اثرات فیزیولوژیک تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلایکول بر جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس

محمدکافی، احمد نظامی، حسین حسینی و علی معصومی [۱]

چکیده

خشکی رایج درمناطق دیم کشور یکی از عوامل محدود کننده رشد و عملکرد عدس می‌باشد. این مطالعه با هدف بررسی اثر تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس بصورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۱۲ ژنوتیپ (MLC 4، MLC 13، MLC 40، MLC 80، MLC 129، MLC 179، MLC 183، MLC 187، MLC 191، MLC 232، MLC 245، MLC 313) و ۵ سطح خشکی (صفر ، ۴- ، ۸- ، ۱۲- و ۱۶- بار) در ۳ تکرار انجام شد. بین پتانسیل‌های آب خاک در مورد همه صفات اندازه‌گیری شده تفاوت معنی‌دار مشاهده گردید ($p<۰/۰۱$). با کاهش پتانسیل آب، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه کاهش یافت. ژنوتیپ‌ها نیز در مورد تمام صفات بجز نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه و نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه با هم تفاوت معنی‌داری داشتند ($p<۰/۰۱$). نتایج نشان داد که جهت ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌های عدس به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی بهترین صفت طول ساقه‌چه و بهترین سطوح تنش، سطوح ۸- و۱۲- بار می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: پلی اتیلن گلایکول، تنش خشکی ، جوانه‌زنی، عدس.

مقدمه

در میان گیاهان زراعی مناطق خشک ونیمه خشک، عدس (*Lens culinaris* Medik.) از جمله گیاهانی است که غالبا در اراضی حاشیه‌ای و در خاکهای نه چندان حاصلخیز کشت می‌شود. در کشورهای درحال توسعه تقریبا یک چهارم نیاز پروتئینی توسط حبوبات تامین می‌شود و عدس با دارا بودن حدود ۲۸ درصد پروتئین نقش مهمی را در تغذیه مردم این نواحی ایفا می‌کند. این گیاه همچنین قادراست که از طریق تثبیت نیتروژن، موجب بهبود حاصلخیزی خاک شود و در نتیجه میزان استفاده از کود شیمیایی کاهش می‌یابد (۱۷).

عدس باسطح زیر کشت حدود ۲۶۰ هزار هکتار در ایران و با متوسط عملکردی برابر با ۳۶۵ کیلوگرم در هکتار، تولیدی معادل ۹۵ هزار تن در سال دارد (۱۰). علت پایین بودن عملکرد عدس، کشت مداوم ارقام کم محصول و حساسیت آن به تنش‌های زیستی و غیر زیستی ذکر شده است (۵). بر این اساس تخفیف اثر تنش‌ها به عنوان راهکاری در جهت افزایش عملکرد محصولات زراعی به حساب می‌آید. یکی از عمده ترین تنگناههای تولید محصولات زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک مشکل کمبود آب و نزولات جوی است. در چنین مناطقی نوسانات بارندگی نیز غالباً زیاد بوده و حتی ممکن است در ابتدای فصل کاشت مقدار بارندگی کم باشد که این امر باعث کاهش پتانسیل آب خاک می‌گردد. در بعضی مناطق نیز ممکن است در دوره قبل از کاشت میزان بارندگی مناسب باشد، ولی به علت تبخیر رطوبت و خشک شدن لایه سطحی خاک جوانه‌زنی بذور کاشته شده در این لایه خاک با مشکل مواجه می‌شود(۱۲).

۱- به ترتیب اعضاء هیئت علمی و دانشجویان کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

اغلب حبوبات و از جمله عدس به کمبود آب خاک بویژه در مرحله استقرار گیاهچه در مزرعه حساس بوده و در بیشتر مواقع کشت آنها بر ذخایر رطوبتی خاک بعد از بارندگی متکی است (۱۷). آزمایشات نشان داده‌اند که مرحله جوانه‌زنی یکی از مراحل بحرانی رشد در گیاهان می‌باشد(۵) و بذوری که در شرایط تنش، جوانه‌زنی مناسب‌تری داشته‌اند در مراحل بعدی رشد، گیاهچه هایی با بنیه بهتر و سیستم ریشه‌ای قوی‌تر تولید کرده‌اند (۱۶). علاوه برآن جوانه‌زنی مطلوب درتعیین تراکم بوته در واحد سطح نیز با اهمیت تلقی می‌شود (۴). بنابراین جوانه زدن و استقرار مناسب گیاهچه اصولا به عنوان یک عامل تعیین کننده در میزان عملکرد به حساب می‌آید (۵).

یک روش به گزینی تحمل به خشکی در مرحله جوانه‌زنی، بررسی واکنش ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش مصنوعی، به عنوان مثال در محیط دارای محلول پلی اتیلن گلایکول (PEG)، می‌باشد. PEG مولکول درشتی است که از طریق تغییر درتعادل اسمزی، جذب آب را کاهش می‌دهد (۱۱). مطالعات نشان داده است که درصد جوانه‌زنی بذرها در محلول PEG 6000 با درصد جوانه‌زنی درخاک با همان پتانسیل آب حدوداً برابر بوده است (۹). آزمایشات مختلفی که با استفاده از PEG روی گیاهان متفاوت انجام شده نشان داده است که با کاهش پتانسیل آب توسط پلی اتیلن گلایکول مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی افزایش می‌یابد (۴ ، ۶ و ۱۲).

هدف از اجرای این آزمایش مطالعه اثر پتانسیل‌های مختلف آب بر بعضی از پارامترهای جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس بود، ضمن اینکه بهترین سطح تنش خشکی جهت مطالعات جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس نیز مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش ها

در این آزمایش ۱۲ ژنوتیپ عدس به نام‌های MLC 4[1] ، MLC 13 ، MLC 40، MLC 80، MLC 129، زیبا (MLC 179)، توده محلی کالپوش شاهرود (MLC 183)، قزوین (MLC 187)، MLC 191، MLC 232، توده محلی رباط (MLC 245) و آرژانتین (MLC 313) مورد مطالعه قرار گرفتند. نمونه‌های عدس از کلکسیون بذر حبوبات پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه شد. بذور با محلول هیپوکلریت سدیم۳ درصد به مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی و پس از آن با آب مقطر چند بار آب‌کشی گردید و سپس با محلول قارچ کش بنومیل ۲ در هزار به مدت ۳۰ ثانیه مجدداً ضدعفونی و سپس ۳ مرتبه با آب مقطرآب کشی شدند (۴). محلول PEG نیز با استفاده از روش میچل وکافمن (۱۴) تهیه شد. برای ایجاد پتانسیل آب صفر(شاهد) از آب مقطر استفاده گردید. تعداد بذور در هر ظرف ۳۵ عدد در نظرگرفته شد و به هر ظرف مقدار محلول PEG با پتانسیل مربوطه اضافه گردید، به طوری که بذور در تماس با محلول باشند. به منظور اجتناب از اثرات منفی تبخیر آب، میزان آب تبخیر شده از طریق اضافه کردن آب مقطر جبران شد. ظروف به داخل انکوباتور با دمای۱±۲۰ درجه سانتی گراد منتقل شدند. بذرها به طور روزانه بازبینی و تعداد بذور جوانه زده (دارای طول ریشه چه ۲-۱ میلی متر) ثبت شد. به منظور تعیین درصد مواد انتقال یافته از بذر به گیاهچه‌ها در ابتدا و انتهای آزمایش وزن خشک ۱۰ بذر اندازه‌گیری شد. در روز آخر (روز دهم) نیز طول ریشه چه وساقه چه و وزن خشک آنها اندازه‌گیری گردید. درصد جوانه‌زنی وسرعت جوانه‌زنی از طریق فرمولهای زیر محاسبه گردید :

۱۰۰*(تعداد کل بذور/تعداد بذور جوانه زده تا روز i) = درصد جوانه‌زنی

(تعداد روز تا آخرین شمارش/تعداد بذور جوانه زده)+...+(تعداد روز تا اولین شمارش/تعداد بذور جوانه زده)= سرعت جوانه‌زنی

جهت رتبه بندی ژنوتیپ‌ها مشابه با روش استفاده شده توسط سرمدنیا و همکاران (۳) به این صورت عمل شد که به گروهی که در آزمون دانکن حرف a گرفتند رتبه ۱، به گروه ab رتبه ۱/۵، به گروه abc رتبه ۱/۶۶، به گروه abcd رتبه ۱/۷۵، به گروه abcde رتبه ۱/۸ و به گروه b رتبه ۲ و... تعلق گرفت. سپس رتبه‌ها با یکدیگر جمع و در نهایت رتبه

1 - Mashhad Lentil Collection

نهایی هر ژنوتیپ تعیین شد (در صورت معنی‌دار نبودن میانگین‌ها رتبه ۱ به میانگین داده شد). بر این اساس رتبه کمتر نشانگر تحمل بیشتر ژنوتیپ به شرایط خشکی است.

این مطالعه بصورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از ژنوتیپ (در ۱۲ سطح ذکر شده در بالا) و پتانسیل آب (در ۵ سطح شامل : صفر ، ۴- ، ۸- ، ۱۲- و ۱۶- بار). برای داده‌هایی که به صورت درصد بودند تبدیل زاویه‌ای انجام شد و سپس داده‌ها با نرم افزار SPSS تجزیه شدند. مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون دانکن انجام شد.

نتایج وبحث

سرعت جوانه‌زنی: اثر پتانسیل آب بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود($P<۰/۰۱$)، به نحوی که پتانسیل آب صفر بیشترین سرعت جوانه‌زنی و پتانسیل ۱۶- بار کمترین سرعت جوانه‌زنی را دارا بودند. به طور کلی روند کاهشی در سرعت جوانه‌زنی با کاهش پتانسیل آب مشاهده گردید. سرعت جوانه‌زنی در پتانسیل ۱۶- بار نسبت به حالت عدم تنش ۸۸ درصد کاهش داشت (جدول۱).

ژنوتیپ‌ها نیز از نظر سرعت جوانه‌زنی در واکنش به تنش با هم اختلاف معنی‌داری داشتند($P<۰/۰۱$).

ژنوتیپ‌های MLC 4 و MLC 245 بیشترین و ژنوتیپ‌های MLC 232، MLC 191 و MLC 187 کمترین سرعت جوانه‌زنی را داشتند. سرعت جوانه‌زنی در ژنوتیپ‌های MLC 4 و MLC 245 به ترتیب ۳/۵ و ۳/۴ برابر سرعت‌جوانه‌زنی در ژنوتیپ MLC 232 بود (جدول۲).

اثرات متقابل پتانسیل آب و ژنوتیپ بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود ($P<۰/۰۱$). سرعت جوانه‌زنی از ۷۶/۵ در ژنوتیپ MLC 179 در پتانسیل صفر بار به حدود صفر در ژنوتیپ MLC 232 و MLC 187 در پتانسیل ۱۲- بار رسید. سرعت جوانه‌زنی چهار ژنوتیپ MLC 4، MLC 245، MLC 13 و MLC 129 در پتانسیل ۱۲- بار نیز بالاتر از ۳۰ بود که نشان‌دهنده واکنش مناسب این ژنوتیپ‌ها از نظر صفت مذکور در این پتانسیل بوده است (شکل۱).

یکی از شاخصهای مهم در ارزیابی تحمل به خشکی ارقام، سرعت جوانه‌زنی آنها می‌باشد، به گونه‌ای که ارقام با سرعت جوانه‌زنی بالا در شرایط تنش خشکی امکان سبز شدن سریعتری را نسبت به سایر ارقام دارند. به نظر می‌رسد عامل بیشتر بودن سرعت جوانه‌زنی در بعضی از ژنوتیپ‌ها سرعت بیشتر جذب آب و آماس بذر آنها است (۱۳). اگر جذب آب توسط بذر دچار اختلال گردد و یا جذب به آرامی صورت گیرد فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی در داخل بذر به آرامی انجام خواهد شد و در نتیجه مدت زمان خروج ریشه چه از بذر افزایش می‌یابد و لذا سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (۱). البته عامل دیگری مانند اندازه بذر نیز بر سرعت جوانه‌زنی بذر موثر است به این صورت که در هنگام کمبود آب، بذور کوچکتر با جذب آب کمتر قادر به جوانه‌زنی مناسب‌تری می‌باشند (۸). قابل ذکر است که ژنوتیپ‌های MLC 4 و MLC 245 از وزن صد دانه کمتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بودند.

جدول ۱ – اثرات سطوح مختلف پتانسیل آب برخصوصیات جوانه‌زنی، ریشه چه و ساقه چه گیاهچه‌های عدس.

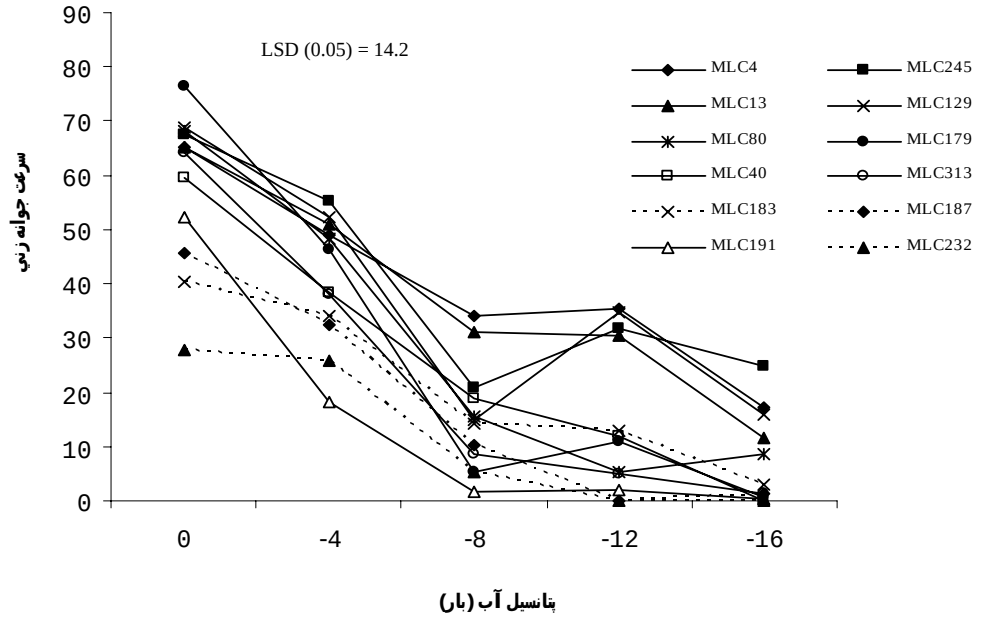
پتانسیل (بار)	سرعت جوانه‌زنی	درصد جوانه‌زنی	طول ریشه چه (سانتیمتر)	طول ساقه چه (سانتیمتر)	وزن ریشه چه (میلی-گرم)	وزن ساقه چه (میلی-گرم)	وزن ریشه چه به ساقه چه	طول ریشه چه به ساقه چه	وزن لپه مصرفی(میلی-گرم)
صفر	۵۸/۴۶^{a}	۹۵/۹۵^{a}	۵/۳۸^{a}	۴/۶۶^{a}	۳/۳^{a}	۲/۸^{a}	۱/۲۵^{a}	۱/۲۴^{ab}	۱۱/۶^{a}
-۴	۴۰/۷۵^{b}	۹۰/۲۴^{b}	۴/۸۴^{a}	۳/۴۵^{b}	۲/۹^{b}	۲/۷^{a}	۱/۱۳^{a}	۱/۶۵^{a}	۶/۰^{b}
-۸	۱۵/۰۴^{c}	۴۵/۱۶^{c}	۱/۳۲^{bc}	۰/۶۵^{d}	۰/۹^{c}	۰/۷^{b}	۱/۰۲^{a}	۱/۸۹^{a}	۲/۱^{c}
-۱۲	۱۵/۰۹^{c}	۴۶/۸۳^{c}	۱/۴۵^{b}	۱/۱۴^{c}	۰/۷^{cd}	۰/۷^{b}	۰/۴۲^{b}	۰/۷۳^{b}	۳/۲^{c}
-۱۶	۷/۰۳^{d}	۲۷/۱۴^{d}	۰/۷۷^{c}	۰/۵۱^{d}	۰/۵^{d}	۰/۵^{b}	۰/۴۶^{b}	۰/۷۳^{b}	۱/۸^{c}

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف حروف مشترک تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۲ – خصوصیات جوانه‌زنی، ریشه چه و ساقه چه گیاهچه‌های ژنوتیپ‌های عدس در شرایط خشکی (مصنوعی).

ژنوتیپ	سرعت جوانه‌زنی	درصد جوانه‌زنی	طول ریشه چه (سانتیمتر)	طول ساقه چه (سانتیمتر)	وزن‌خشک ریشه چه (میلی‌گرم)	وزن خشک ساقه چه (میلی‌گرم)	وزن ریشه چه به ساقه چه	طول ریشه‌چه به ساقه چه	وزن لپه مصرفی (میلی‌گرم)
MLC 4	۴۰/۱۸^{a}	۸۷/۳۴^{a}	۳/۱^{abcd}	۲/۸^{a}	۱/۷^{bc}	۱/۹^{ab}	۰/۹۱^{ns}	۱/۲۶^{ns}	۲/۲^{ef}
MLC 13	۳۷/۸۹^{a}	۸۶/۲۹^{a}	۲/۷^{abcd}	۲/۹^{a}	۱/۷^{bc}	۲/۱^{a}	۰/۹۸^{ns}	۱/۱۸^{ns}	۵/۳^{bcde}
MLC 40	۲۵/۷۲^{bc}	۶۰/۰۰^{b}	۲/۱^{cd}	۱/۷^{b}	۱/۲^{c}	۰/۹^{e}	۱/۰۳^{ns}	۱/۵۰^{ns}	۴/۹^{bcde}
MLC 80	۲۹/۱۶^{b}	۶۰/۷۶^{b}	۲/۹^{abcd}	۲/۶^{a}	۱/۸^{abc}	۱/۸^{abc}	۰/۷۱^{ns}	۱/۰۰^{ns}	۶/۴^{bc}
MLC 129	۳۷/۳۸^{a}	۷۹/۴۳^{a}	۳/۴^{ab}	۲/۶^{a}	۱/۶^{bc}	۱/۷^{abc}	۰/۷۹^{ns}	۱/۱۱^{ns}	۵/۹^{bcd}
MLC 179	۲۷/۹۲^{b}	۵۰/۴۸^{bc}	۲/۵^{abcd}	۱/۴^{b}	۱/۵^{bc}	۱/۳^{abcde}	۰/۷۹^{ns}	۱/۵۵^{ns}	۶/۹^{b}
MLC 183	۲۰/۹۳^{cde}	۵۰/۶۷^{bc}	۳/۲^{abcd}	۲/۸^{a}	۲/۰^{ab}	۱/۶^{abcd}	۰/۹۱^{ns}	۱/۸۰^{ns}	۱/۴^{f}
MLC 187	۱۷/۹۵^{def}	۴۴/۰۰^{bc}	۲/۳^{bcd}	۱/۸^{b}	۱/۸^{bc}	۱/۴^{abcde}	۰/۷۶^{ns}	۱/۰۴^{ns}	۴/۷^{bcde}
MLC 191	۱۴/۹۴^{ef}	۳۷/۱۴^{c}	۲/۰^{d}	۱/۴^{b}	۱/۵^{bc}	۱/۰^{de}	۰/۵۵^{ns}	۱/۰۵^{ns}	۳/۰^{def}
MLC 232	۱۱/۷۷^{f}	۳۶/۵۷^{c}	۲/۸^{abcd}	۱/۸^{b}	۱/۲^{c}	۱/۲^{cde}	۰/۵۶^{ns}	۰/۷۹^{ns}	۳/۴^{cdef}
MLC 245	۳۹/۹۹^{a}	۸۸/۱۹^{a}	۳/۵^{a}	۲/۸^{a}	۱/۶^{bc}	۱/۸^{abc}	۰/۸۶^{ns}	۱/۶۹^{ns}	۴/۹^{bcde}
MLC 313	۲۳/۴۳^{bcd}	۵۲/۰۰^{bc}	۲/۴^{bcd}	۱/۳^{b}	۲/۴^{a}	۱/۳^{abcde}	۱/۴۳^{ns}	۰/۹۹^{ns}	۱۰/۴^{a}

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



شکل ۱– واکنش سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس نسبت به سطوح تنش خشکی (هر نقطه میانگین سه اندازه‌گیری است).

درصد جوانه‌زنی: اثر پتانسیل آب بر درصد جوانه‌زنی معنی‌دار بود (P<۰/۰۱). بیشترین درصد جوانه‌زنی در پتانسیل صفر و کمترین آن در پتانسیل ۱۶- بار مشاهده گردید به نحوی که با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۱۶- بار بیش از ۶۸ درصد کاهش در مورد این صفت مشاهده شد (جدول ۱).

ژنوتیپ‌ها از نظر درصد جوانه‌زنی نیز با یکدیگر تفاوت معنی‌دار داشتند (P<۰/۰۱). ژنوتیپ‌های MLC 245، MLC 4 و MLC 13 بیشترین و ژنوتیپ‌های MLC 191 و MLC 232 کمترین درصد جوانه‌زنی را دارا بودند (جدول ۲).

اثرات متقابل پتانسیل آب و ژنوتیپ بر درصد جوانه‌زنی نیز معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). در پتانسیل صفر تمام ژنوتیپ‌ها بالاتر از ۸۰ درصد جوانه‌زنی داشتند در صورتیکه در پتانسیل ۱۶- بار حدود ۹۲ درصد ژنوتیپ‌ها کمتر از ۶۵ درصد جوانه‌زنی داشتند و حتی در دو ژنوتیپ نیز هیچگونه جوانه‌زنی مشاهده نشد (شکل۲). با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۱۶- بار درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ MLC 245 تنها حدود ۱۰ درصد کاهش یافت در صورتیکه این کاهش در ژنوتیپ‌های MLC 191 و MLC 232 بالاتر از ۸۰ درصد بود.

بطور کلی کاهش درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس در شرایط تنش خشکی بیانگر حساسیت این ارقام به تنش می‌باشد که این مطلب توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (۱). برخی از محققین واکنش متفاوت ارقام عدس نسبت به تنش خشکی را به عوامل مختلفی از جمله جذب کمتر آب در ارقام حساس مرتبط دانسته‌اند. کاهش جذب آب توسط بذر در اثر تنش خشکی باعث کاهش فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی بذر گردیده و لذا وفور مواد در دسترس برای ادامه حیات گیاه را با مشکل روبرو می‌سازد (۴ و ۶).

طول ریشه‌چه : پتانسیل‌های آب بر طول ریشه‌چه ژنوتیپ‌های عدس تفاوت معنی‌داری ایجاد کردند (P<۰/۰۱). با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۱۶- بار طول ریشه‌چه بطور چشمگیری کاهش یافت. بیشترین طول ریشه‌چه مربوط به شرایط عدم تنش و کمترین مقدار آن مربوط به ۱۶- بار بود. به نحوی که طول ریشه‌چه از ۵/۳۸ سانتیمتر در پتانسیل صفر به ۰/۷۷ سانتیمتر در پتانسیل ۱۶- بار رسید. در این آزمایش تفاوت طول ریشه‌چه از پتانسیل ۸- بار به بعد ظاهر شد که به نظر می‌رسد پتانسیل ۸- و۱۲- بار پتانسیل‌های مناسبی جهت ارزیابی واکنش ارقام مختلف عدس به تنش خشکی باشد (جدول ۱).

ژنوتیپ‌ها نیز از نظر طول ریشه‌چه به طور معنی‌داری با هم تفاوت داشتند (P <۰/۰۵). ژنوتیپ‌های MLC 245، MLC 129 و MLC 183 بیشترین طول ریشه‌چه و ژنوتیپ‌های MLC 191 و MLC 40 کمترین طول ریشه‌چه را به خود اختصاص دادند (جدول ۲).

یکی از دلایل افزایش طول ریشه‌چه در شرایط تنش جذب بیشتر آب جهت جوانه‌زنی است که این امر خود باعث افزایش فعالیت‌های متابولیکی در داخل بذر جهت جوانه زنی می‌شود (۸). از عوامل دیگر نوسانات طول ریشه چه می‌توان به تفاوت در تجمع ماده خشک در بافتهای ذخیره‌ای ریشه‌چه ارقام مقاوم در شرایط تنش اشاره کرد (۸). آزمایشات مختلف نشان دهنده افزایش طول ریشه‌چه در تنش‌های ملایم است و همچنین اولین تغییرات جهت مقابله با تنش خشکی افزایش رشد ریشه‌چه به منظور جذب حداکثر رطوبت گزارش شده است (۱۳). با توجه به نتایج این آزمایش مطلب فوق در مورد تمام گونه‌ها و ژنوتیپ‌ها صادق نیست و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این آزمایش از نظر طول ریشه‌چه واکنش‌های متفاوتی از خود نشان دادند. نظیر این وضعیت توسط تاکل (۱۸) در مورد سورگوم نیز گزارش شده است.

طول ساقه‌چه : پتانسیل‌های آب از نظر طول ساقه‌چه تفاوتهای معنی‌داری را در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه ایجاد نمودند (P<۰/۰۱). با افزایش تنش خشکی طول ساقه‌چه کاهش یافت. به نحوی که با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۱۶- بار کاهش ۸۹ درصدی در طول ساقه‌چه ایجاد شد

(جدول ۱). بیشترین طول ساقه‌چه در پتانسیل صفر و کمترین آن در پتانسیل ۱۶- بار مشاهده گردید

ژنوتیپ‌ها نیز از لحاظ طول ساقه‌چه با یکدیگر تفاوت معنی‌دار داشتند (P<۰/۰۱). ژنوتیپ‌های MLC 13 و MLC 245 به ترتیب با طول ساقه چه ۲/۹ و ۲/۸ بلندترین طول ساقه چه و ژنوتیپ MLC 313 کمترین طول ساقه‌چه (۱/۳۳ سانتیمتر) را دارا بودند (جدول۲).

اثرات متقابل پتانسیل آب و ژنوتیپ نیز بر طول ساقه چه معنی‌دار بود (P<۰/۰۱). ژنوتیپ‌های MLC 80 و MLC 4 در شرایط عدم تنش به ترتیب با طول ساقه‌چه ۶/۲ و ۵/۷ سانتیمتر، بیشترین طول ساقه‌چه را دارا بودند. با افزایش میزان تنش خشکی طول ساقه چه در تمام ژنوتیپ‌ها کاهش یافت که درصد آن بسته به ژنوتیپ متفاوت بود. با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۱۶- بار، ژنوتیپ‌های MLC 245 و MLC 129 کمترین کاهش طول ساقه چه را داشتند (به ترتیب برابر ۶۴ و۷۲ درصد) در حالیکه ژنوتیپ‌های MLC 313، MLC 40، MLC 232 و MLC 179 با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۱۶- بار، بیشترین کاهش را در طول ساقه‌چه (۱۰۰ درصد) نشان دادند (شکل۳).

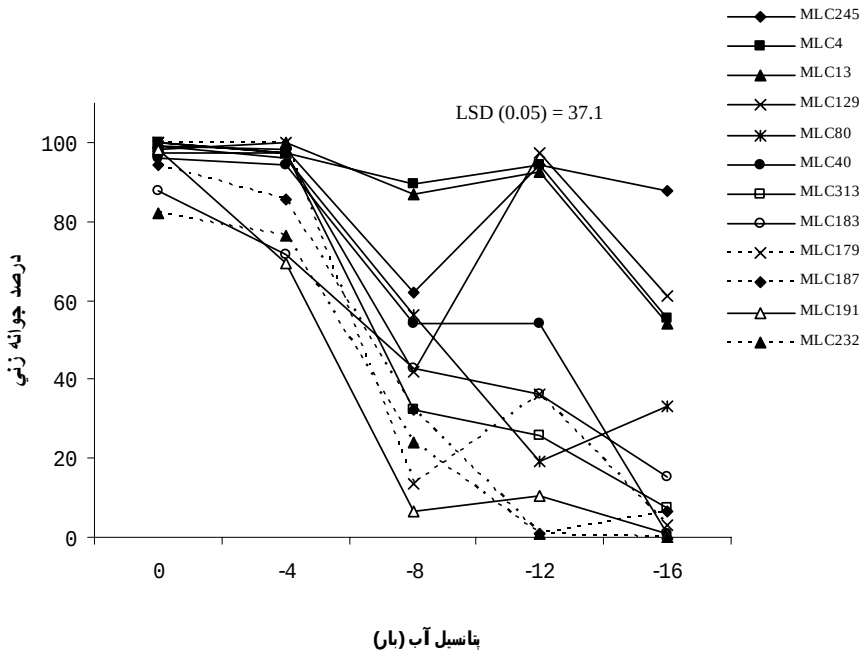
آزمایشات مختلف بیانگر این مطلب است که در شرایط تنش، میزان تجمع ماده خشک در بافت ساقه چه گیاهچه‌های متحمل افزایش می‌یابد و ارقامی که بتوانند در شرایط تنش رطوبتی طول ساقه چه خود را بیشتر افزایش دهند یا افت طول ساقه چه در آنها با افزایش تنش خشکی کم باشد، گیاهچه‌های مقاوم در برابر تنش خشکی به شمار می‌آیند (۸). با توجه به نتایج فوق می‌توان اظهار داشت که ژنوتیپ‌های MLC 245 و MLC 129 بدلیل کاهش کمتر طول ساقه-چه، ژنوتیپ‌های متحمل‌تری در شرایط تنش خشکی هستند (شکل ۳). در بین صفات مورد اندازه‌گیری، طول ساقه چه از حساسیت بالاتری نسبت به تنش خشکی برخوردار بود که این مطلب توسط الشرکاوی (۸) نیز گزارش گردیده است. از این رو به نظر می‌رسد که می‌توان این صفت را بعنوان یک شاخص ارزیابی جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس در شرایط تنش خشکی محسوب کرد. یکی از علل کاهش طول ساقه چه در شرایط تنش، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از لپه(ها) به جنین ذکر گردیده است (۱۸). 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 ریشه چه و ساقه‌چه) می‌شود (۲).

وزن خشک ریشه‌چه: اثر پتانسیل آب بر وزن خشک ریشه‌چه معنی‌دار بود(P<۰/۰۱). با کاهش پتانسیل آب، وزن خشک ریشه‌چه کاهش یافت به گونه‌ای که در پتانسیل صفر برابر۳/۳ میلی‌گرم و در ۱۶- بار۰/۵ میلی‌گرم بود. با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۱۶- بار، کاهش ۸۵ درصدی در وزن خشک ریشه چه مشاهده شد (جدول۱) .

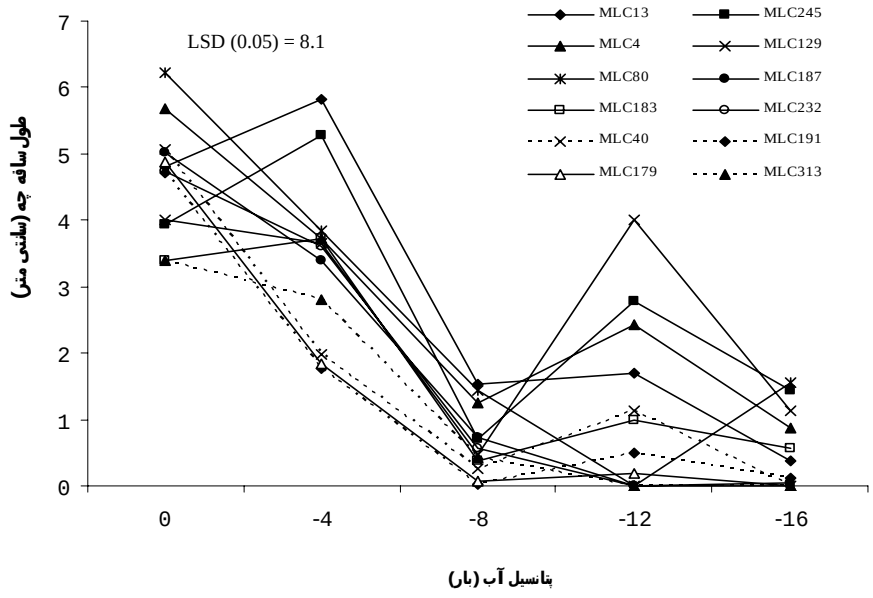
ژنوتیپ‌ها نیز از لحاظ وزن خشک ریشه چه با هم تفاوت معنی‌دار داشتند (P<۰/۰۱). ژنوتیپ MLC 313 با وزن خشک ریشه چه ۲/۴ میلی‌گرم بیشترین و ژنوتیپ MLC 232 با ۱/۲ میلی‌گرم کمترین وزن خشک ریشه چه را به خود اختصاص دادند (جدول۲).

اثرات متقابل ژنوتیپ در پتانسیل آب در مورد این صفت معنی‌دار شد (P<۰/۰۱). با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۱۶- بار ژنوتیپ‌های MLC 80 و MLC 129 با کاهش ۵۷ و۶۴ درصدی در وزن خشک ریشه‌چه، حساسیت کمتری را به کاهش پتانسیل آب از خود نشان دادند . در صورتی که در مورد ژنوتیپ‌های MLC 191، MLC 40، MLC 232 و MLC 13 کاهش ۱۰۰ درصدی مشاهده گردید (شکل۴).

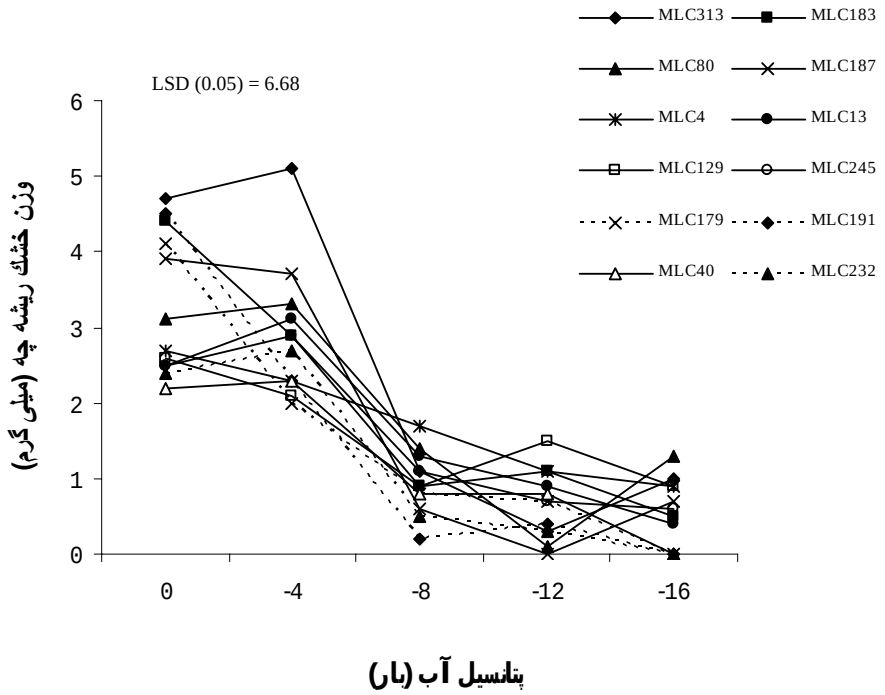
مشابه نتایج این آزمایش، توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (۷ و ۱۱). تفاوت در وزن خشک ریشه‌چه، می‌تواند بدلیل تفاوت در محتوی مواد غذایی در بذور باشد، به گونه‌ای که بذور بزرگتر مقدار بیشتری از مواد غذایی را در اختیار ریشه‌چه قرارمی دهند.



شکل ۲ – واکنش درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس نسبت به سطوح تنش خشکی (هر نقطه میانگین سه اندازه گیری است).



شکل ۳– واکنش طول ساقه چه ژنوتیپ‌های عدس نسبت به سطوح تنش خشکی (هر نقطه میانگین سه اندازه گیری است).



شکل ۴ - واکنش وزن خشک ریشه چه ژنوتیپ‌های عدس به سطوح تنش خشکی (نقطه میانگین سه اندازه گیری است).

وزن خشک ساقه‌چه: تاثیر پتانسیل آب بر روی وزن خشک ساقه چه معنی‌دار بود (P<۰/۰۱). با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۱۶- بار وزن خشک ساقه چه کاهش یافت. به گونه‌ای که از ۲/۸ به ۰/۵ میلی‌گرم (کاهش۸۳ درصدی) رسید. تفاوت معنی‌دار در وزن خشک ساقه چه بین پتانسیل آب صفر و ۴- بار مشاهده نشد (جدول۱).

ژنوتیپ‌ها نیز در مورد وزن خشک ساقه چه با یکدیگر تفاوت معنی‌دار داشتند (P<۰/۰۱). در مجموع کل پتانسیل-های آب ژنوتیپ‌های MLC 13 و MLC 4 به ترتیب با وزن خشک ساقه چه‌ای معادل ۲/۱ و ۱/۹ میلی‌گرم بیشترین و ژنوتیپ‌های MLC 40 و MLC 191 به ترتیب با ۰/۹ و یک میلی‌گرم کمترین وزن خشک ساقه‌چه را دارا بودند (جدول ۲).

به نظر می‌رسد که یکی از دلایل کاهش وزن خشک ساقه‌چه در پتانسیل‌های آب پایین، تحرک کم مواد غذایی و انتقال کمتر آنها از لپه‌ها به محور جنینی باشد. قابل ذکر است عواملی که سرعت رشد محور جنینی را تحت تاثیر قرار می-دهند، می‌توانند بر تحرک مواد غذایی و انتقال آنها از لپه‌ها به محور جنینی تاثیر بگذارند (۱۷). علاوه بر آن رابطه مستقیمی بین میزان تجمع ماده خشک و رشد ساقه چه گیاهان متحمل نیز مشاهده شده است (۱۵).

نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه: اثر پتانسیل آب **بر** نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه معنی‌دار بود (P<۰/۰۱). با کاهش پتانسیل از صفر به ۱۶- بار کاهش چشمگیری در این نسبت مشاهده گردید. پتانسیل‌های آب از نظر تاثیر بر این نسبت در دو گروه مجزا قرار گرفتند. گروهی که دارای مقدار بالاتری از این نسبت بود شامل: شرایط بدون تنش، ۴- و ۸- بار و گروه دوم شامل پتانسیل‌های ۱۲- و ۱۶- بار بود (جدول۱). اثر ژنوتیپ واثرات متقابل ژنوتیپ در پتانسیل آب در مورد این صفت معنی‌دار نبود (جدول۲).

برخی محققین اظهار داشته‌اند که در شرایط تنش ملایم وزن خشک ریشه چه کاهش و وزن خشک ساقه چه افزایش می‌یابد (۱۵). با وجود این، مشاهده شده است که با افزایش فشار اسمزی ناشی از تنش خشکی، رشد گیاهچه کاهش می‌یابد. در همین راستا کاهش وزن خشک ساقه چه و ریشه چه بدلیل کاهش انتقال فرآورده‌های متابولیکی ناشی از هیدرولیز آنزیمی مواد ذخیره‌ای بذر ذکر شده است (۱).

وزن آندوسپرم مصرفی

پتانسیل‌های آب از نظر وزن آندوسپرم مصرفی ژنوتیپ-های عدس تفاوت معنی‌دار ایجاد کردند ($P<۰/۰۱$). با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۱۶- بار میزان مصرف آندوسپرم کاهش یافت. بیشترین مصرف آندوسپرم در شرایط عدم تنش و کمترین آن در پتانسیل ۱۶- بار مشاهده گردید. قابل ذکر است که تفاوت معنی‌دار بین پتانسیل‌های ۸- ،۱۲- و۱۶- بار از نظر مصرف آندوسپرم مشاهده نشد (جدول ۱).

ژنوتیپ‌ها نیز از لحاظ میزان مصرف آندوسپرم با هم تفاوت معنی‌دار داشتند ($P<۰/۰۱$). ژنوتیپ MLC 313، با متوسط ۱۰/۴ میلی‌گرم بیشترین و ژنوتیپ MLC 183 با ۱/۴ میلی‌گرم، کمترین مصرف آندوسپرم را دارا بودند (جدول۲). اثرات متقابل ژنوتیپ در پتانسیل آب در مورد این پارامتر معنی‌دار نشد.

دلیل کاهش وزن لپه در پتانسیل‌های صفر و ۴- بار را می‌توان این گونه بیان 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 می‌کند بنابراین هر چه رشد بیشتر باشد میزان برداشت مواد غذایی از درون لپه بیشتر خواهد بود، از طرفی رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه در پتانسیل‌های بالای آب بیشتر است که در نتیجه آن میزان استفاده از اندوخته لپه نیز بیشتر خواهدبود (۱).

نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه

اثرپتانسیل آب بر نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه معنی‌دار بود ($P<۰/۰۱$). بیشترین مقدار این نسبت در پتانسیل ۸- بار (۱/۸۹) مشاهده گردید، مقدار این نسبت از شرایط عدم تنش تا ۸- بار افزایش و از ۸- بار به بعد کاهش یافت. کمترین مقدار این نسبت مربوط به پتانسیل ۱۲- بود. البته بین پتانسیل ۱۲- و۱۶- بار تفاوت معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۱). اثرات ژنوتیپ و اثرات متقابل ژنوتیپ در پتانسیل آب در رابطه با این پارامتر معنی‌دار نشد.

یکی از پارامترهایی که تحت تاثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد، نسبت طول ریشه چه به ساقه چه است(۱۷). آزمایشات مختلف بیانگر این مطلب است که در اثر تنش خشکی طول ریشه چه و ساقه چه هردو کاهش ولی نسبت طول ریشه چه به ساقه چه افزایش می‌یابد . دلیل افزایش این نسبت به این خاطر است که در شرایط تنش خشکی ارقام مقاوم در مراحل اولیه تنش از سرعت رشد ریشه بالاتری برخوردارند، در نتیجه نسبت طول ریشه به ساقه در آنها زیاد می‌شود (۶).

رتبه بندی ژنوتیپ‌ها

ژنوتیپ‌های مورد استفاده در آزمایش بر اساس پارامترهای مربوط به جوانه‌زنی از نظر تحمل به خشکی رتبه بندی شدند. رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها نشان داد که در مجموع صفات مورد مطالعه، ژنوتیپ MLC 245 بهترین امتیاز (۱۲/۹۱) را به خود اختصاص داد و ژنوتیپ MLC 191 در پایینترین رتبه قرار گرفت. در مجموع به نظر می‌رسد که با درنظر گرفتن مجموع صفات ژنوتیپMLC 245 واکنش مطلوب‌تری را در مقابله با تنش خشکی از خود نشان داده است (جدول۳). در مطالعه‌ای که سرمدنیا و همکاران (۳) روی جوانه‌زنی ۱۰ رقم گندم انجام دادند دلیل تلفیق رتبه‌ها و بدست آوردن رتبه نهایی را این گونه بیان کردند که مقاومت یک رقم به خشکی حاصل مجموعه‌ای از پارامترها از جمله سرعت جوانه‌زنی ، درصد جوانه‌زنی ، طول ریشه چه و... می‌باشد. در آزمایش ایشان رقم سرداری که کمترین

رتبه را دارا بود به عنوان رقم مقاوم به شرایط خشکی معرفی شد.

قدردانی

از گروه پژوهشی بقولات- پژوهشکده علوم گیاهی به خاطر در اختیار قرار دادن بذر ژنوتیپ‌های عدس و از آقایان مهندس عابدی و مهندس حمامی به دلیل کمک در برخی از مراحل اجرایی طرح قدردانی می‌شود.

جدول ۳ - رتبه بندی ژنوتیپ‌های عدس بر اساس صفات مختلف و رتبهٔ نهایی حاصل از آنها.

ژنوتیپ	رتبه سرعت جوانه‌زنی	رتبه درصد جوانه‌زنی	رتبه طول ریشه چه	رتبه طول ساقه چه	رتبه وزن ریشه چه	رتبه وزن ساقه چه	رتبه طول ریشه چه به ساقه چه	رتبه وزن لپه مصرفی	رتبه نهایی
MLC 245	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱	۲/۵۰	۱/٦٦	۱	۲/۷۵	۱۲/۹۱
MLC 13	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۷۵	۱	۲/۵۰	۱/۰۰	۱	۲/۷۵	۱۳/۰۰
MLC129	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۵۰	۱	۲/۵۰	۱/٦٦	۱	۲/٦٦	۱۳/۳۲
MLC 80	۲/۰۰	۲/۰۰	۱/۷۵	۱	۱/٦٦	۱/٦٦	۱	۲/۵۰	۱٤/۵۷
MLC 313	۲/٦٦	۲/۵۰	۲/٦٦	۲	۱/۰۰	۱/۸۰	۱	۱/۰۰	۱۵/٦۲
MLC 4	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۷۵	۱	۲/۵۰	۱/۵۰	۱	۵/۵۰	۱٦/۲۵
MLC 179	۲/۰۰	۲/۵۰	۱/۷۵	۲	۲/۵۰	۱/۸۰	۱	۲/۰۰	۱٦/۵۵
MLC 183	۳/٦٦	۲/۵۰	۱/۷۵	۱	۱/۵۰	۱/۷۵	۱	٦/۰۰	۲۰/۱٦
MLC187	٤/٦٦	۲/۵۰	۲/٦٦	۲	۲/۵۰	۱/۸۰	۱	۲/۷۵	۲۰/۸۷
MLC 40	۲/۵۰	۲/۰۰	۳/۵۰	۲	۳/۰۰	۵/۰۰	۱	۲/۷۵	۲۲/۷۵
MLC 232	٦/۰۰	۳/۰۰	۱/۷۵	۲	۳/۰۰	۳/٦٦	۱	۳/۷۵	۲۵/۱٦
MLC 191	۵/۵۰	۳/۰۰	٤/۰۰	۲	۲/۵۰	٤/۵۰	۱	٤/٦٦	۲۸/۱٦

منابع:

۱. آبنوس، م. ۱۳۸۰. بررسی فیزیولوژیکی اثرات تنش خشکی بر مرحله جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای ارقام عدس. پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیولوژی گیاهی. دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۴۷ صفحه.

۲. اصغری، م. ۱۳۷۱. اثر اتیلن در تنظیم اسمزی و رشد بافتهای محوری و لپه‌ای دانه آفتابگردان در شرایط تنش خشکی. علوم وصنایع کشاورزی، ج. ۷. ص. ۱۴۵-۱۳۷.

۳. سرمدنیا، غ.، ح. توکلی و ع. قربانی. ۱۳۶۷. بررسی مقاومت به خشکی توده‌های مختلف گندم دیم در مرحله جوانه‌زنی. مجموعه مقالات و نتایج اولین کنفرانس تحقیقات و بررسی مسائل دیم در ایران، دانشگاه فردوسی مشهد. ص. ۸۰-۵۷.

۴. کیانی، م.، ع. باقری و ا. نظامی. ۱۳۷۷. عکس العمل ژنوتیپ‌های عدس به تنش خشکی حاصل از پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ در مرحله جوانه‌زنی . مجله علوم وصنایع کشاورزی. ج. ۱۲. ص. ۵۵-۴۲.

5. Ashraf, M., and A. Waheed. 1990. Screening of local exotic of lentil (*Lens Culinaris* Medik .) for salt tolerance at two growth stages. Plant and Soil. 128: 167- 176
6. De, F. and R. K. Kar. 1994. Seed germination and seedling growth of mung bean (*Vigna radiate*) under water stress included by PEG-6000. Seed Science and Technology. 23: 301-304.
7. Eissenstat, D. M., E. L. Whaley, and A. Volder. 1999. Recovery of citrus surface roots following prolonged exposure to dry soil. Journal Experimental Botany. 50:1845-1854.
8. El-Sharkawi, H. M., K. A. Farghali, and S. A. Sayed. 1989. Interactive Effects of Water Stress, Temperature and Nutrients in Seed Germination of Tree Desert Plants. Academic Press of Egypt.
9. Emmerich, W. E. and S. P. Hardgree. 1990. Polyethylene glycol solution contact effect on seed germination. Agronomy Journal, 82: 1103 – 1107.
10. FAO. 2004. FAO Bulletin of Statistics.
11. Goicochea, N., M. C. Antolin, D. M. Sanchez. 1997. Gas exchange is related to hormone balance in mycorrhizal or nitrogen-fixing alfalfa subjected to drought. Physiologia Plantarum, 100: 989-997.
12. Gupta, A. K., J. Singh, N. Kaur, and R. Singh. 1993. Effect of polyethylene glycol induced water stress on uptake introversion and transport of sugars in chickpea seedling. Plant Physiology and Biochemistry. 31: 743 – 747.
13. Marchner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press.
14. Michel, B. E. and M. R. Kaufman. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology. 51: 914 – 916.
15. Nagashiro, C., and W. F. Shibata. 1995. Influence of flooding and drought conditions on herbage yield and quality of phases bean (*Macroptilium lathyroides*). Grassland Science. 41: 218-225.
16. Opoku, G., F. M. Davies, E. V. Zetrio, and E. E. Camble. 1996. Relationship between seed vigor and yield of white beans (*Phaseolos vulgaris* L.). Plant Variety Seed. 9: 119 – 125.
17. Singh, K. B. and M. C. Saxena. 1993. Breeding for Stress Tolerance in Cool-Season Food Legumes. The Hague, The Netherlands: Martinus Nijhoff/Junk.
18. Takel, A. 2000. Seedling emergence and growth of sorghum genotypes under variable soil moisture deficit. Agronomy Journal. 48 (1): 95-102.

Physiological effects of drought stress by polyethylene glycol on germination of lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes

M. Kafi, A. Nezami, H. Hosaini, A. Masomi [1]

Abstract

Lentil (*Lens culinaris* Medik.) is one of the traditional pulses of arid and semi-arid regions which is cultivated under rainfed conditions. Germination is one of the main growth stages that successfulness in this stage is dependent on moisture content of soil at time of planting. This study examined germination characteristics of 12 lentil genotypes (MLC 129, MLC 4, MLC 13, MLC 40, MLC 232, MLC 80, MLC 191, MLC 187, MLC 183, MLC 179, MLC 245, ML313) under five levels of negative water potential (0 , -4 , -8 , -12 , -16 bar) using a 5×12 factorial experiment based on a completely randomized design with three replications. Water potential significantly reduced germination percentage, germination rate, radicle and plumule length, radicle and plumule dry weight. The genotypes showed a significant difference in all trails except radicle to plumule ratio and radicle to plumule dry weight ratio. Based on this result plumule length as a plantlet trait and -8, -12 bars as negative water potential are suggested for evaluating drought resistance of lentil genotypes to water stress.

Key words: Drought stress, germination, lentil, Seedling traits.

1- Contribution from Collage of agriculture, Fredowsi University of Mashhad.