



بررسی تحمل به خشکی ده ژنوتیپ نخود دیم در مرحله جوانه زنی با استفاده از پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰

علی مرجانی

مریی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد

محمد فارسی

دانشیار گروه زراعت دانشگاه فردوسی مشهد

مجید رحیمی زاده

عضو هیأت علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد و دانشجوی دکتری زراعت واحد کرج

چکیده

جوانه زنی یکی از مهم ترین مراحل رشد است که نیاز اولیه و اساسی برای داشتن تراکم مناسب گیاه در مزرعه محسوب می شود. هدف این تحقیق ارزیابی واکنش ژنوتیپهای مختلف بومی و اصلاح شده نخود دیم به تنش رطوبتی در مرحله جوانه زنی و تعیین پارامتر و پتانسیل مناسب جهت گزینش ارقام متحمل به خشکی بود. تیمارها شامل ۱۰ رقم نخود دیم (۷ رقم بومی خراسان MCC13، MCC28، MCC44، MCC37، MCC235، MCC259، MCC288 و سه رقم اصلاح شده FLIP 84-480، ILC 482 و ILC533) و پنج سطح پتانسیل آب (۰، -۳، -۶، -۹، -۱۲ بار) به صورت اسپلیت پلات در قالب بلوک های کامل تصادفی به اجرا درآمد. بذرها در داخل پتری دیش و در ژرمیناتور تحت شرایط کنترل شده جوانه زدند. نتایج نشان داد که با کاهش پتانسیل اسمزی (صفر به ۱۲ - بار) درصد جوانه زنی پس از پنج روز، درصد جوانه زنی نهایی، سرعت جوانه زنی، طول ریشه چه و طول ساقه چه به طور معنی داری ($p < 0.05$) کاهش یافتند. این کاهش در تمامی صفات مورد ارزیابی در تغییر پتانسیل از صفر به ۳- بار حداکثر بود. در کاهش پتانسیل از ۳- به ۶- بار، بیشترین اختلاف در بین ارقام مشاهده شد. در میان ارقام مورد آزمایش فقط رقم ILC533 در پتانسیل های ۹- و ۱۲- جوانه زنی مناسبی نشان داد و از این جهت بر سایر ارقام برتری معنی داری داشت. از پارامترهای مورد ارزیابی، طول ساقه چه بیشترین واکنش را به تغییر پتانسیل آب نشان داد. در بین سطوح تنش رطوبتی، پتانسیل های ۳- و ۶- بهترین سطوح جهت ارزیابی مقاومت به خشکی بودند.

واژه های کلیدی: نخود دیم، جوانه زنی، پلی اتیلن گلیکول، خشکی

مقدمه

دانه‌های حبوبات منابع پروتئینی مهمی برای کشورهای در حال توسعه می‌باشند (۲۳). در بین حبوبات نخود حائز رتبه دوم و در بیش از ۳۳ کشور جهان در سطح وسیع کشت می‌شود (۳۳). سطح زیر کشت حبوبات در ایران ۹۶۵ هزار هکتار و تولید سالانه آن حدود ۶۵۰۴۱۰ تن می‌باشد. نخود با سطح زیر کشت ۶۵۰۰۰۰ هکتار و تولید تقریبی ۳۴۰۰۰۰ تن در سال نسبت به سایر حبوبات از سطح زیر کشت، بیشتری برخوردار است. به علاوه به نظر می‌رسد که این گیاه نسبت به سایر حبوبات سازگاری بیشتری با شرایط اقلیمی کشور داشته و با توجه به محدودیت‌های موجود در تأمین پروتئین‌های حیوانی می‌تواند بخشی از پروتئین مورد نیاز کشور را تأمین نماید (۳).

از جمله نقاط قوت نخود کیفیت بالای پروتئین آن است. نخود همچنین به دلیل تثبیت نیتروژن در خاک یکی از بهترین گیاهان جهت قرار گرفتن در تناوب زراعی با غلات است (۳۳).

استان خراسان به جهت برخورداری از تنوع اقلیمی و شرایط آب و هوایی مناسب و سازگار یکی از مناطق کشت نخود دیم در کشور است. این گیاه به طور معمول در اکثر مناطق استان به خصوص نواحی مرکزی و شمالی در سطح وسیعی در اراضی دیم کشت می‌گردد. اکثر بذرهاي مورد کشت در این مناطق توده‌ها و ارقام بومی هستند که به رغم برخورداری از سازگاری‌های منطقه‌ای عملکرد بسیار پائینی در واحد سطح دارند. یکی از مهم‌ترین عوامل عملکرد پایین سطح سبز نامناسب بذر است که ناشی از حساسیت به تنش خشکی می‌باشد. کمبود آب یا خشکی زمانی بروز می‌کند که پتانسیل آب در محیط ریشه آنقدر منفی است که باعث کاهش آب قابل دسترس در پایین‌تر از حد اپتیمم برای رشد و نمو گیاه می‌شود (۱۰).

از نظر تکاملی، مقاومت به خشکی به عنوان توان زنده ماندن یک گونه از نسلی به نسل دیگر در شرایط آب قابل دسترس محدود تعریف می‌شود. ولی در مفهوم کشاورزی مقاومت به خشکی شامل توان تولید اقتصادی یک محصول در شرایط آب قابل دسترس محدود می‌باشد (۷). افزایش محصول در واحد سطح و گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی یکی از اهداف مهم به‌نژادی در نخود می‌باشد که با ارزیابی گیاهان در مراحل مختلف رشد و نمو از نظر تحمل تنش خشکی انجام می‌شود (۳۴).

جوانه‌زنی یکی از مهم‌ترین مراحل رشد است که اطلاع از آن نیاز اولیه و اساسی برای تعیین تراکم مناسب گیاه در مزرعه محسوب می‌شود (۸). سطح سبز نامطلوب گیاه در مزارع نخود دیم می‌تواند ناشی از یک یا ترکیبی از عوامل مقدار کم بذر، قوه نامیه ضعیف، عدم جوانه‌زنی، سبز شدن نامناسب بذر و مرگ و میر زیاد گیاهچه باشد. در شرایط تنش خشکی به رغم برخورداری از قوه نامیه ۱۰۰٪، ممکن است جوانه‌زنی و در نتیجه تراکم نهایی گیاه به شدت کاهش پیدا کند (۳).

آب یکی از عوامل اصلی فعال‌کننده جوانه‌زنی است و قابلیت دسترسی به آب با کاهش پتانسیل اسمزی و ماتریک (مکش) کاهش می‌یابد. پتانسیل آب محیط، تأثیر مستقیمی بر سرعت جذب آب و در نتیجه جوانه‌زنی گیاه دارد (۴، ۸، ۲۵). در مناطق خشک دوره‌هایی که آب خاک در شرایط ایده‌آل قرار داشته باشد معمولاً نامنظم و کوتاه است که در نهایت منجر به کاهش تراکم گیاه می‌شود.

به دلیل غیریکناختی محیط خاک و عدم امکان کنترل عوامل محیطی در مزرعه، تحقیقات آزمایشگاهی اهمیت ویژه‌ای برای ارزیابی تحمل تنش خشکی خصوصاً در مرحله جوانه‌زنی پیدا نموده است (۱۷). برای ایجاد محیط‌های مصنوعی کنترل پتانسیل آب، معمولاً از مواد جامدی با جرم مولکولی بالا که نقشی در تغذیه بافت‌ها نداشته و جذب گیاه نمی‌شوند استفاده می‌شود. پلی اتیلن گلیکول یکی از مواد با جرم مولکولی بالا است که به لیل ایجاد محلولی با شرایط مشابه طبیعی بیشتری کاربرد را در تحقیقات تحمل به خشکی پیدا کرده است (۱۴، ۱۸، ۱۹). پلی اتیلن گلیکول ماده‌ای غیر سمی است که در بافت‌های گیاه نفوذ نمی‌کند لذا برعکس موادی همچون کلرید سدیم، مانیتول و ساکارز باعث صدمه به گیاه نمی‌شوند. آزمایشات متعددی به کمک

پلی اتیلن گلیکول برای برای گزینش واریته‌های متحمل به خشکی بر روی جو، کلزا، یونجه یکساله، سویا، گوجه فرنگی، اسپرس، ذرت، عدس، گندم، ماش و باهیاگراس با موفقیت انجام شده است (۵، ۹، ۶، ۱۳، ۱، ۲، ۲۳، ۲۹، ۲۰، ۱۵، ۲۸) توجه به اهمیت نخود در تأمین پروتئین مورد نیاز جهت تغذیه انسان، تلاش‌هایی در جهت تعیین تحمل به خشکی براساس آزمایشات جوانه‌زنی با تأمین رطوبت محدود انجام گرفته است. از جمله ساکسینا و همکاران گزارش کردند که در خاک‌های سیاه کاهش رطوبت از ۲۲٪ به ۲۱٪، جوانه‌زنی را از ۵۴٪ به ۳۸٪ و خروج گیاهچه را از ۶۵٪ به ۱۵٪ کاهش داده است. دات و شرما با استفاده از پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ مشخص کردند که در نخود با کاهش پتانسیل اسمزی میزان جذب آب توسط بذر، درصد کل جوانه‌زنی، طول ریشه چه و طول ساقه چه به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. هاداس نشان داد که با کاهش پتانسیل آب خاک به کمتر از ۱۴ - مگا پاسکال، جوانه‌زنی نخود به طور معنی‌داری کاهش یافت، به طوری که در پتانسیل ۱/۵ - مگا پاسکال، فقط ۲۰٪ بذور جوانه زدند (۳۱، ۲۱، ۱۶)

هدف این تحقیق ارزیابی عکس‌العمل ده ژنوتیپ نخود، شامل ژنوتیپ‌های بومی و اصلاح شده دیم به تنش خشکی در مرحله جوانه زنی و تعیین پارامتر و پتانسیل مناسب جهت گزینش ارقام متحمل به خشکی بود.

مواد و روشها:

۱- انتخاب مواد آزمایشی: ژنوتیپ‌های مورد استفاده عبارت از: MCC 13 با مبدأ بیرجند، MCC 28 با مبدأ سبزواری، MCC 37 با مبدأ درگز، MCC 44 با مبدأ گناباد، MCC 235، MCC 259 و MCC 288 هر سه با مبدأ بجنورد و سه رقم نخود دیم اصلاح شده به اسامی FLIP 84-480 (رقم هاشم)، ILC 482، ILC 533 بودند. این سه رقم از ارقام برتر و امید بخش مرکز تحقیقات دیم شمال خراسان می‌باشند. این آزمایش در آزمایشگاه تجزیه بذر دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد به مورد اجرا درآمد.

۲- مراحل اجرای پروژه: برای ارزیابی مقاومت به خشکی در مرحله جوانه‌زنی و ایجاد سطوح مختلف پتانسیل آب از پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ استفاده شد. طبق دستورالعمل میچل و کافمن پتانسیل‌های مختلف آب که عبارت بودند از ۳-، ۶-، ۹- و ۱۲- بار طبق جدول ۱ ایجاد گردید. برای ایجاد پتانسیل صفر بار از آب مقطر استفاده شد (۲۶).

جدول ۱- نحوه ایجاد پتانسیل خشکی

مقدار PEG 6000	مقدار محلول	نوع محلول (پتانسیل خشکی)
۵۵/۲ گرم	۴۰۰ میلی لیتر	۳- بار
۷۵/۶ گرم	۴۰۰ میلی لیتر	۶- بار
۸۸/۸ گرم	۴۰۰ میلی لیتر	۹- بار
۱۰۰/۴ گرم	۴۰۰ میلی لیتر	۱۲- بار

مجموعه پتری دیش‌ها و بستر بذر (کاغذ واتمن) در اتو کلاو استریل گردید. تعداد ۲۰ عدد بذر به طور تصادفی برای هر پتری دیش انتخاب و پس از ضد عفونی به مدت ۳۰ ثانیه با هیپوکلرید سدیم ۱۰٪ و شستشو با آب مقطر، داخل پتری دیش‌ها منتقل شدند. سپس مقدار ۷ میلی لیتر از محلول مربوط به هر کدام از آنها اضافه شد. پتری دیش‌ها توزین و وزن اولیه هر کدام ثبت و در دمای توصیه شده 20 ± 1 درجه سانتیگراد و در داخل ژرminatور قرار داده شدند.

طبق دستورالعمل اتحادیه بین‌المللی تجزیه بذر دو شمارش بایستی در روزهای پنجم و هشتم انجام گیرد. ابتدا تمام پتری دیش‌ها روزانه توزین و به مقدار اختلاف وزن آنها با وزن اولیه در شروع آزمایش آب مقطر اضافه گردید. این عمل جهت جلوگیری از تغییر پتانسیل هر محلول در اثر تبخیر آب صورت گرفت (۱۰، ۱۹، ۲۰). سپس بذره‌های جوانه زده هر پتری دیش روزانه شمارش و ثبت

شد. تعداد تجمعی بذور جوانه زده در پایان روز پنجم و هشتم برای محاسبه درصد جوانه‌زنی پس از ۵ روز و درصد جوانه‌زنی نهایی طبق فرمول زیر استفاده گردید.

$$\text{درصد جوانه زنی} = \frac{\text{تعداد بذورهای جوانه زده تا روز } i \text{ ام}}{\text{تعداد کل بذورهای جوانه زده}} \times 100$$

در پایان هشتمین روز آزمایش در هر پتری دیش تمام بذورهای جوانه زده مورد ارزیابی و اندازه‌گیری قرار گرفت و دو صفت طول ریشه چه و طول ساقه چه اندازه‌گیری و ثبت گردید. سپس میانگین حاصل از کل بذورهای جوانه زده در هر پتری دیش محاسبه و به عنوان نتیجه نهایی در هر پلات آزمایشی ثبت گردید. سرعت جوانه‌زنی نیز بر اساس فرمول زیر محاسبه شد (۱۰).

$$\text{سرعت جوانه زنی} = \sum \frac{\text{تعداد بذورهای جوانه زده تا روز } i \text{ ام}}{\text{تعداد روز از شروع آزمایش}}$$

صفات درصد جوانه زنی پس از ۵ روز، درصد جوانه زنی نهایی، سرعت جوانه زنی، طول ریشه چه و طول ساقه چه برای تمام پلات‌های آزمایشی (پتری دیش‌ها) اندازه‌گیری شد.

۳- طرح آزمایشی و تجزیه داده‌ها: آزمایش در قالب طرح اسپلیت پلات بر اساس طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. پلات‌های اصلی شامل ۵ سطح پتانسیل آب (۰، -۳۰، -۶، -۹، -۱۲) و پلات‌های فرعی شامل ۱۰ رقم نخود دیم بود. داده‌ها با استفاده از نرم افزار MSTAT-C تجزیه واریانس شدند. داده‌های درصدی پس از تبدیل به زاویه تجزیه واریانس شدند. میانگین‌ها با استفاده از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث:

۱- درصد جوانه‌زنی: ارقام مورد آزمایش از نظر درصد جوانه‌زنی در پتانسیل صفر اختلاف معنی‌داری با هم داشتند ($P < 0.05$) به طوری که این ارقام از نظر درصد جوانه‌زنی به سه گروه بیشتر از ۹۰، ۹۰-۸۰ و کمتر از ۸۰٪ قابل گروه‌بندی بودند. در ۳-بار در ارقام ILC533، MCC44 و MCC37 کاهش معنی‌داری در درصد جوانه‌زنی نهایی نسبت به شرایط بدون تنش دیده نشد. در ۶-بار رقم ILC533 بدون هیچ کاهش نسبت به حالت بدون تنش، میزان جوانه‌زنی نهایی خود را حفظ کرد. در حالی که در بقیه ارقام این میزان به شدت کاهش یافت (جدول ۳). در ۹-بار و ۱۲-بار نیز رقم ILC533 از درصد جوانه‌زنی نهایی بالایی برخوردار بود (جداول ۲ و ۳). در بقیه ارقام میزان جوانه‌زنی با افزایش تنش خشکی، کاهش پیدا کرد و در ۱۲-بار به جز رقم مذکور در فوق و رقم MCC44 بقیه هیچ علائمی از جوانه زنی نشان ندادند (جداول ۲ و ۳). درصد جوانه زنی پس از ۵ روز در صفر بار برای تمام ارقام به جز برای رقم MCC235 با درصد جوانه‌زنی نهایی برابر بود. یعنی تمام بذور پس از ۵ روز جوانه زده بودند. ضریب همبستگی بین درصد جوانه زنی پس از ۵ روز با درصد جوانه‌زنی نهایی در شرایط بدون تنش برابر با ۰/۹۵ بود. ضریب همبستگی درصد جوانه زنی پس از ۵ روز با درصد جوانه‌زنی نهایی در ۳- و ۶-بار به ترتیب برابر با ۰/۸۹ و ۰/۹۰ بود. در پتانسیل خشکی ۹-بار فقط رقم ILC533 پس از ۵ روز از درصد جوانه زنی بالایی (۶۵/۹) برخوردار بود (جدول ۲). درصد جوانه زنی نهایی رقم ILC533 (۷۹/۷) نیز به صورت معنی‌داری ($P < 0.05$) از بقیه ارقام بیشتر بود. در ۱۲-بار با گذشت ۵ روز از شروع آزمایش رقم ILC533، ۵۶/۹ درصد جوانه‌زنی داشت و در همین پتانسیل درصد جوانه‌زنی نهایی آن به ۷۹/۷ درصد رسید، در حالیکه در ۱۲-بار هیچ یک از ارقام دیگر علائمی از جوانه‌زنی نشان ندادند (جدول ۲). نمودارهای ۱ و ۲ روند تغییرات درصد جوانه زنی را در سطوح مختلف خشکی نشان می‌دهند. این نمودارها نشان می‌دهند که با افزایش تنش خشکی درصد جوانه‌زنی به صورت معنی‌داری

کاهش پیدا می‌کند. روند کاهش در تغییر پتانسیل از صفر به ۳- بار از شیب بیشتری برخوردار است. سایر محققین نیز تأثیر منفی و معنی‌دار پتانسیل‌های مختلف خشکی را بر درصد جوانه زنی ارقام مختلف نخود گزارش نموده‌اند (۱۶ و ۳۰). رقم ILC533 در همه پتانسیل‌ها از درصد جوانه زنی بیشتری برخوردار بود. با افزایش پتانسیل خشکی، کاهش معنی‌داری در درصد جوانه‌زنی این رقم مشاهده نشد.

۲- سرعت جوانه زنی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که با افزایش تنش خشکی سرعت جوانه‌زنی کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند (جدول ۳). این نتیجه با نتایج سایر تحقیقات در این رابطه مطابقت می‌نماید (۱۵، ۲۱، ۳۰). ارقام مورد آزمایش نیز به طور معنی‌داری از نظر سرعت جوانه‌زنی با هم متفاوت بودند. همچنین اثر متقابل بین ارقام و سطوح مختلف پتانسیل آب، از نظر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود. در شرایط نرمال، ارقام از نظر سرعت جوانه‌زنی به سه گروه متمایز تقسیم شده‌اند (جدول ۲). ارقامی که دارای درصد جوانه‌زنی بیشتری بودند از سرعت جوانه زنی بیشتری نیز برخوردار بودند (جدول ۳ و ۴). به طور کلی با کاهش پتانسیل آب، سرعت جوانه‌زنی در تمام ارقام کاهش یافت، اما این کاهش در ارقام مختلف متفاوت بود. کاهش سرعت جوانه‌زنی در رقم ILC 533 بسیار کمتر از سایر ارقام بود، به طوری که با افزایش پتانسیل خشکی از صفر تا ۱۲- بار، سرعت جوانه‌زنی این رقم فقط ۵۱٪ کاهش یافت، در حالی که در سایر ارقام این کاهش بین ۹۸٪ تا ۱۰۰٪ بود (جدول ۲). معنی‌دار بودن اثر متقابل بین ارقام و پتانسیل‌های خشکی، بیانگر سرعت جوانه زنی متفاوت ارقام در پتانسیل‌های مختلف خشکی است. برای مثال در پتانسیل صفر به جز ارقام MCC 13 و MCC235 سایر ارقام در یک گروه قرار گرفتند. اما در پتانسیل ۳- بار تفاوت سرعت جوانه زنی در ارقام بسیار محسوس بود، به طوری که رقم ILC533 بیشترین و رقم MCC13 کمترین سرعت جوانه‌زنی را داشتند. در پتانسیل ۶- بار نیز به جز رقم ILC533 سایر ارقام از سرعت جوانه زنی بسیار پائینی برخوردار بودند به طوری که در پتانسیل ۹- بار سرعت جوانه‌زنی بیش از ۸۵٪ کاهش داشته است (جدول ۳). مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی ارقام مورد آزمایش در نمودار ۵ نشان می‌دهد که رقم ILC533 با سایر ارقام اختلاف معنی‌داری دارد، اما سایر ارقام از نظر سرعت جوانه‌زنی در یک سطح قرار می‌گیرند.

۳- طول ریشه چه: اثر سطوح مختلف خشکی و همچنین اثر متقابل سطوح خشکی و رقم بر طول ریشه چه معنی‌دار بود ($P < .05$). با افزایش تنش از صفر به ۱۲- بار، میانگین طول ریشه چه از ۹/۶ به ۳/۸ سانتیمتر کاهش یافت. در بین ارقام مورد آزمایش رقم ILC533 با ۷۰٪ کاهش نسبت به حالت بدون تنش، کمترین کاهش طول ریشه چه را داشت، در حالی که در سایر ارقام نزدیک به ۱۰۰٪ کاهش طول ریشه مشاهده شد (جدول ۴). در تمام سطوح پتانسیل خشکی، ارقام از نظر طول ریشه چه با هم تفاوت معنی‌داری داشتند. این تفاوت در پتانسیل‌های ۳- و ۶- بار محسوس‌تر بود. اما در پتانسیل‌های ۹- و ۱۲- بار تفاوت طول ریشه چه در بین ارقام مختلف به شدت کاهش یافت که بیانگر تأثیر مشابه این دو پتانسیل در اکثر ارقام بود. بیشترین کاهش طول ریشه چه در تمامی ارقام بین دو پتانسیل صفر و ۳- بار مشاهده شد، به طوری که در رقم ILC 482 این کاهش بیش از ۸۰٪ بود (جدول ۴). رقم ILC 533 در تمامی سطوح خشکی کمترین کاهش طول ریشه چه را داشت و از این بابت با ارقام دیگر اختلاف معنی‌داری نشان داد. تغییرات میانگین طول ریشه چه در نمودار ۱ نشان دهنده اختلاف بسیار معنی‌دار رقم ILC 533 با سایر ارقام است. اما سایر ارقام در سطح بسیار پائینی قرار گرفتند. نمودار ۱ تغییرات بسیار معنی‌دار طول ریشه چه را در اثر کاهش پتانسیل خشکی نشان می‌دهد، روند تغییرات از پتانسیل صفر به ۶- بسیار شدید است.

۴ - طول ساقه چه: ارقام مورد آزمایش از نظر طول ساقه چه در پتانسیل‌های مختلف با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند. با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۱۲- بار، طول ساقه چه در تمام ارقام ۱۰۰٪ کاهش یافت (جدول ۴) گزارشات سایر محققین نیز مؤید چنین نتیجه‌ای است (۱۶، ۲۱، ۳۲). اثر متقابل طول ساقه چه و پتانسیل‌های مختلف آب معنی‌دار بود. با افزایش تنش خشکی طول ساقه چه در تمام ارقام کاهش معنی‌داری پیدا کرد (جدول ۴). این کاهش در تغییر پتانسیل از صفر به ۳- بار بسیار شدید بود، به طوری که به جز در رقم ILC533 در سایر ارقام بیش از ۹۸٪ مشاهده شد. حساسیت طول ساقه چه به تنش خشکی به حدی بود که به جز رقم ILC533 سایر ارقام در پتانسیل‌های ۶-، ۹- و ۱۲- به هیچ وجه ساقه چه تولید نکردند (جدول ۴). در بین ارقام مورد

آزمایش فقط رقم ILC533 توانست در پتانسیل‌های بالای خشکی ساقچه تولید نماید، اما در عین حال با افزایش تنش، کاهش طول ساقچه در این رقم نیز بسیار معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌های ارقام و تغییرات طول ساقچه در نمودارهای ۹ و ۱۰ بیانگر اختلاف معنی‌دار ارقام و برتری رقم ILC533 می‌باشد.

جدول ۲ - میانگین درصد جوانه زنی پس از ۵ روز و درصد جوانه زنی نهایی (پس از ۸ روز) در ده رقم نخود در سطوح مختلف پتانسیل آب

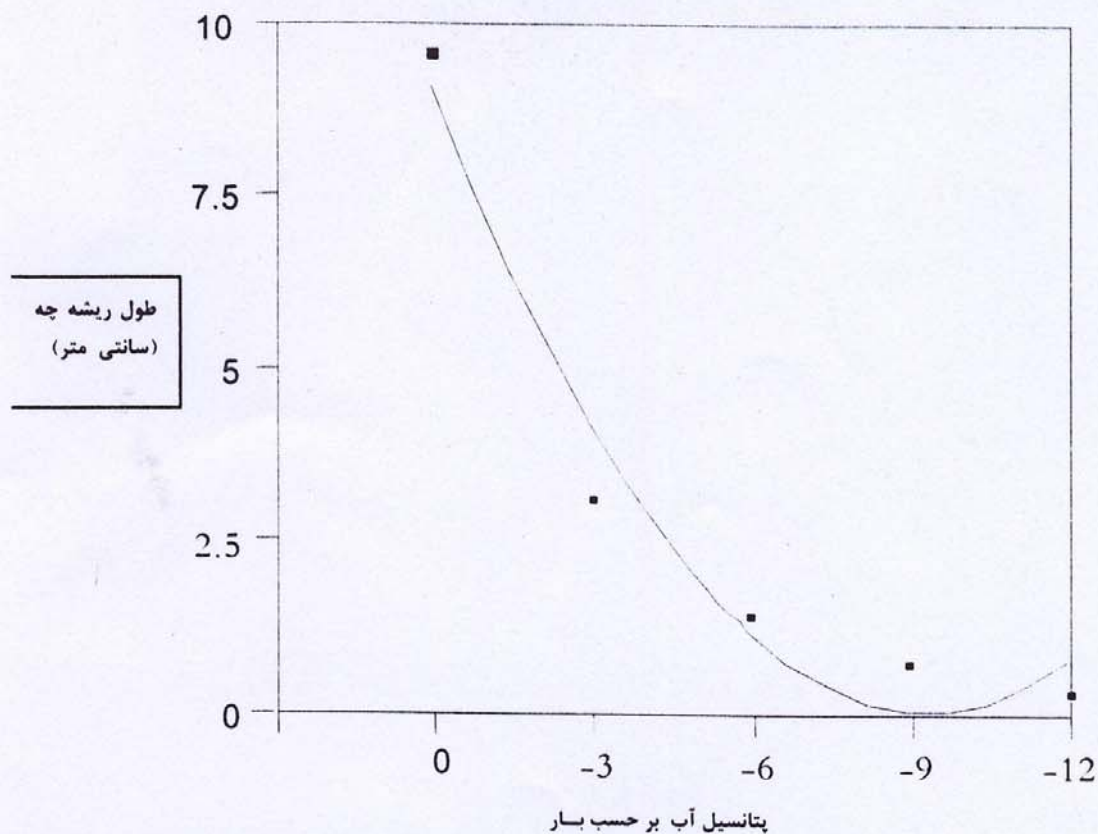
ارقام	سطوح مختلف پتانسیل آب بر حسب بار									
	-۱۲		-۹		-۶		-۳		۰	
	۵ روز	نهایی	۵ روز	نهایی	۵ روز	نهایی	۵ روز	نهایی	۵ روز	نهایی
ILC533	۵۶٫۵d	۷۹٫۷bcd	۶۵٫۹c	۸۶٫۸ab	۹۰٫۰a	۹۰٫۰a	۹۰٫۰a	۹۰٫۰a	۹۰٫۰a	۹۰٫۰a
MCC37	۰٫۰p	۰٫۰s	۰٫۰p	۲۲٫۰nopq	۴۰٫۰m	۲۷٫۸lmno	۵۶٫۸d	۸۵٫۹ab	۹۰٫۰a	۹۰٫۰a
ILC482	۰٫۰p	۰٫۰s	۰٫۰p	۱۹٫۹opq	۲۴٫۴jk	۳۲٫۲jklm	۲۹٫۷hi	۴۷٫۲lmno	۹۰٫۰a	۹۰٫۰a
MCC259	۰٫۰p	۰٫۰s	۸٫۱np	۳٫۲s	۲۲٫۴jk	۳۵٫۰jkl	۳۲٫۷h	۶۰٫۹g	۹۰٫۰a	۹۰٫۰a
FLIP480	۰٫۰p	۰٫۰s	۱٫۰p	۲۱٫۶nopq	۴٫۲op	۲۶٫۷lmno	۳۹٫۹fg	۵۸٫۵g	۹۰٫۰a	۹۰٫۰a
MCC28	۰٫۰p	۰٫۰s	۱۲٫۰mn	۱۲٫۴r	۳۵٫۹gh	۴۳٫۶hi	۵۱٫۹dc	۶۹٫۵cf	۹۰٫۰a	۹۰٫۰a
MCC44	۰٫۰p	۱۶٫۶q	۰٫۰p	۲۹٫۱klmn	۲۲٫۱h	۶۲٫۲fg	۹۰٫۰a	۸۳٫۹ab	۹۰٫۰a	۹۰٫۰a
MCC13	۰٫۰p	۰٫۰s	۰٫۰p	۱۷٫۷pqr	۱۵٫۴klm	۲۵٫۶mnop	۲۱٫۸jkl	۳۶٫۷ijk	۷۹٫۷b	۹۰٫۸abc
MCC288	۰٫۰p	۰٫۰s	۰٫۰p	۲۳٫۹nopq	۲۰٫۷jkl	۲۵٫۳hi	۵۱٫۵dc	۷۳٫۱cde	۷۲٫۵dc	۸۳٫۹ab
MCC235	۰٫۰p	۰٫۰s	۰٫۰p	۳۸٫۵ij	۳۲٫۱h	۴۴٫۶hi	۴۵٫۴ef	۵۸٫۵g	۵۷٫۴d	۷۱٫۹dc

جدول ۳ - میانگین سرعت جوانه زنی ده رقم نخود در سطوح مختلف پتانسیل آب

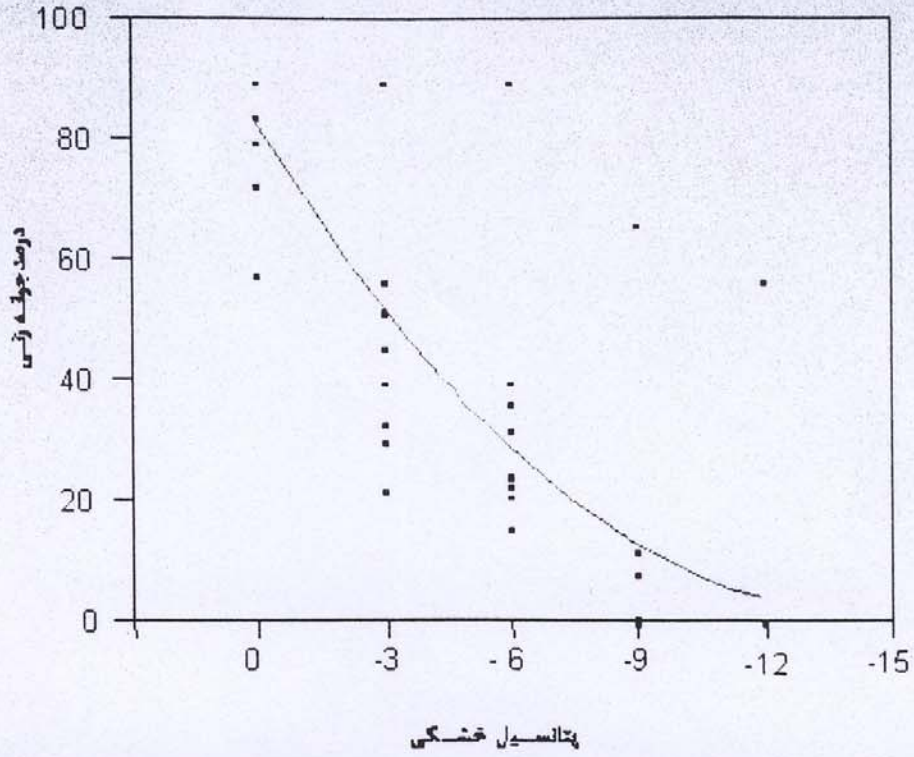
ارقام	پتانسیل آب (بر حسب بار)				
	-۱۲	-۹	-۶	-۳	۰
ILC 533	۶/۳f	۹/۱D	۱۱/۰abc	۱۱/۷ab	۱۲/۲a
MCC 37	۰/۰l	۰/۷Kl	۱/۳ijkl	۵/۵f	۱۲/۱a
I LC 482	۰/۰l	۰/۲۱kl	۱/۲jkl	۲/۳hij	۱۲/۲a
MCC 259	۰/۰l	۰/۱۰l	۱/۲ghi	۳/۶gh	۱۲/۲a
FLIP 84-480	۰/۳۲kl	۰/۸۲kl	۰/۵۳kl	۴/۰g	۱۲/۲a
MCC 28	۰/۱۶kl	۰/۲۶kl	۲/۵hij	۵/۶f	۱۱/۹a
MCC 44	۰/۱۹kl	۰/۶۰kl	۳/۰gh	۷/۷e	۱۱/۲b
MCC 13	۰/۱۱l	۰/۲۴kl	۰/۴۹kl	۱/۶ijk	۱۰/۴bc
MCC 288	۰/۰۷l	۰/۳۰kl	۱/۲jkl	۵/۳f	۱۱/۵ab
MCC235	۰/۰l	۱/۴l jkl	۲/۷hi	۵/۴f	۹/۸cd

جدول ۴ - میانگین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه ده رقم نخود مورد آزمایش در سطوح مختلف پتانسیل آب

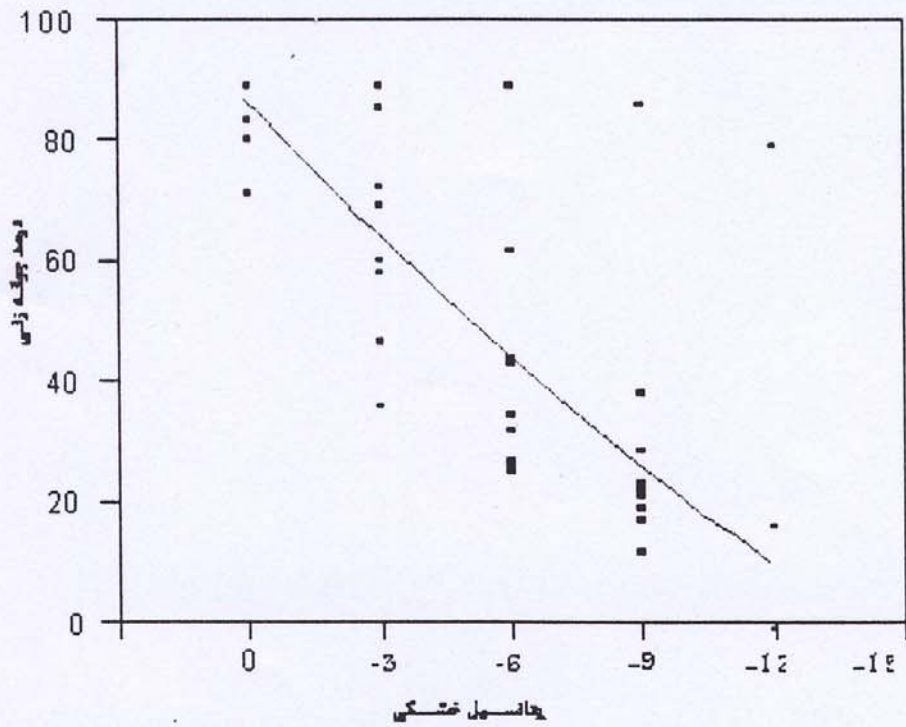
سطوح مختلف خشکی بر حسب بار										ارقام
-۳		-۶		-۹		-۱۲				
ساقه‌چه	ریشه‌چه	ساقه‌چه	ریشه‌چه	ساقه‌چه	ریشه‌چه	ساقه‌چه	ریشه‌چه	ساقه‌چه	ریشه‌چه	
۶.۳a	۱۷.۱a	۲.۲e	۱۰.۴c	۰.۸fg	۸.۰e	۰.۵gh	۵.۵f	۰.۰۳g	۳.۳g	ILC533
۳.۵b	۱۲.۶b	۰.۲hij	۲.۷gh	۰.۱j	۰.۵۹jkl	۰.۰z	۰.۱۱	۰.۰z	۰.۰۱	MCC37
۳.۴b	۱۱.۹b	۰.۴j	۱.۷hijk	۰.۰z	۰.۵۹jkl	۰.۰z	۰.۵۹jkl	۰.۰z	۰.۰۱	ILC482
۳.۵b	۱۲.۰b	۰.۰z	۱.۹ghij	۰.۰z	۰.۳۴kl	۰.۰z	۰.۳۰۱	۰.۰z	۰.۰۱	MCC259
۲.۹cd	۱۰.۵c	۰.۱۲ij	۲.۰ghij	۰.۰z	۰.۲۲۱	۰.۰z	۰.۳۲kl	۰.۰z	۰.۸۵۱	FLIP480
۳.۲bc	۹.۵cd	۰.۱۹hij	۱.۹ghij	۰.۰z	۰.۷۷jkl	۰.۰z	۰.۱۳۱	۰.۰z	۰.۰۹۱	MCC28
۳.۲bc	۳.۲g	۱.۱f	۵.۷f	۰.۰z	۲.۳ghi	۰.۰z	۱.۸hijk	۰.۰z	۰.۲۳۱	MCC44
۲.۲e	۵.۸f	۰.۰۶z	۱.۱ijkl	۰.۰z	۰.۱۳۱	۰.۰z	۰.۰۹۱	۰.۰z	۰.۰۱	MCC13
۲.۷d	۸.۵de	۰.۰۱j	۱.۷hijk	۰.۰z	۰.۳۸kl	۰.۰z	۰.۹۱	۰.۰z	۰.۰۱	MCC288
۲.۷d	۵.۰f	۰.۴۴ghi	۲.۹gh	۰.۰z	۱.۲ijkl	۰.۰z	۰.۲۷kl	۰.۰z	۰.۰۱	MCC235



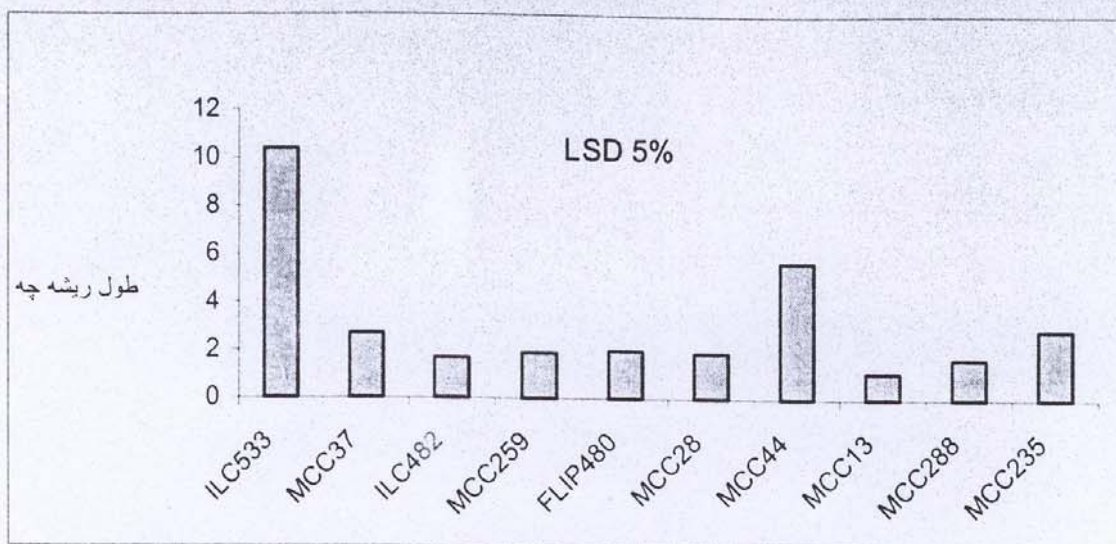
نمودار ۱- تغییرات میانگین طول ریشه‌چه در سطوح مختلف پتانسیل خشکی



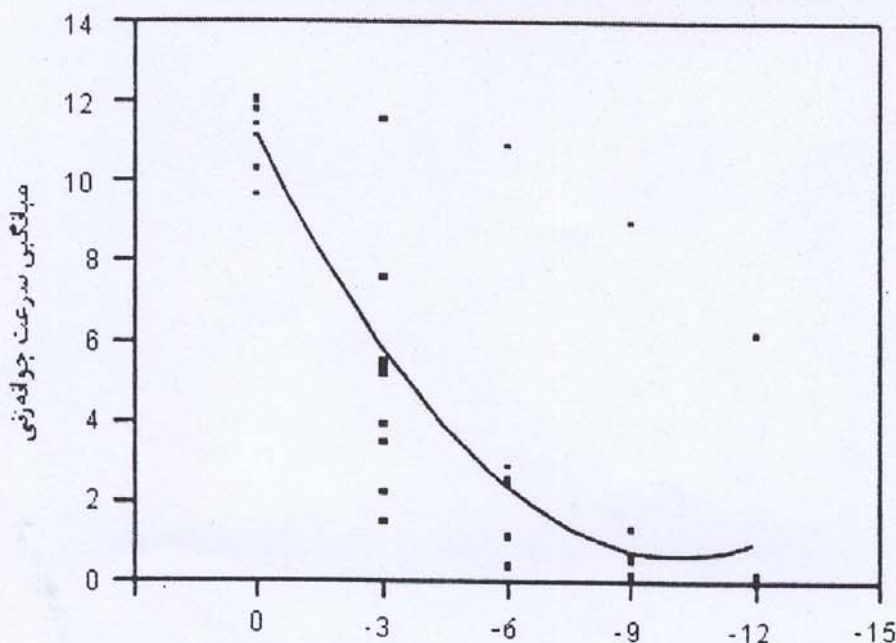
نمودار ۲ - رابطه بین پتانسیل خشکی و میانگین درصد جوانه زنی ده رقم نخود پس از ۵ روز



نمودار ۳ - رابطه بین پتانسیل خشکی و میانگین درصد جوانه زنی نهایی ده رقم نخود



نمودار ۳- میانگین طول ریشه‌چه در ده رقم نخود در پتانسیل آبی ۳- بار



نمودار ۵- میانگین سرعت جوانه‌زنی در پتانسیل‌های مختلف خشکی

به طور کلی تنوع ژنتیکی در درون یک گونه امکان مناسبی را برای گزینش ژنوتیپ‌های مورد نظر و مطلوب فراهم می‌کند. نتایج این آزمایش نشان داد که رقم ILC533 در شرایط تنش از میزان جوانه‌زنی بالایی برخوردار است. این لاین وقتی که در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرد توانایی تعدیل فشار اسمزی درون سلولی را دارا می‌باشد. این توانایی اجازه می‌دهد که بذر جوانه بزند و به رشد خودش ادامه دهد. در شرایط تنش خشکی، فرآیند تعدیل فشار اسمزی توسط گیاه با سنتز و تجمع موادی شبیه مواد آلی صورت می‌گیرد (۲۸).

افزایش تنش خشکی، آب قابل دسترس بذرهای جهت جوانه‌زنی را 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 (۱۶، ۲۲، ۳۲، ۳۳). درصد جوانه‌زنی صفتی است که با ظهور ریشه‌چه مرتبط می‌باشد. ریشه‌ها قبل از اندام‌های دیگر گیاه از بذر بیرون می‌آیند و در نتیجه قبل از اندام‌های دیگر در معرض تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند. بنابراین اندازه طول ریشه‌چه معیار مناسبی برای گزینش واریته‌های

متحمل به تنش خشکی می‌باشد. اگر هدف رتبه بندی ارقام از نظر میزان جوانه‌زنی در شرایط تنش باشد، مقایسه درصد جوانه‌زنی ارقام در پتانسیل ۶- بار پس از ۵ روز از شروع آزمایش معیار قابل اعتمادی است و نیازی به اندازه‌گیری جوانه‌زنی نهایی نیست، زیرا که در ۹- بار حدود ۷۰٪ ارقام علانمی از جوانه‌زنی نشان ندادند.

سرعت جوانه‌زنی یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی تحمل به خشکی در مرحله جوانه‌زنی است. زیرا هرچه سرعت جوانه‌زنی بیشتر باشد شانس سبز شدن تحت شرایط تنش بیشتر خواهد بود (۱۶، ۲۰، ۲۲). در بین ارقام مورد آزمایش، هیچیک از ارقام بومی و حتی اصلاح شده به جز رقم ILC533 از سرعت جوانه‌زنی مناسب در شرایط تنش برخوردار نبودند (جدول ۴). در واقع فقط رقم ILC533 توانست در پتانسیل‌های پایین آبی سرعت جوانه‌زنی مناسبی نشان دهد، اما سایر ارقام به شدت از کاهش پتانسیل آب متأثر گردیدند که به معنی حساسیت آنها به تنش خشکی است. روند تغییرات سرعت جوانه‌زنی در نمودار ۵ بیانگر کاهش معنی‌دار این صفت در اثر افزایش تنش خشکی است.

به نظر می‌رسد طول ساقچه‌چه به تغییر پتانسیل خشکی حساسیت بسیار بالایی دارد و می‌تواند مثل ریشه‌چه پارامتر بسیار مناسبی جهت ارزیابی مقاومت به خشکی در نخود باشد. تحقیقات سایر محققان نیز این مطلب را تأیید می‌کند (۱۶، ۲۲). معذالک چون ساقچه‌چه دیرتر از ریشه‌چه ظاهر می‌شود و نسبت به ریشه‌چه به تنش خشکی حساس‌تر است (جدول ۴)، برای صرفه‌جویی در زمان، طول ریشه‌چه به تنهایی می‌تواند معیار مناسبی باشد.

در صورتی که صفت طول ریشه‌چه معیار مقایسه ارقام قرار گیرد، به نظر می‌رسد که در نخود پتانسیل‌های ۳- تا ۶- بار بهترین سطوح پتانسیل رطوبتی جهت ارزیابی تحمل به خشکی می‌باشد. چرا که در ۹- و ۱۲- درصد جوانه‌زنی به شدت کاهش پیدا می‌کند و در غالب لاین‌ها به صفر می‌رسد. در ۳- بار اختلاف بین لاین‌ها برای طول ریشه‌چه به اندازه کافی وجود دارد تا بتوان بین آنها از نظر تحمل تنش آب تمایز قائل شد. در ۹- و ۱۲- بار درصد جوانه‌زنی به شدت کاهش پیدا می‌کند و در اغلب لاین‌ها به صفر می‌رسد، بنابراین نیازی به اعمال چنین سطحی از تنش رطوبتی وجود ندارد. از طرف دیگر ضریب همبستگی درصد جوانه‌زنی پس از ۵ روز با درصد جوانه‌زنی نهایی در ۳- و ۶- بار به ترتیب برابر با ۸۹٪ و ۹۰٪ بود. مقایسه لاین‌ها پس از ۵ روز در ۳- بار معقول به نظر می‌رسد. در رقم MCC235 تاخیر در جوانه‌زنی و یا به عبارت دیگر تداوم جوانه‌زنی پس از ۵ روز شاید به دلیل بافت سخت آندوسپرم و تاخیر در جذب آب باشد. به طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری نمود که ارقام بومی نخود دیم این آزمایش در مقابل تنش رطوبتی حساس بوده. و بسیار ضرورت دارد که برنامه‌های به‌نژادی در جهت بهبود و یا گزینش واریته‌هایی با درجه بیشتری از تحمل به خشکی انجام شود تا هنگام جوانه‌زنی از نوسانات رطوبتی کمتر آسیب ببینند.

منابع و مآخذ:

- ۱- باقری، ع. ۱۳۶۶. بررسی تحمل به شوری و خشکی در توده‌های مختلف اسپرس. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه اصفهان. ۸۴ صفحه.
- ۲- باقری، ع. و غ. سرمد نیا. ۱۳۷۰. بررسی امکان استفاده از پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ جهت مطالعه خشکی در گیاه اسپرس در مرحله جوانه‌زنی. مجله علوم و صنایع کشاورزی. جلد ۵: ۹-۱.
- ۳- باقری، ع.، انظامی، ع. گنجعلی، م. پارسا. ۱۳۷۶. زراعت و اصلاح نخود. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۴۴ صفحه.
- ۴- رحیمیان مشهدی، ح.، ع. باقری، و ا. پاریاب. ۱۳۷۰. اثر پتانسیل‌های مختلف حاصل از پلی اتیلن گلیکول و کلرور سدیم توأم با درجه حرارت بر جوانه‌زنی در توده‌های گندم دیم. مجله علوم و صنایع کشاورزی جلد ۵: ۴۵-۳۶.

- ۵- شکاری، ف.، ع. جوانشیر، م. شکیبا، م. مقدم، ه. آلیاری. ۱۳۷۹. تأثیر عمل پیش تیمار بر فرایند جوانه‌زنی بذر کلزا در پتانسیل‌های پائین. خلاصه مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران.
- ۶- ظریف کتابی، ج. و ع. کوچکی. ۱۳۷۹. اثر پتانسیل‌های مختلف خشکی بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه چند گونه یونجه یکساله. خلاصه مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران.
- ۷- عبد میثانی، س.، ع. شاه نجات بوشهری. ۱۳۷۶. اصلاح نباتات تکمیلی (جلد اول). انتشارات دانشگاه تهران. ۳۲۱ صفحه.
- ۸- کوچکی، ع.، م. راشد محصل، م. نصیری و م. صدر آبادی. ۱۳۶۷. مبانی فیزیولوژی رشد و نمو گیاهان زراعی. انتشارات آستان قدس رضوی. ۴۰۴ صفحه.
- ۹- موسوی، ر.، ک. قاسمی گل‌عذایی، ج. کاظمی، م. ولیزاد. ۱۳۷۹. اثرات کمبود آب بر سرعت و دوره پر شدن دانه در دو رقم جو. خلاصه مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران.
- 10- Agrawal, R.L. 1991. Seed Technology. Oxford & IBH. Publishing 658 pp.
- 11- Amthor, J.S. 1984. The role of maintenance of respiration in plant growth. *Plant Cell Environ.* 7: 561-569.
- 12- Boyer J.S. 1982. Plant productivity and environment. *Science* 218: 443-448.
- 13- Burris, J.S, A.H. Wahab, and O.T. Edje. 1971. Effect of seed size on seedling performance in soybeans. I seedling growth and respiration in the dark. *Crop Sci.* 11: 492-495.
- 14- Corchete, P. and H. Guerra .1986. Effect of NaCl and polyethylen glycol on solute contact and glycosidase activites during germination of lentil seeds. *Plant Cell and Environ.* 7: 589-593.
- 15- De, R., and P. Kar. 1995. Seed germination and seedling growth of mung bean (*vigna radiata*) under water stress induced by PEG-6000. *Seed Sci. & Technol.* 23: 301-308.
- 16- Dutt, N.R.G. and P.K. Sharma. 1982. Screening chickpea cultivars with polyethylene glycol for drought tolerance during germination. *International Chickpea News* letter 7:11.
- 17- El-Sharkawi, H.M. and I. Sprinuel. 1977. Germination of some crop plant seed under reduced water potential. *Seed Sci. & Technol.* 5: 677-688.
- 18- Eemmerich, W.E. and S.P. Hhardegree. 1990. Polyethylen glycol solution contact effect on seed germination. *Agron.J.* 82: 1103-1107.
- 19- Emmerich, W.E. and S. P.Hardegree. 1991. Seed germination in polyethylen glycol solution. effect of filter paper exclusion and water vapor loss. *Crop Sci.* 31: 454-458
- 20- Fernandez, G. and M. Johnston. 1995. Seed vigour testing in lentil, bean, and chickpea. *Seed Sci. & Technol.* 23: 617-627.
- 21- Hadas .A. 1970. Factors affecting germination under soil moisture stress. *Israel Journal of Agricultural Research.* 20:3-14.
- 22- Krishramurthy .L., O. Ito, C. Johansen, and N.P. Saxsena. 1998. Length to weight ratio of chickpea roots under progressively reducing soil moisture conditions in a vertisol. *Field Crops Research.* 58: 177-185.
- 23- Liptay, A. and C.S. Tan. 1985. Effect of various levels of available water on germination of polyethylene glycol (PEG) pretreated or untreated tomato seed. *J. Amer. Soc. Hort.Sci.* 110: 748-751.
- 24- Marhart, A.H., 1985. Comparative water relations of *Phaseolus vulgaris* L. and *phaseolus actifolius* Gray. *Plant Physiol.* 77, 113-117.
- 25- Mayer, A.M., and A. Polijakoff-Mayber .1989. The germination of seeds. 4 ed. pergamon Press. Oxford.
- 26- Michel, B.E. and M.R. Kaufman. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiol.* 51: 914-916.
- 27- Morgan M.J., Condon A.G. 1986. Water-use, grain yield and osmoregulation in wheat. *Aust. J. Plant Physiol.* 13, 523- 532.

- 28- Mullahey, J.J., S.H. Westand, and J.H. Cornell. 1996. Effects of simulated drought by polyethylene glycol on bahiagrass germination. *Seed Sci. Technol.* 44: 219-224.
- 29- Parmer, M.T. and R.P. Moore. 1988. Carbowax 6000, Monitol, sodium chlorid for stimulating drought condition in germination of corn (zea mays) of strong and weak vigour. *Agron J.* 60: 192-195.
- 30- Romo, S., Labrador. E. and B. Dopico. 2001 .Water stress-regulated gene expression in cicer arietinum seedling and plants. *Plant Physiol. Biochem.* 39:1017-1026.
- 31- Saxena, N.P. and A. R. Sheldrak. 1980. Physiology of growth, development and yield of chickpeas in India . In Proceedings of the International workshop on chickpea improvement. 28 Feb-2March 1979. Patencheru, India, PP. 106-120.
- 32- Saxena, N.P., Kapoor, S.N. and D.S. Bisht. 1983 Emergence of chickpea seedling in sub- optimal moisture. *International Chickpea Newslatter* 9:12-14.
- 33- Singh. K.B. 1997. Chickpea (cicer arientinum L.). *Field Crops Research.* 53: 161-170.
- 34- Sinha ,S.K.1984. Drought resistance in crop plants: A Physiological and biochemical analysis Inproceedings of Symposium on Breeding for stress toleranc ϵ organized by Indian society of genetics and plant breeding, Hissar on oct.10-12 .1984.
- 35- Zhu J.K., Hasegawa P.M., Bressan R.A. 1997. Molecular aspects of osmotic stress in plants, *Critical Rev. in Plant Sci.* 16, 253-277.