۶/۶۷ درصد 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 ۷۲/۲۵ درصد بیشترین میزان درصد جوانه‌زنی را داشت که با کلیه سطوح خشکی تفاوت معنی‌داری داشت و اما سطح خشکی ۹- بار با ۳۶/۱۷ درصد کمترین مقدار این صفت را به خود اختصاص داد که با سطح ۶- بار اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۴).

جوانه‌زنی یکی از مراحل مهم و حیاتی رشد در گیاهان بوده و اعتقاد بر این است که جوانه‌زنی و سبز شدن سریع بذر، یک عامل مهم تعیین کننده عملکرد نهایی گیاهان می‌باشد (بولی و به لک[2]، ۱۹۹۴). 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 فرایند جوانه‌زنی را به تأخیر انداخت (آلد[3] و همکاران، ۱۹۸۸). در این مطالعه نیز کاهش پتانسیل آب منجر به کاهش درصد جوانه‌زنی شد. کاهش جوانه‌زنی می‌تواند به دلیل 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 روبرو می‌سازد (دی و کار[4]، ۱۹۹۴). کاهش درصد جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی در بررسی بر روی نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) نیز گزارش شده است (گامز و همکاران، ۲۰۰۵). ترکیباتی از قبیل متانول و اتانول با وجود اثرات مثبت بر فاز رویشی گیاهان به دلیل افزایش میزان CO_2 درون سلول و فتوسنتز (مخدوم[5] و همکاران، ۲۰۰۲؛ حسین‌زاده و همکاران، ۲۰۱۴) دارای اثرات بازدارنده بر روی خصوصیات جوانه‌زنی هستند (نانومورا و بنسون[6]، ۱۹۹۷). 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.

[1] Agrawal

[2] Bewely and Black
[3] Auld
[4] De and Kar
[5] Makhdum
[6] Nonomura and Benson

جدول ۲- نتایج میانگین مربعات خصوصیات جوانه‌زنی بذرهای عدس در سطوح مختلف متانول تحت تنش خشکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	آندوسپرم مصرفی	قطر ریشه‌چه	سطح ریشه‌چه
متانول	۳	۳۱۱۲/۷۹۹**	۱۵/۰۳۸**	۱۶۳۷/۳۱۱**	۲۳۵/۸۸**	۳/۲۷۹**	۳/۱۶۵**	۵۹/۶۳۸**	۰/۰۰۱**	۰/۱۱۷**
تنش خشکی	۳	۴۴۴۹/۴۶۵**	۴/۷۶۲**	۱۲۶۵/۷۲۷**	۲۸۸/۴۹۱**	۱/۶۴۲**	۱/۹۶۵**	۱۵/۰۸۷**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۳۸**
متانول×تنش	۹	۸۵/۷۶۲^{ns}	۰/۳۳۸*	۴۴/۶۰۷^{ns}	۱۷/۵۵۲**	۰/۰۹۱*	۰/۰۴^{ns}	۱/۴۴۵*	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}
خطای آزمایش	۳۳	۵۸/۰۴۲	۰/۱۴۴	۲۵/۳۴۹	۳/۳۹۱	۰/۰۳۳	۰/۰۷۳	۰/۶۳۰	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)		۱۴/۰۵	۲۲/۰۲	۲۲/۳۹	۱۴	۲۰/۹۵	۱۴/۸۸	۲۹/۴۱	۴۹/۲۶	۱۷/۵۶

^{ns}، *، ** به ترتیب غیرمعنی دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مربوط به خصوصیات جوانه‌زنی گیاه عدس در سطوح مختلف خشکی

تنش خشکی (بار)	درصد جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه (میلی‌متر)	وزن خشک ریشه‌چه (میلی‌گرم)	قطر ریشه‌چه (میلی‌متر)	سطح ریشه‌چه (سانتی‌متر مربع)
شاهد	۷۶/۲۵ a	۳۵ a	۲/۲۴۲ a	۰/۰۲ a	۰/۲۱۸ a
-۳	۶۴/۱۷ b	۲۵/۸۳ b	۲ b	۰/۰۱۳ ab	۰/۱۸۲ b
-۶	۴۰ c	۱۷/۹۶ c	۱/۷۱۷ c	۰/۰۱ ab	۰/۱۶۴ bc
-۹	۳۶/۱۷ c	۱۱/۱۷ d	۱/۳۰۰ d	۰/۰۰۷ b	۰/۸۶۲ c

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مربوط به خصوصیات جوانه‌زنی گیاه عدس در سطوح مختلف متانول

متانول (درصد حجمی)	درصد جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه (میلی‌متر)	وزن خشک ریشه‌چه (میلی‌گرم)	قطر ریشه‌چه (میلی‌متر)	سطح ریشه‌چه (سانتی‌متر مربع)
شاهد	۷۴/ ۵۰a	۳۵/۱۷ a	۲/۴۱۷ a	۰/۰۲۱ a	۰/۲۸۵ a
٪۵	۵۷/۹۲ b	۲۸/۰۸ b	۱/۹۹۲ b	۰/۰۱۸ ab	۰/۱۸۲ b
٪۱۰	۵۷/۵۰b	۲۴/۳۸ bc	۱/۶۴۲ c	۰/۰۰۷ bc	۰/۱۰۳ c
٪۱۵	۳۶/۶۷c	۸/۳۳۳ d	۱/۲۰۸ d	۰/۰۰۳ c	۰/۰۶۱ d

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

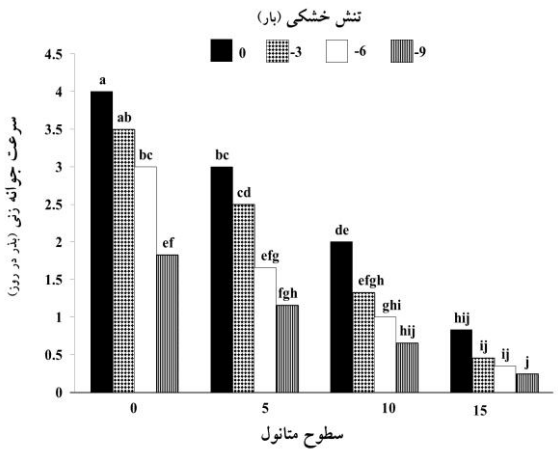
این محققین علت کاهش میزان جوانه‌زنی را تأثیر الکل بر ساختار لیپیدی غشا و اثر آن بر شکل فضایی پروتئین‌های غشایی بیان کردند (آلبرت[1]، ۱۹۹۵). نتایج پژوهش حاضر نشان دهنده تأثیر منفی افزایش غلظت متانول بر درصد جوانه‌زنی بذرهای عدس بود.

سرعت جوانه‌زنی

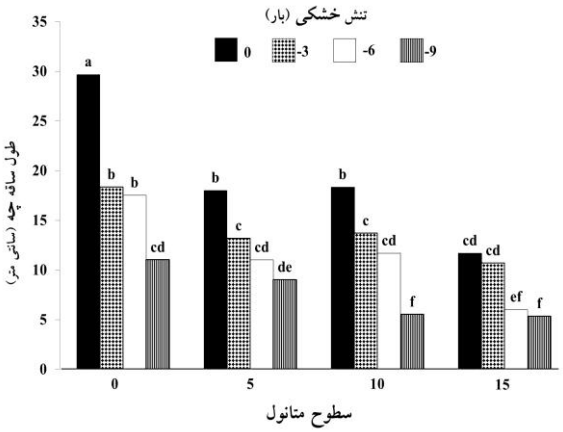
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متانول و تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار است. برهم‌کنش متقابل متانول و تنش خشکی نیز بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها در برهم‌کنش متانول و تنش خشکی نشان داد که سطح شاهد متانول در تیمار بدون تنش خشکی بیشترین میزان سرعت جوانه‌زنی را داشت که با سطح شاهد متانول در تیمار ۳- بار تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میزان این صفت در سطح ۱۵ درصد حجمی متانول در تیمار تنش خشکی شدید (۹- بار) مشاهده شد که با سایر سطوح ۱۵ درصد حجمی متانول در تیمار ۹- بار اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۱).

کاهش جذب آب و متعاقب آن کاهش فعالیت‌های آنزیمی مربوط به فرایندهای بیوشیمیایی جوانه‌زنی، علت اصلی کاهش سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی است (فابیان[2] و همکاران، ۲۰۰۸). در سطوح بالای تنش خشکی، آسیب‌های احتمالی ناشی از دناتوره شدن ساختمان سه‌بعدی آنزیم‌ها می‌تواند یکی از دلایل اصلی کاهش سرعت جوانه‌زنی باشد (فابیان و همکاران، ۲۰۰۸). از طرف دیگر اگر جذب آب توسط بذر مختل و یا به‌کندی صورت گیرد، سرعت انجام فرایندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی در داخل بذر کاهش یافته و در نتیجه مدت زمان لازم برای خروج ریشه‌چه از بذر افزایش یافته و سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (منسا و همکاران، ۲۰۰۶). در این ارتباط در تحقیقی بر روی ژنوتیپ‌های عدس گزارش کردند که شاخص‌های جوانه‌زنی از قبیل سرعت و درصد جوانه‌زنی تحت خشکی کاهش یافت (کافی و همکاران، ۲۰۰۵). زنگ[3] و همکاران (۲۰۱۰) نیز، کاهش جوانه‌زنی به دلیل 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. یکی از آنزیم‌های مهم در جوانه‌زنی آلفا آمیلاز می‌باشد که موجب شکسته شدن قندها و نشاسته بذر شده و آن‌ها را به مواد قابل استفاده جنین تبدیل می‌کند (فابیان و همکاران، ۲۰۰۸). تحت تیمارهای الکلی از قبیل اتانول کاهش فعالیت این آنزیم مشاهده شده است (آلبرت، ۱۹۹۵). دیوید[4] (۲۰۱۰) گزارش کرد که اتانول منجر به کاهش فعالیت هورمون جیبرلین و در نهایت منجر به کاهش فعالیت آلفا آمیلاز می‌شود. کاهش در تقسیم سلولی با کاهش در فعالیت هورمون جیبرلین ارتباط مستقیم دارد (دیوید، ۲۰۱۰). در مطالعه‌ای که 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 روبه‌رو شدند و درنتیجه این تیمارها در شکست خواب بذر ناموفق بودند (تایگابو و اودن[5]، ۲۰۰۱). با توجه به نتایج، کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی بذرها را می‌توان به کاهش فعالیت آلفا آمیلاز نسبت داد. نتایج پژوهش حاضر نشان دهنده تأثیر منفی افزایش غلظت متانول در کلیه سطوح تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی است. با دقت بیشتر در نتایج به نظر می‌رسد متانول در سطوح بالای خشکی، تأثیر محدود کنندگی بیشتری بر کاهش سرعت جوانه‌زنی دارد.

[1] Albrecht
[2] Fabian
[3] Zeng
[4] David
[5] Tigabu and oden

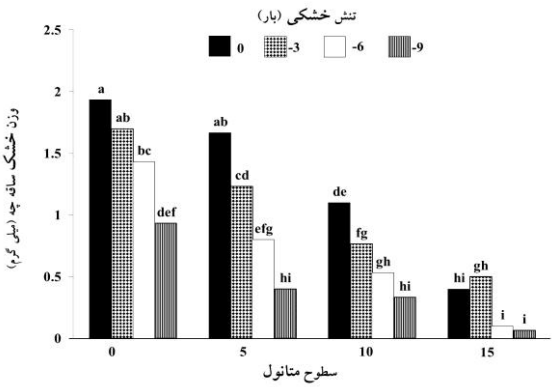


شکل ۱- مقایسه میانگین ترکیب تیماری متانول و تنش خشکی برای سرعت جوانه‌زنی

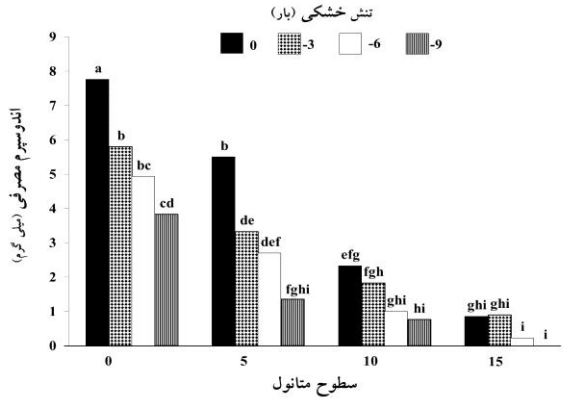


شکل ۲- مقایسه میانگین ترکیب تیماری متانول و تنش خشکی برای طول ساقه‌چه

* ستون‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند (در سطح احتمال ۵ درصد).



شکل ۳- مقایسه میانگین ترکیب تیماری متانول و تنش خشکی برای وزن خشک ساقه‌چه



شکل ۴- مقایسه میانگین ترکیب تیماری متانول و تنش خشکی برای آندوسپرم مصرفی

* ستون‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند (در سطح احتمال ۵ درصد).

طول ساقه‌چه

نتایج تجزیه واریانس مشاهدات (جدول ۲) نشان داد که کاربرد متانول، تنش خشکی و اثر متقابل متانول و تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر طول ساقه‌چه دانه‌رست‌های عدس داشت. مقایسه میانگین ترکیب تیماری متانول و تنش خشکی بر طول ساقه‌چه نشان داد که سطح شاهد متانول در تیمار بدون تنش خشکی افزایش معنی‌داری نسبت به دیگر سطوح داشت و سطح ۱۵ درصد حجمی متانول در تیمار تنش خشکی ۹- بار با ۵/۳۳ میلی‌متر کمترین طول ساقه‌چه را به خود اختصاص داد که به‌جز سطوح ۱۵ درصد حجمی در تیمار تنش خشکی ۶- بار و ۱۰ درصد حجمی در تیمار تنش خشکی ۹- بار با دیگر سطوح تفاوت معنی‌داری داشت (شکل ۲). کاهش رشد بخش ساقه‌چه و ریشه‌چه در اثر تنش خشکی، به دلیل کاهش جذب آب توسط بذر و متعاقباً کاهش انتقال مواد غذایی مورد نیاز برای رشد، به محور زیر لپه می‌باشد (منسا و همکاران، ۲۰۰۶). علاوه بر آن کاهش جذب آب توسط بذر، تنش

خشکی باعث کاهش ترشح هورمون‌ها و فعالیت آنزیم‌ها و در نتیجه اختلال در رشد گیاهچه شامل ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌شود (کافی و همکاران، ۲۰۰۵). 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 (بیبی[1] و همکاران، ۲۰۰۹). در این مطالعه نیز کاهش طول ساقه‌چه در سطوح مختلف تنش خشکی نسبت به شرایط بدون تنش مشاهده شد. جوانه‌زنی و رشد دانه‌رست‌های 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 (رامبرگ[2] و همکاران، ۲۰۰۲). نتایج این مطالعه نیز با نتایج این محققین مطابقت دارد.

طول ریشه‌چه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متانول و تنش خشکی بر طول ریشه‌چه معنی‌دار است ($P \leq 0.01$). مقایسه میانگین ترکیب تیماری متانول و تنش خشکی بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). در میان سطوح متانول، سطح شاهد با ۳۵/۱۷ میلی‌متر بیشترین و سطح ۱۵ درصد حجمی متانول با ۸/۳۳ 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 به‌طوری که بیشترین میزان طول ریشه‌چه در سطح شاهد (بدون تنش خشکی) با ۳۵ میلی‌متر مشاهده شد که با دیگر سطوح تفاوت معنی‌داری داشت و کمترین مقدار برای این صفت با ۱۱/۱۷ میلی‌متر در سطح ۹- بار مشاهده شد که با کلیه سطوح تفاوت 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.

[1] Bibi
[2] Ramberg

این مطلب توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (خالید[3] و همکاران، ۲۰۰۱؛ گامز و همکاران، ۲۰۰۵؛ منسا و همکاران، ۲۰۰۶). علت کاهش طول ریشه‌چه در سطوح بالای متانول را می‌توان به عوامل متعددی چون کاهش تقسیمات میتوزی در مریستم ریشه، کاهش فعالیت آنزیم‌های کاتالیز کننده فرآیندهای جوانه‌زنی گیاه و اختلال در جذب آب در این سطوح نسبت داد.

وزن خشک ساقه چه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که متانول و تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک ساقه‌چه بذرهای عدس داشت. برهم‌کنش متانول و تنش خشکی نیز تأثیر معنی‌داری بر این صفت داشت (جدول ۲). در برهم‌کنش متانول و تنش خشکی بیشترین میزان این صفت در سطح شاهد متانول در تیمار بدون تنش خشکی مشاهده شد که به‌جز سطح شاهد متانول در تیمار ۳- بار 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 که با سطوح ۱۵ درصد حجمی در تیمارهای بدون تنش و ۹- بار و ۱۰ درصد حجمی در تیمار ۹- بار تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۳). کاهش وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه یکی از رخدادهای رایجی است که در اکثر گیاهان در شرایط تنش خشکی اتفاق می‌افتد (خالید و همکاران، ۲۰۰۱). به نظر می‌رسد یکی از دلایل کاهش وزن ساقه‌چه در پتانسیل‌های آب پایین، تحرک کم مواد غذایی و انتقال کمتر آن‌ها از لپه به محور جنینی باشد. قابل ذکر است عواملی که سرعت رشد محور جنینی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، می‌توانند بر تحرک مواد غذایی و انتقال آن‌ها از لپه‌ها به محور جنینی تأثیر بگذارند (منسا و همکاران، ۲۰۰۶). در مطالعه‌ای که بر روی لوبیا تحت تنش خشکی صورت گرفت گزارش کردند که رابطه مستقیمی بین میزان تجمع ماده خشک و رشد طولی ساقه‌چه گیاهان متحمل وجود دارد (اوپوکو[4] و همکاران، ۱۹۹۶)؛ بنابراین کاهش وزن خشک ساقه‌چه در غلظت‌های بالای متانول و

[3] Khalid
[4] Opoku

سطوح پایین‌تر پتانسیل آب را می‌توان به کاهش رشد ساقه‌چه در این سطوح نسبت داد.

وزن خشک ریشه‌چه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متانول و تنش خشکی بر وزن خشک ریشه‌چه بذرهای لوبیا معنی‌دار است ($P\leq 0.01$). مقایسه میانگین ترکیب تیماری متانول و تنش خشکی بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). در میان سطوح متانول، سطح شاهد متانول با ۲/۴۱۷ میلی‌گرم بیشترین و سطح ۱۵ درصد حجمی متانول با ۱/۲۰۸ 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 به‌طوری که بیشترین میزان وزن خشک ریشه‌چه در سطح شاهد (بدون تنش خشکی) با ۲/۲۴۲ میلی‌گرم مشاهده شد که با دیگر سطوح تفاوت معنی‌داری داشت و کمترین مقدار برای این صفت با ۱/۳۰۰ میلی‌گرم در سطح ۹- بار مشاهده شد که با کلیه سطوح اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۴). کاهش وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه یکی از رخدادهای رایجی است که در اکثر گیاهان در شرایط تنش خشکی اتفاق می‌افتد، ولی شدت این کاهش بسته به ژنوتیپ و میزان مقاومت گیاه در برابر تنش خشکی متفاوت است (کالفتوقلو ماکار[1] و همکاران، ۲۰۰۹). در گیاهان متحمل به تنش خشکی، کاهش کمتر رشد بخش ساقه‌ای و ریشه‌ای و حتی در مواردی افزایش رشد ریشه‌ای نیز مشاهده شده است (منسا و همکاران، ۲۰۰۶). یکی از دلایل کاهش طول و وزن خشک ریشه‌چه در شرایط تنش خشکی در ژنوتیپ‌های نخود تأخیر در انتقال پروتئین از لپه عنوان شده است (بیبی و همکاران، ۲۰۰۹). پهلوانی[2] 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. به نظر می‌رسد متانول با اثر بر تقسیم سلول از طریق کاهش فعالیت جیبرلین منجر به کاهش طول و وزن خشک ریشه‌چه می‌شود.

سطح ریشه‌چه

نتایج تجزیه واریانس مشاهدات نشان داد که اثر متانول و تنش خشکی بر سطح ریشه‌چه دانه‌رست‌های عدس در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) در ارتباط با اثرات ساده متانول نشان داد که سطح شاهد متانول با ۰/۲۸۵ سانتی‌متر مربع بیشترین میزان سطح ریشه‌چه را داشت که با کلیه سطوح اختلاف معنی‌داری داشت و کمترین مقدار این صفت با ۰/۰۶۱ سانتی‌متر مربع در سطح ۱۵ درصد حجمی متانول مشاهده شد که با کلیه سطوح تفاوت معنی‌داری داشت. در میان سطوح خشکی بیشترین میزان سطح ریشه‌چه در سطح شاهد (بدون تنش خشکی) مشاهده شد که با دیگر سطوح تفاوت معنی‌داری داشت و سطح ۹- بار کمترین مقدار را برای این صفت داشت که با سطح ۶- بار اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۴). افزایش سطح ریشه‌چه از طریق افزایش نقاط ورودی آب و عناصر غذایی و همچنین افزایش سطح جذب می‌تواند کارایی جذب آب و عناصر غذایی را افزایش دهد (گنجعلی و همکاران، ۲۰۰۴). گزارش‌های زیادی حاکی از همبستگی مثبت و بسیار بالای طول ریشه با سطح ریشه وجود دارد (گنجعلی و همکاران، ۲۰۰۴؛ گنجعلی و همکاران، ۲۰۰۷). با افزایش سطوح متانول و تنش خشکی سطح ریشه‌چه کاهش یافت که می‌توان به کاهش طول ریشه‌چه در این سطوح نسبت داد. در مطالعه بر روی ژنوتیپ‌های بذرهای مختلف نخود مشاهده شد که در شرایط تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ صفات ریشه‌چه از قبیل سطح، طول و قطر ریشه‌چه کاهش شدیدی داشت (بیبی و همکاران، ۲۰۰۹). در این مطالعه نیز مشاهده شد که سطوح خشکی کاهش معنی‌داری نسبت به سطح شاهد داشت.

[1] Kalefetoglu Macar

[2] Pahlevani

قطر ریشه‌چه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متانول و تنش خشکی بر قطر ریشه‌چه معنی‌دار است. برهم‌کنش متقابل متانول و تنش خشکی بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). در میان سطوح متانول بیشترین میزان قطر ریشه‌چه در سطح شاهد متانول مشاهده شد که با سطح ۵ درصد حجمی اختلاف معنی‌داری نداشت 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 قطر ریشه‌چه بذرها روند نزولی داشت به‌طوری که بیشترین میزان این صفت در سطح شاهد (بدون تنش خشکی) بود که با سطح ۳- و ۶- بار تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین میزان نیز در سطح ۹- بار مشاهده شد که نسبت به کلیه سطوح کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۴). در مطالعه بر روی ژنوتیپ‌های بذرهای عدس کاهش قطر و طول ریشه‌چه تحت تیمار تنش خشکی گزارش شد (کیانی[1] و همکاران، ۱۹۹۸)؛ که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. این محققان کاهش قطر ریشه را به کاهش اندازه سلول‌ها در کورتکس و نیز کاهش در عناصر آوندی در این شرایط مرتبط دانستند. به نظر می‌رسد در غلظت‌های بالای متانول و خشکی به علت کاهش در بیشتر صفات ریشه‌چه از قبیل طول، سطح و وزن خشک، کاهش قطر ریشه‌چه در این سطوح نیز منطقی باشد.

آندوسپرم مصرفی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متانول و تنش خشکی و اثر متقابل متانول و تنش بر میزان آندوسپرم مصرفی بذرهای عدس به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی‌دار است (جدول ۲). در میان سطوح متانول، سطح شاهد متانول با ۵/۵۸۳ میلی‌گرم بیشترین میزان آندوسپرم مصرفی را داشت که با دیگر سطوح تفاوت معنی‌داری داشت و سطح ۱۵ درصد حجمی متانول با ۰/۵۰۰ میلی‌گرم کمترین میزان این صفت را داشت که با کلیه سطوح تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در ارتباط با اثرات ساده تنش خشکی نشان داد که سطح شاهد (بدون تنش خشکی) با ۴/۱۱۷ میلی‌گرم بیشترین میزان را داشت که با سطوح دیگر تنش خشکی تفاوت معنی‌داری داشت و سطح ۹- بار با ۱/۴۹۲ میلی‌گرم کمترین میزان آندوسپرم مصرفی را داشت که به‌جز سطح ۶- بار با کلیه سطوح اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۴). در برهم‌کنش متقابل متانول و تنش خشکی سطح شاهد متانول در تیمار بدون تنش خشکی بیشترین آندوسپرم مصرفی را داشت که با دیگر سطوح تفاوت معنی‌داری داشت و سطح ۱۵ درصد حجمی متانول در تیمار ۹- بار کمترین میزان این صفت را داشت که با سطوح ۱۵ درصد حجمی متانول در تیمارهای بدون تنش، ۳- و ۶- بار و سطوح ۱۰ درصد حجمی متانول در تیمارهای ۶- و ۹- بار و نیز سطح ۵ درصد حجمی در تیمار ۹- بار اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۴). 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 (کافی و همکاران، ۲۰۰۸). 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 (منسا و همکاران، ۲۰۰۶). 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 در شرایط بدون تنش خشکی، متانول باعث کاهش معنی‌دار در کلیه صفات مورد بررسی شد. با کاهش پتانسیل آب از ۰ تا ۹- بار نیز در تمامی صفات مورد بررسی کاهش معنی‌داری مشاهده شد. برهم‌کنش متانول و تنش

[1] Kiani

خشکی منجر به کاهش معنی‌دار بیشتری در صفات سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و آندوسپرم مصرفی شد.

اما با توجه به تحقیقاتی که نشان می‌دهند متانول در مراحل گیاهچه‌ای و گلدهی در گیاهان مختلف باعث افزایش محصول و عملکرد می‌شود، پیشنهاد می‌شود که تأثیر متانول در مرحله گیاهچه‌ای گیاه عدس برای افزایش رشد و عملکرد این گیاه و جلوگیری از جوانه‌زنی علف‌های هرز که معمولاً در اطراف بوته‌ها مشاهده می‌شوند نیز بررسی گردد.

منابع

رهباریان، ر.، خاوری نژاد، ر.، گنجعلی، ع.، باقری، ع. و نجفی، ف. ۱۳۹۱. بررسی جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به تنش خشکی در شرایط کنترل شده در گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.). نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۰(۳): ۵۳۱-۵۲۲.

Agrawal, R.L. 1980: Seed Technology. Oxford and IBH Publishing Co, New Delhi, India. CRC Press, New York. 285-314.

Albrecht, S.L. 1995. Effects of foliar ethanol application on crop yield. Crop Science, 35: 1642-1656.

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.

Astaraei, A.R., and Foruzan ghohar, M. 2000. Effect of calcium on germination and seeding growth of lentil (*Lens culinaris* Medik) in different levels of salinity. Biaban, 5(2): 37-49.

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. Agronomy Journal, 80(6): 909-914.

Bamdad, F., Dokhani, S., and., Keramat, J. 2009. Functional assessment and subunit constitution of lentil (*Lens culinaris*) proteins during germination. International Journal of Agriculture and Biology, 11(6): 690-694.

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 cotylodons from seedlings of Chickpeas genotypes. Pakistan Journal of Botany, 41(2): 731-736.

David, C. 2010. The effect of gibberellins (GA3 and GA4+7) and ethanol on seed germination of *Rosa eglanteria* and *Rosa glauca*. Supplement to the Rose Hybridizers Association Newsletter, 41(4): 1-10.

De, R., 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(2): 301-304.

Donohue, K., Rubio, De., Casas, R., Burghardt, L., Kovach, K., and Willis, C.G. 2010. Germination, postgermination adaptation, and species ecological ranges. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 41: 293-319.

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(16): 2305–2316.

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(2): 454-458.

Grusak, M.A. 2009. Nutritional and health-benecial quality. In: Erskine, W., Muehlbauer, F.J., Sarker, A., Sharma, B. (ed), The Lentil: Botany, Production and Uses. Wallingford: CABI, 368390.

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(1): 157-159.

FAO. 2007. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food Outlook, Global market analysis. Statistical Appendix. No.1. June.

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(3): 531-553.

Ganjeali, A., Kafi, M., Bagheri, A., and Shahriyari, F. 2004. Allometric relationship between root and shoot characteristics of chickpeas seedling (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 18: 67-80.

Ganjeali, A. and Kafi, M. 2007. Genotypic differences for allometric relationships between root and shoot characteristics in Chickpea (*Cicer arietinum* L.). Pakistan Journal of Botany, 39(5): 1523-1531.

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.

Gout, E., Aubert, S., Blingy, R., Rebeille, P., and Nonomura, A.R. 2000. Metabolism of methanol in plant cells. Plant Physiology, 123(1): 287-296.

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. Enviromntal Stresses in Crop Science, 4: 140-150.

Hosseinzadeh, S.R., Ganjeali, A., Salimi, 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.

Hosseinzadeh, S. R., Salimi, A., Ganjeali, A., and Ahmadpour, R. 2014. 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(18): 116-129.

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.

Kalefetoglu Macar, T., Turan, O., and Ekmekci, y. 2009. Effect of water deficit induced by PEG and NaCl on Chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars and lines at early seedling stage. Journal of science 22(1): 5-14.

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(4): 395-396.

Kiani, L. R., Bagheri. A., and Nezami, A. 1998. Reaction of lentil genotypes to water stress caused by PEG 6000 at germination stage Agricultural Sciences and Technology Journal, 12: 42-55.

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.

Mauney J.R., and Gerik T.J. 1994. Evaluating methanol usage in Cotton. Proc. Beltwide Cotton Conf., National Cotton Council of America Memphis, TN, USA. p: 39-40.

Mensah, J.K., Obadoni, B.O., Eruotor, P.G., and Onome-Irieguna, F. 2006. Simulated flooding and drought effects on germination, growth and yield parameters of sesame (*Sesamum indicum* L.). Africian Journal Biotechnology, 5(13): 1249-1253.

Michel B.E., and Kaufman M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylenglycol-6000. Plant Physiology, 51(5): 914-916.

Mirakhori, M., Paknejad, F., Moradi, F., Nazeri, P., and Nasri, M. 2010. Effect of methanol spraying on yield and yield components of soybean (*Glycine max* L.). Journal of Agroecology, 2(2): 236-244.

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(1): 95-108.

Nonogaki, H., Bassel, G.W., and BewleyJ.D. 2010. Germination-Still a mystery. Plant Science, 179(6): 574-581.

Nonomura, A.M., and Benson, A. 1997. The path of carbon in photosynthesis: improved crop yields with methanol. National Academy Science, 89(20): 9794-9798.

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). Plant Varieties and Seeds, 9: 119-125.

Pahlevani, A.H., Rashed, M.H., and Ghorbani, R. 2008. Effects of environmental factors on germination and emergence of Swallowwort. Journal of Weed Technology, 22(2): 303-308.

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.

Row, R.N., Farr, D.J., and Richards, B.A.J. 1994. Effects of foliar and root applications of methanol or ethanol on the growth of tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill). New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 22: 335-337.

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(1): 11-20.

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(1): 143-155.

Vyshkaei, M., Noormohammadi, G., Majidi, A., and Rabii, B. 2008. Effect of methanol on the growth function peanuts. Special Issue Journal of Agricultural Sciences, 1: 102-87.

Welch, R.M. 1986. Effects of nutrient deficiencies on seed production and quality. Advanced Plant Nutrition, 2: 205-247.

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(4): 508-511.

Iranian Journal of Seed Research, Vol: 2(1), 2015

Effect of Methanol on Germination Characteristics of Lentil (*Lens culinaris* Medik.) Under Drought Stress

Raheleh Ahmadpour[1, *], Saeed Reza Hosseinzadeh[1], Nezam Armand[1], Ebrahim Fani[1], Fariba Noedoust[1]

[1]*Department of Biology, Faculty of Sciences, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran*

[*]Corresponding author, E-mail address: Ahmadpour@bkatu.ac.ir

(Received: 2014.12.06 ; Accepted: 2015.05.17)

Abstract

Rapid germination is an important factor determining the final yield. This study was performed to investigate the effects of different levels of methanol and drought stress on germination characteristics of lentil seedlings. The experiment was conducted in completely randomized design with three replications in summer 2014 at the Khatam Alanbia University of Behbahan. The first factor was different levels of methanol equal to 0 (control), 5, 10 and 15 volumetric percentage (v/v), and second factor we negative water potential in four levels 0, -3, -6 and -9 bar by PEG. Results showed that there was a significant difference between different methanol concentrations regarding germination percentage, germination speed index, plumule and radical length, plumule and radical dry weight, radical area, radical diameter and consumed endosperm ($P \leq 0.01$). Different levels of methanol caused a significant decrease on germination characteristics compared with to control. Drought stress with -9 bar level significantly decreased germination percentage, germination speed index, plumule and radical length, plumule and radical dry weight, radical area, radical diameter and consumed endosperm compared to other levels. Effects of drought and methanol were significant differences regarding the germination speed index, plumule length, plumule dry weight and consumed endosperm ($P \leq 0.05$).

Keywords: Drought stress, Germination characteristics, Lentil (Lens culinaris Medik.), Methanol