دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

گزینش اکوتیپ‌های جغجغک (*Vaccaria hispanica*) بر اساس صفات زراعی تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

نسیم صولت پتلو[۱]، رسول اصغری زکریا[۲]، اصغر عبادی[۳] و پرویز شریفی زیوه[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲- استاد گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، (نویسنده مسوول: r-asghari@uma.ac.ir)
۳- دانشیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۴- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۸/۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱/۱۴
صفحه: ۱۳۵ تا ۱۴۴

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: جغجغک، به‌دلیل داشتن تری‌ترپنوئیدهای ساپونینی از پتانسیل زیادی برای تولید محصولات دارویی برخوردار است. هدف از این آزمایش بررسی اکوتیپ‌های مختلف جغجغک در شرایط تنش خشکی و گزینش اکوتیپ(های) متحمل آن بر اساس صفات زراعی با استفاده از شاخص‌های گزینشی تحت رژیم‌های مختلف آبیاری بود.

مواد و روش‌ها: این آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۹ در اراضی شرکت تولید بذر قزل مغان در پارس‌آباد انجام پذیرفت. کرت‌های اصلی به سه تیمار دور آبیاری ۷ روز (عدم تنش)، ۱۰ روز (تنش ملایم) و ۱۴روز (تنش شدید) و کرت‌های فرعی به هشت اکوتیپ جغجغک بومی شمال غرب کشور اختصاص داده شد.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تنش خشکی در تمامی صفات مورد مطالعه و اثر اکوتیپ در مورد همه صفات غیر از وزن دانه در بوته معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل آنها در اکثر صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه، وزن دانه در بوته، تعداد کپسول پر و توخالی، وزن کاه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت معنی‌دار و برای درصد کپسول پر، زیست توده گیاهی و وزن هزار دانه معنی‌دار نشد. اکوتیپ E7 در شرایط نرمال بیشترین ارتفاع بوته، تعداد شاخه، تعداد کپسول پر، وزن دانه در بوته، اما در شرایط تنش شدید کمترین ارتفاع، تعداد شاخه تعداد کپسول پر و پوک، وزن دانه در بوته، وزن هزار دانه، کاه و دانه در واحد سطح را داشت و حساس‌ترین اکوتیپ به تنش خشکی بود. اکوتیپ E6 کمترین کاهش را در ارتفاع بوته، تعداد شاخه، وزن دانه در بوته، کاه و دانه در واحد سطح و شاخص برداشت در حالت تنش داشت و متحمل‌ترین اکوتیپ به تنش خشکی به شمار آمد. برآورد شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) و شاخص فاصله چند متغیره از ژنوتیپ ایده‌آل (MGIDI) برای اکوتیپ‌های مختلف نشان داد که اکوتیپ E6 با داشتن بیشترین مقدار SIIG و کمترین مقدار MGIDI در هر سه شرایط تنش، متحمل‌ترین اکوتیپ بود و اکوتیپ‌های E8 و E3 در رتبه بعدی قرار داشتند و جزو اکوتیپ‌های با تحمل تنش خشکی نسبتاً بالا دسته‌بندی شدند. همچنین در هر دو شرایط تنش متوسط و شدید اکوتیپ E7 با داشتن کمترین مقدار SIIG و بیشترین مقدار MGIDI حساسیت بالایی به تنش خشکی نشان داد.

نتیجه‌گیری: در کل اکوتیپ E6 هم در شرایط نرمال و هم در شرایط تنش، اکوتیپی مطلوب و جزو اکوتیپ‌های با تحمل تنش خشکی بالا بود. همچنین در هر دو شرایط تنش متوسط و شدید اکوتیپ E7 حساسیت بالایی به تنش خشکی نشان داد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، جغجغک، شاخص MGIDI، شاخص SIIG، عملکرد

مقدمه

جغجغک گیاهی یک ساله از تیره میخکیان[۱] است که به طور گسترده در آسیا، اروپا و سایر مناطق جهان پراکنده است و از طریق بذر تکثیر می‌شود (۱۸،۴). دانه‌های جغجغک حاوی بیش از ۵۵ درصد نشاسته، ۱۶-۱۵ درصد پروتئین، ۳-۲ درصد روغن و ۴-۲ درصد ساپونین است (۴). نشاسته جغجغک از گرانول‌های ریز و یکنواختی تشکیل شده است که دارای ۱۸ درصد آمیلاز است (۶). علاوه بر این، دانه‌ی جغجغک حاوی ۲/۴۳ درصد نیتروژن، ۰/۳۱ درصد فسفر و ۰/۵۸ درصد پتاسیم است (۶). تحقیقات نشان داده است که بذر جغجغک غنی از فلاونوئیدها، سیکلوپپتیدها و حاوی مقادیر قابل توجهی ساپونین‌های مونو و تری‌ترپن بیس‌دسموزید[۲] است (۵،۳). ویلنبورگ و دوزدال (۳۳) گزارش دادند که عملکرد دانه‌ی جغجغک از بیشترین در ژنوتیپ UMAN-06-89 به مقدار ۶۵۰۰ کیلوگرم در هر هکتار تا کمترین میزان در ژنوتیپ مونگ[۳] به مقدار ۱۳۲۸ کیلوگرم در هر هکتار متغیر است. همچنین جغجغک به‌صورت تجاری به‌عنوان گل شاخه بریده در کالیفرنیا کشت می‌شود (۸). مطالعات متعددی وجود خواص ضد سرطانی در دانه جغجغک را نمایان ساخته‌اند (۲۸،۲۹). جغجغک به خاطر وجود انواع ساپونین‌های ترپنوئیدی یک گیاه دارویی مهم با خواص درمانی فراوان است (۸). ساپونین‌های تری‌ترپنوئید دارای طیف گسترده‌ای از کاربردهای دارویی مانند ضد پلاکت، ضد کلسترول بالا، ضد تومور، ضد HIV، تقویت‌کننده سیستم ایمنی، ضدالتهاب، ضد باکتری، حشره‌کش و قارچ‌کش هستند (۳۵،۲۸).

فعالیت‌های کمی در جهت بهبود ژنتیکی گیاهان دارویی، ادویه‌ای، و مواد غذایی فراسودمند انجام‌شده است. بخش اعظمی از این صنعت به برداشت گیاهان وحشی متکی است؛ بنابراین، تغییر در عملکرد و ترکیبات فعال آن‌ها زیاد است که چالش‌های مهمی را برای صنعت دارویی که در تلاش برای دستیابی به بازار معتبر و رعایت استانداردهای مدون فعلی است، ایجاد می‌کند. تولید کیفی و کمی پایدار ترکیبات دارویی نباید به برداشت گیاهان وحشی متکی باشد، بلکه باید از طریق روش‌های اصلاحی ارقام و لاین‌های مناسب برای هر شرایط محیطی ایجاد شوند (۱۱).

خشکی نتیجه مجموعه عوامل مختلف اقلیمی است که می‌توان آن را به‌صورت یک بازه‌ی زمانی بدون بارندگی که منجر به بروز اثرات کمبود آب در گیاه شود، تعریف کرد. تنش خشکی زمانی رخ می‌دهد که در آن سلول‌ها و بافت‌ها در وضعیتی قرار گیرند که آماس آن‌ها کامل نباشد یا به عبارت

1- Caryophyllaceae 2- Bisdesmosidic saponins 3- Mung

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-10-23]
[DOI: 10.52547/jcb.14.43.135]

دیگر میزان تعرق بیش از میزان جذب آب باشد (۹). اعمال رژیم‌های مختلف آبیاری تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌ی فرعی، تعداد کپسول در بوته، عملکرد بیولوژیک بوته، عملکرد دانه، عملکرد روغن و شاخص برداشت گیاهان زراعی دارد. طبق گزارش مقنی‌باشی و همکاران (۲۰) تیمارهای مختلف خشکی بر تعداد روز تا سبز شدن، ۵۰ درصد گلدهی، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک کنجد تأثیری نداشت ولی بر ارتفاع بوته و تعداد کپسول در بوته اثر منفی معنی‌داری داشت. تنش خشکی منجر به توقف رشد و کاهش ماده خشک، ارتفاع بوته، اندازه کپسول، تعداد دانه در کپسول، وزن دانه در بوته و عملکرد دانه در گیاه می‌شود (۱۷،۱۲). افزایش دفعات آبیاری به‌طور معنی‌داری تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد دانه در کپسول، زیست‌توده و شاخص برداشت را در کنجد (۲۷،۷)، گلرنگ (۲۴) و کلزا (۳۱،۱۴) افزایش می‌دهد. ازاین‌رو، اصلاح برای مقاومت به تنش و افزایش عملکرد گیاهان در شرایط خشکی ضروری است (۱۰).

تلاش‌های کمی در جهت زراعت و بهبود ژنتیکی این گیاه در ایران انجام‌شده است. بنابراین، با توجه به امکان اهلی‌سازی و کشت و کار این گیاه و اهمیت دارویی و صنعتی آن (۸)، هدف از این آزمایش بررسی اکوتیپ‌های مختلف جغجغک در شرایط تنش خشکی و گزینش اکوتیپ(های) متحمل آن بر اساس صفات زراعی با استفاده از شاخص‌های گزینشی تحت رژیم‌های مختلف آبیاری است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۹ در اراضی شرکت تولید بذر قزل مغان شهرستان پارس‌آباد به مختصات ۳۹ درجه و ۳۷ دقیقه شمالی و ۴۷ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و ارتفاع ۳۲ متر از سطح دریا انجام پذیرفت. میانگین بارندگی و دمای سالیانه آن به ترتیب ۲۷۱ میلی‌متر و ۱۵ درجه سانتی‌گراد است. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. کرت‌های اصلی به سه تیمار دور آبیاری ۷ روز (عدم تنش)، دور آبیاری ۱۰ روز (تنش ملایم)، و دور آبیاری ۱۴ روز (تنش شدید) و کرت‌های فرعی به هشت اکوتیپ جغجغک بومی شمال غرب ایران (جدول ۱) اختصاص داده شد. هر کرت آزمایشی شامل پنج ردیف کشت با فاصله ۲۰ سانتی‌متر، فاصله بوته روی ردیف حدود ۱۰ سانتیمتر (۳۳) و عمق کشت دو سانتی‌متر (۸) بود و فاصله‌ی کرت‌های اصلی از هم برای حصول اطمینان از عدم نفوذ رطوبت کرت‌های مجاور ۱/۵ تا ۲ متر در نظر گرفته شد. به سبب ریز بودن دانه‌های جغجغک شخم و دیسک زنی قبل از کشت برای آماده‌سازی بستر کشتی نرم و متراکم انجام شد. کشت در تاریخ ۲۹ فروردین‌ماه ۱۳۹۹ انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی صورت پذیرفت. عملیات آبیاری برای تمام واحدهای آزمایشی تا مرحله ساقه‌روی به‌طور مشابه انجام شد و پس از آن فواصل آبیاری برای اعمال تنش برای کرت‌های مدنظر افزایش یافت. تاریخ گل‌دهی و رسیدگی ثبت شد. از هر کرت ۲۰ بوته به‌تصادف انتخاب و صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه، تعداد کپسول پر و خالی و درصد کپسول پر ثبت شد. همچنین وزن خشک هر بوته، وزن متوسط هر کپسول، وزن هزار دانه و وزن دانه در بوته پس از خشک‌کردن نمونه‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت اندازه‌گیری شد. عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در واحد کرت نیز پس از حذف حاشیه در هر کرت به دست آمد و بر اساس آن شاخص برداشت اکوتیپ‌ها محاسبه شد.

جدول ۱- مختصات جغرافیایی محل جمع‌آوری بذور اکوتیپ‌های جغجغک

Table 1. Geographical coordination of collection sites of cow cockle ecotypes

اکوتیپ	محل جمع‌آوری	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)
E1	مشکین‌شهر	۳۸° ۳۱' ۴۲/۶۰"	۴۷° ۵۰' ۳۲/۶۴"	۱۱۲۶
E2	ماکو	۳۹° ۲۰' ۱۴/۲۸"	۴۴° ۱۰' ۳/۰۰"	۱۹۲۱
E3	تسوج	۳۸° ۱۹' ۴۶/۵۶"	۴۵° ۱۶' ۴۴/۴۰"	۱۳۸۴
E4	جلفا	۳۸° ۵۰' ۴۳/۸۰"	۴۵° ۱۳' ۳۷/۹۲"	۹۴۵
E5	هوراند	۳۸° ۳۴' ۵۷/۰۰"	۴۷° ۱۳' ۲۴/۲۴"	۱۷۷۸
E6	شبستر	۳۸° ۱۱' ۲۵/۲۶"	۴۵° ۵۱' ۱۱/۱۶"	۱۳۷۲
E7	سراب	۳۷° ۵۷' ۲۴/۴۸"	۴۷° ۰۲' ۲۴/۰۰"	۱۶۶۲
E8	ارومیه	۳۷° ۳۲' ۲۲/۹۲"	۴۵° ۱۲' ۵۰/۰۶"	۲۱۳۹

به‌منظور بررسی بهتر و کارآمدتر تحمل خشکی اکوتیپ‌ها با استفاده از تمام صفات، شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG)۱ و شاخص فاصله چند متغیره از ژنوتیپ ایده‌آل (MGIDI)۲ محاسبه شدند. برای شاخص SIIG ابتدا داده‌های اصلی (Xij) طبق رابطه ۱ نرمال‌سازی شدند (۳۶).

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum x_{ij}^2}} \qquad [۱]$$

سپس برای هر صفت یا شاخص بهترین اکوتیپ به‌عنوان ژنوتیپ ایده‌آل و ضعیف‌ترین اکوتیپ به‌عنوان ژنوتیپ غیرایده‌آل تعیین شدند. در گام بعدی فاصله هر اکوتیپ از ژنوتیپ‌های ایده‌آل (d_i^+) و ضعیف (d_i^-) طبق روابط ۲ و ۳ محاسبه شدند:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{g}(r_{ij} - r_i^+)^2} \qquad [۲]$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{g}(r_{ij} - r_i^-)^2} \qquad [۳]$$

که در آن rij مقدار نرمال شده صفت iام برای ژنوتیپ jام (i= 1, 2, …, n و j=1, 2, …, g)، و +ri و -ri به ترتیب مقدار نرمال شده ژنوتیپ‌های ایده‌آل و ضعیف برای صفت iام است. در نهایت مقدار شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) برای هر اکوتیپ طبق رابطه ۴ محاسبه شد.

$$SIIG = \frac{d_i^-}{(d_i^+ + d_i^-)} \qquad [۴]$$

1- Selection index of ideotype genotype

2- Multi-trait genotype–ideotype distance index (MGIDI)

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-10-23]

[DOI: 10.52547/jcb.14.43.135]

شاخص فاصله چند متغیره از ژنوتیپ ایده‌آل (MGIDI): برای محاسبه شاخص MGIDI ابتدا مقیاس ماتریس داده‌ها (X) طبق رابطه (۵) تغییر داده شد تا همه مقادیر دارای محدوده ۰-۱۰۰ باشند و ماتریس (rXij) به دست آمد (۲۲):

$$rX_{ij} = \frac{\eta nj - \varphi nj}{\eta oj - \varphi oj} \times (\theta_{ij} - \eta_{oj}) + \eta_{nj} \qquad [۵]$$

که در آن ηnj و φnj به ترتیب حداکثر (۱۰۰) و حداقل (صفر) مقادیر جدید برای صفت j پس از تغییر مقیاس، ηoj و φoj به ترتیب حداکثر و حداقل مقادیر صفت j و θij مقدار اصلی صفت jام در ژنوتیپ iام هستند. مقادیر ηnj و φnj به شرح زیر انتخاب شدند. برای صفاتی که مقادیر کمتر آن‌ها مورد نظر است (تعداد کپسول خالی)، از ηnj = 0 و φnj = 100 و برای صفاتی که مقادیر بالاتر آن‌ها مورد نظر است (بقیه صفات)، از ηnj = 100 و φnj = 0 استفاده شد. پس از تغییر مقیاس، یک جدول دو طرفه از مقادیر جدید (rXij) به دست آمد. هر ستون از rXij دارای محدوده ۰-۱۰۰ است و ساختار همبستگی مجموعه اصلی متغیرها را حفظ می‌کند.

مرحله دوم تجزیه و تحلیل عاملی برای گروه‌بندی صفات مرتبط با هر عامل و سپس برآورد نمرات هر ژنوتیپ برای این عامل‌ها است. مقادیر ویژه و بردارهای ویژه از ضرایب همبستگی ماتریس دو طرفه rXij به دست آمد. نمرات عاملی تنها با در نظر گرفتن عواملی با مقادیر ویژه بالاتر از یک به دست آمد. چرخش واریماکس (۱۳) برای چرخش و برآورد ضرایب نهایی استفاده شد. سپس نمرات ژنوتیپ‌ها به همراه ژنوتیپ ایده‌آل برای هر عامل به دست آمد. طبق تعریف (رابطه ۵)، ژنوتیپ ایده‌آل دارای بیشترین مقدار مقیاس جدید (۱۰۰) برای همه صفات مورد تجزیه و تحلیل است. در مرحله آخر شاخص فاصله چند متغیره از ژنوتیپ ایده‌آل (MGIDI) طبق رابطه (۶) محاسبه شد.

$$MGIDI_i = \sqrt{\sum_{j=1}^{f} (\gamma_{ij} - \gamma_j)^2} \qquad [۶]$$

که در آن MGIDIi شاخص فاصله چند متغیره از ژنوتیپ ایده‌آل برای ژنوتیپ iام، γij نمره ژنوتیپ iام در فاکتور jام (i= 1, 2, …, g و j=1, 2, …, f) است که g تعداد ژنوتیپ‌ها، f تعداد فاکتورها و γj نمره ژنوتیپ ایده‌آل در فاکتور jام است. بر این اساس، ژنوتیپ با کمترین MGIDI به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک‌تر است و با محاسبه آن تمام صفات مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. همچنین سهم هر فاکتور در شاخص MGIDI ژنوتیپ iام که با (ωij) نشان داده می‌شود، طبق فرمول (۷) محاسبه شد:

$$w_{ij} = \frac{\sqrt{D_{ij}^2}}{\sum_{j=1}^{f} \sqrt{D_{ij}^2}} \qquad [۷]$$

که در آن Dij فاصله بین ژنوتیپ iام و ایده‌آل برای فاکتور jام است. برای یک ژنوتیپ معین، عواملی با سهم کمتر نشان می‌دهد که این ژنوتیپ از لحاظ صفات مهم درون آن عامل به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک است (۲۲).

نرمال بودن داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS با روش کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد و سپس تجزیه واریانس بر اساس آزمایش کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و تجزیه عاملی بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و چرخش واریماکس به کمک نرم‌افزار SPSS محاسبه شاخص‌های SIIG و MGIDI با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

با توجه به اینکه دانه این گیاه برای استخراج ساپونین و مواد دارویی مفید استفاده می‌شود و بخش اقتصادی گیاه محسوب می‌شود، عملکرد دانه و اجزای آن و سایر صفات مؤثر بر آن مورد بررسی قرار گرفت.

ارتفاع بوته و تعداد شاخه

تأثیر سطوح آبیاری و اکوتیپ‌های مورد مطالعه و اثر متقابل اکوتیپ و تنش خشکی بر ارتفاع و تعداد شاخه در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در شرایط آبیاری نرمال اکوتیپ‌های E4 و E2 با میانگین ارتفاع ۴۳/۹ و ۳۸/۵ سانتی‌متر به ترتیب بیشترین و کمترین ارتفاع را داشتند، بین اکوتیپ‌های E4، E7 و E3 اختلاف معنی‌داری در این حالت وجود نداشت. با افزایش دور آبیاری، ارتفاع بوته و تعداد شاخه‌ها در همه اکوتیپ‌ها کاهش یافت، اکوتیپ E7 بیشترین اختلاف را از لحاظ ارتفاع بوته و تعداد شاخه‌ها در حالت آبیاری نرمال و حداکثر تنش نشان داد. در شرایط تنش شدید بیشترین تعداد شاخه در بوته در اکوتیپ‌های E3 و E6 مشاهده شد. این اکوتیپ‌ها در سطح متوسط تنش نیز به همراه اکوتیپ‌های E1 و E4 بیشترین تعداد شاخه در بوته را نشان دادند. کاهش ارتفاع و تعداد شاخه در بوته از اثرات خشکی است؛ در اثر کمبود آب تقسیمات سلولی ضعیف شده و باعث کاهش رشد و ارتفاع گیاه می‌شود (۱۵،۱۴).

تعداد کپسول پر و پوک در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی و اکوتیپ و همچنین اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد برای تعداد کپسول پر و پوک در بوته معنی‌دار شد (جدول ۲). اکوتیپ E7 بیشترین اختلاف را در حالت نرمال و تنش حداکثری در تعداد کپسول پر داشت و تحت تنش آبی ۷۵ درصد کاهش پیدا کرد. در تعداد کپسول پوک نیز اکوتیپ E7 بیشترین تعداد کپسول خالی را داشت، تحت شرایط تنش تعداد کپسول پوک در همه‌ی اکوتیپ‌ها به علت کاهش تعداد کل کپسول کاهش یافت و در این حالت بین اکوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. با افزایش فواصل آبیاری در نتیجه‌ی کاهش تعداد گل‌های تلقیح یافته بر اثر تنش خشکی، تعداد کپسول‌های پر کاهش یافت. کاهش تعداد کپسول در اثر کاهش آبیاری در گیاه کنجد نیز گزارش شده است (۳۰). طبق جدول ۲ درصد کپسول‌های پر نیز به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر سطوح آبیاری و اکوتیپ‌های مورد مطالعه قرار گرفت ولی اثر متقابل اکوتیپ و تنش خشکی روی آن غیر معنی‌دار بود. درصد کپسول‌های پر با افزایش فواصل آبیاری کاهش نشان داد و در اکوتیپ‌های E2، E4 و E7 کمترین مقدار را داشت.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-10-23]
[DOI: 10.52547/jcb.14.43.135]

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین بین اکوتیپ‌ها از لحاظ صفات مورد بررسی در هر یک از سطوح خشکی
Table 2. Results of analysis of variance and mean comparison among ecotypes in terms of studied traits in each of the drought levels

رژیم آبیاری	اکوتیپ	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	عملکرد کاه	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	وزن دانه در بوته	بیوماس بوته	درصد کپسول پر	تعداد کپسول خالی	تعداد کپسول پر	تعداد شاخه	ارتفاع بوته
نرمال (دور آبیاری ۷ روز)	E1	۲۹/۴۵ ab	۸۸۱/۶۲ bc	۲۵۷/۹ d	۶۲۳/۶ bc	۵/۵۹ a	۸/۱۴ bc	۱۵/۲۶ a	۷۹/۷۶ a	۵۴/۹۰ e	۲۱۴/۹۸ bc	۱۰/۸۳ a	۴۲/۵۷ ab
	E2	۳۴/۱۱ a	۷۰۲/۹۴ d	۲۴۰/۳ d	۴۶۲/۶ d	۵/۴۹ abc	۸/۴۴ abc	۱۵/۵۵ a	۷۴/۹۲ b	۷۷/۰۸ abc	۲۳۳/۴۲ ab	۹/۴۸ b	۳۸/۵۵ c
	E3	۲۷/۶۴ b	۹۷۱/۸۶ ab	۲۶۹/۶ cd	۷۰۲/۲ ab	۵/۲۴ a	۸/۰۹ c	۱۴/۱۲ ab	۷۸/۳۵ a	۶۳/۵۳ de	۲۲۸/۱۸ ab	۱۰/۵۷ a	۴۲/۴۴ a
	E4	۳۱/۱۸ ab	۹۵۰/۸۹ b	۲۹۵/۲ bc	۶۵۵/۶ abc	۵/۳۲ bc	۶/۴۸ d	۱۳/۲۵ b	۷۱/۴ b	۸۲/۶۰ ab	۲۰۴/۳۰ c	۱۰/۹۸ a	۴۳/۹۰ a
	E5	۳۱/۵۹ ab	۱۰۴۴ a	۳۳۱/۵ a	۷۱۲/۴ a	۵/۶ ab	۸/۲۰ abc	۱۳/۶۲ b	۸۰/۵۲ a	۵۳/۸۵ e	۲۲۸/۷۵ ab	۹/۴۸ b	۴۲/۶۲ ab
	E6	۳۲/۶۷ ab	۹۶۷/۲۰ ab	۳۱۷ ab	۶۵۰/۱ abc	۵/۴۷ abc	۹/۶۱ ab	۱۵/۱۳ a	۷۸/۲۷ a	۶۷/۹۳ cd	۲۴۷/۳۸ a	۱۰/۵۷ a	۴۲/۵۵ ab
	E7	۳۰/۶۰ ab	۸۳۴/۴۳ c	۲۵۵/۸ d	۵۷۶/۵ c	۵/۴۵ c	۹/۶۹ a	۱۶/۵ a	۷۲/۹۴ b	۸۶/۵۸ a	۲۳۸/۰۶ a	۱۰/۸۵ a	۴۳/۷۲ a
	E8	۳۳/۹۸ a	۹۴۷/۷۸ b	۳۲۱/۶ ab	۶۲۶/۱ bc	۵/۴۶ abc	۹/۶۶ a	۱۵/۷۱ a	۷۶/۷ a	۷۲/۷۷ bcd	۲۳۶/۳۰ a	۱۰/۵۳ a	۴۱/۵۵ b
تنش ملایم (دور آبیاری ۱۰ روز)	E1	۳۳/۸۴ a	۵۶۳/۹۷ b	۱۸۸/۷ bc	۳۷۵/۲ d	۵/۶۷ a	۴/۶۸ a	۹/۶۶ a	۷۴/۶ a	۴۷/۷۳ ab	۱۴۰/۶۷ ab	۹/۳۲ abc	۳۹/۶۸ bcd
	E2	۲۸/۸۰ ab	۵۳۷/۰۲ b	۱۵۶/۴ cd	۳۸۰/۵ d	۵/۴۱ abc	۴/۶۵ a	۹/۴۴ a	۷۴/۴۶ b	۴۶/۵۲ b	۱۳۶/۴۳ ab	۸/۷۸ bc	۳۶/۷۳ e
	E3	۲۷/۶۴ b	۷۱۹/۲۳ a	۱۹۸/۶ ab	۵۲۰/۵ a	۵/۵۴ a	۵/۱۲ a	۹/۲۵ a	۷۵/۲۷ a	۴۸/۷۸ ab	۱۴۸/۱۷ a	۹/۷۸ a	۴۱/۴۳ b
	E4	۲۹/۷۸ ab	۶۸۹/۷۹ a	۲۰۶/۸ ab	۴۸۲/۹ ab	۵/۱ bc	۴/۸۴ a	۹/۸۱ b	۶۸/۸۱ b	۶۱/۰۲ a	۱۳۵/۰۵ ab	۹/۵۲ a	۴۳/۴۷ a
	E5	۲۹/۱۱ ab	۷۰۳/۶۹ a	۲۰۵/۴ ab	۴۹۸/۱ ab	۵/۵۴ ab	۵/۲۰ a	۹/۱۹ a	۷۴/۲۵ a	۴۷/۷۰ ab	۱۴۱/۰۸ ab	۸/۶۸ c	۳۹/۵۲ bcd
	E6	۳۳/۳۷ a	۶۹۴/۱۳ a	۲۳۲/۵ a	۴۶۱/۶ abc	۵/۱۳ abc	۴/۵۶ a	۹/۹۱ a	۷۳/۶۶ a	۴۹/۳۰ ab	۱۳۸/۴۸ ab	۹/۶۳ a	۴۱/۰۲ bc
	E7	۲۴/۷۲ b	۵۳۱/۵۷ b	۱۳۴/۱ d	۳۹۷/۴ cd	۴/۸۴ c	۴/۰۸ a	۹/۶۱ a	۷۰/۸۵ b	۵۰/۴۰ ab	۱۲۱/۶۲ b	۸/۰۰ d	۳۸/۰۵ de
	E8	۲۸/۶۵ ab	۶۰۴/۳۶ b	۱۷۳/۳ bc	۴۳۱/۰ bcd	۵/۲۲ abc	۴/۴۶ a	۹/۴۴ a	۷۳/۵۳ a	۴۹/۱۲ ab	۱۳۴/۹۲ ab	۹/۴۰ ab	۳۹/۱۵ cd
تنش شدید (دور آبیاری ۱۴ روز)	E1	۱۷/۰۲ c	۳۳۸/۱۰ b	۵۹/۰۹ c	۲۷۹ b	۵/۱۶ a	۳/۰۸ a	۶/۴ a	۷۳/۶۹ a	۳۵/۵۵ a	۹۹/۲۲ a	۷/۹۰ bc	۳۹/۱۳ ab
	E2	۲۳/۴۱ ab	۳۶۴/۷۷ b	۸۶/۴۱ bc	۲۷۸/۳ b	۴/۷۷ abc	۲/۱۳ a	۵/۴۶ a	۶۴/۰۷ b	۳۷/۲۰ a	۶۹/۱۳ cd	۷/۲۷ cd	۳۴/۶۷ d
	E3	۲۴/۴۴ ab	۴۱۵ ab	۱۰۲/۸ ab	۳۱۲/۱ ab	۵/۳۵ a	۲/۹۷ a	۵/۶۴ a	۷۰/۲۶ a	۳۷/۸۳ a	۸۷/۱۵ abc	۸/۴۳ ab	۳۹/۰۲ ab
	E4	۲۰/۵۹ bc	۴۰۶/۶۵ ab	۸۳/۱۵ bc	۳۲۳/۵ ab	۴/۶۷ bc	۱/۹۵ a	۶/۲۹ a	۶۶/۹۹ b	۳۵/۵۵ a	۷۱/۰۰ cd	۷/۷۰ cd	۳۷/۷۲ bc
	E5	۲۲/۳۹ ab	۳۴۱/۱۴ b	۷۷/۷۴ bc	۲۶۳/۴ b	۴/۷۷ ab	۲/۰۳ a	۵/۷۶ a	۶۸/۳۷ a	۳۲/۴۰ a	۶۹/۴۸ cd	۷/۳۰ cd	۳۶/۷۰ cd
	E6	۲۶/۱۹ a	۴۸۹/۲۷ a	۱۲۸ a	۳۶۱/۲ a	۵/۰۵ abc	۲/۷۷ a	۶/۸۳ a	۷۱/۱ a	۳۶/۵۸ a	۹۱/۸۷ ab	۸/۶۲ a	۴۰/۲۳ a
	E7	۲۰/۷۱ bc	۳۱۹/۰۳ b	۶۵/۹۶ c	۲۵۳ b	۴/۵۵ c	۱/۶۴ a	۵/۱۹ a	۶۴/۴ b	۳۲/۶۰ a	۵۹/۰۲ d	۷/۰۸ d	۳۴/۹۰ d
	E8	۲۳/۴۳ ab	۳۶۰/۷۸ b	۸۵/۰۹ bc	۲۷۵/۷ b	۴/۷۸ abc	۲/۴۸ a	۵/۶۹ a	۷۳/۴۵ a	۲۷/۵۷ a	۷۸/۴۰ bcd	۷/۸۸ bc	۳۵/۳ d
تنش خشکی $F_{(2,4)}$		۵۵۶/۳۱**	۱۷۰۸۰۴۵/۰**	۶۶۷۹۹۷/۰**	۲۴۰۲۹۹/۰**	۲/۰۷*	۲۲۶/۱۴**	۴۹۷/۲۸**	۴۱۷/۸۴**	۷۵۴۳/۵۶**	۱۳۸۵۴۵/۰**	۴۱/۸۲**	۱۶۶/۵۷**
اکوتیپ $F_{(7, 42)}$		۲۴/۸۹*	۴۳۶۷۰/۰**	۲۱۱۶۶/۰**	۵۳۷۷/۰**	۰/۲۷*	۰/۶۵ns	۲/۲۴*	۶۱/۹۹**	۲۳۱/۸۱**	۴۹۸/۰**	۲/۰۷**	۲۷/۶۵**
اکوتیپ × خشکی $F_{(14, 42)}$		۱۹/۹۹*	۸۸۸۶/۰**	۵۳۸۸/۰*	۱۲۸۷/۰**	۰/۱۳ns	۱/۳۷**	۱/۱۸ns	۱۴/۱۰ns	۱۵۴/۲۴**	۳۹۱/۰**	۰/۵۱**	۴/۶۱**
ضریب تغییرات (%)		۱۰/۴۷	۸/۰۳	۹/۵۹	۱۰/۶۱	۵/۹۱	۱۳/۲۲	۱۰/۱۶	۴/۰۸	۱۴/۰۵	۷/۷۹	۴/۳۸	۲/۹۶

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ در صد ه ستند. میانگین‌های با حروف متفاوت اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ در صد در هر سطح تنش خ شکی ن شان می‌دهند.

وزن دانه در بوته

اثر تنش خشکی، اکوتیپ و اثر متقابل اکوتیپ در تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). در حالت نرمال آبیاری بیشترین وزن دانه در بوته به اکوتیپ‌های E6، E7 و E8 و کمترین آن به اکوتیپ E4 اختصاص داشت، اما در حالت تنش متوسط و شدید همه اکوتیپ‌ها با کاهش وزن دانه در بوته مواجه شدند که در این حالت تفاوت معنی‌داری بین اکوتیپ‌ها وجود نداشت. دلیل کاهش وزن دانه عدم تشکیل دانه به خاطر بروز تنش خشکی پس از گرده‌افشانی است (۱۴).

وزن خشک بوته

تأثیر سطوح آبیاری در سطح احتمال یک درصد و اثر اکوتیپ در سطح احتمال پنج درصد بر وزن کل خشک بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ولی اثر متقابل آن‌ها روی این صفت غیرمعنی‌دار بود (جدول ۲). با تغییر رژیم آبیاری میانگین وزن خشک بوته کاهش معنی‌داری نشان داد. به‌طوری که بیشترین مقدار آن در آبیاری ۷ روز و کمترین در آبیاری ۱۴ روز به دست آمد. در سطوح تنش خشکی (متوسط و شدید) تفاوت معنی‌داری بین اکوتیپ‌های مختلف از لحاظ وزن کل خشک بوته مشاهده نشد اما در سطح شاهد، اکوتیپ‌های E4 و E5 به‌طور معنی‌دار از وزن خشک بوته کمتری برخوردار بودند (جدول ۲).

وزن هزار دانه

برای صفت وزن هزار دانه، اثر تنش خشکی و اکوتیپ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین وزن هزار دانه به اکوتیپ‌های E1 و E3 و کمترین آن به اکوتیپ E7 تعلق داشت. میانگین وزن هزار دانه اکوتیپ‌ها در سطح آبیاری نرمال و تنش متوسط از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشت؛ اما در تنش شدید با کاهش روبرو شد. مطالعه روی کنجد (۱۶،۲۷) و گندم (۱۹) نیز نشان داد که وزن هزار دانه چندان تحت تأثیر رژیم آبیاری قرار نمی‌گیرد و بیشتر متأثر از عوامل ژنتیکی است و این صفت توارث‌پذیری بالایی دارد.

عملکرد دانه و کاه در واحد سطح

مطابق جدول ۲ تأثیر سطوح آبیاری و اکوتیپ‌های مورد مطالعه و نیز اثر متقابل آن‌ها روی عملکرد دانه و وزن کاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در سطح نرمال آبیاری کمترین وزن کاه متعلق به اکوتیپ E2 و بیشترین آن مربوط به اکوتیپ‌های E3، E4، E5 و E6 بود. بعد از اعمال تنش بیشترین تأثیر روی اکوتیپ E5 و کمترین روی اکوتیپ E2 بود، در این حالت بیشترین وزن کاه به اکوتیپ E6 مربوط بود. همچنین اکوتیپ E5 در آبیاری نرمال بیشترین وزن دانه در واحد سطح را داشت و بیشترین افت عملکرد را نیز تحت تنش خشکی نشان داد. در تنش شدید خشکی، اکوتیپ E6 با اختلاف معنی‌دار بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد. تولید ماده خشک و میزان رشد گیاهان در پاسخ به تنش خشکی کاهش می‌یابد (۳۲). این کاهش به میزان و مدت تنش وابسته بوده و کاهش ۳۰ درصدی عملکرد کلزا به علت تنش خشکی

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-10-23]
[DOI: 10.52547/jcb.14.43.135]

در مرحله زایشی گزارش شده است (۳۱). در آفتابگردان این کاهش به میزان ۶۰ درصد نیز گزارش شده است (۱۵).

شاخص برداشت

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر سطوح آبیاری بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد و اثر اکوتیپ و اثر متقابل اکوتیپ و تنش خشکی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). این صفت در تنش متوسط در بسیاری از اکوتیپ‌ها تغییر چندانی نداشت اما در تنش شدید در همه‌ی اکوتیپ‌ها شاخص برداشت کاهش یافت که بیشترین کاهش به اکوتیپ E1 و کمترین به اکوتیپ E3 تعلق داشت. این کاهش را می‌توان به کاهش عملکرد دانه در مقایسه با عملکرد بیولوژیک نسبت داد.

تاریخ گلدهی و رسیدگی

تأثیر اکوتیپ، سطوح آبیاری و اثر متقابل اکوتیپ در تنش خشکی بر تاریخ گلدهی و تاریخ رسیدگی معنی‌دار به دست نیامد (جدول ۲).

شاخص گزینش SIIG

به‌منظور ارزیابی کلی پاسخ اکوتیپ‌های مختلف جغجغک با استفاده از همه صفات مورد مطالعه که در تجزیه واریانس اثر اکوتیپ و یا اثر متقابل اکوتیپ در تنش در آن‌ها معنی‌دار بود، از شاخص‌های SIIG و MGIDI استفاده شد. در واقع این شاخص‌ها نتایج حاصل از بررسی همه صفات را باهم در نظر گرفته و تبدیل به یک شاخص واحد می‌کنند. با این کار بررسی پاسخ کلی اکوتیپ‌ها و انتخاب اکوتیپ‌های متحمل راحت‌تر و کارایی آن بیشتر می‌شود (۲۲). در مورد SIIG با توجه به این‌که مقدار آن بین صفر و یک است، هرچه مقدار این شاخص برای ژنوتیپی به یک نزدیک باشد، به این معنی است که فاصله آن از ژنوتیپ ایده‌آل منفی (ژنوتیپ حساس) بیشتر بوده و آن ژنوتیپ از تحمل تنش بالایی برخوردار است. از سوی دیگر هرچه مقدار SIIG برای ژنوتیپی نزدیک به صفر باشد، به این معنی است که فاصله آن از ژنوتیپ ایده‌آل منفی (ژنوتیپ حساس) کمتر بوده و در نتیجه از مقادیر صفات کمتر و تحمل تنش پایین‌تری برخوردار است (۳۷،۳۶). بر این اساس، برآورد شاخص SIIG برای اکوتیپ‌های مختلف (جدول ۳) نشان داد که اکوتیپ E6 دارای بیش‌ترین مقدار SIIG در هر سه شرایط نرمال، تنش ملایم و شدید بود. در شرایط نرمال، اکوتیپ‌های E5 و E8 به ترتیب با داشتن مقدار SIIG برابر با ۰/۶۹۶ و ۰/۶۷۹ در رتبه بعدی قرار داشتند و جزو اکوتیپ‌های مطلوب در این شرایط دسته‌بندی شدند. در شرایط تنش ملایم نیز بعد از اکوتیپ E6 (با مقدار SIIG برابر با ۰/۷۰۹)، اکوتیپ‌های E3 و E5 با داشتن مقدار SIIG برابر با ۰/۶۷۶ و ۰/۶۶۹ از ژنوتیپ ایده‌آل منفی (ژنوتیپ ضعیف) فاصله بیشتری داشته و از تحمل نسبتاً بالایی برخوردار بودند. همچنین در شرایط تنش شدید، اکوتیپ E6 دارای بیش‌ترین مقدار SIIG بود و در رتبه بعدی اکوتیپ E3 با داشتن مقدار SIIG برابر با ۰/۶۳۹ دارای فاصله بیشتری از ژنوتیپ ایده‌آل منفی بود و از تحمل نسبتاً بالایی برخوردار بود؛ اما اکوتیپ‌های دیگر تحت این شرایط مقدار SIIG کمتر از ۰/۵ داشتند و تحمل بالایی نشان ندادند. در شرایط نرمال آبیاری اکوتیپ‌های E2، E4 و E7 با داشتن کمترین مقدار SIIG به ژنوتیپ ایده‌آل منفی نزدیک بودند. در شرایط تنش ملایم نیز اکوتیپ‌های E7، E2 و E8 با داشتن کمترین مقدار SIIG (کمتر از ۰/۵) حساسیت بسیار بالایی به تنش خشکی نشان دادند. همچنین در شرایط تنش شدید غیر از اکوتیپ E6 و تا حدودی اکوتیپ E3 بقیه اکوتیپ‌ها تحمل بالایی در برابر تنش خشکی نداشتند و این را می‌توان به‌راحتی از مقادیر کمتر از ۰/۵ SIIG آن‌ها استنباط کرد (جدول ۳). با توجه به نتایج حاصل از تجزیه SIIG مشخص می‌شود که بر اساس همه صفات مورد مطالعه به‌راحتی می‌توان اکوتیپ E6 را اکوتیپ مطلوبی در همه شرایط مورد مطالعه در نظر گرفت و اکوتیپ E3 در رتبه بعدی قرار داشت.

استفاده از شاخص SIIG برای گزینش ژنوتیپ‌های برتر در تعدادی از مطالعات گزارش‌شده است. به‌طور مثال، از شاخص SIIG برای ادغام آماره‌های مختلف پایداری برای معرفی ارقام پایدار در گندم دوروم (۲۱) و کلزا (۳۶) استفاده شد. همچنین استفاده از این شاخص برای معرفی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در گندم نان (۳۴) و کلزا (۳۷)، معرفی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش آلومینیوم در گندم دوروم (۲۶)، تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به تنش یخزدگی در کلزا (۱) و شناسایی ژنوتیپ‌های مطلوب عدس در شرایط دیم (۲) گزارش‌شده است. این محققان گزارش کردند که استفاده از این شاخص، انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب، پایدار و نیز متحمل به تنش را با ادغام آماره‌های مختلف راحت‌تر و کارآمدتر می‌کند.

جدول ۳- برآورد شاخص SIIG برای اکوتیپ‌های مختلف در سه سطح آبیاری

Table 3. Estimation of SIIG index for different ecotypes

اکوتیپ	شرایط نرمال (دور آبیاری ۷ روز)			تنش متوسط (دور آبیاری ۱۰ روز)			تنش شدید (دور آبیاری ۱۴ روز)			
	SIIG	رتبه	di^+	di^-	SIIG	رتبه	di^+	di^-	SIIG	رتبه	di^+	di^-
E1	۰/۵۹۷	۴	۰/۱۵۸	۰/۲۳۵	۰/۵۵۴	۵	۰/۱۷۶	۰/۲۱۹	۰/۴۵۱	۴	۰/۳۶۷	۰/۳۰۱
E2	۰/۳۳۷	۸	۰/۲۷۶	۰/۱۴۱	۰/۳۷۴	۷	۰/۲۴۴	۰/۱۴۵	۰/۳۴۴	۶	۰/۳۴۵	۰/۱۸۱
E3	۰/۵۸۴	۵	۰/۱۶۶	۰/۲۳۳	۰/۶۷۶	۲	۰/۱۲۵	۰/۲۶۰	۰/۶۳۹	۲	۰/۱۹۷	۰/۳۴۸
E4	۰/۴۴۵	۷	۰/۲۳۶	۰/۱۹۰	۰/۵۸۲	۴	۰/۱۵۹	۰/۲۲۲	۰/۳۷۶	۵	۰/۳۲۳	۰/۱۹۵
E5	۰/۶۹۶	۲	۰/۱۳۰	۰/۲۹۷	۰/۶۶۹	۳	۰/۱۲۳	۰/۲۴۸	۰/۳۰۲	۷	۰/۳۶۲	۰/۱۵۷
E6	۰/۷۳۴	۱	۰/۰۹۸	۰/۲۷۰	۰/۷۰۹	۱	۰/۱۱۲	۰/۲۷۳	۰/۸۰۴	۱	۰/۱۱۱	۰/۴۵۵
E7	۰/۴۷۹	۶	۰/۲۲۵	۰/۲۰۷	۰/۲۰۹	۸	۰/۳۰۶	۰/۰۸۱	۰/۱۵۹	۸	۰/۴۶۰	۰/۰۸۷
E8	۰/۶۷۹	۳	۰/۱۲۲	۰/۲۵۸	۰/۴۴۸	۶	۰/۱۹۴	۰/۱۵۷	۰/۴۶۶	۳	۰/۲۸۶	۰/۲۵۰

(d_i^+) و (d_i^-) به ترتیب فاصله هر اکوتیپ از ژنوتیپ‌های ایده‌آل و ضعیف، SIIG شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-10-23]

[DOI: 10.52547/jcb.14.43.135]

شاخص MGIDI

شاخص فاصله چند متغیره از ژنوتیپ ایده‌آل (MGIDI) با در نظر گرفتن صفات مورد نظر محاسبه شد (جدول ۴). تجزیه عاملی بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) نشان داد که در شرایط نرمال چهار عامل اول و در دو شرایط تنش ملایم و شدید سه عامل اول با مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک به ترتیب با ۹۱/۸۹ درصد، ۹۱/۱۱ و ۹۰/۰۲ درصد از تغییرات کل بین صفات مورد مطالعه را توجیه می‌کنند (جدول ۵). در شرایط نرمال آبیاری، عامل اول ۳۷/۸۷ درصد از تغییرات بین متغیرها را توجیه کرد. بزرگ‌ترین ضرایب عاملی مثبت پس از چرخش واریماکس در این عامل مربوط به عملکرد بیولوژیک، عملکرد کاه و عملکرد دانه بود. عامل دوم ۲۶/۲۵ درصد از واریانس کل را توجیه نمود که در این عامل هم ارتفاع بوته و تعداد شاخه در بوته با ضریب مثبت و شاخص برداشت با ضریب منفی بیشترین ضرایب عاملی را داشتند. عامل سوم با توجیه ۱۵/۹۰ درصد از واریانس کل دارای ضرایب عاملی بزرگ و مثبت برای وزن دانه در بوته، تعداد کپسول‌های پر و وزن خشک بوته بود. عامل چهارم نیز ۱۱/۸۷ درصد از واریانس کل را توجیه نمود که تعداد کپسول‌های خالی و درصد کپسول‌های پر با ضریب مثبت بیشترین ضرایب عاملی را در آن داشتند؛ بنابراین، در شرایط نرمال شاخص MGIDI اکوتیپ‌های مورد مطالعه بر پایه نمرات عاملی این چهار عامل محاسبه شد. طبق شاخص MGIDI هر چه اکوتیپ مورد نظر مقدار MGIDI کمتری داشته باشد نشان می‌دهد که این اکوتیپ فاصله کمتری از ژنوتیپ ایده‌آل داشته و قرابت بیشتری با ژنوتیپ مطلوب دارد. برعکس هرچه مقدار MGIDI برای اکوتیپی بیشتر باشد، به این معنی است که فاصله آن از ژنوتیپ ایده‌آل بیشتر است و نباید انتخاب شود (۲۳). بر اساس شاخص MGIDI، در شرایط نرمال اکوتیپ E6 کمترین مقدار (۱/۱۴۹) را داشت و اکوتیپ مطلوبی محسوب شد، در رتبه بعدی هم اکوتیپ‌های E8 و E5 قرار داشتند. از سوی دیگر، اکوتیپ‌های E4 و E2 در این شرایط بیشترین مقدار MGIDI را به خود اختصاص دادند و اکوتیپ‌های نامطلوب بودند. در شرایط تنش ملایم، عامل اول ۴۵/۹۵ درصد از تغییرات بین متغیرها را توجیه کرد. بزرگ‌ترین ضرایب عاملی مثبت پس از چرخش واریماکس در عامل اول مربوط به عملکرد بیولوژیک، عملکرد کاه، وزن دانه در بوته، ارتفاع بوته و عملکرد دانه بود. عامل دوم ۲۹/۵۲ درصد از واریانس کل را توجیه نمود که در این عامل هم تعداد کپسول‌های خالی و پر، درصد کپسول‌های پر و وزن هزار دانه با ضریب مثبت بیشترین ضرایب عاملی را در آن داشتند. عامل سوم با توجیه ۱۵/۶۲ درصد از واریانس کل دارای ضرایب عاملی بزرگ و مثبت برای شاخص برداشت، وزن دانه در بوته، وزن خشک بوته و تعداد شاخه در بوته بود. در شرایط تنش ملایم نیز بعد از اکوتیپ E6، اکوتیپ‌های E1، E3 و E4 در رتبه‌های بعدی کمترین مقدار MGIDI را به خود اختصاص دادند. از سوی دیگر، اکوتیپ‌های E7 و E2 در این شرایط بیشترین مقدار MGIDI را به خود اختصاص دادند و ازاین‌رو، این اکوتیپ‌ها به تنش خشکی حساس بودند. در شرایط تنش شدید (دور آبیاری ۱۴ روز)، عامل اول ۵۹/۰۵ درصد از تغییرات بین متغیرها را توجیه کرد. بزرگترین ضرایب عاملی مثبت پس از چرخش واریماکس در عامل اول مربوط به تعداد کپسول‌های پر، درصد کپسول‌های پر، وزن دانه در بوته، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته بود. عامل دوم ۲۰/۶۹ درصد از واریانس کل را توجیه نمود که در این عامل هم عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت با ضریب مثبت بیشترین ضرایب عاملی را در آن داشتند. عامل سوم با توجیه ۱۰/۲۸ درصد از واریانس کل دارای ضریب عاملی بزرگ و منفی برای تعداد کپسول‌های خالی در بوته بود. در شرایط تنش شدید نیز کمترین مقدار MGIDI در اکوتیپ E6 و در رتبه بعدی در اکوتیپ‌های E3 و E8 مشاهده شد که نشان می‌دهد این اکوتیپ‌ها به تنش خشکی تحمل بالایی داشته و از عملکرد بهتری در این شرایط برخوردارند. همچنین در شرایط تنش شدید بیشترین مقدار MGIDI در اکوتیپ‌های E1، E7 و E2 مشاهده شد که نشان می‌دهد این اکوتیپ‌ها به تنش خشکی حساس بودند. ازاین‌رو، در میان اکوتیپ‌های مورد مطالعه می‌توان اکوتیپ E6 را متحمل‌ترین اکوتیپ به تنش خشکی در نظر گرفت و اکوتیپ‌های E3 و E8 در رتبه بعدی قرار می‌گیرند. از سوی دیگر اکوتیپ‌های E1، E7 و E2 در شرایط تنش بیشترین مقدار MGIDI را به خود اختصاص دادند و ازاین‌رو، این اکوتیپ‌ها به تنش خشکی حساس بودند.

با توجه به این‌که هر اکوتیپ برای عامل‌هایی که سهم کمتری در آن‌ها نشان می‌دهد از لحاظ صفات درون آن عامل به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک‌تر است (۲۳،۲۲)، بر این اساس می‌توان گفت که اکوتیپ متحمل E6 که در شرایط تنش ملایم کمترین مقدار را در عامل سوم داشت، برای صفاتی مانند شاخص برداشت، وزن دانه در بوته، وزن خشک بوته و تعداد شاخه در بوته که بیشترین ضریب را در این عامل دارند، به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک است. همین اکوتیپ (E6) در شرایط تنش شدید نیز کمترین مقدار را برای عامل دوم داشت، بنابراین برای صفاتی مانند عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت که بیشترین ضرایب عاملی مثبت را در این عامل دارند، به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک بود. از سوی دیگر اکوتیپ E3 که تحمل نسبتاً بالایی در شرایط تنش ملایم داشت، در این شرایط کمترین سهم را برای عامل دوم دارا بود و ازاین‌رو برای صفاتی مانند درصد کپسول‌های پر و وزن هزار دانه که بیشترین ضرایب عاملی مثبت را در آن داشتند به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک بود. در شرایط تنش شدید نیز این اکوتیپ کمترین سهم را برای عامل اول دارا بود و ازاین‌رو برای صفاتی مانند تعداد کپسول پر، درصد کپسول‌های پر، وزن دانه در بوته، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته بود که بیشترین ضرایب عاملی مثبت را در آن داشتند به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک بود. به‌بیان‌دیگر، اکوتیپ E6 به لحاظ داشتن بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در هر دو شرایط تنش ملایم و شدید از درجه تحمل بالایی در برابر تنش خشکی برخوردار بود؛ درحالی‌که اکوتیپ E3 به دلیل اینکه تعداد و درصد کپسول پر، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته بیشتری در مقایسه با اکوتیپ‌های دیگر داشت تحمل نسبتاً خوبی در برابر تنش خشکی از خود نشان داد.

شاخص MGIDI برای تسهیل انتخاب ژنوتیپ‌ها توسط اولیوتو و ناردینو (۲۲) برای گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب بر اساس

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-10-23]
[DOI: 10.52547/jcb.14.43.135]

اطلاعات چند صفت پیشنهاد شد. اولیوتو و همکاران (۲۳) اخیراً از این شاخص برای انتخاب ژنوتیپ‌های ایده‌آل توت‌فرنگی استفاده کردند. همچنین استفاده از شاخص MGIDI توانست غربالگری ژنوتیپ‌های جو نسبت به تنش شوری را در مراحل اولیه رشد تسریع کند (۲۵). انتظار می‌رود که استفاده از این شاخص در برنامه‌های گزینشی گیاهان مورد استفاده بیشتر قرار گیرد.

نتیجه‌گیری کلی

در کل، برآورد شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) و شاخص فاصله چند متغیره از ژنوتیپ ایده‌آل (MGIDI) برای اکوتیپ‌های مختلف بر اساس صفات مختلف نشان داد که اکوتیپ E6 با داشتن بیشترین مقدار SIIG و کمترین مقدار MGIDI در هر دو شرایط تنش، متحمل‌ترین اکوتیپ بود و اکوتیپ‌های E8 و E3 در رتبه بعدی قرار داشتند و جزو اکوتیپ‌های با تحمل تنش خشکی نسبتاً بالا دسته‌بندی شدند. همچنین در هر دو شرایط تنش متوسط و شدید، اکوتیپ E7 با داشتن کمترین مقدار SIIG و بیشترین مقدار MGIDI حساسیت بالایی به تنش خشکی نشان داد. استفاده از این شاخص‌ها در برنامه‌های اصلاحی برای گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب می‌تواند مفید و کارآمد باشد.

جدول ۴- برآورد شاخص MGIDI برای اکوتیپ‌های مختلف

Table 4. Estimation of MGIDI index for different ecotypes

شرایط	اکوتیپ	MDIGI	رتبه	ω_{i1}	ω_{i2}	ω_{i3}	ω_{i4}
نرمال (دور آبیاری ۷ روز)	E1	۳/۲۰۲	۶	۰/۴۲۷	۰/۰۵۲	۰/۴۰۳	۰/۱۱۹
	E2	۴/۱۰۵	۷	۰/۳۵۵	۰/۲۶۰	۰/۲۵۴	۰/۱۳۲
	E3	۲/۷۱۸	۵	۰/۲۵۶	۰/۲۲۴	۰/۴۴۷	۰/۰۷۳
	E4	۴/۲۳۴	۸	۰/۱۰۹	۰/۰۱۵	۰/۵۲۸	۰/۳۴۷
	E5	۲/۵۸۵	۳	۰/۰۰۹	۰/۲۹۹	۰/۵۷۲	۰/۱۲۱
	E6	۱/۱۴۹	۱	۰/۱۸۲	۰/۱۸۸	۰/۲۹۶	۰/۳۳۴
	E7	۲/۶۹۹	۴	۰/۴۲۳	۰/۱۰۸	۰/۱۲۹	۰/۳۳۹
	E8	۱/۷۶۷	۲	۰/۱۴۷	۰/۲۵۱	۰/۲۳۹	۰/۳۶۳
تنش ملایم (دور آبیاری ۱۰ روز)	E1	۲/۸۴۲	۷	۰/۸۱۸	۰/۰۷۱	۰/۱۱۱	
	E2	۲/۷۶۸	۶	۰/۵۰۱	۰/۰۳۴	۰/۴۶۵	
	E3	۲/۱۳۲	۲	۰/۱۳۴	۰/۰۷۹	۰/۷۸۷	
	E4	۲/۶۴۴	۵	۰/۰۰۷	۰/۶۶۱	۰/۳۳۲	
	E5	۲/۴۳۱	۴	۰/۰۴۰	۰/۰۷۸	۰/۸۸۱	
	E6	۱/۳۱۶	۱	۰/۴۶۳	۰/۴۹۱	۰/۰۴۶	
	E7	۴/۰۵۷	۸	۰/۳۲۳	۰/۲۵۵	۰/۴۲۳	
	E8	۲/۲۵۷	۳	۰/۳۶۱	۰/۱۵۹	۰/۴۸۰	
تنش شدید (دور آبیاری ۱۴ روز)	E1	۴/۰۸۳	۸	۰/۰۲۳	۰/۶۳۷	۰/۳۴۰	
	E2	۳/۹۶۲	۶	۰/۳۷۴	۰/۲۷۹	۰/۳۴۷	
	E3	۲/۵۵۹	۳	۰/۱۸۴	۰/۳۳۳	۰/۴۸۳	
	E4	۳/۴۷۴	۵	۰/۳۱۶	۰/۲۹۸	۰/۳۸۶	
	E5	۳/۱۱۷	۴	۰/۳۷۴	۰/۴۲۱	۰/۲۰۴	
	E6	۲/۰۳۴	۱	۰/۲۶۶	۰/۰۳۶	۰/۶۹۸	
	E7	۴/۰۳۴	۷	۰/۴۱۶	۰/۳۷۹	۰/۲۰۵	
	E8	۲/۱۹۰	۲	۰/۳۵۳	۰/۴۵۵	۰/۱۹۲	

MGIDI شاخص فاصله چند متغیره از ژنوتیپ ایده‌آل برای هر اکوتیپ؛ ω_{i1}، ω_{i2}، ω_{i3} و ω_{i4} به ترتیب سهم عامل اول، دوم، سوم و چهارم در شاخص MGIDI هر اکوتیپ

جدول ۵- ضرایب عاملی با چرخش واریماکس در تجزیه به عامل‌ها بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)

Table 5. Factor loading with varimax rotation after factor analysis based on principal component analysis (PCA)

صفت	نرمال (دور آبیاری ۷ روز)				تنش ملایم (دور آبیاری ۱۰ روز)			تنش شدید (دور آبیاری ۱۴ روز)		
	فاکتور ۱	فاکتور ۲	فاکتور ۳	فاکتور ۴	فاکتور ۱	فاکتور ۲	فاکتور ۳	فاکتور ۱	فاکتور ۲	فاکتور ۳
ارتفاع بوته	۰/۴۱۱	۰/۸۷۱	-۰/۱۴۱	-۰/۰۵۰	۰/۷۸۲	-۰/۴۲۱	۰/۴۰۰	۰/۸۱۰	۰/۲۹۱	۰/۳۸۴
تعداد شاخه در بوته	۰/۰۱۳	۰/۷۸۵	۰/۰۶۱	-۰/۳۷۱	۰/۵۷۷	۰/۱۱۶	۰/۶۵۵	۰/۷۸۶	۰/۵۸۴	۰/۰۷۵
تعداد کپسول پر در بوته	۰/۰۸۸	-۰/۲۱۴	۰/۸۹۲	۰/۰۶۰	۰/۶۳۹	۰/۶۶۶	۰/۳۴۲	۰/۹۷۷	۰/۰۸۲	۰/۱۱۵
تعداد کپسول پوک در بوته	۰/۲۴۵	۰/۰۱۱	-۰/۱۴۵	۰/۹۴۸	-۰/۳۹۸	۰/۸۳۶	-۰/۱۰۸	-۰/۱۳۴	-۰/۱۵۶	-۰/۹۴۴
وزن دانه در بوته	-۰/۰۱۰	-۰/۰۷۷	۰/۹۹۲	۰/۰۷۰	۰/۸۰۹	۰/۴۷۸	۰/۰۲۵	۰/۹۴۲	۰/۱۰۳	۰/۰۵۸
وزن خشک بوته	-۰/۵۳۸	۰/۰۴۷	۰/۸۰۹	-۰/۱۰۰	-۰/۲۴۷	-۰/۶۶۸	۰/۶۷۹	۰/۶۷۸	۰/۳۱۰	۰/۲۵۸
درصد کپسول پر	۰/۲۴۸	-۰/۰۲۵	۰/۱۴۳	۰/۹۴۱	-۰/۰۲۵	۰/۹۵۹	۰/۱۰۲	۰/۸۹۶	۰/۰۲۲	-۰/۴۳۴
وزن هزار دانه	-۰/۰۸۳	-۰/۵۱۵	۰/۲۳۳	۰/۵۵۸	۰/۲۴۹	۰/۸۶۳	۰/۲۱۸	۰/۸۳۶	۰/۱۴۲	۰/۲۴۶
عملکرد کاه در واحد سطح	۰/۷۷۹	۰/۴۹۸	-۰/۲۰۴	۰/۳۱۵	۰/۹۶۴	-۰/۰۳۷	-۰/۱۳۳	۰/۴۳۱	۰/۷۵۳	۰/۳۹۱
عملکرد دانه در واحد سطح	۰/۹۶۴	-۰/۱۸۵	۰/۰۹۴	۰/۰۷۵	۰/۷۱۱	۰/۰۵۸	۰/۶۳۰	۰/۲۰۸	۰/۹۶۲	۰/۱۳۴
بیوماس کل در واحد سطح	۰/۹۰۳	۰/۳۱۳	-۰/۱۲۳	۰/۲۶۲	۰/۹۵۳	-۰/۰۰۳	۰/۱۵۵	۰/۳۶۲	۰/۸۶۶	۰/۳۰۷
شاخص برداشت	۰/۰۹۸	-۰/۸۶۶	۰/۳۱۲	-۰/۳۱۸	۰/۰۵۱	۰/۲۲۱	۰/۹۴۶	-۰/۱۱۲	۰/۹۲۳	-۰/۱۱۷
درصد واریانس	۳۷/۸۶۷	۲۶/۲۵۴	۱۵/۸۹۷	۱۱/۸۷۳	۴۵/۹۵۳	۲۹/۵۲۶	۱۵/۶۲۸	۵۹/۰۴۹	۲۰/۶۹۰	۱۰/۲۷۷
درصد واریانس تجمعی	۳۷/۸۶۷	۶۴/۱۲۱	۸۰/۰۱۸	۹۱/۸۹۱	۴۵/۹۵۳	۷۵/۴۷۹	۹۱/۱۰۷	۵۹/۰۴۹	۷۹/۷۳۸	۹۰/۰۱۵

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-10-23]

[DOI: 10.52547/jcb.14.43.135]

منابع

1. Abdollahi Hesar, A., O. Sofalian, B. Alizadeh, A. Asghari and H. Zali. 2021. Investigation of frost stress tolerance in some promising rapeseed genotypes. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 31(2): 270-288 (In Persian).
2. Amiri, R., P. Pezeshkpour and I. Karami. 2021. Identification of lentil desirable genotypes using multivariate statistical methods and selection index of ideal genotype under rainfed conditions. Journal of Crop Breeding, 13(39): 140-151 (In Persian).
3. Balsevich, J.J., G.G. Bishop and I. Ramirez-Erosa. 2006. Analysis of bisdesmosidic saponins in *Saponaria vaccaria* L. by HPLC-PAD-MS: identification of new quillaic acid and gypsogenin 3-O-Trisaccharides. Phytochemical Analysis, 17: 414-423.
4. Balsevich, J.J. 2008. Praire carnation (*Saponaria vaccaria*)–a potential new industrial/medicinal crop for the Praires. Fuelling the farm, SSCA Annual conference, Regina, Saskatchewan, Canada, 46-50 pp.
5. Balsevich, J.J., I. Ramirez-Erosa, R.A. Hickie, D.M. Dunlop, G.G. Bishop and L.K. Deibert. 2012. Antiprofilerative activity of *Saporina vaccaria* constituents and related compounds. Fitoterapia, 83: 170-180.
6. Biliaderis, C.G., G. Mazza and R. Przybylski. 1993. Composition and physicochemical properties of starch from cow cockle (*Saponaria vaccaria* L.) seeds. Starch, 45: 121-127.
7. Dilip, K., M. Ajumdar and S. Roy. 1991. Response of summer sesame (*Sesamum indicum*) to irrigation, row spacing and plant population. Indian Journal of Agronomy, 37: 758-762.
8. Efthimiadou, A., A. Karkanis. D. Bilalis and N. Katenios. 2012. Cultivation of cow cockle (*Vaccaria hispanica* (Mill.) Rauschert) An industrial–medicinal weed. Industrial Crops and Products, 40: 307-311.
9. Edmeades, G.O., S.C. Chapman, J. Bolaños, M. Bänziger and H.R. Lafitte. 1994. Recent evaluations of progress in selection for drought tolerance in tropical maize. Eastern and Southern Africa Maize Conference, Harare, 94-100 pp.
10. Eskandari, H., S. Zehtab Salmasi and K. Ghasemi-Golozani. 2010. Evaluation of water use efficiency and grain yield of sesame cultivars as a second crop under different irrigation regimes. Journal of Sustainable Agriculture Science, 1: 39- 51 (In Persian).
11. Ferrie, A., T. Bethune and Z. Kernan. 2005. An overview of preliminary studies on the development of doubled haploid production for nutraceutical species. Acta Physiologiae Plantarum, 27: 735-747.
12. Jain, S., R. Yue-Lioang, L.E. Mei-wang, Y. Ting-Xian, Y. Xiao-Wen and Z. Hong-Ving. 2010. Effect of drought stress on sesame growth and yield characteristics and comprehensive evaluation of drought tolerance. Chinese Journal of Oil Crops Sciences, 4: 42-48.
13. Kaiser, H.F. 1958. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. Psychometrika, 23: 187-200.
14. Kamkar, B., A.R. Daneshmand, F. Ghooshchi, A.H. Shiranirad and A.R. Safahani Langeroudi. 2011. The effects of irrigation regimes and nitrogen rates on some agronomic traits of canola under a semiarid environment. Agricultural Water Management, 98(6): 1005-1012 (In Persian).
15. Mazahery-Laghab, H., F. Nouri and H.Z. Abianeh. 2003. Effects of the reduction of drought stress using supplementary irrigation for sunflower (*Helianthus annuus*) in dry farming conditions. Pajouheshva-Sazandegi. Agronomy and Horticulture, 59: 81-86 (In Persian).
16. Mehrabi, Z. and P. Ehsanzadeh. 2011. Investigation of physiological and yield characteristics of four sesame cultivars (*Sesame indicum* L.) under soil moisture regimes. Journal of Agriculture, 13(2): 88-75 (In Persian).
17. Mensah, J.K., B.O. Obadoni, P.G. Eroutor and F. Onome-Irieguna. 2006. Simulated flooding and drought effects on germination, growth, and yield parameters of sesame (*Sesame indicum* L.). African Journal of Biotechnology, 5(13): 1249-1253.
18. Meesapyodsuk, D., J. Balsevich, D.W. Reed and P.S. Covello. 2007. Saponin biosynthesis in *Saponaria vaccaria*. cDNAs encoding β–amyrin synthase and a triterpene carboxylic acid glucosyltransferase. Plant Physiology, 143: 959-969.
19. Mohammadi, A., A. Majidi, M.R. Bi Hemmat and H. Heydari Sharifabad. 2006. Evaluation of drought stress on agronomic and morphological characteristics of a number of wheat cultivars. Journal of Research and Construction, 73: 184-198 (In Persian).
20. Moghanibashi, M. and J. Razmjoo. 2012. Effect of seed treatment with PEG and irrigation regimes on yield, yield component and yield oil of sesame (*Sesame indicum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 10(1): 91-99 (In Persian).
21. Najafi Mirak, T., M. Dastfal, B. Andarzian, H. Farzadi, M. Bahari and H. Zali. 2018. Evaluation of durum wheat cultivars and promising lines for yield and yield stability in warm and dry areas using AMMI model and GGE biplot. Journal of Crop Breeding, 10(28): 1-12 (In Persian).
22. Olivoto, T. and A.M. Nardino. 2020. MGIDI: toward an effective multivariate selection in biological experiments. Bioinformatics, 10: 981-1093.
23. Olivoto, T., M.I. Diel, D. Schmidt and A.D.C. Lúcio. 2021. Multivariate analysis of strawberry experiments: where are we now and where can we go? BioRxiv, 2020-12.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-10-23]

[DOI: 10.52547/jcb.14.43.135]

24. Omidi, A.H. 2009. Effect of drought stress at different growth stages on seed yield and some agro-physiological traits of three spring safflower cultivars. Seed and Plant Production Journal, 25-2(1): 15-31 (In Persian).
25. Pour-Aboughadareh, A., S. Sanjani and H. Nikkhah-Chamanabad. 2021. Identification of salt-tolerant barley genotypes using multiple-traits index and yield performance at the early growth and maturity stages. Bulletin of the National Research Centre, 45: 117-128.
26. Ramzi, E., A. Asghari, S. Khomari and H.R. Mohammaddoust e Chamanabad. 2018. Investigation of durum wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. durum Desf) lines for tolerance to aluminum stress condition. Journal of Crop Breeding, 10(25): 63-72 (In Persian).
27. Rezvani Moghaddam, P., G.H. Norozpoor, J. Nabati and A.A. Mohammad Abadi. 2005. Effects of different irrigation intervals and plant density on morphological characteristics, grain and oil yields of sesame (*Sesamum indicum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 3(1): 57-68 (In Persian).
28. Sang, S.M., A.N. Lao, Y. Leng, Z.P. Gu, Z.L. Chen, J. Uzawa and Y. Fujimoto. 2000. Segetoside F a new triterpenoid saponin with inhibition of luteal cell from the seeds of *Vaccaria segetalis*. Tetrahedron Letters, 41: 9205-9207.
29. Shrestha, B.L. and O.D. Baik. 2010. Thermal conductivity, specific heat and thermal diffusivity of *Saporina vaccaria* seed particles. Journal of transactions of the ASABE, 53(5): 1717-1725.
30. Shokuhfar, A. and S. Yaghubinejad. 2012. The effect of drought stress on yield components of Sesame (*Sesumum indicum* L.) cultivars. Agronomy and Plant Breeding, 8: 19-29 (In Persian).
31. Sinaki, J.M., E. Majidi Heravan and A.H. Shirani Rad. 2007. Effect of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 2(4): 417-422.
32. Taiz, L. and E. Zeiger. 2006. Plant Physiology, 4th edn. Sinauer Associates, Inc, Massachusetts.
33. Willenborg, C.J. and L.M. Dosdall. 2011. First report of redbacked cutworm damage to cow cockle (*Vaccaria hispanica* Mill.), a potential new crop for western Canada. Canadian Journal of Plant Science, 91: 425-428.
34. Yaghutipoor, A., E. Farshadfar and M. Saeedi. 2017. Investigation of bread wheat genotypes for drought tolerance using suitable combination method. Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences, 10: 247-256 (In Persian).
35. Yendo, A.C.A., F. de Costa, G. Gosmann and A.G. Fett-Neto. 2010. Production of plant bioactive triterpenoid saponins: elicitation strategies and target genes to improve yields. Molcular Biotechnology, 46: 194-204.
36. Zali, H., O. Sofalian, T. Hasanloo, A. Asghari and S.M. Hoseini. 2015. Appraising of drought tolerance relying on stability analysis indices in canola genotypes simultaneously, using selection index of ideal genotype (SIIG) technique: Introduction of new method. Biological Forum-An International Journal, 7: 425-436.
37. Zali, H., O. Sofalian, T. Hasanloo, A. Asghari and M. Enayati Shariatpanahi. 2019. Identifying drought tolerant canola genotypes using selection index of ideal genotype. Journal of Crop Breeding, 11(29): 117-126 (In Persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-10-23]

[DOI: 10.52547/jcb.14.43.135]

Selection of Cow Cockle (*Vaccaria hispanica*) Ecotypes based on Agronomic Traits under Different Irrigation Regimes

Nasim Solat Petloo[1], Rasool Asghari Zakaria[2], Asghar Ebadi[3] and Parviz Sharifi Ziveh[4]

1- Gratuated M.Sc. Student of Plant Genetics and Breeding, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghgh Ardabili, Ardabil, Iran
2-Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, (Corresponding author: r-asghari@uma.ac.ir)
3- Associated Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources of Moghan, University of Mohaghgh Ardabili, Ardabil, Iran
4- Assistant Professor, Moghan Agricultural Research Center, Ardabil, Iran
Received: 27 October, 2021 Accepted: 3 April, 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: The cow cockle has a great potential for producing medicinal products due to its triterpenoid saponins. This experiment was aimed to investigate different cow cockle ecotypes under drought stress conditions and select the tolerant ecotype(s) based on agronomic traits using selection indices under different irrigation regimes.

Materials and Methods: This experiment was carried out as a split-plot experiment based on a randomized complete block design with three replications in 2020-2021 at the Ghezel Moghan Seed Production Company in Parsabad. The main plots were assigned to three treatments of irrigation cycle of 7 days (no stress), 10 days (mild stress), and 14 days (severe stress), and sub-plots were allocated to eight cow cockle ecotypes native to the northwest of Iran.

Results: The analysis of variance showed the effect of drought stress on all studied traits and the effect of ecotype on all traits except for seed weight per plant was significant. Also, their interaction effect was significant in most of the studied traits such as plant height, number of branches, seed weight per plant, number of filled and hollow capsules, straw weight, grain yield, biological yield, and harvest index and was nonsignificant for the percentage of full capsules, plant biomass, and 1000-grain weight. Ecotype E7 under normal conditions had the highest plant height, number of branches, number of full capsules, and seed weight per plant, but in severe stress conditions, it showed the lowest height, number of branches, number of full capsules, seed weight per plant, 1000-seed weight, straw and seed yield per unit area and was the most sensitive ecotype to drought stress. Ecotype E6 had the least decrease in plant height, number of branches, seed weight per plant, straw and seed yield per unit area, and harvest index in both stress conditions and was the most tolerant to drought stress. Estimation of the ideal genotype selection index (SIIG) and Multi-trait genotype–ideotype distance index (MGIDI) for different ecotypes showed that the E6 ecotype with the highest SIIG value and the lowest MGIDI value in all three stress conditions was the most tolerant, and E3 and E8 ecotypes were in the next rank and were classified as ecotypes with relatively high drought tolerance. Also, in both moderate and severe stress conditions, ecotype E7 with the lowest value of SIIG and the highest value of MGIDI showed high sensitivity to drought stress.

Conclusion: In general, the E6 ecotype was desirable in both normal and stress conditions and was one of the ecotypes with high drought tolerance. Also, in both moderate and severe stress conditions, Eotype E7 showed high sensitivity to drought stress.

Keywords: Cow cockle, Drought stress, MGIDI index, SIIG index, Yield

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-10-23]

[DOI: 10.52547/jcb.14.43.135]