مجله علمی-پژوهشی زراعت و اصلاح نباتات ایران
جلد ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، صفحات ۴۲-۲۹

ISSN NO: 2008-848

تحمل به خشکی ارقام زراعی نخود (*Cicer arietinum* L.)در مرحله گیاهچه و بلوغ

Drought tolerance of chickpea varieties (*Cicer arietinum* L.) in seedling and adult stages

عزت کرمی[1]*، امید کرمی [2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۷/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۵

چکیده:

تنش خشکی از مهمترین عوامل محدودکننده در گسترش و زادآوری گیاهان در نظام‌های کشاورزی و محیط طبیعی می‌باشد، که بهترین راهکار مقابله با آن معرفی ارقام مقاوم و سازگار با تنش می‌باشد. بدین منظور با انجام آزمایشی در سال زراعی ۹۴-۹۳، عکس‌العمل ۵ رقم نخود زراعی شامل ۳ رقم کابلی (آرمان، آزاد و ILC482) و۲ رقم دسی(پیروز و کاکا) به مقاومت به تنش خشکی تحت ۵ سطح پتانسیل آب (۰ ، ۳- ، ۶- ، ۹- و ۱۲- بار)، با استفاده از محلول پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ تحت شرایط آزمایشگاهی بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار مورد بررسی قرار گرفت. این ارقام در شرایط مزرعه، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی کردستان مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که بین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده تحت شرایط آزمایشگاه و مزرعه، روابط معنی‌داری وجود دارد. در میان ارقام مورد بررسی فقط ارقام دسی (پیروز و کاکا) در پتانسیل‌های (۹-) و (۱۲-) بار جوانه‌زنی مناسبی را نشان دادند. بنابراین از لحاظ تحمل تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی و گیاهچه بر ارقام کابلی برتری معنی‌داری داشتند. در کاهش پتانسیل از صفر به (۶-) بار، بیشترین اختلاف در کلیه صفات دیده شد. بیشترین تعداد روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی و تعداد دانه در بوته، متعلق به رقم کاکا و بالاترین مقدار عملکرد دانه مربوط به رقم آرمان بود. تجزیه کلاستر با داده‌های آزمایشگاهی و مزرعه‌ای، قرابت ارقام کابلی (خصوصا نزدیکی ارقام آزاد و ILC482) و فاصله ژنتیکی آنها با ارقام دسی را نمایان ساخت.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، پلی‌اتیلن گلیکول، پتانسیل اسمزی.

[1]- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران.

۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سنندج، سنندج، ایران.

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: Ezzatut81@yahoo.com

مجله علمی- پژوهشی زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج

مقدمه:

حبوبات و به‌ویژه نخود (Cicer arietinum L.) نقش اساسی در نظام‌های مبتنی برکشاورزی پایدار دارند. این محصولات منابع با ارزشی از پروتئین گیاهی هستند که در رژیم غذایی انسان و تعلیف دام بسیار ارزشمند می‌باشند (FAO, 2010). نخود سهم عمده‌ای در تأمین پروتئین افراد گیاهخوار و اقشار کم‌درآمد جامعه که قادر به تأمین پروتئین گران‌قیمت حیوانی نیستند، دارد. با توجه به اهمیت حبوبات به‌عنوان یکی از منابع مهم پروتئین گیاهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، تلاش‌های زیادی در جهت تعیین تحمل به خشکی بر اساس کاهش عملکرد در شرایط تنش خشکی در مقایسه با شرایط آبیاری انجام شده است (Gunes *et al*., 2008). حبوبات از جمله گیاهانی هستند که در مناطق خشک و نیمه‌خشک، بیشتر در خاک‌های کم‌حاصل‌خیز و اراضی حاشیه‌ای تحت تنش خشکی کشت می‌شوند و یکی از منابع مهم پروتئین گیاهی در این مناطق محسوب می‌شوند (Majnoun Hosseini, 2008). نخود زراعی از لحاظ سطح زیرکشت و محصول تولیدی در جهان، پس از نخود فرنگی و لوبیا رتبهٔ سوم را در بین حبوبات به خود اختصاص داده است (Kannouni, 2012). در ایـران، نخود با سطح زیرکشت ۵۲۸ هزار هکتار و تولید تقریبی ۲۶۹ هزار تن مهم‌ترین گیاه از زمرهٔ حبوبات محسوب می‌شود (Ministry of Agriculture-jahad, 2014). تنش خشکی به عنوان مهم‌ترین تنش غیرزنده در کاهش عملکرد نخود مطرح شده است (Bagheri *et al*., 2000). بررسی‌ها نشان می‌دهد که از میان تنش‌های مختلف زیستی و غیرزیستی، تنش خشکی به تنهایی علت کاهش۵۰ درصد عملکرد نخود است (Anbessa & Bejiga, 2002).

یکی از راه‌های مهم برای جلوگیری از مصرف نامناسب آب و صرفه جویی در منابع موجود آب برای کشاورزی استفاده از گیاهان مقاوم به تنش می‌باشد. در این راستا یافتن مکانیسم‌های مقاومت به خشکی در جهت غربال نمودن و انتخاب ارقام مناسب حائز اهمیت است، زیرا تنش خشکی عامل اصلی خسارات شدید در بیشتر محصولات گیاهی می‌باشد و یکی از مهمترین عوامل تنش‌زای محیطی است که رشد و نمو گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Arji & Arzani, 2003).

این تحقیق به منظور مقایسه میزان تحمل به خشکی در ارقام نخود تیپ دسی و کابلی، بررسی ارتباط تحمل به استرس خشکی ارقام در دو مرحله رشدی گیاهچه (آزمایشگاهی) و بلوغ (مزرعه‌ای) و مطالعه روابط بین صفات مورد اندازه‌گیری و چگونگی تأثیرگذاری آنها بر عملکرد دانه انجام گردید.

مواد و روش‌ها:

این تحقیق در دو محیط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای اجرا گردید. بخش مزرعه‌ای این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۳ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در۴ تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گریزه (در موقعیت ۱۴ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه طول شرقی، با ارتفاع ۱۴۵۰ تا ۱۵۳۸ متر از سطح دریا، متوسط بارندگی سالانه ۴۹۷/۳ میلی‌متر و حداکثر روزانه ۶۱ میلی‌متر) واقع در استان کردستان انجام گرفت. بخش آزمایشگاهی در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج، بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار انجام گرفت. بطوری‌که ۵ رقم زراعی نخود (جدول۱) بعنوان فاکتور A و ۵ سطح تنش با استفاده از پلی‌اتیلن گلیکول (PEG) بعنوان فاکتور B در نظر گرفته شد.

جدول ۱. مشخصات ارقام مورد بررسی در آزمایش

Table 1. Specifications of the cultivars examined in the experiment

رقم	مشخصات
آزاد	کابلی، دیررس، پابلند
آرمان	کابلی، میان رس، پابلند
کاکا	دسی، بسیار دیررس، پاکوتاه
پیروز	دسی، بسیار دیررس، پاکوتاه
ILC482	کابلی، میان‌رس، پابلند

طبق دستورالعمل میچل و کافمن (Shing & Saxena, 1999) پتانسیل‌های مختلف آب (۳- ، ۶- ، ۹- و ۱۲- بار) ایجاد گردید. برای ایجاد حالت نرمال (پتانسیل صفر) از آب مقطر استفاده شد و دستورالعمل جدول(۲) برای سایر غلظت‌ها اجرا گردید.

جدول ۲. مقدار پلی‌اتیلن گلیکول مورد استفاده برای ایجاد پتانسیل‌های مختلف تنش خشکی

Table 2. The amount of polyethylene glycol used to create different drought stress potentials

پتانسیل خشکی	مقدار محلول	مقدار PEG6000
-3	200 میلی‌لیتر	27.6
-6	200 میلی‌لیتر	37.8
-9	200 میلی‌لیتر	44.4

تعداد ۲۰ عدد بذر بصورت تصادفی از هر رقم نخود مورد بررسی برای هر غلظت از تنش، انتخاب و پس از ضد عفونی به مدت ۳۰ ثانیه با هیپوکلرید سدیم ۱۰٪ و شستشو با آب مقطر، داخل پتری‌دیش‌ها قرار گرفت. سپس مقدار ۷ میلی‌لیتر از محلول مربوط به هرکدام از آنها اضافه شد. ابتدا وزن اولیه تمام پتری‌دیش‌های حاوی بذر ثبت شد و در دمای توصیه شده ۱±۲۰ در داخل ژرمیناتور قرار داده شد. پتری‌دیش‌ها بصورت روزانه وزن و به مقدار اختلاف وزن آنها با وزن اولیه در شروع آزمایش جهت جلوگیری از تغییر پتانسیل، آب مقطر اضافه گردید (Emmerich & Hardegree,1991; Fernandez & Johnston,1995).

بذرهای جوانه‌زده نیز روزانه شمارش و ثبت شدند. طبق دستورالعمل اتحادیه بین المللی تجزیه بذر، دو شمارش در روزهای پنجم و هشتم صورت گرفت و صفات مربوط به رشد گیاهچه (طول ریشه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی در ۵ روز و درصد جوانه‌زنی نهایی) اندازه‌گیری شدند. تعداد تجمعی بذور جوانه‌زده در پایان روز پنجم برای محاسبه درصد جوانه‌زنی پس از ۵ روز و در پایان روز هشتم برای محاسبه درصد جوانه‌زنی نهایی طبق فرمول زیر محاسبه شد (Agrawal, 1991).

$$PG = \frac{ni}{N} \times 100$$

در این معادله، PG درصد جوانه‌زنی، ni تعداد بذرهای جوانه زده تا روز i ام و N تعداد کل بذرهای جوانه زده است. در پایان هشتمین روز آزمایش، در هر پتری‌دیش، تمام بذرهای جوانه‌زده مورد ارزیابی قرار گرفت و طول ریشه‌چه اندازه‌گیری و ثبت گردید. سپس میانگین حاصل از کل بذرهای جوانه‌زده در هر پتری‌دیش محاسبه و به عنوان نتیجه نهایی در هر کرت آزمایشی ثبت شد. سرعت جوانه‌زنی نیز بر اساس فرمول زیر محاسبه شد (Agrawal, 1991):

$$Rs = \sum_{i=1}^{n} \frac{Si}{Di}$$

در این معادله، Rs سرعت جوانه‌زنی، Si تعداد بذرهای جوانه زده تا روز i ام و Di تعداد روز از شروع آزمایش می-باشد. صفات درصد جوانه‌زنی پس از ۵ روز، درصد جوانه‌زنی نهایی، سرعت جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه برای تمام پتری‌دیش‌ها اندازه‌گیری شد. در پایان هشتمین روز، وزن خشک ریشه‌چه برای هر پتری‌دیش محاسبه و ثبت گردید. در شرایط مزرعه‌ای در هر پلات از هر رقم ۵ خط ۲متری با فاصله خطوط ۳۵ سانتی‌متر و فاصله بذور روی خطوط ۷ سانتی‌متر و با عمق ۳ سانتی‌متر کاشت گردید.

صفات (روز تا گلدهی، روز تا غلاف دهی، روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، تعداد غلاف و دانه در بوته، وزن صد دانه و عملکرد دانه در بوته) با حذف اثر حاشیه بر روی ۵ بوته انتخابی از خط وسط مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. آزمون نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ با استفاده از نرم‌افزار $SAS_{9.3}$ انجام گرفت. همبستگی صفات به روش پیرسون و تجزیه کلاستر به روش وارد نیز با استفاده از نرم‌افزار $SPSS_{21}$ انجام شد.

نتایج و بحث:

بررسی تحت شرایط آزمایشگاهی:

۱- طول ریشه‌چه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم بر صفت میانگین طول ریشه‌چه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول۳). ارقام مورد استفاده در این آزمایش دامنه تحمل به تنش خشکی متفاوتی نشان دادند. معنی‌دار بودن اثر تنش در سطح ۱٪ بر روی صفت طول ریشه‌چه نشان‌دهنده تأثیر متفاوت سطوح تنش بر روی این صفت می‌باشد. معنی‌دار بودن اثر متقابل رقم و تنش در سطح ۱٪ نشان داد ارقام، تحت تأثیر غلظت‌های مختلف پلی‌اتیلن گلیکول عکس‌العمل متفاوتی از خود نشان داده‌اند. همچنین در مقایسه میانگین ارقام، رقم پیروز با ۲۵/۰۴ سانتی‌متر بیشترین میزان طول ریشه‌چه را به خود اختصاص داد (جدول۴). از میان سطوح تنش، بیشترین میزان طول ریشه‌چه مربوط به تیمار (۳-) بود (جدول۵). این نتیجه نشان می‌دهد که پلی‌اتیلن گلیکول در غلظت پائین باعث تحریک رشد طولی ریشه می‌شود. بنابراین، احتمالا مصرف این ترکیب نه تنها عامل محدودکننده محسوب نمی‌شود بلکه می‌تواند بعنوان عاملی برای تحریک و تقویت ریشه بصورت پرایمینگ استفاده گردد. با افزایش شدت تنش به سطوح بالاتر از (۳-) بار طول ریشه‌چه کاهش قابل توجهی پیدا کرد، بطوریکه در تیمار (۱۲-) شاهد کمترین میزان میانگین طول ریشه‌چه هستیم. همچنین بهترین عملکرد طول ریشه‌چه مربوط به رقم ILC482 تحت تأثیر تیمار پلی‌اتیلن گلیکول (۳-) بار با میانگین ۵۳/۸ سانتی‌متر بود (جدول۶). گزارشات سایر محققین نیز مؤید چنین نتیجه‌ای است (Marjani, Farsi, Rahimizadeh., 2006).

۲- میانگین وزن خشک ریشه‌چه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ارقام از نظر وزن خشک ریشه‌چه تفاوت بسیار معنی‌داری در سطح ۱٪ با هم دارند (جدول۳). در مقایسه میانگین ارقام، رقم ILC482 با ۰/۰۰۵۶ گرم، بیشترین میزان وزن خشک ریشه‌چه را به خود اختصاص داد (جدول۴). تیمار آب مقطر با میانگین ۰/۰۰۹۴ گرم بیشترین میزان میانگین وزن خشک ریشه‌چه را دارا بود (جدول۵). این نتیجه نشان می‌دهد که کاربرد پلی‌اتیلن گلیکول در غلظت‌های پائین نیز کاهش معنی‌دار میانگین وزن خشک ریشه‌چه را باعث می‌شود و تحت هر شرایطی عامل محدود کننده‌ای محسوب می‌گردد. با افزایش شدت تنش بشدت از میزان میانگین وزن خشک ریشه‌چه کاسته شد، بطوریکه در تیمار (۱۲-) بار وزن خشک ریشه‌چه نزدیک به صفر بود. بعلاوه بیشترین وزن خشک ریشه‌چه متعلق به رقم (کابلی) ILC482 با میانگین ۰/۰۱۶۷ گرم در تیمار (۳-) بود (جدول۶).

۳- درصد جوانه‌زنی: نتایج نشان داد که ارقام از نظر درصد جوانه‌زنی نهایی تفاوت بسیار معنی‌داری در سطح ۱٪ با هم دارند (جدول۳). پتانسیل اسمزی صفر و (۳-) بار اختلاف بسیار اندکی با هم داشتند. در (۶-) بار بیشترین اختلاف و کاهش(بیش از ۵۰درصد)، در درصد جوانه‌زنی نهایی روی داد (جدول۵). بیشترین میزان درصد جوانه‌زنی

نهایی مربوط به رقم کابلی آرمان و رقم دسی پیروز تحت تأثیر تیمار آب مقطر و تنش اسمزی (۳-) بار بود (جدول ۶). 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 (Bageri, 1997). در پتانسیل‌های اسمزیِ (۹-) و (۱۲-) بار هیچکدام از ارقام کابلی قادر به جوانه‌زنی نشدند در حالیکه ارقام دسی عملکرد بهتری داشتند. رقم دسی کاکا بیشترین درصد جوانه‌زنی نهایی را در شرایط سطوح بالای تنش اسمزی داشت. سایر محققین نیز تأ ثیر منفی و معنی دار پتانسیل‌های مختلف خشکی را بر درصد جوانه‌زنی ارقام مختلف نخود گزارش نموده‌اند (Dutt & Sharma,1982; Romo *et al*., 2001).

۴- سرعت جوانه‌زنی: نتایج نشان داد که افزایش تنش خشکی سرعت جوانه زنی را بطور معنی‌داری کاهش می-دهد. این نتیجه با نتایج سایر تحقیقات در این رابطه مطابقت می نماید (Hadas, 1970; De & Kar, 1995). ارقام مورد بررسی از نظر سرعت جوانه‌زنی تفاوت بسیار معنی‌داری در سطح ۱٪ با هم داشتند (جدول۳). اثر متقابل رقم و تنش برای این صفت در سطح ۱٪ معنی‌دار بود، این نتیجه نشان می‌دهد که ارقام تحت تأثیر غلظت‌های مختلف پلی‌اتیلن گلیکول عکس‌العمل متفاوتی از خود نشان داده‌اند و روند تغییرات در آنها ثابت نبوده است. ارقام دسی (کاکا و پیروز) با ۳/۷۵ و ۳/۳۶ بیشترین سرعت جوانه‌زنی را به خود اختصاص دادند (جدول۴). کلیه ارقام کابلی نیز قرابت و نزدیکی زیادی با هم داشتند و اختلاف معنی‌داری بین آنها وجود نداشت. از میان سطوح تنش تیمار (۶-) با ۴/۲۶ و پس از آن تیمار (۳- بار) با ۲/۶۶ بیشترین میزان سرعت جوانه‌زنی و تیمار آب مقطر با ۱/۴۴ پائین‌ترین میزان سرعت جوانه‌زنی را داشتند (جدول ۵). سایر سطوح تنش (پتانسیل اسمزی صفر، ۹- بار و ۱۲- بار) از نظر صفت سرعت جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری نداشتند. ترکیب تیماری رقم پیروز و سطح تنش (۱۲- بار) بالاترین میزان سرعت جوانه‌زنی ($۵/۶۷^{a}$) را دارا بود (جدول۶). 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.

جدول ۳- تجزیه واریانس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در شرایط آزمایشگاهی

Table 3. Variance analysis of factorial experiment in Completely Randomized Design (CRD) under laboratory condition

منابع تغییر (S.O.V)	df	میانگین طول ریشه‌چه Mean of radicle length	میانگین وزن خشک ریشه‌چه Mean of radicle dry weight	درصد جوانه‌زنی در روز پنجم Germination percentage after 5days	درصد جوانه‌زنی نهایی Final germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Mean of Germination speed
Variety رقم	4	4.74**	0.000023**	2.93**	5.94**	9.48**
Stress تنش	4	40.29**	0.000221**	3.59**	76.72**	60.85**
Variety × Stress	16	1.71**	0.000019**	1.16**	2.19**	3.05**
Error خطای آزمایشی	50	0.304	0.00000145	0.209	0.647	0.436
CV%	-	20.2	31.89	24.14	18.8	33.86

-**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱٪، ۵٪ و عدم تفاوت معنی‌دار

- **, * and ns: Significant at the levels of 1% and 5% and non-significant, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین ارقام نخود به روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪

Table 4. Mean Comparison of Chickpeas varieties at the level of 5% by Duncan's Multiple ranges test

ارقام Varieties	میانگین طول ریشه‌چه Mean of radicle length	میانگین وزن خشک ریشه‌چه Mean of radicle dry weight	درصد جوانه‌زنی در روز پنجم Germination percentage after 5days	درصد جوانه‌زنی نهایی Final germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Mean of Germination speed
Arman	13.79^{c}	0.0033^{c}	49.67^{bc}	51.33^{b}	1.62^{c}
Azad	18.85^{bc}	0.0044^{b}	40.67^{c}	41.33^{c}	2.4^{bc}
ILC482	22.62^{ab}	0.0056^{a}	46.67^{bc}	48.33^{bc}	1.55^{c}
Kaka	18.94^{bc}	0.0023^{d}	52^{b}	63^{a}	3.75^{a}
Piroz	25.04^{a}	0.0032^{cd}	66.67^{a}	65.33^{a}	3.36^{ab}

- تیمارهایی که حروف مشترک دارند تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

- The traits with common letter don't have significant different

جدول ۵- مقایسه میانگین سطوح مختلف تنش پلی اتیلن گلیکول به روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪

Table 5. Mean Comparison of PEG levels at the level of 5% by Duncan's Multiple ranges test

تنش Stress	میانگین طول ریشه‌چه Mean of radicle length	میانگین وزن خشک ریشه‌چه Mean of radicle dry weight	درصد جوانه‌زنی در روز پنجم Germination percentage after 5days	درصد جوانه‌زنی نهایی Final germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Mean of Germination speed
0	36.58^{a}	0.0094^{a}	97.33^{a}	97.33^{a}	1.44^{c}
(-3)	41.86^{a}	0.0059^{b}	92.67^{a}	95.67^{a}	2.66^{b}
(-6)	14.74^{b}	0.0020^{c}	50^{b}	55^{b}	$\mathbf{4.26^{a}}$
(-9)	3.8^{c}	0.00093^{d}	9.33^{c}	15.33^{c}	2.25^{bc}
(-12)	2.27^{c}	0.00046^{d}	1.33^{c}	6^{d}	2.067^{bc}

- تیمارهایی که حروف مشترک دارند تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

- The traits with common letter don't have significant different

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و تنش به روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ در شرایط آزمایشگاهی

Table 6. Mean Comparison of Variety × Stress interaction effect at the level of 5% by Duncan's Multiple ranges test

رقم Variety	تنش Stress	میانگین طول ریشه‌چه Mean of radicle length	میانگین وزن خشک ریشه‌چه Mean of radicle dry weight	درصد جوانه‌زنی در روز پنجم Germination percentage after 5days	درصد جوانه‌زنی نهایی Final germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Mean of Germination speed
آرمان Arman	0	25.54^{cde}	0.0083^{cd}	100^{a}	100^{a}	1.3^{ghi}
	-3	31.99^{bc}	0.006^{ef}	98.3^{a}	98.33^{a}	2.71^{cdefgh}
	-6	11.44^{fgh}	0.0023^{ij}	50^{b}	58.33^{b}	4.12^{abcd}
	-9	0.00^{h}	0.00^{l}	0.00^{e}	0.00^{d}	0.00^{i}
	-12	0.00^{h}	0.00^{l}	0.00^{e}	0.00^{d}	0.00^{i}
آزاد Azad	0	43.71^{ab}	0.0126^{b}	98.33^{a}	98.33^{a}	1.37^{fghi}
	-3	42.19^{ab}	0.0067^{de}	96.67^{a}	96.67a	2.5^{cdefgh}
	-6	5.93^{fgh}	0.0023^{ij}	8.33^{de}	10^{cd}	5.4^{ab}
	-9	$2.4g^{h}$	0.00033^{kl}	0.00^{e}	1.67^{d}	2.67^{cdefgh}
	-12	0.00^{h}	0.00^{l}	0.00^{e}	0.00^{d}	0.00i
ILC482	0	42.96^{ab}	0.0167^{a}	100^{a}	100^{a}	1.167^{hi}
	-3	53.8^{a}	0.0090^{c}	91.67^{a}	91.67^{a}	2.32^{defgh}
	-6	16.3^{def}	0.0023^{ij}	41.67^{bc}	50^{b}	4.24^{abcd}
	-9	0.00^{h}	0.00^{l}	0.00^{e}	0.00^{d}	0.00^{i}
	-12	0.00^{h}	0.00^{l}	0.00^{e}	0.00^{d}	0.00^{i}
کاکا Kaka	0	34.61^{bc}	0.00433^{fgh}	88.33^{a}	88.33^{a}	1.75^{efghi}
	-3	29.87^{c}	0.0033ghi	81.67^{a}	91.67^{a}	$3.26^{bcdefgh}$
	-6	13.44^{efg}	0.00133^{jkl}	58.33^{b}	65^{b}	3.85^{abcde}
	-9	10.85^{fgh}	0.00167^{ijkl}	28.33^{cd}	48.33^{b}	5.18^{ab}
	-12	5.93^{fgh}	0.001^{jkl}	3.33^{e}	21.67^{c}	4.67^{abc}
پیروز Pirooz	0	36.08^{bc}	0.00533^{ef}	100^{a}	100^{a}	1.63^{efghi}
	-3	51.44^{a}	0.00467^{fg}	95^{a}	100^{a}	2.48^{cdefgh}
	-6	26.58^{cd}	0.002^{jkl}	91.67^{a}	91.67^{a}	3.58^{abcdef}
	-9	5.7^{fgh}	0.00267^{hij}	18.33^{ed}	26.67^{c}	$3.42^{abcdefg}$
	-12	5.40^{fgh}	0.00133^{jkl}	3.33^{e}	8.33^{cd}	5.67^{a}

بررسی تحت شرایط مزرعه‌ای:

۱- تعداد روز تا گلدهی: بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر رقم بر تعداد روز تا گلدهی در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول۷). معنی‌دار شدن اثر رقم از لحاظ صفت روز تا گلدهی، از تفاوت تحمل به استرس خشکی در ارقام مورد بررسی حکایت دارد. رقم کاکا بیش‌ترین تعداد روز تا گلدهی (۱۸۹روز) و ارقام پیروز و آرمان (۱۶۷روز)، کم‌ترین روز تا گلدهی را به خود اختصاص دادند (جدول۸). کاکا نخود تیپ دسی و بومی‌کردستان می‌باشد و از آنجایی که توده بومی به شمار می‌رود مخلوطی از ژنوتیپ‌هاست که اکوتیپ نامیده می‌شوند. از آنجایی که نخود بیشتر تحت شرایط دیم کشت می‌گردد، لذا ارقامی‌که تحمل به خشکی و کم‌آبی بیشتری داشته باشند از اهمیت بیشتری برخوردارند. بیشتر گزارشات بر این باورند که، تحمل به خشکی نخود دیم در مرحله بلوغ بیشتر توسط زودرسی تحقق پیدا می‌کند. صفت گل‌دهی زود هنگام در نخود به عنوان معیار گریز از خشکی و سازگاری محیطی، می‌تواند نقش مهمی در عملکرد دانه‌ی این گیاه در شرایط تنش خشکی داشته باشد (Silim & Saxena,1993). توده بومی‌کاکا در شرایط آزمایشگاهی تحت تنش اسمزی (۱۲-) و (۹-) بار بیشترین میزان تحمل به تنش و در شرایط مزرعه نیز بعنوان دیررس-ترین رقم، بالاترین تعداد روز تا گلدهی (۱۸۹روز) را به خود اختصاص داده است. به همین دلیل و با فرض حساس بودن ارقام دیررس، بنظر می‌رسد تحمل به تنش خشکی در مرحله گیاهچه در نخود متفاوت از مرحله بلوغ می‌باشد.اما از آنجایی که توده بومی‌کاکا در این آزمایش بالاترین تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته را تولید نموده است، این نظریه که ارقام دیررس نخود نیز می‌توانند تحمل به استرس خشکی بالایی داشته باشند را تقویت می‌نماید، لذا در این حالت نباید علل یا عوامل تحمل به استرس خشکی در مرحله بلوغ از مرحله گیاهچه مجزا باشد.

۲- روز تا غلاف‌دهی: نتایج تجزیه واریانس اثر رقم بر صفت روز تا غلاف دهی در سطح ۱٪ معنی‌دار بود(جدول۷). معنی‌دار شدن اثر رقم به معنی وجود تفاوت بین ارقام مورد بررسی از لحاظ صفت روز تا غلاف‌دهی می‌باشد.

رقم کاکا بیش‌ترین تعداد روز تا غلاف‌دهی (۲۰۳/۲۵روز) و رقم آرمان (۱۷۹/۵روز) کم‌ترین روز تا غلاف‌دهی را به خود اختصاص داد (جدول۸). از آنجایی‌که غلاف‌ها تا مدت زیادی سبز باقی می‌مانند و در پر شدن دانه و فتوسنتز کل گیاه شرکت می‌کنند، صفت روز تا غلاف‌دهی جهت نیل به چنین اهدافی و یافتن ارقامی با تحمل به خشکی قابل قبول، حائز اهمیت فراوان است، به همین دلیل این صفت مورد بررسی قرار گرفت.

۳- روز تا رسیدگی: نتایج تجزیه واریانس اثر رقم بر روز تا رسیدگی در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول۷). رقم کاکا بیش‌ترین تعداد روز تا رسیدگی (۲۲۷/۵روز) و رقم ILC482 کم‌ترین تعداد روز تا رسیدگی (۲۰۵روز) را به خود اختصاص دادند (جدول۸). همبستگی میان صفات فنو-مورفولوژیک نشان می‌دهد گیاه بیشتر سازوکار فرار از خشکی را از طریق سرعت رشد، زودگل دهی و زودرسی ترجیح می‌دهد. اما در شرایطی که تنش خشکی شدید باشد، این تفسیر برعکس می‌شود زیرا، هرچند ممکن است بوته‌ها زنده باشند اما به لحاظ شدت خشکی نمی‌توانند به مرحله زایشی وارد و عملکردی تولید نمایند (Gupta,1995).

۴- ارتفاع بوته: اثر رقم بر ارتفاع بوته در سطح ۱٪ معنی‌دار گردید (جدول۷). رقم کابلی آزاد با ارتفاع بوته ۳۹/۳ سانتی‌متر رتبه‌ی a را به خود اختصاص داد. ارقام تیپ دسی مورد بررسی در این آزمایش در مقایسه با ارقام تیپ کابلی ارتفاع بوته کمتری داشتند. ارتفاع بوته و نوع گسترش شاخه‌ها در تمایز گونه‌ها و نژادهای نخود حائز اهمیت است و دست‌یابی به ارقام نخود پابلند که ارتفاع بوته بالایی داشته باشد، می‌تواند بسیاری از مشکلات موجود در زراعت این محصول را مرتفع سازد. کشت مکانیزه و همچنین برداشت مکانیزه این محصول، امکان کشت و زراعت نخود را بصورت دیم در سطح وسیع فراهم می‌نماید. اگرچه بیشتر

ارقام تجاری و پابلند دیررس هستند اما از نتایج این تحقیق بر می‌آید که صفت پابلندی الزاماً با دیررسی همبسته نیست و یا اینکه همبستگی آنها قابل شکستن می‌باشد.

۵- تعداد دانه در بوته: اثر رقم بر صفت تعداد دانه در بوته بعنوان یکی از اجزاء مهم عملکرد دانه نخود در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول۷). بیشترین تعداد دانه مربوط به توده بومی کاکا با ۸۲/۰۵ دانه و کمترین تعداد دانه در بوته مربوط به رقم کابلی ILC482 با ۲۸/۲ دانه بود. گیاه نخود در آغاز گلدهی دارای رشد رویشی سریعی می‌باشد، طوریکه با فراهم بودن رطوبت قابل دسترس، طول دوره رشد زایشی و میزان فتوسنتز جاری افزایش می‌یابد که با تشکیل گل‌های بیشتر در گیاه، بر تشکیل غلاف‌های بارور و تولید دانه مؤثر است (Guldani & Rezvani, 2007). عدم تأمین مواد فتوسنتزی لازم برای رشد جنین و تکامل بذر یکی از دلایل عمده کاهش تعداد دانه در بوته در شرایط تنش می‌باشد.

۶- وزن صد دانه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس بر وزن صد دانه، نشان داد که اثر رقم در سطح ۱٪ معنی‌دار است (جدول ۷). رقم آزاد با ۲۷/۰۳، آرمان با ۲۴/۵۸ و ILC482 با ۲۴/۷۵رتبه‌ی a را به خود اختصاص دادند و رقم کاکا با ۹/۱۶ و رقم پیروز با ۱۲/۶ رتبه b را به خود اختصاص دادند.

۷- عملکرد دانه در بوته: هدف نهایی از ارزیابی گیاهان دانه‌ای مانند نخود، عملکرد دانه در بوته می‌باشد. برآیند شرایط محیطی فصل رشد و پتانسیل ژنتیکی ارقام مورد بررسی میزان عملکرد دانه در بوته را مشخص می‌نمایند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد ارقام مورد بررسی در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری با هم دارند (جدول۷). رقم آرمان با میانگین عملکرد دانه در بوته‌ی ۱۰/۸۲ گرم رتبه‌ی a را به خود اختصاص داد (جدول۸). رقم ILC482 با میانگین ۶/۹۵ گرم دانه در بوته کمترین مقدار عملکرد دانه در بوته را به خود اختصاص داد. با این وجود عملکرد دانه این رقم با ارقام دسی کاکا و پیروز اختلاف معنی‌داری نداشت. ارقام بومی نخود دیم 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 (Marjani *et al*., 2006). اثر تنش رطوبت بر عملکرد دانه عموماً بستگی به این دارد که چه میزان از ماده خشک تولیدی به عنوان ماده قابل استفاده و مورد مصرف برداشته می‌شود، در مواردی که اندام‌های هوایی عملکرد نهایی را تشکیل می‌دهد اثر تنش بر عملکرد دانه مشابه اثرات آن بر تولید کلی گیاه است. به‌طور کلی اثر تنش رطوبت بر عملکرد دانه به جز در مراحل بسیار بحران کمتر از آن بر رشد کلی گیاه می‌باشد (Alizade, 1990 ; Kouchaki *et al*., 1993).

تجزیه همبستگی

برای تعیین روابط میان صفات اندازه‌گیری شده در مزرعه و آزمایشگاه تجزیه همبستگی به روش پیرسون انجام شد (جدول۹). بر این اساس صفت فنولوژیک روز تا گلدهی با صفت تعداد روز تا غلاف دهی همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار داشت. همبستگی صفت مهم روز تا غلاف‌دهی با صفت آزمایشگاهی میانگین طول ریشه‌چه منفی و در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. این نتیجه بعنوان یکی از اهداف مهم در پژوهش حاضر حائز اهمیت است، زیرا انتظار می‌رود با توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه و داشتن ریشه‌های طویل، توانایی گیاه برای استفاده از رطوبت عمقی خاک افزایش یابد و با افزایش تحمل گیاه به تنش خشکی، عملکرد نیز افزایش پیدا کند. از آنجایی تحمل به تنش خشکی در نخود در بیشتر منابع بصورت زودرس گزارش شده است، لذا بنظر می‌رسد توسعه سیستم ریشه‌ای نخود و زودرسی بعنوان دو صفت همبسته با هم این ویژگی مهم یعنی مقاومت به خشکی در نخود را سبب می‌گردند. با این تفاوت که ریشه‌های طویل با دریافت رطوبت عمقی خاک، توسعه بیشتر اندام‌های رویشی و در پی آن زایشی را سبب می‌گردد و بدون کاهش طول دوره رشد گیاه از طریق "مکانیسم تحمل" با تنش خشکی مقابله می‌نماید، ولی در زودرسی طول دوره رشد گیاه کاهش یافته و گیاه بوسیله" مکانیسم فرار" با تنش خشکی به مقابله می‌پردازد. ارتفاع بوته بعنوان یک صفت تأثیرگذار در توسعه

کشت مکانیزه نخود با صفت مزرعه‌ای وزن صد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت در حالی‌که همبستگی این صفت با صفات آزمایشگاهی درصد جوانه‌زنی در روز ۵ام و درصد جوانه‌زنی نهایی منفی و معنی‌دار بود. صفت مهم تعداد دانه در بوته بعنوان یکی دیگر از اجزاء عملکرد دانه نخود با صفات وزن صد دانه و میانگین وزن خشک ریشه‌چه همبستگی منفی و معنی‌داری را نشان داد، در حالی که همبستگی این صفت با درصد جوانه‌زنی نهایی مثبت و معنی‌دار بود. وزن صد دانه با صفات آزمایشگاهی درصد جوانه‌زنی نهایی و سرعت جوانه‌زنی همبستگی معنی‌دار و منفی داشت (جدول ۹). می‌توان نتیجه گرفت که بین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای رابطه و یا روابط معنی‌داری موجود است و مطالعه دقیق آنها می‌تواند در شناسایی بهتر مکانیسم‌های تحمل به تنش و غربال نمودن ارقام متحمل به تنش مفید و مثمر ثمر باشد. اما برای اینکه بتوان پایداری و چگونگی این روابط را به اثبات رساند بایستی این چنین آزمایش‌هایی را چندین بار تکرار نمود. بطور کلی به نظر می‌رسد مقاومت نخود در مرحله جوانه‌زنی و گیاهچه متفاوت از مقاومت و تحمل آن در مرحله بلوغ باشد. زیرا ارقام متحمل در مرحله گیاهچه دیررس‌تر بودند در حالی که تحمل در مرحله بلوغ با زودرسی و فرار از خشکی معنی پیدا می‌کند. از آنجایکه تأثیر بعضی از ویژگی‌های تحمل تنش در مرحله گیاهچه مانند طول ریشه‌چه تا پایان طول دوره رشد گیاه باقی می‌ماند، لذا نتیجه می‌گیریم ارقام دیررس الزاماً حساس به خشکی نیستند و ارقام دیررسی که ریشه‌های طویل و توسعه یافته‌ای داشته باشند، می‌توانند تحمل بالایی از خود در مقابل تنش خشکی نشان دهند و به دلیل اینکه در این مکانیسم طول دوره رشد کاهش نمی‌یابد، در مقایسه با زودرسی از اهمیت بالاتری برخوردار است.

جدول ۷ - تجزیه واریانس طرح بلوک‌های کامل تصادفی در شرایط کشت مزرعه‌ای

Table 7. Variance analysis of Randomized complete block(RCB) Design under farming condition

S.O.V	df	روز تا گلدهی Days to Flowering	روز تا غلاف‌دهی Days to Podding	روز تا رسیدگی Days to maturity	ارتفاع بوته Plant height	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	وزن صد دانه 100-grain weight	عملکرد دانه در بوته Grain yield per plant
Block	3	0.906	0.906	264.6**	4.482	0.733	0.05	4.60**
Variety	4	265.068**	265.068**	1976.375**	93.163**	300.2**	344.8**	353.55**
Error	12	8.93	8.93	33.04	7.71	0.4	0.133	0.516
CV%	-	15.23	15.23	11.02	8.20	0.296	0.211	0.383

**معنی‌دار در سطح یک درصد، *معنی‌دار در سطح پنج درصد، ns: عدم اختلاف معنی‌دار

- **, * and ns: Significant at the levels of 1% and 5% and non-significant, respectively.

جدول ۸ - مقایسه میانگین ارقام نخود به روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ درصد

Table 8. Mean Comparison of Chickpeas varieties at the level of 5% by Duncan's Multiple Ranges Test

Variety	روز تا گلدهی Days to Flowering	روز تا غلاف‌دهی Days to Podding	روز تا رسیدگی Days to maturity	ارتفاع بوته Plant height	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	وزن صد دانه 100-grain weight	عملکرد دانه در بوته Grain yield per plant
Azad	173^{b}	187.75^{b}	209^{d}	39.3^{a}	34.1^{d}	34.1^{d}	34.1^{d}
ILC482	168^{c}	183.75^{c}	205^{e}	35.05^{ab}	28.2^{d}	28.2^{d}	28.2^{d}
Arman	167^{d}	179.5^{e}	214^{b}	37.05^{a}	47.25^{c}	47.25^{c}	47.25^{c}
Kaka	189^{a}	203.25^{a}	227.5^{a}	30.8^{bc}	82.05^{a}	82.05^{a}	82.05^{a}
Pirooz	167.5^{d}	182.25^{d}	210^{c}	27.25^{c}	64.9^{b}	64.9^{b}	64.9^{b}

- تیمارهایی که حروف مشترک دارند تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

- The traits with common letter don't have significant different

جدول ۹- تجزیه همبستگی صفات اندازه‌گیری شده در هر دو شرایط (مزرعه و آزمایشگاه) به روش پیرسون

Table 9.Correlation analysis of measured characters in both conditions(farm and laboratory) according to Pearson Method

صفات	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
X_2	0.993**	-									
X_3	0.872	0.814	-								
X_4	-0.209	-0.232	-0.312	-							
X_5	0.668	0.631	0.850	-0.737	-						
X_6	-0.605	-0.604	-0.696	0.892*	-0.945*	-					
X_7	-0.264	-0.366	0.067	0.512	-0.104	0.401	-				
Y_1	-0.125	-0.023	-0.357	-0.641	0.054	-0.362	-0.822	-			
Y_2	-0.555	-0.483	-0.843	0.507	-0.924*	0.756	-0.282	0.252	-		
Y_3	-0.050	-0.058	0.215	-0.927*	0.669	-0.760	-0.207	0.461	-0.550	-	
Y_4	0.332	0.320	0.542	-0.949*	0.879*	-0.942*	-0.302	0.369	-0.719	0.923*	-
Y_5	0.676	0.687	0.656	-0.727	0.873	-0.898*	-0.326	0.360	-0.739	0.550	0.746

X_1: روز تا گلدهی (Days to Flowering)

X_2: روز تا غلاف‌دهی (Days to Podding)

X_3: روز تا رسیدگی (Days to maturity)

X_4: ارتفاع بوته (Plant height)

X_5: تعداد دانه در بوته (Number of seed per plant)

X_6: وزن صد دانه (100 grain weight)

X_7 : عملکرد دانه در بوته (Grain yield per plant)

Y_1: میانگین طول ریشه‌چه (Mean of Radicle length)

Y_2: میانگین وزن خشک ریشه‌چه (Mean of Radicle dry weight)

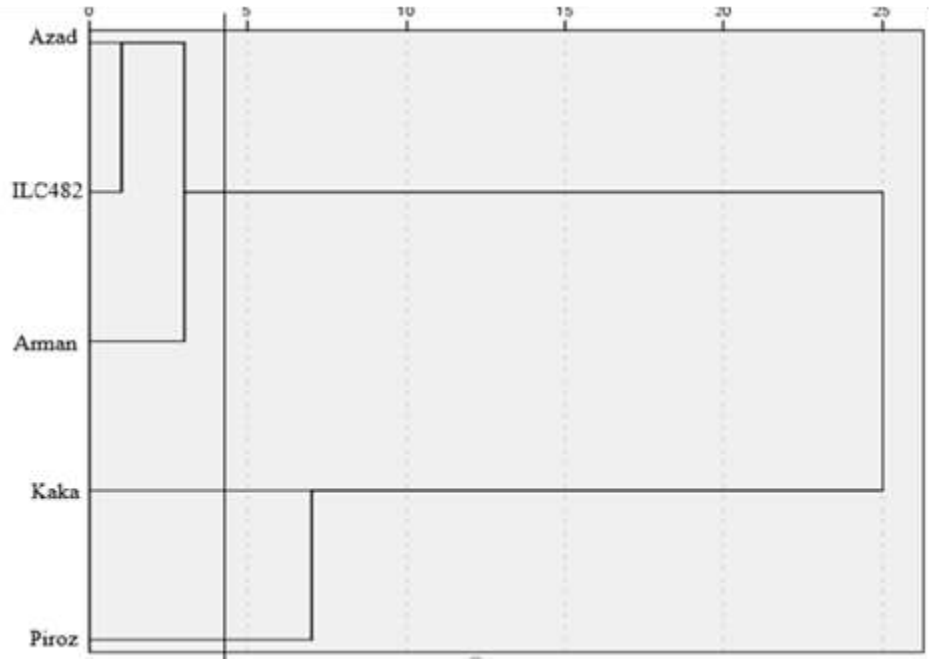
Y3: درصد جوانه‌زنی در روز پنجم (Germination percent after 5 days)

Y_4:درصد جوانه‌زنی نهایی (Final Germination percent)

Y_5: سرعت جوانه‌زنی (Mean of speed Germination)

تجزیه کلاستر

نتایج حاصل از تجزیه کلاستر نشان داد که پنج رقم مورد بررسی در سه گروه مجزا قرار دارند، بطوری ۳ رقم کابلی شامل ارقام آزاد، آرمان و ILC482 در یک کلاستر و دو رقم دسی شامل توده بومی‌کاکا و رقم پیروز در دو کلاستر مجزا جای گرفتند. این نتیجه نشان می‌دهد که ارقام کابلی مورد بررسی در این آزمایش قرابت ژنتیکی بالایی با هم دارند و از یک منشأ ژنتیکی ایجاد گردیده‌اند، از این میان قرابت و نزدیکی ارقام آزاد و ILC482 بیشتر و در مقایسه با رقم آرمان فاصله این دو رقم کمتر به نظر می‌رسد. طوری‌که احتمال می‌رود رقم آزاد تفاوت بسیار کمی با رقم ILC482 داشته باشد. از طرف دیگر تجزیه کلاستر بر روی صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش توانست ارقام دسی و کابلی را از هم دیگر متمایز و جدا نماید که این دستاورد، اندازه‌گیری صحیح صفات و صحت داده‌های مورد بررسی را تأیید می‌نماید. همچنین قرار گرفتن توده بومی‌کاکا و رقم پیروز در دو کلاستر مجزا نشان دهندهٔ تفاوت این دو رقم و فاصله ژنتیکی آنهاست. بدین ترتیب می‌توان ارقام دسی کاکا و پیروز را برای یافتن ارقامی با ویژگی‌های برتر در بلوک‌های تلاقی، با هم تلاقی داد.



شکل ۱: تجزیه کلاستر به روش وارد برای بررسی قرابت ژنتیکی ارقام مورد بررسی در این آزمایش
Figure1. Cluster analysis using Ward method to study genetic relationship of varieties

نتیجه گیری کلی

با بررسی کلیه صفات و شاخص‌ها، مشخص گردید که رقم کابلی ILC482 از نظر میانگین طول ریشه‌چه و میانگین وزن خشک ریشه‌چه از سایر ارقام برتری داشت. رقم دسی پیروز از نظر میانگین طول ریشه‌چه، درصد جوانه‌زنی در ۵ روز و درصد جوانه‌زنی نهایی بر سایر ارقام برتری داشت. در تنش (۳-) بیشترین تغییرات مشاهده شد، در نتیجه این سطح از تنش بهترین عملکرد را برای ارقام نخود در شرایط غیرنرمال خواهد داشت. اگرچه در شرایط مزرعه، ارقام دسی در صفت تعداد دانه در بوته، عملکرد بهتری داشتند اما در سایر شاخص‌ها، ارقام کابلی عملکرد بهتری از خود نشان دادند. در شرایط مزرعه عملکرد رقم آرمان بسیار بهتر از سایر ارقام بود. باید به این نکته توجه کرد که برای ارزیابی تحمل ارقام نخود به خشکی به ارتفاع بوته، زودرسی، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه و عملکرد دانه بسیار توجه کرد. بجز تعداد دانه در بوته تمامی این خصایص در ارقام کابلی بهتر از ارقام دسی بود. بر اساس نتایج این تحقیق ممکن است مقاومت در مرحله گیاهچه با مقاومت در مرحله بلوغ در نخود متفاوت باشد.

References فهرست منابع

Anbessa, Y. and Bejiga, G. 2002. Evaluation of Ethiopian chickpea landraces for tolerance to drought. Genetic Resources and Crop Evolution 49: 557-564.

Arji, A. Arzani, K. 2003. Proline accumulation and growth responses to drought in three olive cultivars native to Iran. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, Year I, No. 2: 100-91. (In Persian).

Bageri, A., Nezami, A., Ganjali, A., and Parsa, M. 2000. Chickpea (Translated). Mashhad University Press. Pp: 444. (In Persian).

De, R., and Kar, P. 1995. Seed germination and seedling growth of mung bean (*Vigna radiata* L.) under water stress induced by PEG-6000. Seed Sci. & Technol. 23: 301-308.

Dutt, N.R.G. and Sharma, P.K. 1982. Screening chickpea cultivars with polyethylene glycol for drought tolerance during germination. International Chickpea News latter 7:11.

Emmerich, W.E. and Hardegree, S.P. 1991. Seed germination in polyethylene glycol solution. effect of filter paper exclusion and water vapor loss. Crop Sci. 31: 454-458.

FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations). 2010. Agricultural production year book/ or http://faostat.fao.org

Fernandez, G. and Johnston, M. 1995. Seed vigor testing in lentil, bean, and chickpea. Seed Sci. & Technol. 23: 617-627.

Goldani, M., Rezvani, P. 2005. Effects of different drought levels and planting date on yield and yield components of three chickpeas (*Cicer arietinum* L.) cultivars in Mashhad. Iranian. J. Field Crops Res. 2, 1-12. (In Persian)

Gunes, A., Inal., A., Adak, M. S., Bagci, E. G., Cicek, N., and Eraslan, F. 2008. Effect of drought stress implemented at pre-or post-anthesis stage on some physiological parameters as screening criteria in chickpea cultivars. Russian Journal of Plant Physiology 55 (1): 59-67.

Hadas, A. 1970. Factors affecting germination under soil moisture stress. Israel Journal of Agricultural Research. 20:3-14.

Koucheki, A. 1989. Cultivation in arid regions. Mashhad University Press. Pp: 202. (In Persian)

Kanouni, H. 2012. Evaluation of seed yield and some traits in chickpea cultivars in winter planting in rain fed farmer's fields in Kurdistan. Research achievements for field and horticulture crops journal.

Kouchaki, A., Rashed, M. M., Nasiri, M. M., & Sadr, L. N. R. 1993. *Soybean Agronomy* (p. 282). Mashhad Publication (In Persian).

Islamic Republic of Iran Ministry of Agriculture-jahad. 2014. Available at Web site http://www.agri-jahad.ir (verified 1 August 2010).

Majnoun Hosseini, N. 2008. Grain Legume Production. Jihad-e- Daneshgahi of Tehran University Press.4th Edition.283 pp. (In Persian).

Marjan, A., Farsi, M., Rahimizadeh M. 2006. Evaluation of drought tolerance of 10 chick pea genotypes at germination stage by Poly Ethylene 6000. Iranian Journal of Agricultural Sciences. (In Persian)

Michel, B. E., and Kaufman, M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiol. 51: 914-916.

Shing, K.B., and Saxena, M.C. 1999. Chickpeas (The Tropical Agriculturalist). Macmillan Education LTD, London and Bisingtone.

Seyed Sharifi, R., Mohammado P., Raey, Y. 2013. Effect of plant density on yield, yield components and some physiological indices of 3 variety chickpeas. Journal of crop physiology Ahwaz. 25-38:5. (In Persian)

Silim, S.N., Saxana, M.C., and Singh, K.B.1993. Adaptation of Spring-Sown Chickpea to The Mediterranean basin. II. Factors influencing yield under drought. Field Crops Research 34:137-141.

Romo, S., Labrador, E., and Dopico, B. 2001. Water stress-regulated gene expression in *Cicer arietinum* L. seedling and plants. Plant Physiol. Biochem, 39:1017-1026.

Pezeshkpoor, P., and Mousavi, S. K. 2005. Correlation between drought indices and grain yield in chickpea in optimum condition (summer sowing) and stress condition (spring sowing). Pp. 318. In: Proceedings of the 1th Iranian Pulse Crops Symposium. Mashhad, Iran. (In Persian)

Iranian Journal of Agronomy & Plant Breeding Islamic Azad University, Karaj Branch

Drought tolerance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties in seedling and adult stages

E. Karami[*1], O. Karami [2]

Received date: 19 October 2020 Accepted date: 27 July 2021

Abstract:

Drought stress is one of the most important limiting factors in the expansion and regeneration of plants in the agricultural systems and natural environment, which the best way to deal with it is to introduce cultivars resistant to stress. For this purpose, by experimenting in the 2015 -2016 cropping year, the response of 5 cultivars of chickpea including 3 Kabuli cultivars (Arman, Azad and ILC482) and 2 Desi cultivars (Pirooz and Kaka) to drought stress resistance under 5 levels of water potential (0, -3, -6, -9 and -12 times), using 6000 polyethylene glycol solution in the laboratory in a factorial design in a completely randomized design with 3 replications. These cultivars were evaluated in field conditions in the form of a randomized complete block design with 4 replications at the research site of the Kurdistan Agricultural Research Center. The results showed that there are significant relationships between the characteristics measured in laboratory and field conditions. Among the studied cultivars, only Desi cultivars showed good germination potentials in (-9) and (-12) times. Therefore, in terms of drought stress tolerance at the germination stage, they had a significant advantage over Kabuli cultivars. In reducing the potential from zero to (-6) times, the greatest difference was seen in all traits. The highest number of days to flowering, day to maturity and the number of seeds per plant belonged to Kaka cultivar and the highest grain yield belonged to Arman cultivar. Cluster analysis revealed the similarity of Kabuli cultivars and their genetic distance from Desi cultivars.

Keywords: Drought stress; Poly Ethylene Glycol; Osmotic potential

[1]- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran.

2- M. Sc. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran.