دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

# تعیین میزان تحمل هیبریدهای حاصل از طلاقی ارقام تجاری سیب‌زمینی به شرایط مختلف کم آبی در استان اردبیل

محمدرضا وصالی[۱]، رضا برادران[۲]، داود حسن پناه[۳] و محمد جواد ثقه الاسلامی[۴]

۱- دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران
۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران،
(نویسنده مسوول: baradaran@yahoo.comk)
۳- دانشیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران
۴- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۹/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۳
صفحه: ۱۴۶ تا ۱۵۸

**چکیده**

**به منظور تعیین میزان تحمل هیبریدهای حاصل از تلاقی ارقام تجاری سیب‌زمینی به شرایط مختلف کم آبی در استان اردبیل آزمایشی در دو سال به صورت اسپلیت پلات برپایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار انجام گرفت. فاکتور اصلی شامل سه سطح آبیاری (۱۰۰، ۸۵ و ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه) و فاکتور فرعی شامل ۱۲ جمعیت سیب‌زمینی بود اجرا گردید. نتایج نشان داد که از نظر سطوح آبیاری، ژنوتیپ و اثر متقابل سطوح ابیاری در ژنوتیپ از نظر عملکرد غده اختلاف معنی‌داری در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد وجود داشت. در این بررسی در شرایط آبیاری نرمال بالاترین عملکرد غده با میانگین ۵۳/٦ تن در هکتار مربوط به (♀Luca × Esprit♂) R12 بود و کمترین عملکرد غده با میانگین ۲۸/۹ تن در هکتار مربوط به (♀Esprit × Agria♂) S34 بود. بیشترین عملکرد غده در شرایط تنش ۸۵ و ۷۰ درصد آب قابل استفاده به ترتیب با میانگین‌های ۴۰/۳ و ۳۵/۵ تن در هکتار مربوط به (♀Luca × Esprit♂) S14 و کمترین عملکرد غده در شرایط سطوح آبیاری ۸۵ و ۷۰ درصد آب قابل استفاده به ترتیب با میانگین‌های ۲۰/۰۲ و ۱۸/۷ تن در هکتار مربوط به (♀Esprit × Agria♂) S34 بود. بین میزان عملکرد غده در شرایط آبیاری نرمال (۱۰۰ درصد آب قابل استفاده) و تنش کم‌آبی ملایم و شدید (۸۵ و ۷۰ درصد آب قابل استفاده) با شاخص MP, GMP, TOL و STI همبستگی مثبت و معنی‌داری بدست آمد. البته بین میزان عملکرد غده در شرایط تنش ملایم و شدید (۸۵ و ۷۰ درصد آب قابل استفاده) با شاخص حساسیت به تنش (SSI) همبستگی منفی و غیرمعنی‌دار وجود داشت. در مقابل بین شاخص SSI و TOL همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده گردید. ضرایب عامل‌ها در صفات مورد مطالعه برای تیمارهای مورد بررسی بین صفات کمی و کیفی هیبریدهای حاصل از تلاقی ارقام تجاری سیب‌زمینی نشان داد که در شرایط تنش نرمال (۸۵ درصد آب قابل استفاده) چهار عامل در مجموع ۸٦/۵۰۸ درصد از کل تغییرات را تبیین نمودند و هیبریدهای (♀Banba × Agria♂) S24، (♀Banba × Esprit♂) S14 و (♀Banba × Agria♂) R24 و (♂Banba × Esprit♀) S23 از نظر عامل اول که عامل صفات موثر بر عملکرد و دوم عامل ساختاری نسبت به هیبریدهای دیگر ارزش بیشتری داشتند. همچنین در شرایط تنش شدید (۷۰ درصد آب قابل استفاده) که چهار عامل ۸۷/٤۵ درصد کل تغییرات را تبیین نمودند، هیبریدهای(♀Luca× Esprit♂) S13، (♀Banba × Agria♂) R24 و (♂Banba × Esprit♀) S23 از نظر عامل اول که عامل صفات موثر بر عملکرد و دوم عامل ساختاری نسبت به هیبریدهای دیگر ارزش بیشتری داشتند.**

**واژه‌های کلیدی: تجزیه به عامل‌ها، تنش کم‌آبی، شاخص‌های تحمل، هیبرید سیب‌زمینی**

## مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) یک محصول چند منظوره بوده و چهارمین محصول تولید شده در سراسر جهان است که به دنبال گندم (*Triticum Beautivum*)، ذرت (*Zea mays*) و برنج (*Oryza sativa*)، دارای اهمیت استراتژیک برای تضمین امنیت غذایی در سراسر جهان را دارد (Duan et al., 2019). منشاء سیب‌زمینی کوه‌های آند در پرو و بولیوی در آمریکای جنوبی بوده و اولین بار در بولیوی در ۸۰۰۰ سال قبل اهلی شده است، محققین اسپانیایی سیب‌زمینی را وارد اروپا کردند و سپس از آنجا به آمریکای شمالی، آسیا و آفریقا انتقال یافته است (۴). غده‌های سیب‌زمینی چربی کم و دارای کربوهیدرات بالا بوده و همچنین دارای مقادیر زیادی از پروتئین‌ها از جمله لیزین، مقادیر قابل توجهی از ویتامین‌ها به‌ویژه ویتامین‌های A، B و C هستند و ارزش غذایی بالایی دارند (۶). روند تولید جهانی سیب‌زمینی در سال ۲۰۱۳ نشان می‌دهد که کشورهای چین، هند و روسیه به ترتیب با تولید ۹۶ میلیون، ۴۵ میلیون و ۳۰ میلیون تن بیشترین میزان تولید جهان را دارا هستند و جمهوری اسلامی ایران با تولید ۴/۸ میلیون تن در مکان ۱۳ام جهان قرار دارد. در مجموع در سال ۲۰۱۴ در مجموع ۳۸۵ میلیون تن سیب‌زمینی در جهان تولید شده است، در طی سال‌های مذکور رشد متوسط سالانه تولید سیب‌زمینی جهان ۱/۶ درصد بوده است. بر اساس آمار منتشر شده توسط سازمان فائو، کشور چین با تولید ۹۹ میلیون تن، هند ۴۳ میلیون تن، روسیه با ۳۱ میلیون تن، اوکراین با ۲۱ میلیون تن، ایالات متحده امریکا با ۱۹ میلیون تن، آلمان با ۱۰ میلیون تن، بنگلادش با ۹/۴ میلیون تن، لهستان با ۸/۸ میلیون تن، فرانسه با ۶/۸ میلیون تن، هلند با ۶/۵ میلیون تن، بلاروس با ۵/۹ میلیون تن، بریتانیا با ۵/۳ میلیون تن و ایران با ۵/۱ میلیون تن به ترتیب رتبه‌های اول تا سیزدهم تولید

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-18 ]
[ DOI: 10.52547/jcb.13.37.146 ]

سیب‌زمینی جهان را در اختیار دارند (۱۰). میزان تولید سیب‌زمینی در این استان ۷۳۰۵۶۵ تن بوده و میزان عملکرد سیب‌زمینی در استان اردبیل ۳۷ تن در هکتار گزارش شده است (۲). در طول چرخه زندگی، گیاهان دائما در معرض مشکلات مختلف، از جمله تنش‌های غیر زنده و بیوتیک قرار می‌گیرند که بر رشد و رشد آنها تأثیر می گذارد (۳۹). امروزه کم آبی یکی از مهم‌ترین عوامل محـدود کننـده ازدیاد محصول در نواحی خشک و نیمه خشک می باشد و کاهش رشد در اثر تنش خشکی به مراتب بیشتر از سایر تنش های محیطـی اسـت و قرار گرفتن در معرض این اشکال از تنش‌ها منجر به تولید منفی و کیفیت محصول می‌شود (۳۸). از آن جایی‌که تحمل به خشکی صفت بسیار پیچیده‌ای است، تلاش جهت افزایش تحمل به خشکی یا استفاده از معیار عملکرد دانه انجام می‌شود. اگر چه عملکرد دانه همه عوامل مهم مرتبط با بهبود تحمل به خشکی را در بر دارد، اما تصمیم گیری در مورد محیط هدف حائز اهمیت ویژه‌ای است. در این ارتباط بالا بودن تنوع ژنتیکی و کوچک بودن اثر متقابل ژنوتیپ و محیط نیز مهم می‌باشند. بر همین اساس، شاخص‌های متعددی با استفاده از عملکرد پایه گذاری شده و به منظور ارزیابی تحمل به خشکی به کار می‌روند. مقاومت به خشکی ژنوتیپ براساس نسبت عملکرد یک ژنوتیپ به سایر ژنوتیپ‌هایی که همگی تحت شرایط تنش مشابهی بودند، سنجیده می‌شوند. حساسیت به خشکی ژنوتیپ‌ها براساس کاهش میزان عملکرد ژنوتیپ مورد نظر در شرایط تنش اندازه‌گیری می‌شود (۱۵). شاخص‌های ارزیابی تحمل به تنش متعددی توسط (۳۳،۱۱) پیشنهاد شده و مورد استفاده قرار گرفته‌اند، که نقاط ضعف و قوت هر یک از این موارد توسط محققین زیادی مورد نقد و بررسی قرار گرفته‌اند (۲۵،۱۳). بررسی صفات مختلف و از جمله عملکرد نسبی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی و غیرتنش به عنوان یک نقطه شروع برای شناخت فرآیند تحمل به خشکی و انتخاب ژنوتیپ‌ها برای اصلاح در محیط‌های خشک است. (۱۱) براساس واکنش ژنوتیپ‌ها به شرایط محیطی با تنش یا بدون تنش گزارش کرد که می‌توان آنها را در چهار گروه دسته‌بندی کرد (۱۱): گروه A: ژنوتیپ‌هایی که عملکرد خوبی در دو محیط تنش و بدون تنش دارند، گروه B: ژنوتیپ‌هایی که فقط عملکرد خوبی در محیط بدون تنش دارند، گروه C: ژنوتیپ‌هایی که عملکرد خوبی در محیط تنش دارند و گروه D: ژنوتیپ‌هایی که عملکرد پایینی در هر دو محیط دارند.

از نظر فرناندز (۱۱) مناسب‌ترین معیار انتخاب برای تنش معیاری است که قادر به تشخیص گروه A از سایر گروه‌های دیگر باشد. برای انتخاب گیاهان بر پایه عملکرد، شاخص‌های متفاوتی پیشنهاد شده است، این شاخص‌ها عملکرد گیاه در دو محیط تنش و بدون تنش را در بر می‌گیرند. شاخص تحمل (TI)[1] به صورت اختلاف بین عملکرد در شرایط تنش (Ys) و بدون تنش (Yp) و شاخص میانگین تولید (MPI)[2] میانگین دو مقدار Yp و Ys معرفی شده است (۳۰). لازم به یادآوری است مقادیر پایین‌تر شاخص تحمل نمایانگر تحمل بیشتر ژنوتیپ به تنش است. اما انتخاب بر پایه شاخص تحمل نشان داد که ژنوتیپ‌ها عملکرد بالایی در شرایط تنش دارند ولی در شرایط بدون تنش عملکرد کمی دارند (۱۱). اما در شاخص MPمقادیر پایین‌تر دلالت بر حساسیت بیشتر ژنوتیپ‌ها به شرایط تنش دارد. انتخاب بر پایه این شاخص باعث افزایش عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش خواهد شد. شاخص حساسیت به تنش (SSI)[3] برای شناسایی ژنوتیپ‌های حساس به تنش ارائه شده است که بر پایه عملکرد تک تک ژنوتیپ‌ها در هر دو محیط تنش و بدون تنش و همچنین میانگین عملکرد همه ژنوتیپ‌ها در این دو محیط بنا گذاشته شده است و مانند شاخص تحمل در مقادیر بالا دلالت بر حساسیت ژنوتیپ‌ها به تنش دارد (۱۲). میانگین بهره‌وری هندسی (GMP)[4] شاخص دیگری است که در مقایسه با MP توان بیشتری برای جداسازی گروه A از C دارد از آنجایی که این شاخص حساسیت کمتری به مقادیر بسیار متفاوت Ys و Ypدارد، شاخص دیگری با عنوان شاخص تحمل به تنش (STI)[5] بر این پایه ارائه شد که این شاخص قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های با ظرفیت عملکرد بالا در شرایط بدون تنش و همچنین عملکرد بالا در شرایط تنش است (۱۱). مقادیر بالاتر شاخص‌های (STI) و (GMP) نمایانگر تحمل بالاتر ژنوتیپ‌ها به تنش است. مناسب‌ترین شاخص، شاخصی است که قادر به تشخیص گروه A از سه گروه دیگر باشد (۱۱). شاخص‌های TOL و SSI قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های پرمحصول در شرایط تنش هستند (۲۲). از این شاخص‌ها (۱۹) برای تعیین تحمل به تنش کم‌آبی ارقام سیب‌زمینی استفاده نموده‌اند. ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده شاخص حساسیت به تنش آبی (۱۲) مواد آزمایشی را صرفاً بر اساس مقاومت و حساسیت دسته‌بندی می‌کند، به عبارت دیگر با استفاده از این مدل می‌توان ژنوتیپ‌های حساس و مقاوم را بدون توجه به پتانسیل عملکرد آنها مشخص نمود. به منظور یافتن ژنوتیپ‌های واجد ژن‌های مقاومت این مدل، کارآیی بسیار بالایی دارد (۲۲). در تجزیه عامل‌ها هدف اساسی در صورت امکان بیان روابط کوواریانس میان بسیاری از متغیرها بر اساس چند کمیت تصادفی غیر قابل مشاهده است که عامل‌ها نامیده می‌شوند. تجزیه عامل‌ها در بسیاری از علوم کاربرد فراوانی پیدا نموده است. کاربردهای این روش در علوم کشاورزی شامل کاهش تعداد زیادی از صفات همبسته به تعداد کمی از عامل‌ها (۵)، توجیه همبستگی بین متغیرها (۲۳)، برآورد اجزای عملکرد (۳۲،۸)، شناخت مفاهیم اساسی داده‌های چند متغیره (۱۴) می‌باشد. از تجزیه عامل‌ها جهت شناسایی روابط موجود بین صفات و گروه‌بندی آنها بر اساس این روابط استفاده شده است. (۲۹) گزارش کردند که شاخص‌های میانگین هندسی بهره‌وری، میانگین بهره‌وری، تحمل‌تنش و تحمل تنش تغییریافته که دارای ضریب همبستگی بسیار معنی‌داری با عملکرد در هر دو محیط بودند، به عنوان شاخص‌های مناسب در شناسایی ارقام متحمل به شرایط کمبود آب در سیب‌زمینی معرفی شدند. همچنین با انجام تجزیه مؤلفه‌های اصلی و ترسیم نمودار بای‌پلات، ارقام راموس و ری‌مارکا به عنوان ارقام مناسب‌تر در این مطالعه با

1- Tolerance Index
2- Mean Productivity Index
3- Stress Susceptibility Index
4- Geometric Mean Productivity
5- Stress tolerance index

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-18 ]
[ DOI: 10.52547/jcb.13.37.146 ]

پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به شرایط کمبود آب در شرایط آزمایشی این تحقیق معرفی شدند.

با توجه به محدودیت شدید آب مورد نیاز کشاورزی و اهمیت گیاه سیب‌زمینی و همچنین موقعیت جغرافیایی بیشتر مناطق ایران به‌عنوان مناطق خشک و نیمه‌خشک، یکی از روش‌های موثر در کاهش اثرات نگران کننده کم‌آبی بررسی تاثیر تنش بر روی عملکرد ارقام مختلف در شرایط کم‌آبی و شناسایی ویژگی‌های مرتبط با تحمل به کم‌آبی و انتقال آنها به ارقام جدید می‌باشد.

از این رو، تحقیق حاضر با هدف ارزیابی بررسی تاثیر تنش کم آبی بر عملکرد غده و تعیین میزان تحمل هیبریدهای حاصل از تلاقی ارقام تجاری سیب‌زمینی در استان اردبیل به اجرا درآمد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور بررسی تاثیر تنش کم آبی بر عملکرد، صفات کمی و کیفی هیبریدهای حاصل از تلاقی ارقام تجاری سیب‌زمینی، به مدت دو سال اجرا گردید. هر دو آزمایش در گلخانه شرکت کشاورزی زرع گستر آرتا اجرا آزمایش به صورت اسپلیت پلات برپایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار انجام گرفت. فاکتور اصلی شامل سه سطح آبیاری (۱۰۰، ۸۵ و ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه) و فاکتور فرعی شامل ۱۲ جمعیت سیب‌زمینی بود اجرا گردید. محل اجرای آزمایش دارای اقلیم نیمه خشک و سرد است. ارتفاع از سطح دریا ۱۳۵۰ متر با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی می‌باشد (جدول ۱).

**سال اول (۱۳۹۶): ایجاد تنوع ژنتیکی**

در این بخش از آزمایش از چهار رقم لوستا، بانبا، اسپیریت و آگریا به عنوان والد استفاده شد که می‌توان به برخی مشخصات ارقام اشاره نمود رقم لوستا پرمحصول، رقم آگریا پرمحصول، مناسب برای فرنچ فرایز و حساس به تنش کم آبی، رقم بانبا پرمحصول، مناسب برای تازه خوری و رقم اسپیریت پرمحصول و متحمل به تنش کم آبی می باشد (۱۷). این رقم‌ها به روش دورگ‌گیری متقابل در اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۶ در گلخانه شرکت کشاورزی زرع گستر آرتا تلاقی شد. جهت انجام تلاقی از هر گل آذین ۲ گل مناسب انتخاب و مابقی گل‌ها حذف شد. طرح آزمایشی براساس تجزیه دی‌آلل به روش سوم گریفینگ (F1 ها از طریق آمیزش متقابل) بود. تلاقی‌ها صبح زود یا بعد از غروب خورشید و خنک شدن هوا صورت گرفت. بذور حقیقی حاصل از تلاقی‌های مشابه با هم برداشت و در سال بعد تحت عنوان جمعیت اصلاحی مورد ارزیابی قرار گرفت. در این آزمایش سعی شد بیش از ۵۰۰۰ بذر حقیقی سیب‌زمینی از جمعیت اصلاحی حاصل از تلاقی این ارقام تولید شود.

جدول ۱- مشخصات جوی در طول دوره رشد در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶

Table 1. Atmospheric Characteristics during Growth Period in 2017-2018

| پارامتر | مهر | آبان | آذر | دی | بهمن | اسفند | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بارندگی | ۴/۸ | ۴۰/۳ | ۲۸/۹ | ۳/۴ | ۳۵/۲ | ۴/۹ | ۳/۳ | ۳۲/۹ | ۲/۴ | ۳/۹ |
| میانگین حداقل دما | ۶/۱ | ۱/۷ | ۴/۶ | -۱/۵ | -۸/۱ | -۱/۴ | ۲/۱ | ۷/۴ | ۱۰ | ۱۲/۸ |
| میانگین حداکثر دما | ۱۸/۴ | ۱۲/۵ | ۳/۵ | ۵/۸ | ۰/۲ | ۴/۹ | ۱۴/۳ | ۲۱/۴ | ۲۴/۵ | ۲۶/۱ |
| میانگین دمای روزانه | ۱۲/۲ | ۷/۱ | ۰/۶ | ۰/۴ | -۴ | ۴ | ۸/۲ | ۱۴/۴ | ۱۷/۳ | ۱۹/۵ |
| میانگین رطوبت | ۷۶ | ۷۵ | ۶۵ | ۶۴ | ۸۲ | ۶۹ | ۶۹ | ۶۲/۶ | ۶۸ | ۶۰/۶ |
| مجموع ساعات آفتابی | ۲۰۱/۳ | ۱۵۱/۴ | ۱۷۰/۸ | ۲۱۰/۹ | ۱۲۰/۹ | ۲۰۹/۱ | ۲۰۲/۷ | ۲۳۲/۶ | ۳۳۱/۷ | ۳۲۸/۳ |

ماخذ: اداره کل هواشناسی استان اردبیل

**سال دوم (۱۳۹۶): خزانه‌گیری در گلخانه و انتقال به زمین اصلی**

جمعیت‌های اصلاحی تولیدی پس از شکستن خواب به صورت طبیعی بعد از حدود ۲ ماه نگهداری در دمای اتاق معمولی که دمای آن ۱۸ الی ۲۲ درجه سانتی‌گراد بود، در مهرماه سال ۱۳۹۶ در گلخانه و در بسترکاشت پیت‌ماس و پوکه معدنی به نسبت حجمی ۱:۱ کشت شد. در طی مراحل رشد، عملیات آبیاری و وجین علف‌های هرز به طور منظم انجام شد. برای مبارزه با آفات از سم کنفیدور به مقدار ۲/۵ میلی‌لیتر در ۱۰۰ مترمربع و برای مبارزه با بیماری‌های قارچی از قارچ‌کش مانکوزب به مقدار ۱۰ گرم در ۱۰۰ مترمربع استفاده شد. شرایط رشد محیطی در کلیه مراحل تحقیق در گلخانه با طول دوره روشنایی ۱۶ ساعت و ۸ ساعت تاریکی و دمای ۲۲-۱۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۵-۶۵ درصد بود. پس از دو ماه میکروتیوبرها تولید و پس از شکستن خواب مجددا در دی ماه ۱۳۹۶ در گلخانه کشت شدند. در این مرحله خانواده‌ها در ۳ تیمار محدودیت آب (۱۰۰، ۸۵ و ۷۰ درصد آب قابل استفاده) بررسی شد. به خاطر پوست‌بندی غده‌ها قسمت‌های هوایی ۱۰ روز قبل از برداشت بوته‌ها سربرداری شد. فاصلهٔ ردیف‌های کاشت از یکدیگر ۳۵ سانتی‌متر و فاصلهٔ غده‌ها از یکدیگر در روی ردیف‌ها ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در طی مراحل رشد عملیات آبیاری و وجین علف‌های هرز به طور منظم در تیمارها انجام شد. اولین آبیاری به صورت کامل انجام گرفت. آبیاری براساس نیاز گیاه وزمان آن با استفاده از دستگاه رطوبت سنج پورتابل مشخص شد.

**میزان تحمل هیبریدها به تنش کم آبی**

به منظور تعیین میزان تحمل ارقام به شرایط مختلف کم آبی با استفاده از داده‌های بدست آمده، شاخص‌های تحمل به تنش خشکی (۱۱) نیز برای ژنوتیپ های مورد بررسی محاسبه شد. برای بررسی میزان تحمل و مقاومت به خشکی ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی سیب‌زمینی از شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش (GMP، MP، STI، SSI و TOL) به شرح زیر استفاده شد و (۱۲،۱۱).

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-18 ]

[ DOI: 10.52547/jcb.13.37.146 ]

| | |
|---|---|
| Stress Tolerance Index | STI = [(GYi) × (GYp) / ($\bar{GY}$i)2] |
| Mean Productivity | MP = (GYi + GYp) / 2 |
| Geometric Mean Productivity | GMP = [(GYi) × (GYp)]0.5 |
| Harmonic Mean | HM=(2× GYp× GYi) /( GYi+GYp) |
| Stress Tolerance | TOL = (GYi - GYp) |
| Stress Susceptibility Index | SSI = [1 - (GYp) / (GYi)] / SI |
| (Stress Intensity) | SI = [1 - ($\bar{GY}$p) / ($\bar{GY}$i)] |

Ys: عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش، Yp: عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش

$\bar{Y}_s$ : میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و $\bar{Y}_p$ میانگین عملکرد یک ژنوتیپها در شرایط غیر تنش

## تحلیل آماری

برای نرمال بودن کشیدگی و یا چولگی توزیع داده‌ها، از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف استفاده شد. تجزیه واریانس پس از نرمال بودن داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات مورد ارزیابی در قالب طرح آماری اسپلیت پلات بر پایه کاملا تصادفی در سه تکرار انجام شد. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. برای تهیه ماتریس ضرایب عاملی، آن تعداد از عامل‌ها که مقدار ویژه آنها بزرگ‌تر از یک بود، انتخاب گردید. در هر عامل اصلی، ضرایب عاملی بزرگ‌تر از ۰/۵ به عنوان عامل معنی‌دار در نظر گرفته شد (Lawley and Maxwell, 1963). برای محاسبه تجزیه کلاستر و تجزیه به عامل‌ها از نرم‌افزار Minitab 16 استفاده شد. برای بررسی ارتباط بین صفات، از ضرایب همبستگی خطی استفاده شد. برای محاسبه آن از نرم‌افزار Minitab 16 استفاده گردید.

## نتایج و بحث

نتایج نشان داد که از نظر سطوح آبیاری، ژنوتیپ و اثر متقابل سطوح ابیاری در ژنوتیپ از نظر عملکرد غده اختلاف معنی‌داری در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد وجود داش (جدول ۲). این امر حاکی از تنوع ژنتیکی بالای بین ارقام به منظور گزینش برای صفات مورد نظر می‌باشد. مقدس‌زاده و همکارن (24) گزارش کردند که اثر متقابل ژنوتیپ × سال × مکان برای صفات تعداد غده در بوته و ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. در مورد صفت عملکرد غده کل با توجه به این‌که شاخص "درصد عملکرد غده نسبت به شاهد" معیار مناسب و یکنواختی را برای مقایسه مواد فراهم می‌کند، استفاده گردید. زیرا عملکرد مطلق از منطقه‌ای به منطقه دیگر و از سالی به سال دیگر متفاوت است. به طورکلی کمبود رطوبت خاک موجب افزایش مقاومت روزنه‌ای برگ، کاهش میزان فتوسنتز برگ، کاهش رشد غده و در نتیجه کاهش عملکرد غده گردید. تحقیقات انجام گرفته توسط دملاش (۷)، آلوا و همکاران (۱) ابراهیمی‌پاک (۹) هم نشان داد که با افزایش میزان آب مصرفی عملکرد محصول سیب‌زمینی افزایش پیدا می‌کند و تیمار بدون تنش آبی دارای بیشترین عملکرد است. نتایج مقایسه میانگین اثر دوجانبه سطوح آبیاری×هیبریدها نشان داد که جدول ۳ ترکیب ۱۰۰ درصد آب قابل استفاده در (♂Luca × Esprit♀) با میانگین ۵۳/۵۶ تن در هکتار بیشترین عملکرد غده را داشته و به همراه ترکیب‌های ۱۰۰ درصد آب قابل استفاده در (♂ Luca × ♀Esprit) و ۱۰۰ درصد آب قابل استفاده در (♀ Luca × ♂Esprit) در کلاس آماری a قرار گرفتند و ترکیب‌های ۸۵ درصد آب قابل استفاده در (♂Luca × Esprit♀) و ۷۰ درصد آب قابل استفاده× (♂Luca × Esprit♀) به ترتیب با میانگین های ۴۹/۷۵ و ۵۰/۳۹ تن در هکتار کمترین عملکرد غده را به خود اختصاص دادند.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-18 ]

[ DOI: 10.52547/jcb.13.37.146 ]

جدول ۲- جدول تجزیه واریانس عملکرد غده در تنش کم‌آبی و هیبریدها

Table 2. Tables of analysis of variance of tuber yield under water stress and hybrids

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات |
|---|---|---|
| سطوح آبیاری | ۲ | ۱۶۳۰/۷** |
| خطای ۱ | ۶ | ۳۲/۴۵ |
| ژنوتیپ | ۱۱ | ۲۴۷/۳۸** |
| سطوح آبیاری × ژنوتیپ | ۲۲ | ۴۱/۸۱** |
| خطای ۲ | ۶۶ | ۸۰۳/۹۲ |
| ضریب تغییرات (درصد) | | ۱۰/۰۶ |

* و **: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد غده هیبریدهای حاصل از تلاقی ارقام تجاری سیب‌زمینی

Table 3. Comparison of mean tuber yield of hybrids obtained from potato commercial cultivars

| تنش کم آبی | والد مادری ♀ | والد پدری ♂ | عملکرد غده | | تنش کم آبی | والد مادری ♀ | والد پدری ♂ | عملکرد غده | | تنش کم آبی | والد مادری ♀ | والد پدری ♂ | عملکرد غده | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۰۰ درصد آب قابل استفاده | لوکا | بانبا | ۴۹/۷۵ | ab | ۸۵ درصد آب قابل استفاده | لوکا | بانبا | ۲۷/۴۹ | nopq | ۷۰ درصد آب قابل استفاده | لوکا | بانبا | ۲۳/۹ | qr |
| | | اسپیریت | ۴۶/۹۱ | bc | | | اسپیریت | ۳۶/۵۱ | efghi | | | اسپیریت t | ۳/۴۱ | ghijkl |
| | | آگریا | ۴۳/۳ | cd | | | آگریا | ۴۰/۳ | def | | | آگریا | ۳/۴۷ | efghijk |
| | بانبا | لوکا | ۴۱/۱۵ | de | | بانبا | لوکا | ۳۳/۶۵ | hijklm | | بانبا | لوکا | ۲۷/۵۶ | nopq |
| | | اسپیریت | ۴۱/۰۹ | de | | | اسپیریت | ۳۹/۵۸ | defg | | | اسپیریت | ۳۲/۷۹ | ijklmno |
| | | آگریا | ۲۸/۸۶ | lmnopq | | | آگریا | ۲۰/۱۷ | r | | | آگریا | ۱۸/۷ | r |
| | اسپیریت | لوکا | ۵۳/۵۶ | a | | اسپیریت | لوکا | ۳۲/۶۷ | ijklmno | | اسپیریت | لوکا | ۳۰/۲۴ | klmnop |
| | | آگریا | ۳۶/۳۳ | efghij | | | آگریا | ۲۸/۳ | mnopq | | | آگریا | ۲۶/۰۵ | pq |
| | | بانبا | ۵۰/۳۹ | ab | | | بانبا | ۴۰/۱۲ | def | | | بانبا | ۳۱/۷ | ijklmnop |
| | آگریا | لوکا | ۳۵/۲۵ | fghijk | | آگریا | لوکا | ۲۷/۱۹ | opq | | آگریا | لوکا | ۲۶/۶۹ | pq |
| | | اسپیریت | ۴۰/۳۷ | def | | | اسپیریت | ۳۳/۱۷ | ijklmn | | | اسپیریت | ۳۱/۶۸ | ijklmnop |
| | | بانبا | ۳۹/۳۱ | defgh | | | بانبا | ۳۳/۶۱ | ijklm | | | بانبا | ۳۰/۷۴ | jklmnop |

لوکا: Luca اسپیریت: Esprit آگریا: Agria

## شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش در دو سطوح آبیاری ۸۵ و ۷۰ درصد آب قابل استفاده

با استفاده از شاخص حساسیت به تنش هیبریدها را براساس مقاومت و حساسیت به تنش دسته‌بندی کرده و به عبارت دیگر با استفاده از این شاخص‌ها می‌توان هیبریدها و ژنوتیپ‌های حساس و متحمل را بدون توجه به پتانسیل عملکرد آنها مشخص کرد (۲۵). در جداول (۴) به مقادیر عملکرد کل و میانگین عملکرد غده هیبریدهای مورد ارزیابی در شرایط آبیاری نرمال (۱۰۰ درصد آب قابل استفاده) و تنش کم‌آبی ملایم و شدید (۸۵ و ۷۰ درصد آب قابل استفاده) اشاره شده است. در این بررسی در شرایط آبیاری نرمال بالاترین عملکرد غده با میانگین ۵۳/۶ تن در هکتار مربوط به R12 (♀Luca × Esprit♂) بود و کمترین عملکرد غده با میانگین ۲۸/۹ تن در هکتار مربوط به S34 (♂Esprit × Agria♀) بود. بیشترین عملکرد غده در شرایط تنش ۸۵ و ۷۰ درصد آب قابل استفاده به ترتیب با میانگین‌های ۴۰/۳ و ۳۵/۵ تن در هکتار مربوط به S14 (♂Luca × Esprit♀) و کمترین عملکرد غده در شرایط سطوح آبیاری ۸۵ و ۷۰ درصد آب قابل استفاده به ترتیب با میانگین‌های ۲۰/۰۲ و ۱۸/۷ تن در هکتار مربوط به S34 (♂Esprit × Agria♀) بود. در این آزمایش، استفاده از شاخص SSI نشان داد که بیشترین میزان تحمل به تنش آبی به ترتیب مربوط به هیبریدهای 14 (♂Luca × Esprit♀) و S24 (♂Banba × Agria♀) با کمترین مقدار (۰/۰۸ و ۰/۰۴) در شرایط تنش ملایم، بیش‌ترین میزان تحمل به تنش آبی را در بین هیبریدهای مورد بررسی داشت. در این بررسی، استفاده از شاخص TOL نشان داد که دو هیبرید S14 (♂Luca × Esprit♀) و S24 (♂Banba × Agria♀) با کمترین مقدار (۳ و ۲) و هیبرید S12 (♂Luca × Esprit♀) با بیش‌ترین مقدار (۲۲ و ۲۶)، به ترتیب بیشترین و کمترین میزان تحمل به تنش آبی را در بین هیبریدها در هر دو شرایط تنش کم‌آبی ملایم و شدید (۸۵ و ۷۰ درصد آب قابل استفاده) را داشتند، (جداول ۵ و ۶). در ارزیابی هیبریدها با استفاده از شاخص TOL طبق فرمول این شاخص، مقدار بالای TOL حاکی از تغییرات بیشتر عملکرد هیبرید در شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی می‌باشد و حساسیت هیبریدها را نسبت به شرایط تنش آبی نشان می‌دهد. براساس شاخص TOL تحمل نسبی بیشتر متعلق به هیبریدی است که TOL کوچک‌تری داشته باشد. بنابراین گزینش برای تحمل به تنش با حداقل اختلاف در بین YS و YP همراه است. هر چه مقادیر شاخص MP بالاتر باشد، تحمل بیشتر آن هیبرید به تنش را نشان می‌دهد. در بررسی حاضر بیش‌ترین میزان شاخص متوسط محصول‌دهی در هر دو شرایط ۸۵ و ۷۰ درصد آب قابل استفاده به ترتیب با میانگین‌های ۴۵ و ۴۲ مربوط به هیبرید R14(♀Luca × Esprit♂) و R12 (♀Luca × Esprit♂) بود که نسبت به هیبریدهای مورد ارزیابی تحمل بیشتری نسبت به شرایط تنش خشکی از خود نشان دادند، همچنین مقدار این تحمل به تنش در زمانی که تنش ملایم شد کمی بیشتر از تنش شدید برآورد گردید (جداول ۵ و ۶). در بین هیبریدهای مورد بررسی در هر دو شرایط مورد ارزیابی هیبرید R14(♀Luca × Esprit♂) با میانگین ۴۵ بالاترین میانگین هندسی بهره‌وری را به خود اختصاص دادند. این در حالی

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-18 ]

[ DOI: 10.52547/jcb.13.37.146 ]

است که هیبرید (♂Esprit × Agria♀) S34 با میانگین‌های ۲۳ و ۲۴ کمترین مقدار میانگین هندسی بهره‌وری را داشتند (جدول ۵ و ۶). بر اساس نتایج محققان مختلف، بهترین شاخص برای گزینش ارقام، شاخص تحمل به تنش است؛ زیرا می‌تواند ارقامی را که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش عملکرد بالایی دارند (گروه A)، از دو گروه ارقامی که فقط در شرایط بدون تنش (گروه B) و یا فقط در شرایط تنش (گروه C) عملکرد نسبتاً بالایی دارند، تفکیک کند (۳۱،۲۱). در این تحقیق در بین هیبریدهای مورد ارزیابی، هیبرید R14(♀Luca × Esprit♂) در هر دو شرایط بالاترین مقدار تحمل به تنش را داشتند. در حالی‌که هیبرید S34 (♂Esprit × Agria♀) کمترین مقدار تحمل به تنش را نشان دادند (جدول ۵ و ۶).

بین میزان عملکرد غده در شرایط آبیاری نرمال (۱۰۰ درصد آب قابل استفاده) و تنش کم‌آبی ملایم و شدید (۸۵ و ۷۰ درصد آب قابل استفاده) با شاخص MP, GMP, TOL و STI همبستگی مثبت و معنی‌داری بدست آمد. البته بین میزان عملکرد غده در شرایط تنش ملایم و شدید (۸۵ و ۷۰ درصد آب قابل استفاده) با شاخص حساسیت به تنش (SSI) همبستگی منفی و غیرمعنی‌دار وجود داشت. در مقابل بین شاخص SSI و TOL همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده گردید (جدول ۷ و ۸). در عین حال در هر دو شرایط تنش کم‌آبی ملایم و شدید (۸۵ و ۷۰ درصد آب قابل استفاده) مقادیر بسیار بالای همبستگی دو شاخص STI و GMP با شاخص MP سبب می‌شود که شاخص MP در این دو شاخص پنهان باشد و به همین دلیل هیبریدهای منتخب بر اساس دو شاخص STI و GMP، عمدتاً از مقادیر بالای شاخص MP نیز بهره می‌برند (۲۵). نقوی و همکاران (۲۷) گزارش کردند که شاخص‌های STI، GMP، MP و HM مناسب‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی تحمل به تنش خشکی قبل و بعد از آبستنی در ارقام مورد مطالعه باشند. شیری و همکاران (۳۴) گزارش کردند که MP، GMP و STI نسبت به سایر شاخص‌ها در پیش‌بینی عملکرد از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند و با این شاخص‌ها می‌توان ژنوتیپ‌های متحمل را بهتر گزینش نمود. با توجه به همبستگی بین سه شاخص MP، GMP و STI بهره گیری از هر یک از آنها، جهت شناسایی هیبریدهای مطلوب، تفاوتی در نتیجه کار ایجاد نمی‌کند.

جدول ۴- عملکرد غده و میانگین عملکرد غده هیبریدهای مورد ارزیابی در شرایط آبیاری نرمال (۱۰۰ درصد آب قابل استفاده) و تنش کم‌آبی ملایم و شدید (۸۵ و ۷۰ درصد آب قابل استفاده)

Table 4. Tuber yield and mean tuber yield of the evaluated hybrids under normal irrigation (100% plant water requirement) and mild to severe water stress (85 and 65% plant water requirement)

| هیبریدها Hybrids | ۸۵ درصد آب قابل استفاده | | | | ۷۰ درصد آب قابل استفاده | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\bar{Y}_S$ | $Y_P$ | Ys | Yp | $\bar{Y}_S$ | $Y_P$ | Ys | Yp |
| S12 (♂Luca × Esprit♀) | ۳۲/۷۳ | ۴۲/۱۹ | ۲۷/۵ | ۴۹/۸ | ۲۹/۱۶ | ۴۲/۱۹ | ۲۳/۹ | ۴۹/۸ |
| S13 (♂Luca × Esprit♀) | ۳۲/۷۳ | ۴۲/۱۹ | ۳۶/۵ | ۴۶/۹ | ۲۹/۱۶ | ۴۲/۱۹ | ۳۴/۴ | ۴۶/۹ |
| S14 (♂Luca × Esprit♀) | ۳۲/۷۳ | ۴۲/۱۹ | ۴۰/۳ | ۴۳/۳ | ۲۹/۱۶ | ۴۲/۱۹ | ۳۵/۵ | ۴۳/۳ |
| S23 (♂Banba × Esprit♀) | ۳۲/۷۳ | ۴۲/۱۹ | ۳۳/۶ | ۴۱/۱ | ۲۹/۱۶ | ۴۲/۱۹ | ۲۷/۶ | ۴۱/۱ |
| S24 (♂Banba × Agria♀) | ۳۲/۷۳ | ۴۲/۱۹ | ۳۹/۶ | ۴۱/۱ | ۲۹/۱۶ | ۴۲/۱۹ | ۳۲/۸ | ۴۱/۱ |
| S34 (♂Esprit × Agria♀) | ۳۲/۷۳ | ۴۲/۱۹ | ۲۰/۲ | ۲۸/۹ | ۲۹/۱۶ | ۴۲/۱۹ | ۱۸/۷ | ۲۸/۹ |
| R12 (♀Luca × Esprit♂) | ۳۲/۷۳ | ۴۲/۱۹ | ۳۲/۷ | ۰/۵۳ | ۲۹/۱۶ | ۴۲/۱۹ | ۳۰/۲ | ۰/۵۳ |
| R13 (♀Luca × Esprit♂) | ۳۲/۷۳ | ۴۲/۱۹ | ۲۸/۳ | ۳۶/۳ | ۲۹/۱۶ | ۴۲/۱۹ | ۲۶ | ۳۶/۳ |
| R14(♀Luca × Esprit♂) | ۳۲/۷۳ | ۴۲/۱۹ | ۴۰/۱ | ۵۰/۴ | ۲۹/۱۶ | ۴۲/۱۹ | ۳۱/۷ | ۵۰/۴ |
| R23 (♀Banba × Esprit♂) | ۳۲/۷۳ | ۴۲/۱۹ | ۲۷/۲ | ۳۵/۳ | ۲۹/۱۶ | ۴۲/۱۹ | ۲۶/۷ | ۳۵/۳ |
| R24 (♀Banba × Agria♂) | ۳۲/۷۳ | ۴۲/۱۹ | ۳۳/۲ | ۴۰/۴ | ۲۹/۱۶ | ۴۲/۱۹ | ۳۱/۷ | ۴۰/۴ |
| R34 (♀Esprit × Agria♂) | ۳۲/۷۳ | ۴۲/۱۹ | ۳۳/۶ | ۳۹/۳ | ۲۹/۱۶ | ۴۲/۱۹ | ۳۰/۷ | ۳۹/۳ |

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-18 ]

[ DOI: 10.52547/jcb.13.37.146 ]

جدول ۵- شاخص‌های مختلف تحمل به تنش هیبریدها در شرایط آبیاری نرمال (۱۰۰ درصد آب قابل استفاده) و تنش کم‌آبی ملایم (۸۵ درصد آب قابل استفاده)

Table 5. Different stress tolerance indices of hybrids under normal (100% plant water requirement) and mild water stress (85% plant water requirement).

| SSI | TOL | MP | GMP | STI | Yp | Ys | هیبریدها Hybrids |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰/۵۷ | ۲۲ | ۳۹ | ۳۷ | ۰/۷۷ | ۴۹/۸ | ۲۷/۵ | S12 (♂Luca × Esprit♀) |
| ۰/۲۸ | ۱۰ | ۴۲ | ۴۱ | ۰/۹۶ | ۴۶/۹ | ۳۶/۵ | S13 (♂Luca × Esprit♀) |
| ۰/۰۸ | ۳ | ۴۲ | ۴۲ | ۰/۹۸ | ۴۳/۳ | ۴۰/۳ | S14 (♂Luca × Esprit♀) |
| ۰/۲۳ | ۸ | ۳۷ | ۳۷ | ۰/۷۸ | ۴۱/۱ | ۳۳/۶ | S23 (♂Banba × Esprit♀) |
| ۰/۰۴ | ۲ | ۴۰ | ۴۰ | ۰/۹۱ | ۴۱/۱ | ۳۹/۶ | S24 (♂Banba × Agria♀) |
| ۰/۳۸ | ۹ | ۲۵ | ۲۴ | ۰/۳۳ | ۲۸/۹ | ۲۰/۲ | S34 (♂Esprit × Agria♀) |
| ۰/۵ | ۲۱ | ۴۳ | ۴۲ | ۰/۹۸ | ۰/۵۳ | ۳۲/۷ | R12 (♀Luca × Esprit♂) |
| ۰/۲۸ | ۸ | ۳۲ | ۳۲ | ۰/۵۸ | ۳۶/۳ | ۲۸/۳ | R13 (♀Luca × Esprit♂) |
| ۰/۲۶ | ۱۰ | ۴۵ | ۴۵ | ۱/۱۴ | ۵۰/۴ | ۴۰/۱ | R14(♀Luca × Esprit♂) |
| ۰/۲۹ | ۸ | ۳۱ | ۳۱ | ۰/۵۴ | ۳۵/۳ | ۲۷/۲ | R23 (♀Banba × Esprit♂) |
| ۰/۲۳ | ۷ | ۳۷ | ۳۷ | ۰/۷۵ | ۴۰/۴ | ۳۳/۲ | R24 (♀Banba × Agria♂) |
| ۰/۱۸ | ۶ | ۳۶ | ۳۶ | ۰/۷۴ | ۳۹/۳ | ۳۳/۶ | R34 (♀Esprit × Agria♂) |

Ys: Yield Stress; Yp: Yield productivity; SSI: Stress susceptibility Index; TOL: Tolerance; MP: Mean productivity; GMP: Geometric Mean productivity; STI: Stress Tolerance Index

جدول ۶- شاخص‌های مختلف تحمل به تنش هیبریدها در شرایط آبیاری نرمال (۱۰۰ درصد آب قابل استفاده) و تنش کم‌آبی ملایم (۷۰ درصد آب قابل استفاده)

Table 6. Different stress tolerance indices of hybrids under normal (100% plant water requirement) and mild water stress (70% plant water requirement)

| SSI | TOL | MP | GMP | STI | Yp | Ys | هیبریدها Hybrids |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰/۳۶ | ۲۶ | ۳۷ | ۳۵ | ۰/۶۷ | ۴۹/۸ | ۲۳/۹ | S12 (♂Luca × Esprit♀) |
| ۰/۱۸ | ۱۳ | ۴۱ | ۴۰ | ۰/۹۱ | ۴۶/۹ | ۳۴/۴ | S13 (♂Luca × Esprit♀) |
| ۰/۱۲ | ۸ | ۳۹ | ۳۹ | ۰/۸۶ | ۴۳/۳ | ۳۵/۵ | S14 (♂Luca × Esprit♀) |
| ۰/۲۲ | ۱۴ | ۳۴ | ۳۴ | ۰/۶۴ | ۴۱/۱ | ۲۷/۶ | S23 (♂Banba × Esprit♀) |
| ۰/۱۴ | ۸ | ۳۷ | ۳۷ | ۰/۷۶ | ۴۱/۱ | ۳۲/۸ | S24 (♂Banba × Agria♀) |
| ۰/۲۴ | ۱۰ | ۲۴ | ۲۳ | ۰/۳ | ۲۸/۹ | ۱۸/۷ | S34 (♂Esprit × Agria♀) |
| ۰/۳ | ۲۳ | ۴۲ | ۴۰ | ۰/۹۱ | ۵۳/۶ | ۳۰/۲ | R12 (♀Luca × Esprit♂) |
| ۰/۱۹ | ۱۰ | ۳۱ | ۳۱ | ۰/۵۳ | ۳۶/۳ | ۲۶ | R13 (♀Luca × Esprit♂) |
| ۰/۲۵ | ۱۹ | ۴۱ | ۴۰ | ۰/۹ | ۵۰/۴ | ۳۱/۷ | R14(♀Luca × Esprit♂) |
| ۰/۱۶ | ۹ | ۳۱ | ۳۱ | ۰/۵۳ | ۳۵/۳ | ۲۶/۷ | R23 (♀Banba × Esprit♂) |
| ۰/۱۴ | ۹ | ۳۶ | ۳۶ | ۰/۷۲ | ۴۰/۴ | ۳۱/۷ | R24 (♀Banba × Agria♂) |
| 15/0 | ۹ | ۳۵ | ۳۵ | ۰/۶۸ | ۳۹/۳ | ۳۰/۷ | R34 (♀Esprit × Agria♂) |

Ys: Yield Stress; Yp: Yield productivity; SSI: Stress susceptibility Index; TOL: Tolerance; MP: Mean productivity; GMP: Geometric Mean productivity; STI: Stress Tolerance Index

جدول ۷- همبستگی بین شاخص‌های مختلف تحمل به تنش هیبریدهای سیب‌زمینی شرایط آبیاری نرمال (۱۰۰ درصد آب قابل استفاده) و تنش کم‌آبی شدید (۸۵ درصد آب قابل استفاده)

Table 7. Correlation between different stress tolerance indices of potato hybrids under normal irrigation conditions (100% plant water requirement) and severe water deficit stress (85% plant water requirement)

| GMP | MP | TOL | SSI | Yp | Ys | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | ۱ | Ys |
| | | | | ۱ | ۰/۵۵۹ | Yp |
| | | | ۱ | ۰/۴۶۸ | -۰/۳۸۶ | SSI |
| | | ۱ | ۰/۹۱۴** | ۰/۵۷۸* | -۰/۳۵۳ | TOL |
| | ۱ | ۰/۱۸۴ | ۰/۰۹۷ | ۰/۹۰۸** | ۰/۸۵۳** | MP |
| ۱ | ۰/۹۹۳** | ۰/۰۹ | ۰/۰۰۸ | ۰/۸۶۴** | ۰/۸۹۹** | GMP |
| ۰/۹۹۴** | ۰/۹۸۹** | ۰/۰۸۳ | ۰/۰۲۸ | ۰/۸۵۷** | ۰/۸۹۷** | STI |

* و **: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-18 ]

[ DOI: 10.52547/jcb.13.37.146 ]

جدول ۸- همبستگی بین شاخص‌های مختلف تحمل به تنش هیبریدهای سیب‌زمینی شرایط آبیاری نرمال (۱۰۰ درصد آب قابل استفاده) و تنش کم‌آبی شدید (۷۰ درصد آب قابل استفاده)

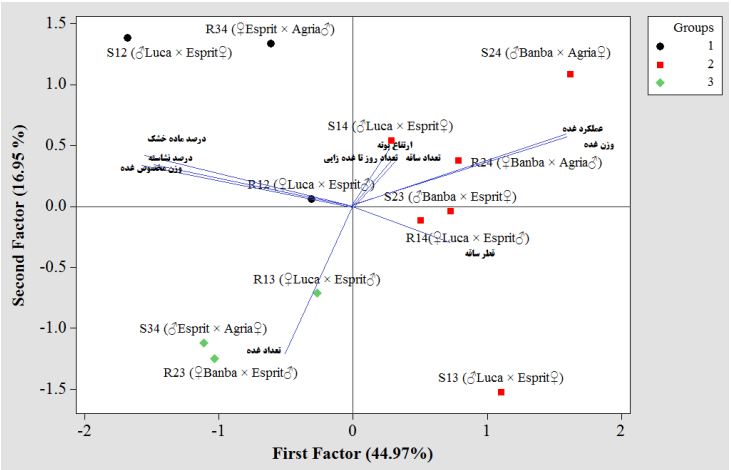
Table 8. Correlation between different stress tolerance indices of potato hybrids under normal irrigation conditions (100% plant water requirement) and severe water deficit stress (70% plant water requirement)

| | Ys | Yp | SSI | TOL | MP | GMP | STI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ys | ۱ | | | | | | |
| Yp | ۰/۵۰۳ | ۱ | | | | | |
| SSI | -۰/۵۲۵ | ۰/۴۶۸ | ۱ | | | | |
| TOL | -۰/۱۹۶ | ۰/۷۴۹** | ۰/۹۳۴** | ۱ | | | |
| MP | ۰/۸۰۶** | ۰/۹۱۷** | ۰/۰۷۷ | ۰/۴۲۲ | ۱ | | |
| GMP | ۰/۸۷۴** | ۰/۸۵۹** | -۰/۰۴۶ | ۰/۳۰۶ | ۰/۹۹۲** | ۱ | |
| STI | ۰/۸۶۳** | ۰/۸۶۲** | -۰/۰۲۹ | ۰/۳۱۶ | ۰/۹۸۹** | ۰/۹۹۶** | |

* و **: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

**ضرایب عامل‌ها بین صفات کمی و کیفی هیبریدهای حاصل از تلاقی ارقام تجاری سیب‌زمینی در شرایط تنش ملایم و شدید (۸۵ و ۷۰ درصد آب قابل استفاده)**

ضرایب عامل‌ها در صفات مورد مطالعه برای تیمارهای مورد بررسی بین صفات کمی و کیفی هیبریدهای حاصل از تلاقی ارقام تجاری سیب‌زمینی در شرایط تنش نرمال (۸۵ درصد آب قابل استفاده) نشان داد که (جدول ۹) در مجموع چهار عامل ۸۶/۵۰۸ درصد کل تغییرات را تبیین نمودند، به نحوی که عامل اول با ۴۴/۹۷۹ درصد از کل تغییرات از نظر صفات درصد ماده خشک غده، وزن مخصوص غده، درصد نشاسته غده، عملکرد غده و وزن غده در بوته دارای برتری بودند و این عامل به عنوان عامل کمی و کیفی معرفی گردید، عامل دوم با ۱۶/۹۹ درصد از کل تغییرات از نظر صفات تعداد ساقه اصلی در بوته و قطر ساقه اصلی برتری داشتند و این عامل به عنوان عامل ساختاری نامگذاری گردید، عامل سوم و چهارم به ترتیب با ۱۳/۳۹ و ۱۱/۱۳ درصد از تغییرات کل به ترتیب از نظر صفت تعداد غده در بوته، ارتفاع بوته و تعداد روز تا غده‌زایی ارزش مثبت و منفی داشتند (جدول ۹). از نظر عامل اول و دوم که در مجموع ۶۱/۹۷ درصد از تغییرات را توجیه می‌کنند هیبریدهای S24 (♂Banba × Agria♀)، S14 (♂Luca × Esprit♀)، R24 (♀Banba × Agria♂) و S23 (♂Banba × Esprit♀) از نظر عامل اول و دوم نسبت به هیبریدهای دیگر ارزش بیشتری داشتند، همچنین سه هیبرید R34 (♂Esprit× Agria♀)، S13 (♀Luca× Esprit♂) و R23 (♀Banba × Esprit♂) کمترین ارزش را از نظر دو عامل اول و دوم دارای بودند (شکل ۱).




شکل ۱- موقعیت صفات و هیبریدها براساس صفات کمی و کیفی حاصل از تجزیه به عامل‌ها در شرایط تنش ملایم (۸۵ درصد آب قابل استفاده)

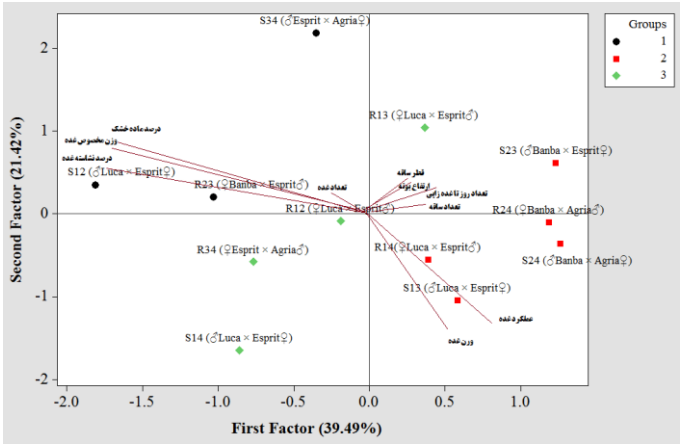
Figure 1. Position of traits and hybrids based on quantitative and qualitative traits obtained from factor analysis under mild stress conditions (85% plant water requirement)

در شرایط تنش شدید (۷۰ درصد آب قابل استفاده) نشان داد که (جدول ۱۰) در مجموع چهار عامل ۸۷/۴۵ درصد کل تغییرات را تبیین نمودند، به نحوی که عامل اول با ۳۶/۴۳ درصد کل تغییرات از نظر صفات درصد ماده خشک غده، وزن مخصوص غده، درصد نشاسته غده، عملکرد غده و وزن غده در بوته دارای برتری بودند و این عامل به عنوان عامل کمی و کیفی معرفی گردید، عامل دوم با ۱۷/۸۳ درصد از کل تغییرات از نظر صفات تعداد ساقه اصلی در بوته و قطر ساقه اصلی برتری داشتند و این عامل به عنوان عامل ساختاری نامگذاری گردید، عامل سوم و چهارم به ترتیب با ۱۶/۵۹ و

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-18 ]

[ DOI: 10.52547/jcb.13.37.146 ]

۱۶/۵۷ درصد به ترتیب صفات تعداد غده در بوته، ارتفاع بوته و تعداد روز تا غده‌زایی ارزش مثبت و منفی داشتند (جدول ۱۰). از نظر عامل اول و دوم در مجموع ۵۴/۲۴ درصد از تغییرات را توجیه می‌کنند هیبریدهای S13 (♀Luca× ♂Esprit)، R24 (♀Banba × ♂Agria) و S23 (♂Banba × Esprit♀) از نظر عامل اول و دوم نسبت به هیبریدهای دیگر ارزش بیشتری داشتند، همچنین سه هیبرید S14 (♂Luca× Esprit♀)، R34 (♂Esprit× Agria♀) و R12 (♀Banba × Esprit♂) کمترین ارزش را از نظر دو عامل اول و دوم دارای بودند (شکل ۲).




شکل ۲- موقعیت صفات و هیبریدها براساس صفات کمی و کیفی حاصل از تجزیه به عامل‌ها در شرایط تنش شدید (۷۰ درصد آب قابل استفاده)

Figure 2. Position of traits and hybrids based on quantitative and qualitative traits obtained from factor analysis under mild stress conditions (۷۰% plant water requirement)

نتایج بدست آمده از این تحقیق با نتایج برخی محققین (۲۸،۲۰،۳۷،۱۸) در گیاه سیب‌زمینی مطابقت داشت. در تحقیقی که حسن‌پناه و همکاران (۱۷) انجام دادند گزارش کردند که بر اساس نتایج تجزیه به عامل‌ها، عملکرد غده، تعداد غده و ساختار بوته و صفات کیفی به ترتیب به عنوان عوامل اول، دوم و سوم نامگذاری شدند. طاهری طریق و همکاران (۳۵) به منظور بررسی تنوع ژنتیکی برخی صفات مهم کمی و کیفی در ۲۳ جمعیت اصلاحی سیب زمینی بر پایه دورگ گیری‌های آزمایشی اجرا و گزارش کردند تجزیه به عامل‌ها نیز نشان داد سه عامل اول ۶۰/۲ درصد از تغییرات را تبیین می نمود که در ارتباط با فرم بوته و اجزا عملکرد بوده‌اند. وتلانین و همکاران (۳۶) با بررسی تنوع ژنتیکی ۳۲ رقم سیب‌زمینی با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی گزارش کردند که در مؤلفه اول صفات میزان رنگ و توزیع رنگدانه‌ها در بافت و در مؤلفه دوم صفات مربوط به اندازه و شکل غده و گل دارای اهمیت بیشتری هستند. حسن‌پناه (۱۸) در گزارش خود بیان داشت که در تجزیه عامل‌ها، چهار عامل مستقل از هم مجموعاً ۷۳/۴۹ درصد از تنوع را توجیه نمودند. عامل اول، عامل عملکرد و اجزا آن (صفات عملکرد غده قابل فروش، تعداد و وزن غده کل و قابل فروش در بوته)، عامل دوم، عامل ساختاری (صفات ارتفاع بوته و تعداد ساقه اصلی در بوته)، عامل سوم، عامل کیفی (درصد ماده خشک غده) و عامل چهارم، عامل فنولوژی (صفت تعداد روز تا غده‌زایی) نامگذاری شد. بابازاده و همکاران (۳) گزارش کردند که سه مولفه اول ۳۲/۳۳ درصد از تغییرات کل را توجیه کردند. مولفه اول، مولفه عملکرد غده (صفات وزن غده در بوته؛ قابل فروش، تعداد غده در بوته، وزن غده در بوته و عملکرد غده کل)، مولفه دوم، مولفه ساختاری (ارتفاع بوته و قطر ساقه اصلی) و مولفه سوم، مولفه تعداد ساقه نام‌گذاری شدند. براساس نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی، هیبرید KS21 نسبت به دیگر هیبریدها و دو والد برتر بود.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-18 ]

[ DOI: 10.52547/jcb.13.37.146 ]

جدول ۹- ضرایب عامل‌ها بین برخی صفات کمی و کیفی هیبریدهای حاصل از تلاقی ارقام تجاری سیب‌زمینی در شرایط تنش ملایم (۸۵ درصد آب قابل استفاده)

Table 9. Factor coefficients between some quantitative and qualitative traits of hybrids obtained from potato commercial cultivars under mild stress (85% plant water requirement)

| صفات Traits | عامل ۱ | عامل ۲ | عامل۳ | عامل چهارم | میزان اشتراک |
|---|---|---|---|---|---|
| تعداد غده در بوته Tuber number per plant | ۰/۲۵۵ | -۰/۳۵۸ | ۰/۷۱۹ | -۰/۲۲۸ | ۰/۷۴۸ |
| وزن غده در بوته Tuber weight per plant | ۰/۹۲۲ | -۰/۹۲۲ | ۰/۰۹۹ | ۰/۲۴۳ | ۰/۹۲۳ |
| عملکرد غده Tuber yield | -۰/۹۲۲ | -۰/۹۲۲ | ۰/۰۹۹ | ۰/۲۴۳ | ۰/۹۳ |
| تعداد ساقه اصلی در بوته Number of main stems per plant | -۰/۱۶۱ | -۰/۱۶۱ | ۰/۸۰۴ | ۰/۰۸۲ | ۰/۸۴۷ |
| قطر ساقه اصلی main stem diameter | -۰/۲۷۷ | -۰/۲۷۷ | -۰/۸۲۴ | ۰/۱۰۳ | ۰/۷۸۶ |
| ماده خشک غده percentage of tuber dry matter | ۰/۹۳۷ | ۰/۹۳۷ | ۰/۱۱۶ | ۰/۲۳۶ | ۰/۹۵۱ |
| وزن مخصوص غده tuber specific weight | ۰/۹۳۷ | ۰/۹۳۷ | ۰/۰۶۴ | ۰/۳۳ | ۰/۹۴۱ |
| درصد نشاسته غده tuber starch percentage | ۰/۹۳۶ | ۰/۹۳۶ | ۰/۱۱۴ | ۰/۲۳۶ | ۰/۹۵۱ |
| ارتفاع بوته Plant height | -۰/۰۰۶ | -۰/۰۰۶ | -۰/۲۰۵ | -۰/۱۹۹ | ۰/۸۴۶ |
| تعداد روز تا غده‌زایی Number of days to tuber | -۰/۱۰۱ | -۰/۱۰۱ | ۰/۰۱۹ | -۰/۸۴۹ | ۰/۷۳۳ |
| مقادیر ویژه eigenvalues | ۴/۴۹۸ | ۴/۴۹۸ | ۱/۷ | ۱/۱۱۴ | |
| واریانس (درصد) Variance (percent) | ۴۴/۹۷۹ | ۴۴/۹۷۹ | ۱۶/۹۹۵ | ۱۱/۱۳۹ | |
| واریانس تجمی (درصد) Experimental variance (percent) | ۴۴/۹۷۹ | ۴۴/۹۷۹ | ۶۱/۹۷۴ | ۸۶/۵۰۸ | |

جدول ۱۰- ضرایب عامل‌ها بین صفات کمی و کیفی هیبریدهای حاصل از تلاقی ارقام تجاری سیب‌زمینی در شرایط تنش شدید (۷۰ درصد آب قابل استفاده)

Table 10. Factor coefficients between some quantitative and qualitative traits of hybrids obtained from potato commercial cultivars under mild stress (65% plant water requirement)

| صفات Traits | عامل ۱ | عامل ۲ | عامل۳ | عامل چهارم | میزان اشتراک |
|---|---|---|---|---|---|
| تعداد غده در بوته Tuber number per plant | ۰/۰۴۶ | -۰/۳۴۳ | ۰/۷۹۱ | ۰/۰۰۱ | ۰/۷۴۶ |
| وزن غده در بوته Tuber weight per plant | -۰/۹۱۵ | -۰/۰۹۱ | ۰/۱۲۲ | ۰/۲۴۹ | ۰/۹۲۳ |
| عملکرد غده Tuber yield | -۰/۹۱۵ | -۰/۰۹۱ | ۰/۱۲۱ | ۰/۲۴۹ | ۰/۹۲۳ |
| تعداد ساقه اصلی در بوته Number of main stems per plant | -۰/۰۴۷ | -۰/۸۹۲ | -۰/۰۸۵ | -۰/۱۶۷ | ۰/۸۳۲ |
| قطر ساقه اصلی main stem diameter | -۰/۰۱۷ | ۰/۸۷۴ | -۰/۰۷۸ | ۰/۱۶۵ | ۰/۷۹۸ |
| ماده خشک غده percentage of tuber dry matter | ۰/۷۴۹ | -۰/۱۶۲ | -۰/۲۲۱ | ۰/۳۵۱ | ۰/۹۱۹ |
| وزن مخصوص غده tuber specific weight | ۰/۷۲ | -۰/۱۶۳ | ۰/۱۴۱ | ۰/۶۲۱ | ۰/۹۵ |
| درصد نشاسته غده tuber starch percentage | ۰/۸۴۹ | -۰/۱۶۱ | ۰/۲۲۲ | ۰/۳۴۸ | ۰/۹۱۸ |
| ارتفاع بوته Plant height | ۰/۰۴۵ | -۰/۰۶ | -۰/۰۲۳ | ۰/۹۱۸ | ۰/۸۴۹ |
| تعداد روز تا غده‌زایی Number of days to tuber | ۰/۰۲۹ | -۰/۰۹۱ | -۰/۹۳۴ | -۰/۰۷۹ | ۰/۸۸۸ |
| مقادیر ویژه eigenvalues | ۳/۶۴۴ | ۱/۷۸۳ | ۱/۶۶ | ۱/۶۵۸ | |
| واریانس (درصد) Variance (percent) | ۳۶/۳۴۹ | ۱۷/۸۳۵ | ۱۶/۵۹۷ | ۱۶/۵۸ | |
| واریانس تجمی (درصد) Experimental variance (percent) | ۳۶/۳۴۹ | ۵۴/۲۷ | ۷۰/۸۷ | ۸۷/۴۵ | |

نتایج نشان داد که از نظر سطوح آبیاری، ژنوتیپ و اثر متقابل سطوح ابیاری در ژنوتیپ از نظر عملکرد غده اختلاف معنی‌داری در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد وجود داشت. در این بررسی در شرایط آبیاری نرمال بالاترین عملکرد غده با میانگین ۵۳/۶ تن در هکتار مربوط به R12 (♀Luca × ♂Esprit) بود و کمترین عملکرد غده با میانگین ۲۸/۹ تن در هکتار مربوط به (♂Esprit × Agria♀) S34 بود. بیشترین عملکرد غده در شرایط تنش ۸۵ و ۷۰ درصد آب قابل استفاده به ترتیب با میانگین‌های ۴۰/۳ و ۳۵/۵ تن در هکتار مربوط به (♂Luca × Esprit♀) S14 و کمترین عملکرد غده در شرایط سطوح آبیاری ۸۵ و ۷۰درصد آب قابل استفاده به ترتیب با میانگین‌های ۲۰/۰۲ و ۱۸/۷ تن در هکتار مربوط به (♂Esprit × Agria♀) S34 بود.

بین میزان عملکرد غده در شرایط آبیاری نرمال (۱۰۰ درصد آب قابل استفاده) و تنش کم‌آبی ملایم و شدید (۸۵ و ۷۰ درصد آب قابل استفاده) با شاخص MP, GMP, TOL و STI همبستگی مثبت و معنی‌داری بدست آمد. بین میزان عملکرد غده در شرایط تنش ملایم و شدید (۸۵ و ۷۰درصد آب قابل استفاده) با شاخص حساسیت به تنش (SSI) همبستگی منفی و غیرمعنی‌دار وجود داشت. در مقابل بین شاخص SSI و TOL همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده گردید.

در شرایط تنش نرمال (۸۵ درصد آب قابل استفاده) چهار عامل در مجموع ۸۶/۵۰۸ درصد از کل تغییرات را تبیین نمودند و هیبریدهای (♂Banba × Agria♀) S24، S14 (♂Luca × Esprit♀)، (♀Banba × Agria♂) R24 و (♂Banba × Esprit♀) S23 از نظر عامل اول که عامل صفات موثر بر عملکرد و دوم عامل ساختاری نسبت به هیبریدهای دیگر ارزش بیشتری داشتند. همچنین در شرایط تنش شدید (۶۵ درصد آب قابل استفاده) که چهار عامل ۸۷/۴۵ درصد کل تغییرات را تبیین نمودند، هیبریدهای S13 (♀Luca× Esprit♂)، (♀Banba × Agria♂) R24 و (♂Banba × Esprit♀) S23 از نظر عامل اول که عامل صفات موثر بر عملکرد و دوم عامل ساختاری نسبت به هیبریدهای دیگر ارزش بیشتری داشتند.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-18 ]

[ DOI: 10.52547/jcb.13.37.146 ]

## منابع


1. Alva, A.K., H. Ren and A.D. Moore. 2012.Water and nitrogen management effects on biomass accumulation and partitioning in two potato cultivars. American Journal of Plant Sciences, 3: 164-170.
2. Anonymous, 2018. Agricultural Census, 1979. Volume I: Crops in 2016-2017. Ministry of Jihad and Agriculture, Deputy of Planning and Economics, Bureau of Statistics and Information Technology.
3. Babazadeh, H., M. Sarai Tabrizi and M. Homaee. 2017. Assessing and modifying macroscopic root water extraction basil (Ocimum Basilicum) models under simultaneous water and salinity stresses. Soil Physics and Hydrology. Soil Science Society of America Journal, 81: 10-19.
4. Beukema, H.P. and D.E van der Zaag. 1990. Introduction to potato production. Wageningen, Wageningen: Pudoc. – III.: 208 pp.
5. Briggs, K.C. and L.H. Shebeski. 1972. An application of factor analysis to some bread making quality data. Crop Sciense, 12: 44-46.
6. Dale, M.F., D.W. Griffiths and D.T. Todd. 2003. Effects of genotype, environment, and postharvest storage on the total ascorbate content of potato (Solanum tuberosum) tubers. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51: 244-248.
7. Demelash, N. 2013. Deficit irrigation scheduling for potato production in North Gondar, Ethiopia. African Journal of Agricultural Research, 8(11): 1144-1154.
8. Denis, J.C. and M.W. Adams. 1972. A factor analysis of plant variables related to yield in dry beans, I: Morphological traits. Crop Sciense, 18: 71-78.
9. EbrahimiPak, N. 2011. The Impact of Irrigation (Reduction of Irrigation Water) on the Quantity and Quality of Potato Crop in Shahrekord. Final Report Issue. 1695. Institute of Soil and Water. Karaj. Iran. 56 pp.
10. FAO (Food and Agricultural Organization). 2019. FAOSTAT database for agriculture. Available online at: http://faostat3.fao.org/faostat-gateway /go/to/download/Q/QC/E.
11. Fernandez, G.C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp: 257-270. In: Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress. Taiwan. 13-16 August
12. Fischer, R.A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I: grain yield response. Australian Journal of Agricultural Research, 29: 897-912.
13. Gill, M.S. 1999. Breeding for drought resistance. In: recent concepts in breeding for resistance to biotic and abiotic stresses in crop plants. Nanda G.S, Chahal G.S., Singh B.S., Allah Rang and Gill, M.S. (eds.) 4-22 Oct., pp. 73-85, PAU, Ludhiana, India.
14. Guertin, W.H. and J.P. Bailey. 1982. Introduction to modern factor analysis. Edwards Brothers Inc., Michigan, 405 pp.
15. Guttieri, M.J., J.C. Stark, K. O'Brien and E. Souza. 2001. Relative sensitivity of spring w heat grain yield and quality parameters to moisture deficit. Crop Science, 41: 327-335.
16. Hasanpanah, D. 2014. Genetic Diversity of 65 Potato Genotypes Using Factor and Cluster Analysis, Journal of Crop Ecophysiology, Volume 8, Number 1, (29): 96-83.
17. HasanPanah, D., H. Hasan Abadi, A. Hosseinzadeh, B. Soheili and R. Mohammadi. 2016. Factor analysis, AMMI stability value parameter and GGE Bi-plot graphical method for quantitative and qualitative traits of potato genotypes. Ecophysiology of Crops, 37(3): 748-731.
18. Hassanpanah, D. 2014. Evaluation of genetic diversity for agronomic traits in 65 genotypes potato with the use of Factor and Cluster analysis. Journal of Crop EcoPhysiology, 8(29): 83-96 (In Persian).
19. Hassanpanah, D. and A.A. Hoseinzadeh. 2007. Methodology and evaluation of resistance sources to drought in potato cultivars and path analysis yield and yield components. Project final report, Natural Resources Research Center of Ardebil. Press Registration Number 86/1124, 56 pp.
20. Jouyandeh Kelashemi, I. and D. Hassanpanah. 2014. Evaluation of genetic diversity for yield and yield component in the hybrids produced from breeding population of HPS×II/67 potato. International Journal of Current Life Sciences, 4(11): 10107-10110.
21. Khalil Zadeh, GH.R. and H. Karbalai Khiyav. 2002. Effects of drought and heat stress on advanced lines of durum wheat. 7th Congress of Agronomy and Plant Breeding of Iran. Agricultural Education Publishing, 563-564.
22. Khorshidi, M.B. 2002. Potato reflects to drought stress and evaluation resistance criteria. PhD thesis degree Plant Physiology, Islamic Azad University, Science and Research branch, 180 pp.
23. Lawley, D.H. 1941. The estimation of factor loadings by the method of maximum liklihood, Proc. Royal Society of Edinburgh, 60: 67- 82.
24. Moghaddasadeh, M., R. Asghar Zakaria, D. Hassan Panah and N. Zare. 2018. Evaluation of tuber yield stability of potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes using nonparametric methods. Journal of Crop Breeding, 10(28): 63-50 (In Persian).
25. Naderi Darbagshahi, M.R., G. Nour Mohammadi, E. Majidi, F. Darvish, A.H. Shirani Rad and H. Madani. 2004. Effect of drought stress and plant density on ecophysiological traits of three safflower lines in summer planting in Isfahan. Seed and Plant Journal, 20(3): 281-296 (In Persian with English abstract).


[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-18 ]

[ DOI: 10.52547/jcb.13.37.146 ]

26. Naderi, A., S.A. Hashemi-Dezfouli, E. Majidi Hervan, A. Rezaei and G. Nourmohammadi. 2000. Study on correlation of traits and components affecting grain weight and determination of effects of some physiological parameters on grain yield in spring wheat genotypes under optimum and drought stress conditions. Journal of Seed and Plant Improvement, 16(3): 374-386 (In Persian with English Summary).
27. Naghavi, M.R., M. Moghaddam, M. Turchi and M.R. Shakiba. 2016. Evaluation of Spring Wheat Cultivars Based on Drought Stress Indicators, Journal of Crop Improvement, Volume 8, Number 17, 2013-210.
28. Nickmanesh, L. and D. Hassanpanah. 2014. Evaluation of genetic diversity for agronomic traits in 127 potato hybrids with using multivariate statistical methods. Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences, 4(2): 502-507.
29. Rabiei, K., M. Khodobashi and A.S. Rezaei. 2010. Evaluation of drought tolerance indices in potato cultivars. Iranian Crop Sciences, 41(1): 20 pp.
30. Rossielle, A. and A.J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for stress and non-stress environment. Crop Science, 21: 1441-1446.
31. Sadeghzadeh-Ahari, D. 2006. Evaluation for tolerance to drought stress in dryland promising durum wheat genotype. Crop Science, 8(1): 30-45.
32. Seiler, G.J. and R.E. Stafford. 1979. Factor analysis of components of yield in guar. Crop Science, 25: 905-908.
33. Shafazadeh, M.K., A.A.Yazdan-Sepas, A. Amini and M.R. Ghanadha. 2004. Study of terminal drought tolerance in promising winter and facultative wheat genotypes using stress susceptibility and tolerance indices. Seed Plant Improve. J. 20, 57-71. [In Persian with English summary].
34. Shiri, MR., M. Valizadeh, A. Majidi Haravan, A.G. Sanjari and the stranger of love, A. 2010. Evaluation of Bread Wheat Tolerance Indexes to Water Stress. Crop Production (Electronic Journal of Crop Production) Volume 3, Number 3, pp: 143-161.
35. Taheri Tarigh, S., A.J. Zarbaksh and A. Mousapour Gorji. 2007. Evaluation of genetical diversity and correlations among traits in different populations of potato. Agricultural Sciences Journal, 13(1): 131-141 (In Persian).
36. Vetelainen, M., E. Gammelgard and J.P.T. Valkonen. 2005. Diversity of Nordic landrace potatoes (*Solanum tuberosum* L.) revealed by AFLPs and morphological characters. Genetic Resources and Crop Evolution, 52: 999-1010.
37. Zakerhamidi, S. and D. Hassanpanah. 2014. Investigation of genetic diversity for quantitative traits in 166 potato hybrids of produced from Luca and Caesar cultivars crosses. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences, 3(12): 34-37.
38. Zheng, J., H. Su and R. Lin. 2019. Isolation and characterization of an atypical LEA gene (IpLEA) from Ipomoea pes-aprae conferring salt/drought and oxidative stress tolerance. S ci Rep 9, 14838 (2019) doi:10.1038/s41598-019-50813-w.
39. Zhu, J.K. 2016. Abiotic stress signaling and responses in plants, Cell. 167: 313-324.

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-18 ]

[ DOI: 10.52547/jcb.13.37.146 ]

# Determining the Tolerance of Hybrids from Combination of Potato Cultivars to Different Aridity Conditions in Ardabil Province

**Mohammad Reza Vesali[1], Reza Baradaran[2], Davood Hassanpanah[3] and Mohammad Javad Soqa al-Islami[4]**

1- PhD Student in Plant Breeding, Department of Agriculture and Plant Breeding, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran
2- Associate Professor, Department of Agriculture and Plant Breeding, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran, (Corresponding author: r.baradaran@yahoo.com)
3- Associate Professor, Horticulture Crops Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research Centre, AREEO, Ardabil, Iran
4- Associate Professor, Department of Agriculture and Plant Breeding, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran
Received: December 1, 2020 Accepted: February 21, 2021

## Abstract

An experiment was conducted in split plot based on randomized complete block design with three replicates in the greenhouse of Zar Gostar Arta Agricultural Company for 2 years in order to determine the tolerance of hybrids from combination of potato cultivars to different dehydration conditions in Ardebil province. The main factor included three levels of irrigation (100, 85 and 70% of plant water requirement) and the sub factor included 12 potato cultivars. The results showed that there was a significant difference between irrigation levels, genotypes and the interaction of irrigation levels on genotype in terms of tuber yield at 1 and 5% probability levels. In this study, under normal irrigation conditions, R12 (Luca × Esprit) had the highest average of tuber yield by (53.6 ton/ha) and S34 (Esprit × Agria) and had the lowest average of tuber yield by 28.9 ton / ha. S14 (Luca × Esprit) had the highest average of tuber yield by 40.3 and 35.5 (ton/ha) respectively, in the stress condition of 85 and 70% of usable water and S34 (Esprit × Agria) had the lowest average of tuber yield by 40.3 and 35.5 (ton/ha) respectively, under irrigation levels of 85 and 70% of usable water. There was a significant and positive correlation between tuber yield under normal irrigation condition (100% usable water) and mild and severe water dehydration stress (85 and 70% usable water) with MP, GMP, TOL and STI indicator. However, there was a negative and significant correlation between tuber yield and indicator of sensitivity to stress (SSI) under mild and severe stress conditions (85 and 70% of usable water). There was a positive and significant correlation between SSI index and TOL at 5% probability level. Factor coefficients in the studied traits for the studied treatments between quantitative and qualitative traits of hybrids obtained from potato cultivars composition showed that four factors explained 86.508% of total changes under normal stress conditions (85% of usable water) and S24 (Banba × Agria) ،S14 (Luca × Esprit) ،R24 (Banba × Agria)and S23 (Banba × Esprit) were more valuable than other hybrids in terms of effective traits on yield factor and structural factor.

**Keywords:** Decomposing into the elements, Dehydration stress, Potato hybrid, Tolerance indicators

[ Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-18 ]

[ DOI: 10.52547/jcb.13.37.146 ]