



## ارزیابی لاین‌های پیشرفته سویا و ارقام والدینی در محیط بدون تنش و تنش کم آبی

زبیده کهن‌پور<sup>۱</sup>، عاطفه صبوری<sup>۲\*</sup>، ابراهیم هزارجریبی<sup>۳</sup>، علی اعلمی<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

۲. دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

۳. عضو هیئت‌علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی

۴. دانشیار گروه بیوتکنولوژی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۵/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۸/۲۱

### چکیده

سویا (*Glycine max L.*) یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی است. در مطالعه حاضر، تعداد ۳۰ ژنوتیپ سویا متشکل از ۲۷ لاین پیشرفته نسل F<sub>8</sub> و سه رقم والدینی سحر، ویلیامز و کتول از لحاظ صفات مورفولوژیکی و عملکردی در دو محیط بدون تنش و تحت تنش کم آبی در منطقه ازبرم از توابع شهرستان سیاهکل واقع در استان گیلان طی سال ۱۳۹۵ ارزیابی شدند. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که برای تمام صفات به‌جز صفت طول غلاف، اختلاف بین ژنوتیپ‌ها و برهم‌کنش بین ژنوتیپ و محیط در سطح یک درصد معنی‌دار بودند که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بالا و واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها در دو محیط بدون تنش و تحت تنش کم آبی از لحاظ صفات مختلف بود. بر اساس تجزیه خوشه‌ای به روش حداقل واریانس Ward تحت شرایط بدون تنش، ژنوتیپ‌ها به سه گروه تفکیک شدند. گروه اول متشکل از پنج لاین پیشرفته کتول×ویلیامز (۳۱۲۳)، ویلیامز×کتول (۴)، ویلیامز×همیلتون (۲)، سحر×همیلتون (۴)، گرگان×۳×ویلیامز (۲) و رقم کتول بود که از لحاظ تمامی صفات، از جمله صفات عملکردی مانند تعداد و وزن غلاف‌ها، وزن کل دانه‌های بوته و وزن صد دانه، میانگین بیشتری از سایر ژنوتیپ‌ها داشتند. در شرایط تنش کم آبی نیز ژنوتیپ‌ها در سه گروه قرار گرفتند که گروه سوم شامل چهار عضو متشکل لاین‌های سحر×کتول (۴)، ویلیامز×همیلتون (۱)، ویلیامز×K778 (۳) و ویلیامز×کتول (۴) از لحاظ صفات مهم عملکردی، برتر از سایر ژنوتیپ‌ها عمل کردند. همچنین بر اساس نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و بای‌پلات حاصل از دو مؤلفه نخست، لاین گرگان×۳×ویلیامز (۲) در شرایط بدون تنش و لاین ویلیامز×کتول (۴) در هر دو شرایط برتر از سایر لاین‌ها و ارقام والدینی عمل نمودند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تجزیه خوشه‌ای، تنش خشکی، دانه روغنی.

### مقدمه

سویا با نام علمی (*Glycine max L.*)، گیاهی دیپلوئید (2n)، یک‌ساله از خانواده Fabaceae و متعلق به تیره نخود Leguminosae است. سویا از محصولات مهم دانه‌های روغنی بوده و در کشورهایی مثل ایران هم در فصل بهار هم در فصل پاییز به‌خوبی رشد می‌کند. این گیاه روزکوتاه و خودگشن با ۰/۵ درصد دگرگشتی و با تنوع ژنتیکی محدود است (Khajepoor, 1992). اهمیت گیاهان «دانه روغنی» مستقیماً به نقش آن‌ها در تأمین چربی‌های ضروری موردنیاز در تکمیل هرم غذایی مطلوب انسان، مربوط می‌شود (Moradi Telavat and Siadat, 2010). در سال ۲۰۱۶ آسیا، ۵/۲۳ درصد، آمریکای شمالی ۳/۴۲ درصد، آمریکای جنوبی ۳۱ درصد، اروپا ۸/۱ درصد، آفریقا ۲/۱ درصد و اقیانوسیه کمتر از ۰/۱ درصد از سطح زیر کشت جهانی سویا را به خود اختصاص داده‌اند (FAO, 2016). در ایران، پس از

سویا با نام علمی (*Glycine max L.*)، گیاهی دیپلوئید (2n)، یک‌ساله از خانواده Fabaceae و متعلق به تیره نخود Leguminosae است. سویا از محصولات مهم دانه‌های روغنی بوده و در کشورهایی مثل ایران هم در فصل بهار هم در فصل پاییز به‌خوبی رشد می‌کند. این گیاه روزکوتاه و خودگشن با ۰/۵ درصد دگرگشتی و با تنوع ژنتیکی محدود است (Khajepoor, 1992). اهمیت گیاهان «دانه روغنی» مستقیماً به نقش آن‌ها در تأمین چربی‌های ضروری موردنیاز در تکمیل هرم غذایی مطلوب انسان، مربوط می‌شود (Moradi Telavat and Siadat, 2010). در سال ۲۰۱۶ آسیا، ۵/۲۳ درصد، آمریکای شمالی ۳/۴۲ درصد، آمریکای جنوبی ۳۱ درصد، اروپا ۸/۱ درصد، آفریقا ۲/۱ درصد و اقیانوسیه کمتر از ۰/۱ درصد از سطح زیر کشت جهانی سویا را به خود اختصاص داده‌اند (FAO, 2016). در ایران، پس از

Linford به‌عنوان ارقام دارای عملکرد بالقوه در هر دو محیط معرفی شدند. وی و همکاران (Wei et al., 2018) به‌منظور بررسی کمی اثرات تنش خشکی در طول مراحل مختلف رشدی سویا بر روی مراحل نمو و عملکرد، آزمایش‌گلدانی در تیمارهای مختلف آبیاری در دو سال اجرا کردند. دو سطح متوسط و شدید خشکی در چهار مرحله رشدی اعمال شد. نتایج نشان داد همه پارامترهای رشدی و عملکردی در مرحله گل‌دهی و غلاف‌دهی تحت تأثیر خشکی قرار گرفت به‌طوری‌که ۲۲ درصد کاهش ارتفاع، ۶۱ درصد کاهش سطح برگ و ۶۷ درصد کاهش وزن خشک هوایی را باعث شد. اجزای عملکرد نیز در دو مرحله گلدهی، غلاف‌دهی و پر شدن غلاف‌ها کاهش ۷۳ تا ۸۲ درصدی در واحد بوته نشان داد. مرتز-هنینگ و همکاران (Mertz-Henning et al., 2017) نشان دادند اعمال تنش خشکی در مرحله رویشی و زایشی قادر است باعث کاهش معنی‌دار عملکرد سویا گردد. در پژوهشی کارگر و همکاران (Kargar et al., 2004) به‌منظور بررسی و تعیین مؤثرترین صفات و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به شرایط کم‌آبی در سویا، به این نتیجه رسیدند که تنش کم‌آبی بیشترین تأثیر را بر روی سه صفت عملکرد دانه در هکتار، ارتفاع بوته و تعداد غلاف در بوته داشته است. یکی از روش‌هایی که در به‌نژادی کاربردی در معرفی ارقام بهبودیافته استفاده می‌شود، تولید جمعیت‌های در حال تفرق و ایجاد نوترکیب‌های جدید برای بهبود ارقام است. جمعیت لاین‌های اینبرد نوترکیب از طریق خودگشنی گیاهان F2 حاصل از تلاقی والدین بافاصله ژنتیکی زیاد از لحاظ صفات موردنظر حاصل می‌شود و معمولاً تا F8-9 ادامه می‌یابد. افراد این جمعیت‌ها، دارای ترکیبات متفاوت از ژن‌های والدینی بوده و می‌توانند از نظر صفات مختلف به علت تفکیک متجاوز برتر از والدین خود باشند (Bahmankar et al., 2013). در سویا و در ارتباط با خشکی نیز برنامه‌های به‌نژادی زیادی در دنیا صورت گرفته است. چارلسون و همکاران (Charlson et al., 2009) و چن و همکاران (Chen et al., 2007) لاین‌های اینبرد نوترکیب توسعه‌یافته از تلاقی دو رقم KS4895 (PI595081) و Jackson (PI548657) موردبررسی قرار دادند و ضمن گزینش، لاین‌های پیشرفته حاصل را با ارقام والدینی مقایسه کردند و درنهایت لاین پیشرفته R01-581F که برای عملکرد و تثبیت نیتروژن

پنبه و کلزا، بیشترین سطح زیرکشت با ۱۷/۸۵ درصد از کل گیاهان صنعتی به سویا اختصاص دارد (Moradi Telavat and Siadat, 2010).

آب اهمیت زیادی در رشد و نمو گیاهان دارد. ایران با قرار گرفتن در عرض جغرافیایی ۲۵ تا ۳۵ درجه شمالی جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک به حساب می‌آید. از این رو خشکی خطری برای تولید موفقیت‌آمیز محصولات زراعی در سراسر ایران است و میزان دوسوم از زمین‌های زیر کشت ایران در حوزه مناطق نیمه‌خشک و دیم قرار دارد (Mozafari et al., 1996). تنش کمبود آب باعث محدودیت در رشد گیاهان در سرتاسر جهان شده است و به‌عنوان شایع‌ترین تنش محیطی شناخته شده است (Franklin et al., 2010). در واقع از میان تنش‌های زیستی و محیطی که گیاهان زراعی طی فصل رشد در معرض آن‌ها هستند، کمبود آب، نتیجه به‌مراتب شدیدتری بر کاهش عملکرد دارد (Zare et al., 2004). از این رو تعیین تحمل نسبی به خشکی در گیاهان زراعی و از جمله سویا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و با ارزیابی ژنوتیپ‌هایی از هر گیاه که تحت شرایط کم‌آبی قادر به بروز عملکرد نسبتاً قابل قبولی باشند، می‌توان با اطمینان بیشتری آن‌ها را در نواحی خشک و نیمه‌خشک کشت نمود (Kargar et al., 2004). سویا از لحاظ نیاز رطوبتی در مرحله جوانه‌زنی، به ۵۰٪ وزن خود و برای سبز شدن، به آب بیشتری نیاز دارد (John, 2001). نیاز رطوبتی سویا در طول دوره رشد، بایستی از طریق آب آبیاری تأمین گردد. حساسیت سویا به تنش رطوبتی از شروع گلدهی تا تکمیل دانه‌بندی زیاد است. وقوع تنش کمبود آب، در مراحل رشد سویا سبب ریزش نیام‌ها و دانه‌ها می‌گردد به‌طوری‌که مرحله پُر شدن دانه را کوتاه و اندازه نهایی دانه را کوچک می‌کند (Meckel et al., 1984). از طرفی بالا بودن رطوبت خاک طی دوران رشد رویشی تا تکمیل نیام‌بندی سبب تحریک رشد رویشی، افزایش ارتفاع بوته، حساسیت گیاه به خوابیدگی ساقه و درنهایت کاهش عملکرد دانه می‌شود اما آبیاری مناسب باعث افزایش تعداد دانه یا افزایش غلاف در شاخه‌های سویا می‌شود (Ramseur et al., 1986).

نتایج تحقیق زارع و همکاران (Zare et al., 2004) به‌منظور تعیین بهترین شاخص تحمل به خشکی در ارقام و لاین‌های سویا، در شرایط تنش و آبیاری کامل نشان داد که رقم ویلیامز متحمل‌ترین رقم در بین ارقام مورد مطالعه نسبت به خشکی بود و ارقام A3237, Delsoy4210, L11 و

مترمربع در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار تحت دو شرایط بدون تنش و تنش کم‌آبی در منطقه ازبک از توابع شهرستان سیاهکل واقع در استان گیلان به ترتیب با طول و عرض جغرافیایی  $37^{\circ} N$  و  $49^{\circ} 54' E$  در بهار و تابستان سال ۱۳۹۵ مورد ارزیابی قرار گرفتند. فاصله خطوط کاشت ۳۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف، ۱۰ سانتی‌متر و تراکم بوته ۳۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. در جدول (۱) نام اختصاری و سایر مشخصات ژنوتیپ‌های استفاده‌شده در این آزمایش ارائه شده است.

به‌منظور اعمال تنش کم‌آبی، در محیط تحت تنش کم-آبی، زمانی که ۵۰ درصد از بوته‌های مزرعه به مرحله ظهور چهارمین و پنجمین برگ‌های اصلی سه برگچه‌ای رسیدند، آبیاری قطع شد و تا زمان برداشت آبیاری صورت نگرفت و برای جلوگیری از اثر آب حاصل از بارندگی طی زمان قطع آبیاری، از پوشش پلاستیکی<sup>۲</sup> به‌عنوان سرپناه استفاده شد تا گیاهان در معرض بارندگی قرار نگیرند. انتخاب این مرحله بدین دلیل بود که بوته‌های سویا در حساس‌ترین مرحله یعنی گلدهی و غلافدهی تحت تنش کم‌آبی قرار گیرند (Zare et al., 2004)؛ به‌عبارت‌دیگر قبل از این مرحله، آبیاری قطع شد تا گیاهان در مراحل حساس رشد، تنش کم‌آبی را تجربه کنند. اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش که از اداره هواشناسی استان گیلان اخذ شده است، در جدول (۲) آورده شده است.

صفات موردبررسی شامل ارتفاع گیاه، تعداد گره ساقه اصلی، ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین، تعداد شاخه فرعی، وزن کل بوته، تعداد غلاف در بوته، وزن کل غلاف‌ها، تعداد غلاف‌های پُر، وزن غلاف‌های پُر، طول غلاف، تعداد دانه در غلاف، تعداد کل دانه در بوته، وزن کل دانه‌های بوته و وزن صد دانه بودند. برای اندازه‌گیری صفات، سه بوته به‌طور تصادفی از خطوط میانی و با احتساب حاشیه، از هر کرت انتخاب شد و سپس برای انجام تجزیه‌های آماری از میانگین کرت‌ها در هر تکرار استفاده شد. پس از ثبت داده‌ها، به‌منظور انجام تجزیه واریانس، ابتدا مفروضات تجزیه واریانس از جمله یکنواختی و نرمال بودن واریانس‌های خطا با استفاده از آزمون بارتلت، بررسی شد. پس از اطمینان از برقراری مفروضات، تجزیه واریانس مرکب و سپس مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در

متحمل و پایدار بود، آزادسازی<sup>۱</sup> شد. آن‌ها اظهار داشتند لاین R01-581F در شرایط خشکی، متحمل‌تر و با عملکرد بالاتری از ارقام والدینی است. دالزوتو (Dalzotto, 2016) لاین‌های متعددی از سه جمعیت مختلف (MD-1، MD-2، MD-3 و MD-3) و لاین‌های پیشرفته نوترکیب را موردبررسی قرار دادند. این سه جمعیت به ترتیب از تلاقی R07- R07-7046×R07-6884، R06-43×R02-6268F و R07-7232×R01-581F حاصل شده بود. آن‌ها در نهایت در بررسی سال اول، یک لاین از جمعیت MD-1 و MD-2 و پنج لاین از MD-3 و در سال دوم به ترتیب دو، سه و یک لاین از سه جمعیت MD-1، MD-2 و MD-3 شناسایی کردند که در شرایط بدون تنش عملکرد بالا و در شرایط تنش خشکی کمترین کاهش عملکرد را داشتند. آن‌ها لاین R13-12198 از جمعیت MD-1 که در هر دو سال واجد عملکرد بالا و کاهش عملکرد پایین تحت تنش خشکی بود، جزء لاین-های کاندید برای بررسی‌های بیشتر و معرفی رقم عنوان کردند. آن‌ها همچنین دریافتند لاین‌های پیشرفته برای صفت مهم پژمردگی کانوپی، برتر از ارقام والدینی بوده و نسبت به خشکی متحمل‌تر بودند.

با توجه به وجود اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط به‌نژادگران به دنبال ژنوتیپ‌هایی هستند که در شرایط مختلف بتوانند با استفاده‌ی بیشتر از شرایط موجود محیطی، عملکرد و تظاهر بهتری داشته باشند. در این راستا این آزمایش، ضمن بررسی اثر تنش کمبود آب بر روی صفات مختلف زراعی و عملکردی در سویا، با هدف بررسی و مقایسه لاین‌های پیشرفته نسل F<sub>8</sub> سویا و والدین آن‌ها، برای شناسایی لاین‌های متحمل‌تر به تنش کم‌آبی اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

مواد گیاهی آزمایش شامل ۳۰ ژنوتیپ سویا متشکل از سه رقم والدینی سحر، ویلیامز و کتول و تعداد ۲۷ لاین پیشرفته بود. این لاین‌ها شامل نتاج مختلف نسل F<sub>8</sub> حاصل از تلاقی ارقام سحر × K778، سحر × همیلتون، سحر × گرگان ۳، سحر × ویلیامز، ویلیامز × K778، ویلیامز × همیلتون، گرگان ۳ × ویلیامز، ویلیامز × کتول، همیلتون × کتول و سحر × کتول بودند که از مرکز تحقیقات و منابع طبیعی استان گلستان تهیه شدند. این ژنوتیپ‌ها در مزرعه‌ای با مساحت ۴۰۰

<sup>2</sup> Shelter

<sup>1</sup> Release

## جدول ۱. اطلاعات ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این پژوهش

Table 1. Information of studied genotypes in this research

شماره	نام اختصاری	نام رقم یا تلاقی	شماره	نام اختصاری	نام رقم یا تلاقی
Number	Abbreviated name	Name of variety or cross	Number	Abbreviated name	Name of variety or cross
1	SHRK778-1	SAHAR×K778 (1) (۱) K778 × سحر	16	SHRCTL-3	SAHAR×KATOUL (3) (۳) كتول × سحر
2	SHRK778-3	SAHAR×K778 (3) (۳) K778 × سحر	17	SHRCTL-4	SAHAR×KATOUL (4) (۴) كتول × سحر
3	SHRK778-7	SAHAR×K778 (7) (۷) K778 × سحر	18	SHRCTL-5	SAHAR×KATOUL (5) (۵) كتول × سحر
4	SHRHMLT-3	SAHAR×HAMILTON (3) (۳) همیلتون × سحر	19	WLSK778-3	WILLIAMS×K778 (3) (۳) K778 × ویلیامز
5	SHRHMLT-4	SAHAR×HAMILTON (4) (۴) همیلتون × سحر	20	WLSK778-4	WILLIAMS×K778 (4) (۴) K778 × ویلیامز
6	SHRHMLT-8	SAHAR×HAMILTON (8) (۸) همیلتون × سحر	21	WLSK778-5	WILLIAMS×K778 (5) (۵) K778 × ویلیامز
7	SHRGRN3-1	SAHAR×GORGAN 3 (1) (۱) گرگان ۳ × سحر	22	WLSHMLT-1	WILLIAMS×HAMILTON (1) (۱) همیلتون × ویلیامز
8	SHRWLS-10	SAHAR×WILLIAMS (10) (۱۰) ویلیامز × سحر	23	WLSHMLT-2	WILLIAMS×HAMILTON (2) (۲) همیلتون × ویلیامز
9	SHRWLS-8	SAHAR×WILLIAMS (8) (۸) ویلیامز × سحر	24	WLSHMLT-3	WILLIAMS×HAMILTON (3) (۳) همیلتون × ویلیامز
10	WLSKT-L4	WILLIAMS×KATOUL (4) (۴) كتول × ویلیامز	25	GRN3WLS-2	GORGAN3×WILLIAMS (2) (۲) ویلیامز × گرگان ۳
11	WLSKTL-H3123	WILLIAMS×KATOUL (H3123) (۳۱۲۳) كتول × ویلیامز	26	GRN3WLS-4	GORGAN3×WILLIAMS (4) (۴) ویلیامز × گرگان ۳
12	WLSKTL-WK3	WILLIAMS×KATOUL (WK3) (WK۳) × ویلیامز كتول	27	GRN3WLS-7	GORGAN3×WILLIAMS (7) (۷) ویلیامز × گرگان ۳
13	HMLTKTL-8	HAMILTON×KATOUL (8) (۸) كتول × همیلتون	28	SHR	SAHAR سحر
14	HMLTKTL-4	HAMILTON×KATOUL (4) (۴) كتول × همیلتون	29	WLS	WILLIAMS ویلیامز
15	HMLTKTL-3	HAMILTON×KATOUL (3) (۳) كتول × همیلتون	30	KTL	KATOUL

\*: برای هر لاین (F8)، تلاقی تشکیل دهنده آن به همراه شماره لاین مربوطه در نسل‌های در حال تفرق، در داخل پرانتز آورده شده است.

\*: For each line (F8), its cross of constituent presented in the brackets with line number in segregating generations.

## جدول ۲. اطلاعات هواشناسی شهرستان سیاهکل در فصول زراعی سال ۱۳۹۵

Table 2. Meteorological data in Siahkal County in cropping seasons of 2016

ماه	میانگین بارندگی <sup>*</sup> (میلی‌متر)	میانگین دما (سانتی‌گراد)	میانگین بیشینه دما (سانتی‌گراد)	میانگین کمینه دما (سانتی‌گراد)	میانگین رطوبت نسبی	میانگین ساعات آفتابی	
Month	Mean Rainfall (mm)	Mean Temp. (C)	Mean Max Temp. (C)	Mean Min Temp. (C)	Mean RH	Mean Sunny hours	
May	اردیبهشت	1	16.4	22.1	10.8	62	6.7
Jun.	خرداد	0.5	18.3	24.6	11.9	63	9.1
Jul.	تیر	0.4	20.3	25.7	14.8	66	7.3
Aug.	مرداد	0.1	20.9	26.2	15.7	69	8.2
Sep.	شهریور	0.2	20.4	26.5	14.4	66	8.1

\*: اعداد جدول حاصل میانگین مشاهدات در طی ۳۱ روز در هر ماه است.

\*: Data in the Table are average of observations during 31 days each month.

(Dogan et al., 2006). مهربان و همکاران ( Mehraban et al., 2016) با بررسی هشت رقم سویا در دو سطح آبیاری شاهد و تنش کم‌آبی (قطع آب در مرحله رشد زایشی) اظهار داشتند تفاوت بین دو محیط برای تعدادی از صفات از جمله ارتفاع بوته، عملکرد دانه، وزن هزاردانه و تعداد غلاف در بوته معنی‌دار است اما برای صفات‌های تعداد دانه در غلاف و شاخص برداشت اختلاف بین دو محیط غیر معنی‌دار است. با توجه به نتایج پژوهش حاضر به نظر می‌رسد تأثیر تنش کم-آبی بر عملکرد دانه از طریق کاهش دادن وزن دانه در غلاف بوده است. کلانتر احمدی و همکاران ( Kalantar Ahmadi et al., 2016) با بررسی شش ژنوتیپ سویا در چهار سطح آبیاری ۵۰، ۹۰، ۱۳۰ و ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A، اظهار داشتند تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفته است؛ اما تعداد غلاف در بوته در تیمارهای آبیاری ۹۰، ۱۳۰ و ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک در مقایسه با آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، به ترتیب ۱۶، ۲۸ و ۵۱ درصد کاهش داشته است. در مطالعه حاضر، معنی‌دار بودن برهمکنش بین ژنوتیپ‌ها و محیط، نشان‌دهنده این است که واکنش ژنوتیپ‌ها در دو محیط یکسان نبود و لذا نمی‌توان با محاسبه میانگین ژنوتیپ-ها در مجموع دو محیط، ژنوتیپ‌ها را مقایسه و گروه‌بندی نمود. بر این اساس بررسی ژنوتیپ‌ها شامل تجزیه واریانس و سپس مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها و همچنین گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در هر محیط (بدون تنش و تحت تنش کم‌آبی) به‌طور مجزا انجام شد. نتایج تجزیه واریانس در محیط بدون تنش نشان داد که میانگین ژنوتیپ‌ها برای صفات ارتفاع گیاه، تعداد گره، ارتفاع اولین غلاف، وزن کل بوته، تعداد غلاف، وزن کل غلاف‌ها، تعداد غلاف‌های پُر، وزن کل غلاف‌های پُر، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه‌های کل بوته، وزن کل دانه‌های بوته و وزن صد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و برای صفت طول غلاف غیر معنی‌دار بود. همچنین نتایج تجزیه واریانس در محیط تحت تنش کم‌آبی نشان داد که میانگین ژنوتیپ‌ها برای صفات ارتفاع گیاه، تعداد گره، ارتفاع اولین غلاف، وزن کل بوته، تعداد غلاف، وزن کل غلاف‌ها، تعداد غلاف‌های پُر، وزن کل غلاف‌های پُر، تعداد دانه‌های کل بوته، وزن کل دانه‌های بوته و وزن صد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و برای صفات طول غلاف و تعداد دانه در غلاف غیر معنی‌دار است.

هر محیط در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از مقایسه میانگین توکی در سطح احتمال ۰/۰۵ با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver.9.1 (2002) انجام شد. همچنین تجزیه خوشه‌ای صفات موفولوژیک و عملکردی، توسط نرم‌افزار SPSS (2008) به چندین روش از جمله ادغام برحسب متوسط گروه‌ها (UPGMA) و حداقل واریانس "Ward" انجام شد. با توجه به مطلوب بودن نتایج حاصل از نظر تفکیک بهتر ژنوتیپ‌ها از حداقل واریانس "Ward" با معیار فاصله اقلیدسی، جهت گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها استفاده شد. نقطه برش دندروگرام نیز با استفاده از تجزیه تابع تشخیص تأیید گردید. برای انجام تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و رسم بای‌پلات برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر از نرم‌افزار SAS Ver.9.1 (2002) استفاده شد.

### نتایج و بحث

با توجه به انجام آزمایش در دو محیط، ابتدا نتایج آزمون‌های مربوط به مفروضات تجزیه واریانس مرکب، از جمله نرمال بودن توزیع خطاهای آزمایش و یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی انجام شد، نتایج نشان داد برای تمامی صفات مفروضات برقرار هستند و انجام تجزیه‌های آماری بلامانع است. نتایج تجزیه واریانس مرکب برای ۱۴ صفت موردبررسی در جدول ۳ ارائه شده است.

این نتایج نشان داد که برای تمام صفات به‌جز صفت طول غلاف، اختلاف بین ژنوتیپ‌ها و برهمکنش بین ژنوتیپ و محیط در سطح یک درصد معنی‌دار بودند که نشان‌دهنده تنوع بالا و واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها در دو محیط بدون تنش و تنش کم‌آبی از لحاظ صفات اندازه‌گیری شده بود. بر اساس این نتایج اختلاف معنی‌داری بین دو محیط برای صفات طول غلاف و تعداد دانه در غلاف، مشاهده نشد. البته با توجه به اعمال تنش کم‌آبی در مرحله شروع گلدهی در آزمایش حاضر، اختلاف معنی‌دار اغلب صفات در دو محیط، دور از انتظار نبود. فرود و همکاران (Foroud et al., 1993) بیان نمودند که مرحله شروع گلدهی سویا تا مرحله شروع پر شدن دانه‌ها حساس‌ترین مراحل رشد گیاه سویا نسبت به کم‌آبی می‌باشند. همچنین در مطالعه‌های دیگر، مراحل شروع غلاف دهی، شروع پر شدن دانه‌ها و پایان پر شدن غلاف‌ها به ترتیب حساس‌ترین مراحل رشد سویا به تنش کم‌آبی شناسایی شدند

جدول ۳. تجزیه واریانس مرکب صفات ژنوتیپ‌های سویا در شرایط عدم تنش و تحت تنش کم‌آبی

Table 3. Combined analysis of variance of soybean genotypes under non stress and water stress conditions

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df.	Mean of squares				میانگین مربعات			
		ارتفاع بوته Plant Height	تعداد گره Number of nodes	ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین First pod height	تعداد شاخه فرعی Number of branches	وزن کل بوته Total weight of plant	تعداد غلاف Number of pods.	وزن کل غلاف‌ها Weight of total pods	
محیط Environment (En)	1	0.6687*	8.398°	153.02**	15.806*	2452.4*	6544.3**	291.71*	
بلوک (محیط) Block (en)	4	0.3350	5.168	14.153	4.813	1619.6	3089.7	94.338	
ژنوتیپ Genotype (Ge)	29	0.8254**	48.698**	52.308**	22.428**	5836.8**	2566.4**	373.25**	
ژنوتیپ × محیط En × Ge	29	0.7848**	8.619*	28.582**	12.816**	1902.4**	2421.7**	294.06**	
خطا Error	116	0.4472	3.475	6.447	3.487	602.09	667.88	65.081	
ضریب تغییرات (%) C.V. (%)		3.83	10.33	17.06	19.90	24.96	25.22	18.61	

Table 3. Continued

جدول ۳. ادامه

منابع تغییرات S.O.V	تعداد غلاف‌های پر Number of filled pods.	Mean of squares			میانگین مربعات		
		وزن غلاف‌های پر Weight of filled pods	طول غلاف Pod length	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	تعداد دانه‌های کل بوته Number of total seeds	وزن کل دانه‌های بوته Weight of total of seeds	وزن صد دانه 100 seed weight
محیط Environment (En)	12384.8**	29.634*	0.4335 <sup>ns</sup>	1.463 <sup>ns</sup>	11701.9**	81.760*	26.633*
بلوک (محیط) Block (en)	3416.7	77.725	0.8640	1.035	281.15	48.218	18.088
ژنوتیپ Genotype (Ge)	2519.8**	356.06**	0.6859 <sup>ns</sup>	2.264**	9108.9**	149.44**	45.551**
ژنوتیپ × محیط En × Ge	2251.1**	271.29**	0.5859 <sup>ns</sup>	1.729**	5305.1**	150.90**	30.878**
خطا Error	615.52	62.444	0.6650	0.8797	1511.0	33.584	11.163
ضریب تغییرات (%) C.V. (%)	27.10	20.02	18.22	9.43	26.44	15.83	11.85

\* و \*\*: به ترتیب معنی‌داری در سطوح احتمال یک و پنج درصد و ns، غیر معنی‌داری را نشان می‌دهد.

\* and \*\*: Significant at the 5% and 1% levels of probability, respectively. Ns: Non-significant.

هود و ارتفاع بیشتری نسبت به رقم هود نشان داد. در مقایسه با بررسی حاضر، از لاین‌های گرگان ۳×ویلیامز (۲)، گرگان ۳×ویلیامز (۴) و گرگان ۳×ویلیامز (۷) که لاین‌های مشتق از گرگان ۳ هستند، بالاترین ارتفاع به گرگان ۳×ویلیامز (۲) تعلق داشت که حدود ۱۸۶ سانتی‌متر بود. دو لاین دیگر به ترتیب ۱۲۸ و ۹۸ سانتی‌متر ارتفاع داشتند. بالاترین ارتفاع

جمالی و همکاران (Jamali et al., 2011) با بررسی بر روی ۱۵ رقم تجاری سویا، صفت ارتفاع بوته، زمان گلدهی و زمان رسیدگی در سویا را ارزیابی نمودند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که صفات مذکور در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری را بین ارقام موجود دارند. بر اساس نتایج، رقم گرگان-۳ از لحاظ صفات مورفولوژیکی مشابه رقم

ژنوتیپ‌های سویا برای صفات طول غلاف و تعداد دانه نسبت به سایر صفات کم است. مکمل و همکاران (Meckel et al., 1984) گزارش کردند که تنش شدید، باعث می‌شود وزن بوته و عملکرد به ترتیب به میزان ۵۰-۲۰ درصد و ۵۰-۴۶ درصد کاهش یابد. پوک‌پاکدی و همکاران (Pookpakdi et al., 1990) تحقیقی را با هدف بررسی کمبود آب در مراحل زایشی در سویا انجام دادند. نتایج نشان داد که عملکرد دانه، تولید ماده خشک، تعداد غلاف در گیاه و اندازه دانه کاهش می‌یابد اما تعداد دانه در غلاف در این پژوهش کاهش پیدا نکرد.

### گروه‌بندی و ارزیابی ارقام و لاین‌ها در شرایط بدون تنش

در آزمایش حاضر واکنش ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفات مختلف متفاوت بود و در برخی صفات، ارقام والدینی هم در کنار لاین‌های پیشرفته، بالاترین مقادیر را با اختلاف معنی‌داری از سایر ژنوتیپ‌ها کسب کردند. به منظور جمع‌بندی و تعیین برترین ژنوتیپ‌ها از لحاظ کلیه صفات ارزیابی‌شده از تجزیه خوشه‌ای استفاده شد. نمودار درختی حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش حداقل واریانس "Ward" با استفاده از ۱۴ صفت زراعی برای ۳۰ ژنوتیپ سویا تحت شرایط عدم تنش در شکل ۱ ارائه شده است.

با توجه به نمودار، تقسیم کلیه ژنوتیپ‌ها به سه گروه با توجه به معنی‌دار بودن آماره لاندای ویلک (مقدار برابر با ۰/۳۴۳ و  $P < 0/001$ ) در تجزیه تابع تشخیص، برای گروه-بندی ژنوتیپ‌ها، مناسب‌تر شناسایی شد و مورد تفسیر قرار گرفت. جدول ۴ میانگین و نمره استاندارد میانگین‌ها (انحراف میانگین گروه از میانگین کل تقسیم‌بر انحراف معیار کل) برای ۱۴ صفت برای هر گروه به همراه اعضای گروه نشان داده شده است.

بر این اساس گروه اول، متشکل از شش عضو شامل لاین-های ویلیامز × کتول (اچ ۳۱۲۳)، ویلیامز × کتول (۴)، ویلیامز × همیلتون (۲)، سحر × همیلتون (۴)، گرگان × ویلیامز (۲) و رقم کتول بودند. این لاین‌ها به همراه رقم کتول از لحاظ صفات ارتفاع گیاه، تعداد گره، ارتفاع اولین غلاف، تعداد شاخه فرعی، وزن کل بوته، وزن کل غلاف‌ها، تعداد غلاف‌های پُر، وزن غلاف‌های پُر، طول غلاف، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه‌های کل بوته، وزن کل دانه‌های بوته و وزن صد دانه، میانگین بیشتری نسبت به میانگین کل داشته و در نتیجه

در بین ژنوتیپ‌های بررسی‌شده به لاین ویلیامز × کتول (اچ ۳۱۲۳) با ارتفاع ۲۵۱ سانتی‌متر در محیط بدون تنش اختصاص داشت. مقایسه میانگین با آزمون توکی بیانگر اختلاف معنی‌دار لاین‌ها و ارقام از لحاظ صفات مختلف بود. در این مقایسه لاین‌های گرگان × ویلیامز (۲)، کتول × ویلیامز (اچ ۳۱۲۳)، ویلیامز × کتول (۴)، ویلیامز × همیلتون (۲) و رقم کتول و سحر × گرگان (۱) با اختلاف معنی‌داری از سایر لاین‌ها به ترتیب از ۱۴/۱۱ تا ۱۱ شاخه، بالاترین تعداد شاخه فرعی را داشتند. از لحاظ وزن کل بوته نیز، رقم کتول و لاین‌های گرگان × ویلیامز (۲)، ویلیامز × کتول (۴) و ویلیامز × همیلتون (۲) بالاترین مقدار این صفت را به ترتیب از ۱۸۸/۹۵ گرم تا ۱۵۶/۳۷ به خود اختصاص دادند. همچنین بر اساس مقایسه میانگین انجام‌شده، بالاترین وزن غلاف‌های پُر (۲۹/۹۰ گرم)، وزن کل دانه‌های بوته (۶۶/۹۸ گرم) و وزن صد دانه (۳۵/۷۴ گرم) با اختلاف معنی‌داری از سایر ژنوتیپ‌ها مربوط به لاین گرگان × ویلیامز (۲) بود.

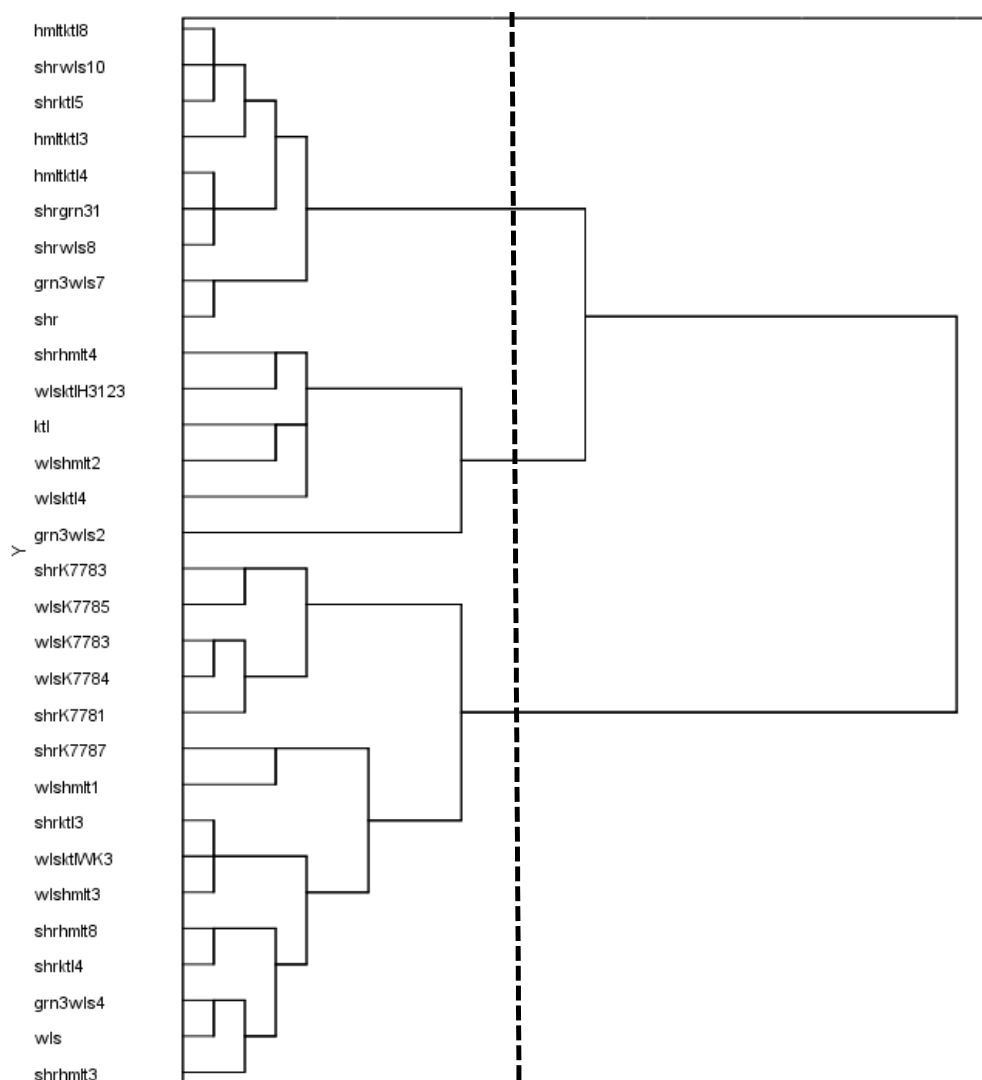
در شرایط کم‌آبی، مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها با استفاده از آزمون توکی نشان داد بالاترین میانگین وزن کل غلاف‌ها (۶۳/۲۸ گرم)، وزن غلاف‌های پُر (۶۱/۹۱ گرم)، تعداد و وزن کل دانه‌های بوته (به ترتیب ۲۳۶/۴۴ و ۴۴/۱۱ گرم) و وزن صد دانه (۳۳/۶۷ گرم) مربوط به لاین ویلیامز × کتول (۴) بود.

زینالی خانقاه و همکاران (Zeinali Khanghah et al., 2004) در پژوهشی که به منظور تعیین شاخص‌های تحمل به خشکی در سویا که بر روی ۱۵ ژنوتیپ سویا انجام دادند، بر اساس نتایج ترسیم بای‌پلات، ارقام Stressland، Cisne297705 و ویلیامز را به‌عنوان ارقام متحمل معرفی نمودند. شایان‌ذکر است در پژوهش حاضر، لاین‌های F8 مشتق از ویلیامز در بسیاری از صفات اندازه‌گیری شده برتر از والد ویلیامز ظاهر شدند.

دانشیان و همکاران (Daneshian et al., 2002) در بررسی اثر تنش خشکی بر روی صفات ارتفاع، عملکرد دانه و تعداد گره در سویا به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی باعث می‌شود ارتفاع بوته کاهش یافته که به دلیل کاهش تعداد گره و فاصله میان‌گره است و نیز تنش باعث کاهش عملکرد دانه و کاهش وزن دانه می‌گردد. نتایج نشان داد که وقوع تنش متوسط بر روی شاخص برداشت تأثیر چندانی نداشته، اما افزایش تنش باعث گردید میزان شاخص برداشت کاهش یابد. مطالعه حاضر نیز نشان داد، به‌طور کلی میزان تنوع در بین

میانگین کمتری نسبت به گروه اول نشان داد. برای سایر صفات نیز انحراف میانگین برای ژنوتیپ‌های این گروه نسبت به گروه اول و سوم، مقادیری منفی و کمتر بود؛ بنابراین می‌توان گفت ژنوتیپ‌های این گروه از لحاظ صفات مورفولوژیکی ارتفاع گیاه، ارتفاع اولین غلاف، تعداد شاخه فرعی، وزن کل بوته، وزن کل غلاف‌ها، تعداد غلاف‌های پُر، وزن غلاف‌های پُر، طول غلاف، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه‌های کل بوته، وزن کل دانه‌های بوته و وزن صد دانه، میانگین کمتری را نسبت به میانگین کل نشان دادند. به عبارت دیگر ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها در مجموع صفات، در این گروه قرار گرفتند.

انحراف میانگین مثبت و بیشتری نشان دادند؛ بنابراین می‌توان گفت ژنوتیپ‌های این گروه از لحاظ این صفات نسبت به ژنوتیپ‌های گروه دوم و سوم برتری داشتند. گروه دوم با ۱۵ ژنوتیپ شامل لاین‌های گرگان ۳ × ویلیامز (۴)، سحر × همیلتون (۳)، سحر × همیلتون (۸)، سحر × K778 (۱)، سحر × K778 (۳)، سحر × K778 (۷)، سحر × کتول (۳)، سحر × کتول (۴)، ویلیامز × همیلتون (۱)، ویلیامز × همیلتون (۳)، ویلیامز × K778 (۳)، ویلیامز × K778 (۴)، ویلیامز × K778 (۵)، ویلیامز × کتول (WK۳) و رقم ویلیامز بودند. ژنوتیپ‌های این گروه از لحاظ صفت مورفولوژیکی تعداد گره، انحراف



شکل ۱. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای برای ۳۰ ژنوتیپ سویا بر اساس صفات زراعی و عملکردی در شرایط بدون تنش با استفاده از روش Ward. نام، اختصار و مشخصات ژنوتیپ‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

**Fig. 1. Dendrogram derived from cluster analysis for 30 soybean genotypes based agronomic and yield traits under normal conditions using Ward method. Name, abbreviation and information genotypes have been showed in Table 1.**



جدول ۴. اعضای گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای همراه با میانگین کل استاندارد شده گروه‌ها برای ۱۴ صفت در شرایط بدون تنش. شماره و مشخصات ژنوتیپ‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

Table 4. Member of groups derived from cluster analysis with average total standardized of groups for 14 traits under normal condition. Number and information genotypes showed in Table 1.

	Traits صفات					اعضای گروه Members of group
	وزن صد دانه (گرم) 100 seed weight (g)	وزن کل دانه‌های بوته (گرم) Weight of total of seeds (g)	تعداد دانه‌های کل بوته Number of total seeds.	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod.	طول غلاف (سانتی‌متر) Pod length (cm)	
میانگین گروه Group mean	31.172	46.973	191.111	3.568	4.847	Grn3wls2, Ktl Shrhmlt4, wlshmlt2 Wlsktl4, Wlsktlh3123
انحراف از میانگین Standardized deviation from mean	0.835	1.13	0.983	0.224	0.919	
میانگین گروه Group mean	25.416	31.579	98.489	3.225	4.346	Grn3wls4, Shrhmlt3 Shrhmlt8, ShrKk7781 Shrk7783, Shrk7787 Shrktl3, Shrktl4, Wls Wlshmlt1, Wlshmlt3 Wlsk7783, Wlsk7784 Wlsk7785, Wlsktlwk3
انحراف از میانگین Standardized deviation from mean	-0.713	-0.667	-0.763	-0.118	-0.175	
میانگین گروه Group mean	30.418	40.356	171.605	3.391	4.279	Grn3wls7, Hmltktl3, Hmltktl4, Hmltktl8 Shr, Shrgrn31, Shrktl5 Shrwls10, Shrwls8
انحراف از میانگین Standardized deviation from mean	0.632	0.358	0.616	0.048	-0.321	
میانگین کل Total mean	28.068	37.291	138.948	3.343	4.426	

Table 4. Continued

جدول ۴. ادامه

	Traits صفات					اعضای گروه Members of group
	تعداد غلاف Number of pods	وزن کل بوته (گرم) Total weight of plant (g)	وزن غلاف‌های پُر (گرم) Weight of filled pods (g)	تعداد غلاف‌های پُر Number of filled pods...	وزن کل غلاف- ها (گرم) Weight of total pods (g)	
میانگین گروه Group mean	119.468	151.691	53.989	108.611	59.975	Grn3wls2, Ktl Shrhmlt4, wlshmlt2 Wlsktl4, Wlsktlh3123
انحراف از میانگین Standardized deviation from mean	0.699	1.515	1.166	0.826	1.233	
میانگین گروه Group mean	72.511	73.385	32.735	60.2	36.556	Grn3wls4, Shrhmlt3 Shrhmlt8, ShrKk7781 Shrk7783, Shrk7787 Shrktl3, Shrktl4, Wls Wlshmlt1, Wlshmlt3 Wlsk7783, Wlsk7784 Wlsk7785, Wlsktlwk3
انحراف از میانگین Standardized deviation from mean	-0.721	-0.563	-0.589	-0.75	-0.628	
میانگین گروه Group mean	120.852	91.906	42.342	104.728	47.274	Grn3wls7, Hmltktl3, Hmltktl4, Hmltktl8 Shr, Shrgrn31, Shrktl5 Shrwls10, Shrwls8
انحراف از میانگین Standardized deviation from mean	0.735	-0.072	0.204	0.699	0.224	
میانگین کل Total mean	96.441	94.603	39.868	83.241	44.455	

جدول ۴. ادامه

	Traits		صفات		اعضای گروه Members of group
	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant Height (cm)	تعداد گره Number of nodes	ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین (سانتی‌متر) First pod height (cm)	تعداد شاخه فرعی Number of branches	
میانگین گروه Group mean	170.500	21.407	16.824	12.019	Grn3wls2, Ktl Shrhmlt4, wshmlt2 Wlsklt4, Wlskltl3123
انحراف از میانگین استاندارد شده Standardized deviation from mean	1.5	0.964	0.253	1.236	
میانگین گروه Group mean	108.044	18.4	15.157	7.304	Grn3wls4, Shrhmlt3 Shrhmlt8, Shrk7787 Shrk7783, Shrk7787 Shrktl3, Shrktl4, Wls Wlshmlt1, Wlshmlt3 Wlsk7783, Wlsk7784 Wlsk7785, Wlskltwk3
انحراف از میانگین استاندارد شده Standardized deviation from mean	-0.183	0.09	-0.16	-0.753	
میانگین گروه Group mean	89.074	15.358	16.198	10.111	Grn3wls7, Hmltktl3, Hmltktl4, Hmltktl8 Shr, Shrgm31, Shrktl5 Shrwl510, Shrwl58
انحراف از میانگین استاندارد شده Standardized deviation from mean	-0.694	-0.793	0.098	0.431	
میانگین کل Total mean	114.844	18.089	15.803	90.089	

گرفت. جدول ۵ میانگین و نمره استاندارد میانگین‌ها (انحراف میانگین از میانگین کل تقسیم بر انحراف معیار کل) برای ۱۴ صفت برای هر گروه به همراه اعضای گروه نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، گروه اول با ۱۷ ژنوتیپ که شامل لاین‌های گرگان ۳ × ویلیامز (۲)، گرگان ۳ × ویلیامز (۷)، همیلتون × کتول (۴)، همیلتون × کتول (۸)، سحر × گرگان ۳ (۱)، سحر × همیلتون (۳)، سحر × همیلتون (۴)، سحر × ویلیامز (۱۰)، سحر × ویلیامز (۸)، ویلیامز × همیلتون (۲)، ویلیامز × کتول (۳۱۲۳)، ویلیامز × کتول (Wk۳) و ارقام کتول و ویلیامز بود. ژنوتیپ‌های گروه اول از لحاظ هشت صفت شامل ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی، وزن کل بوته، تعداد غلاف، تعداد غلاف پُر، طول غلاف، تعداد دانه در غلاف، وزن کل و وزن صد دانه انحراف میانگین مثبت داشتند. گروه دوم شامل ۹ عضو متشکل از ژنوتیپ گرگان ۳ × ویلیامز (۴)، همیلتون × کتول (۳)، سحر × K778 (۱)، سحر × K778 (۷)، سحر × کتول (۵)، ویلیامز × همیلتون (۳)، ویلیامز × K778 (۴)، ویلیامز × K778 (۵) و رقم سحر بودند. ژنوتیپ‌های گروه دوم تنها از لحاظ دو صفت تعداد گره و ارتفاع اولین غلاف انحراف میانگین مثبت از خود نشان دادند و از لحاظ سایر

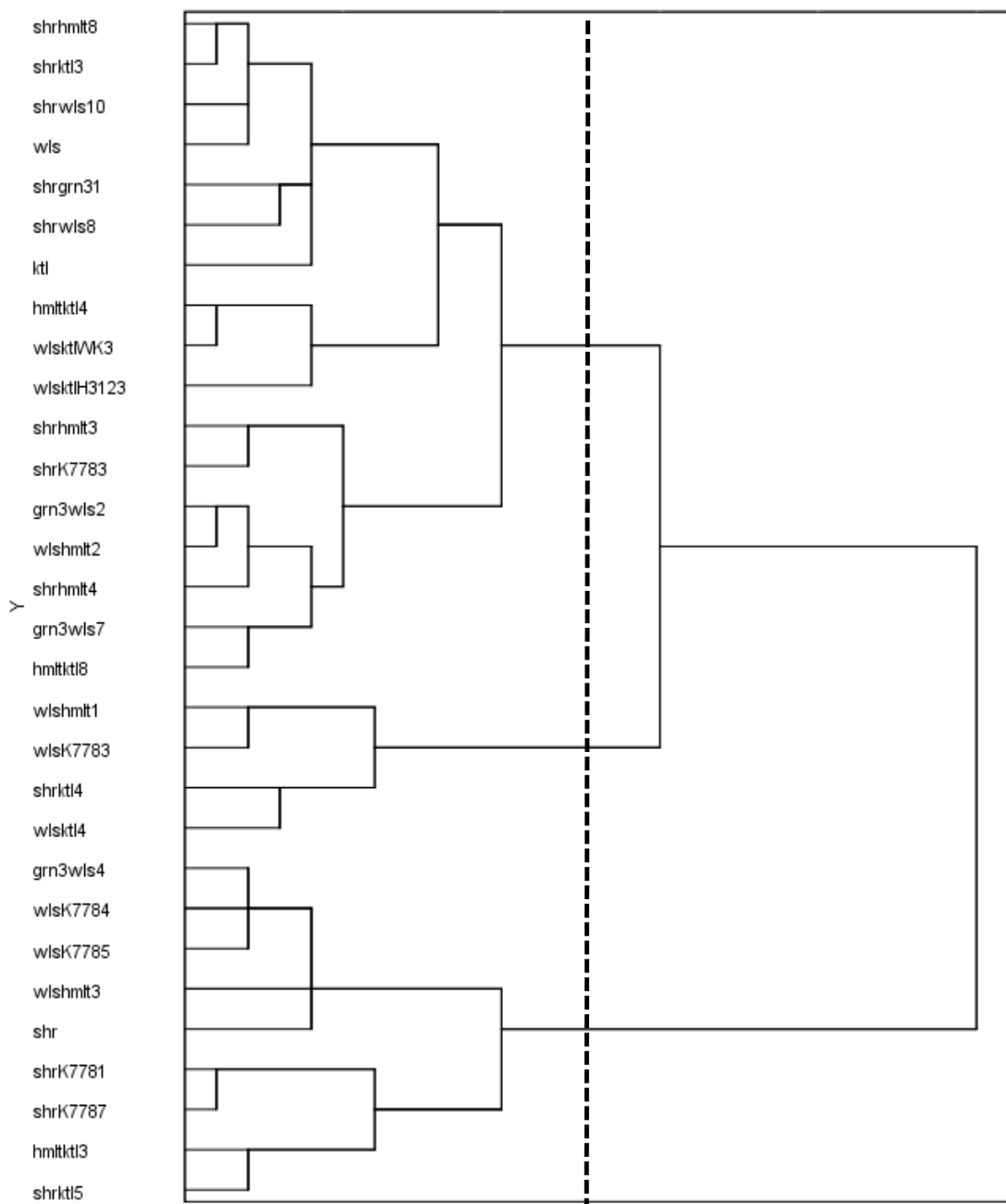
گروه سوم شامل ۹ عضو متشکل از لاین‌های گرگان ۳ × ویلیامز (۷)، همیلتون × کتول (۳)، همیلتون × کتول (۴)، همیلتون × کتول (۸)، سحر × گرگان ۳ (۱)، سحر × کتول (۵)، سحر × ویلیامز (۱۰)، سحر × ویلیامز (۸) و رقم سحر بودند. ژنوتیپ‌های این گروه از لحاظ صفاتی همچون تعداد غلاف، تعداد شاخه فرعی، وزن کل غلاف‌ها، تعداد و وزن غلاف‌های پُر، تعداد دانه و وزن صد دانه، میانگین نسبتاً بیشتری نسبت به میانگین کل داشتند اما انحراف از میانگین آن‌ها کمتر از گروه اول بود؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که گروه سوم به‌طور متوسط مابین گروه اول و گروه دوم بودند.

#### گروه‌بندی و ارزیابی ارقام و لاین‌ها در شرایط تنش کم‌آبی

نمودار درختی حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش حداقل واریانس "Ward" با استفاده از ۱۴ صفت زراعی برای ۳۰ ژنوتیپ سویا تحت شرایط تنش کم‌آبی در شکل ۲ ارائه شده است. با توجه به نمودار، تقسیم کلیه ژنوتیپ‌ها به سه گروه با توجه به معنی‌دار بودن آماره لاندا و وِلک (مقدار برابر با ۰/۳۴۶ و  $P < 0/001$ ) در تجزیه تابع تشخیص، برای گروه-بندی ژنوتیپ‌های مناسب‌تر شناسایی شد و مورد تفسیر قرار

تعداد دانه در غلاف، وزن کل دانه‌های بوته و وزن صد دانه انحراف میانگین مثبت و بیشتری از خود نشان دادند. از سوی دیگر از لحاظ صفات مهم عملکردی میزان انحراف از میانگین آن‌ها نسبت به گروه اول نیز بیشتر بود و به عبارت دیگر ژنوتیپ‌های متحمل‌تر در این گروه قرار داشتند.

صفات به‌ویژه صفات عملکردی به‌عنوان ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. گروه سوم شامل ۴ عضو متشکل از لاین‌های سحر × کتول (۴)، ویلیامز × همیلتون (۱)، ویلیامز × K778 (۳) و ویلیامز × کتول (۴) بودند. این گروه از لحاظ هفت صفت تعداد غلاف، وزن کل غلاف، تعداد غلاف‌های پُر، وزن غلاف‌های پُر،



شکل ۲. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای برای ۳۰ ژنوتیپ سویا بر اساس صفات زراعی و عملکردی در شرایط تنش کم‌آبی با استفاده از روش Ward. نام، اختصار مشخصات ژنوتیپ‌ها جدول ۱ آورده شده است.

Fig. 2. Dendrogram derived from cluster analysis for 30 soybean genotypes based on agronomic and yield traits under water stress conditions using Ward method. Name, abbreviation and information genotypes have been showed in Table 1.

ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم‌آبی و واجد عملکرد بالاتر در شرایط آبیاری عادی اعلام کردند. همچنین ژنوتیپ‌های GN2171، GN2167، GN2087 و GN2011 به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس به تنش آبی معرفی شدند. بکایی و همکاران (Bokaei et al., 2008) در تحقیقی که به‌منظور ارزیابی ژنوتیپ‌های مختلف سویا تحت شرایط تنش خشکی انجام دادند، بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای دریافتند که ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش تفاوت کمتری دارند و باعث گردید ژنوتیپ‌ها در این محیط در دو گروه قرار گیرند. در شرایط تنش ملایم، ژنوتیپ‌ها در چهار گروه و در شرایط تنش شدید ژنوتیپ‌ها در پنج گروه قرار گرفتند. بر اساس این نتایج اظهار گردید که این نوع گروه‌بندی به دلیل تحت تأثیر قرار گرفتن ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و مربوط به عکس‌العمل متفاوت ژنوتیپ‌ها در سطوح مختلف رطوبتی است.

در مقایسه برترین ژنوتیپ‌ها در دو محیط بدون تنش و تنش کم‌آبی، لاین ویلیامز × کتول (۴) در هر دو گروه‌بندی، در گروه برتر قرار داشت و این نشان می‌دهد که این لاین نسبت به سایر لاین‌ها از لحاظ مجموع صفات برتر بوده است. فرهودی و همکاران (Farhoudi et al., 2015) با بررسی عملکرد دانه پنج رقم سویا (ویلیامز، چارلستون، سحر، همیلتون و صفی‌آباد) تحت تنش خشکی آخر فصل دریافتند ارقام ویلیامز و چارلستون در مقایسه با سایر ارقام، بهتر توانستند تنش خشکی را تحمل کنند. آنچه پژوهش حاضر نشان داد سه لاین F8 مشتق از ویلیامز شامل ویلیامز × همیلتون (۱)، ویلیامز × K778 (۳) و ویلیامز × کتول (۴) توانستند در مقابل تنش کم‌آبی عملکرد بهتری نسبت به رقم ویلیامز نشان دهند. پیغمبری و همکاران (Peghambri et al., 2017) پس از ترسیم نمودار بای پلات ژنوتیپ‌های D42×Will82، Spry×Savoy/3 و Chaleston×Mostang/12 را به‌عنوان

جدول ۵. اعضای گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای همراه با میانگین کل استاندارد شده گروه‌ها برای ۱۴ صفت در شرایط تنش کم‌آبی. شماره و مشخصات ژنوتیپ‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

**Table 5. Member of groups derived from cluster analysis with average total standardized of groups for 14 traits under water stress. Number and information genotypes showed in Table 1.**

	Traits		صفات			اعضای گروه Members of group
	طول غلاف (سانتی‌متر) Pod length (cm)	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod.	تعداد دانه‌های کل بوته Number of total seeds.	وزن کل دانه‌های بوته (گرم) Weight of total of seeds (g)	وزن صد دانه (گرم) 100 seed weight (g)	
میانگین گروه Group mean	3.584	2.962	131.595	32.438	24.765	Grn3wls2, Grn3wls7, Hmltktl4, Hmltktl8 Ktl, Shrgn31, Shrhmlt3, Shrhmlt4 Shrhmlt8, ShrK7783 Shrktl3, Shrwls10, Shrwls8, Wls, Wlshmlt2 Wlsktlh3123, Wlsktlwk3
انحراف از میانگین استاندارد شده Standardized deviation from mean	0.129	0.019	0.37	0.096	0.426	
میانگین گروه Group mean	3.503	2.922	59.951	27.679	19.274	Grn3wls4, Hmltktl3, Shr Shrk7781, ShrK7787 Shrktl5, Wlshmlt3 Wlsk7784, Wlsk7785
انحراف از میانگین استاندارد شده Standardized deviation from mean	-0.045	0.046	-1.236	-0.824	-1.182	
میانگین گروه Group mean	3.317	2.963	168.889	39.408	26.206	Shrktl4 Wlshmlt1 Wlsk7783 Wlsktl4
انحراف از میانگین استاندارد شده Standardized deviation from mean	-0.449	0.021	1.206	1.444	0.848	
میانگین کل Total mean	3.524	2.95	115.074	31.940	23.310	

Table 5. Continued

جدول ۵. ادامه

	Traits		صفات			اعضای گروه Members of group
	وزن کل غلاف‌ها (گرم) Weight of total pods (g)	تعداد غلاف‌های پُر Number of filled pods...	وزن غلاف‌های پُر (گرم) Weight of filled pods (g)	وزن کل بوته (گرم) Total weight of plant (g)	تعداد غلاف Number of pods	
میانگین گروه Group mean	38.451	83.523	29.209	91.196	95.137	Grn3wls2, Grn3wls7, Hmltktl4, Hmltktl8 Ktl, Shrgm31, Shrhmlt3, Shrhmlt4 Shrhmlt8, ShrK7783 Shrktl3, Shrws10, Shrws8, Wls, Wlshmlt2 Wlsktlh3123, Wlsktlwk3
انحراف از میانگین استاندارد شده Standardized deviation from mean	-0.08	0.381	-0.107	0.476	0.365	
میانگین گروه Group mean	33.678	43.556	24.891	52.013	58.704	Grn3wls4, Hmltktl3, Shr Shrk7781, ShrK7787 Shrktl5, Wlshmlt3 Wlsk7784, Wlsk7785
انحراف از میانگین استاندارد شده Standardized deviation from mean	-0.676	-1.191	-0.654	-0.675	-1.174	
میانگین گروه Group mean	53.990	100.750	45.279	57.776	112.333	Shrktl4 Wlshmlt1 Wlsk7783 Wlsktl4
انحراف از میانگین استاندارد شده Standardized deviation from mean	1.861	1.059	1.928	-0.505	1.091	
میانگین کل Total mean	39.090	73.830	30.056	74.985	86.500	

Table 5. Continued

جدول ۵. ادامه

	Traits		صفات		تعداد شاخه فرعی Number of branches	اعضای گروه Members of group
	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant Height (cm)	تعداد گره Number of nodes	ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین (سانتی‌متر) First pod height (cm)	تعداد شاخه فرعی Number of branches		
میانگین گروه Group mean	99.917	15.252	11.978	8.693	8.693	Grn3wls2, Grn3wls7, Hmltktl4, Hmltktl8 Ktl, Shrgm31, Shrhmlt3, Shrhmlt4 Shrhmlt8, ShrK7783 Shrktl3, Shrws10, Shrws8, Wls, Wlshmlt2 Wlsktlh3123, Wlsktlwk3
انحراف از میانگین استاندارد شده Standardized deviation from mean	0.482	0.057	-0.025	0.409	0.409	
میانگین گروه Group mean	81.833	15.414	13.044	6.210	6.210	Grn3wls4, Hmltktl3, Shr Shrk7781, ShrK7787 Shrktl5, Wlshmlt3 Wlsk7784, Wlsk7785
انحراف از میانگین استاندارد شده Standardized deviation from mean	-0.446	0.117	0.303	-0.595	-0.595	
میانگین گروه Group mean	70.167	13.744	10.183	6.694	6.694	Shrktl4 Wlshmlt1 Wlsk7783 Wlsktl4
انحراف از میانگین استاندارد شده Standardized deviation from mean	-1.045	-0.504	-0.576	-0.399	-0.399	
میانگین کل Total mean	90.525	15.099	12.059	7.681	7.681	

### بررسی ژنوتیپ‌های سویا بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و نمودار بای‌پلات

و ۷ به ترتیب نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در شرایط بدون تنش و تنش کم‌آبی را نشان می‌دهد. در شرایط بدون تنش دو مؤلفه نخست ۸۳ درصد از تغییرات کل را توجیه کردند و بر اساس اعضای بردار مشخصه در این دو مؤلفه، بالاترین ضرایب مؤلفه اول به صفات ارتفاع بوته و وزن کل بوته و بالاترین ضرایب مؤلفه دوم به وزن کل غلاف‌ها، وزن غلاف‌های پُر، تعداد دانه‌های کل بوته، وزن صد دانه و تعداد شاخه فرعی اختصاص داشت؛ بنابراین می‌توان استنباط کرد ژنوتیپ‌های با مقادیر مؤلفه اول و دوم بالاتر، ژنوتیپ‌هایی هستند که در شرایط بدون تنش نمود بهتری از لحاظ صفات عملکردی که قسمت اعظم تغییرات را توجیه نمودند، از خود نشان دادند.

به‌منظور بررسی ژنوتیپ‌های سویا از لحاظ صفات ارزیابی شده ابتدا بر اساس نتایج تجزیه تابع تشخیص که در تعیین و تأیید محل برش دندروگرام تجزیه خوشه‌ای استفاده شد، مهم‌ترین صفات در تفکیک ژنوتیپ‌ها مشخص شدند. این صفات عبارت بودند از ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی، وزن کل بوته، وزن کل غلاف‌ها، تعداد غلاف‌های پُر، وزن غلاف‌های پُر، تعداد دانه‌های کل بوته و وزن صد دانه. بر همین مبنا از این صفات در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و ترسیم بای‌پلات استفاده شد. جدول ۶

جدول ۶. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روی صفات ژنوتیپ‌های سویا شامل بردارهای مشخصه، ریشه مشخصه، نسبت واریانس توجیه شده واریانس توجیه شده تجمعی دو مؤلفه اول در شرایط بدون تنش

**Table 6. The results of principle component analysis on traits in soybean genotypes including eigenvalues, eigenvalues, proportion variance and cumulative variance under non-stress condition**

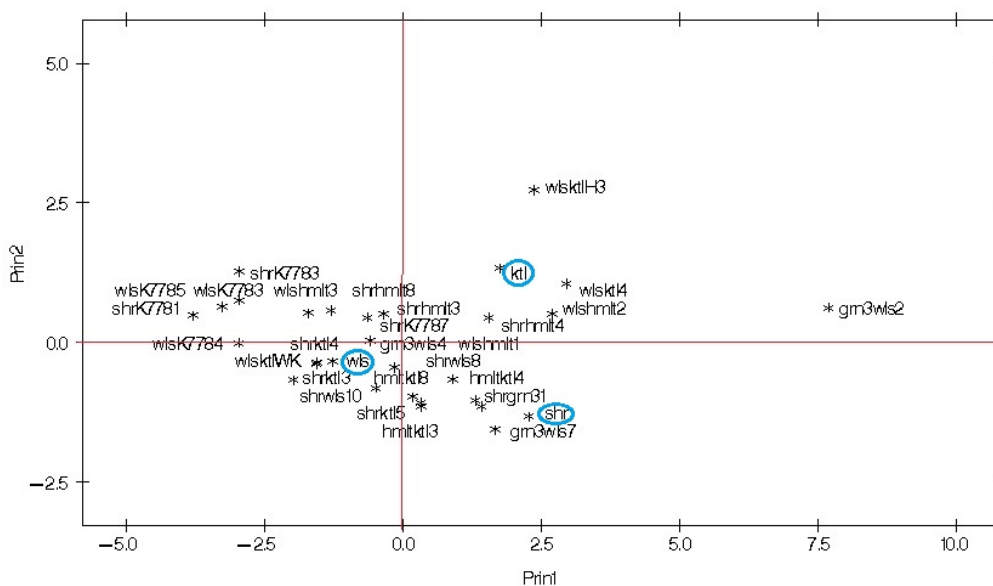
Variable	متغیر	Eigen vectors بردار مشخصه	
		PC <sub>1</sub> مؤلفه اول	PC <sub>2</sub> مؤلفه دوم
Plant Height	ارتفاع بوته	0.813	0.201
Number of branches	تعداد شاخه فرعی	0.087	0.350
Total weight of plant	وزن کل بوته	0.321	0.330
Weight of total pods	وزن کل غلاف‌ها	0.003	0.394
Number of filled pods	تعداد غلاف‌های پُر	-0.298	0.375
Weight of filled pods	وزن غلاف‌های پُر	0.013	0.390
Number of total seeds	تعداد دانه‌های کل بوته	-0.223	0.386
100 seed weight	وزن صد دانه	-0.300	0.363
Proportion variance	نسبت واریانس توجیه شده	0.716	0.118
Cumulative variance	واریانس توجیه شده تجمعی	0.716	0.833
Eigenvalues	ریشه مشخصه	5.724	0.940

تجزیه نیز، با اختلاف قابل توجهی از سایر لاین‌ها در بای پلات قرار گرفته است.

مطابق نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مندرج در جدول ۷، در شرایط کم‌آبی، دو مؤلفه اول ۷۴/۷ درصد از تغییرات کل را توجیه کردند. بیشترین ضرایب مؤلفه نخست که ۵۰/۸ درصد از تغییرات را توجیه نمود، به ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی و وزن کل بوته و بیشترین ضرایب مؤلفه دوم با توجیه ۲۳/۹ درصد از تغییرات، به تعداد دانه‌های کل بوته، وزن صد دانه، تعداد غلاف‌های پُر و وزن کل غلاف‌ها و تعداد غلاف‌های پُر مرتبط بود. لاین‌های برتر در شرایط تنش کم‌آبی که در

در شکل ۳ نمودار بای‌پلات صفات مهم مذکور در محیط بدون تنش برای ژنوتیپ‌های سویا بر اساس دو مؤلفه اول نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود لاین‌های برتر که در تجزیه خوشه‌ای در گروه ۱ قرار داشتند، شامل ویلیامز × کتول (۴)، ویلیامز × همیلتون (۲)، سحر × همیلتون (۴)، گرگان ۳ × ویلیامز (۲)، ویلیامز × کتول (۳) (۱۲۳)، به همراه رقم کتول در این نمودار در ناحیه مقادیر مؤلفه اول و دوم بالا، قابل مشاهده‌اند. لاین گرگان ۳ × ویلیامز (۲) که مطابق نتایج مقایسه میانگین توکی از لحاظ بسیاری از صفات اختلاف معنی‌داری با سایر لاین‌ها داشت، مطابق این

تجزیه خوشه‌ای در گروه سوم قرار گرفتند و شامل لاین‌های سحر×کتول(۴)، ویلیامز×همیلتون(۱)، ویلیامز×K778(۳) و ناحیه مقادیر مؤلفه اول بالا قرار داشتند. ویلیامز×کتول(۴) بودند در نمودار دووجهی (شکل ۴) در



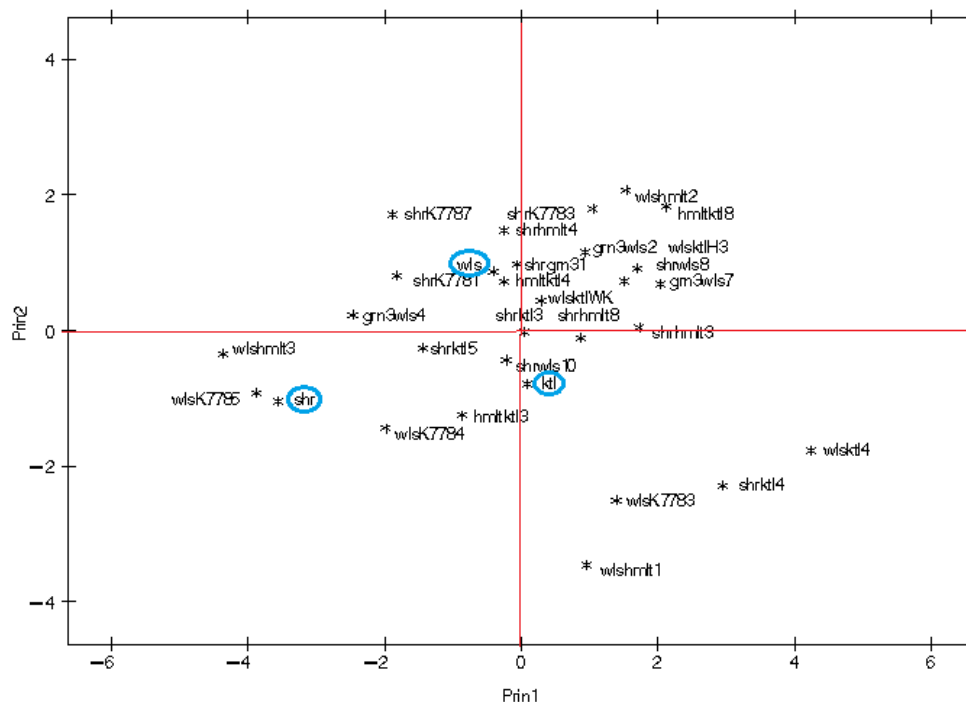
شکل ۳. نمودار دووجهی مؤلفه اصلی اول و دوم برای لاین‌های پیشرفته سویا و ارقام والدینی بر پایه صفات مهم در شرایط بدون تنش. ارقام والدینی با کادر آبی جداسازی شدند. مشخصات ژنوتیپ‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

Fig. 3. Scatter plot of two first principal components soybean advanced lines and parental varieties based on important traits under normal conditions. The parental varieties distinguished by blue. Genotypes information has been showed in Table 1.

جدول ۷. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روی صفات ژنوتیپ‌های سویا شامل بردارهای مشخصه، ریشه مشخصه، نسبت واریانس توجیه شده واریانس شده توجیه شده جمع‌ی دو مؤلفه اول در شرایط تنش کم‌آبی

Table 7. The results of principle component analysis on traits in soybean genotypes including eigenvectors, eigenvalues, proportion variance and cumulative variance under water stress condition

Variable	متغیر	Eigenvectors	
		مؤلفه اول	مؤلفه دوم
Plant Height	ارتفاع بوته	0.527	0.172
Number of branches	تعداد شاخه فرعی	0.416	0.230
Total weight of plant	وزن کل بوته	0.414	0.219
Weight of total pods	وزن کل غلاف‌ها	-0.427	0.362
Number of filled pods	تعداد غلاف‌های پُر	0.007	0.444
Weight of filled pods	وزن غلاف‌های پُر	-0.439	0.353
Number of total seeds	تعداد دانه‌های کل بوته	0.021	0.465
100 seed weight	وزن صد دانه	0.045	0.447
Proportion variance	نسبت واریانس توجیه شده	0.508	0.239
Cumulative variance	واریانس توجیه شده جمع‌ی	0.508	0.747
Eigenvalues	ریشه مشخصه	4.066	1.909



شکل ۴. نمودار دووجهی مؤلفه اصلی اول و دوم برای لاین‌های پیشرفته سویا و ارقام والدینی بر پایه صفات مهم در شرایط تنش. کم-آبی، ارقام والدینی با کادر آبی جداسازی شدند. مشخصات زوتیپ‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

Fig. 4. Scatter plot of two first principal components soybean advanced lines and parental varieties based on important traits under water stress conditions. The parental varieties distinguished by blue. Genotypes information has been showed in Table 1.

زراعی و مورفولوژیکی بود. بر اساس نتایج مقایسات میانگین، در شرایط بدون تنش، لاین گرگان ۳ × ویلیامز ۲ (۲) بالاترین وزن غلاف کل بوته (۹۴/۴ گرم)، بالاترین تعداد شاخه فرعی (۱۴/۱۱)، بالاترین تعداد و وزن دانه در کل بوته (به ترتیب با ۲۸۴/۲۲ و ۶۶/۹۸ گرم) و وزن صد دانه (۳۵/۷۴ گرم) را به خود اختصاص داد. بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی پنج لاین پیشرفته کتول × ویلیامز (۳۱۲۳)، ویلیامز × کتول (۴)، ویلیامز × همیلتون (۲)، سحر × همیلتون (۴)، گرگان ۳ × ویلیامز (۲) به همراه رقم کتول از لحاظ مجموع صفات برتر بودند. در شرایط کم‌آبی، بالاترین میانگین وزن کل غلاف‌ها (۶۳/۲۸ گرم)، وزن غلاف‌های پُر (۶۱/۹۱ گرم)، تعداد و وزن کل دانه‌های بوته (به ترتیب ۲۳۶/۴۴ و ۴۴/۱۱ گرم) و وزن صد دانه (۳۳/۶۷ گرم) مربوط به لاین ویلیامز × کتول (۴) بود. همچنین بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای و نمودار بای پلات تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، این لاین در هر دو محیط، در گروه لاین‌های برتر قرار داشت.

در این شرایط بین سه رقم والدینی، رقم کتول و بعداز آن رقم ویلیامز نسبت به رقم سحر در جایگاه بهتری از لحاظ مقادیر دو مؤلفه قرار گرفتند. از سوی دیگر در مقایسه بین ارقام والدینی و لاین‌های پیشرفته مشتق از آن‌ها در نمودار دووجهی، مشخص است که بسیاری از لاین‌های مذکور در شرایط تنش کم‌آبی جایگاه بهتری از لحاظ کسب مقادیر بیشتر دو مؤلفه اصلی داشتند. چارلسون و همکاران (Charlson et al., 2009)، چن و همکاران (Chen et al., 2007) و دالزوتو (Dalzotto, 2016) نیز توانستند با بررسی لاین‌های پیشرفته نو ترکیب، لاین‌هایی که در تحمل به تنش خشکی برتر از ارقام والدینی بودند شناسایی کنند.

#### نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر تعداد ۲۷ لاین پیشرفته نسل F<sub>8</sub> سویا به همراه سه رقم والدینی سحر، ویلیامز و کتول در دو شرایط بدون تنش و تنش آبی مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس بیانگر تأثیر معنی‌دار تنش کم‌آبی بر روی اغلب صفات



## منابع

- Bahmankar, M., Sadat Noori, S.A., Mortazavian, S.M.M., 2013. Transgressive segregation phenomena in breeding of crop plants. *The Journal of Applied Crop Breeding*. 1(2), 175-185.
- Bokaei, A.S., Babaei, H., Habibi, D., Javidfar, F., Mohammadi, A., 2008. Evaluation of different soybean genotypes under drought stress conditions. *Proceeding of the 10<sup>th</sup> Iranian Congress of Crops Sciences* 18-20 Aug. 4(1), 28-38. [In Persian].
- Charlson, D.V., Bhatnagar, S., King, C.A., Ray, J.D., Sneller, C.H., Carter Jr, T.E., Purcell, L.C., 2009. Polygenic Inheritance of Canopy Wilting in Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. *Theoretical and Applied Genetics*. 119(4), 587-594.
- Chen, P., Sneller, C.H., Sinclair, T.R., Ishibashia, T., Purcell, L.C., 2007. Registration of soybean germplasm lines R01-416F and R01-581F for improved yield and nitrogen fixation under drought stress. *Journal of Plant Registrations*. 1(2), 166-67.
- Dalzotto, M.B., 2016. Selection of drought-tolerant soybean lines using a field screening method and identification of QTLs for slow wilting and nitrogen fixation associated with drought-tolerance. MSc dissertation, Faculty of Crop, Soil & Environmental Sciences, University of Arkansas, Fayetteville.
- Daneshian, J., Hadi, H., Jonoubi, P., 2009. Study of quantitative and quality characteristics of soybean genotypes in deficit irrigation conditions. *Iranian Journal of Crops Sciences*. 11(4), 393-409. [In Persian with English Summary].
- Daneshian, J., Normohammadi, G.H., Jonoubi, P., 2002. Evaluation of yield the model difference and grain yield components of soybean under drought stress conditions. *Abstract the 7<sup>th</sup> Iranian Congress of crop Science* 4-7 Sep. [In Persian].
- Dogan, E., Clark, G.H., Rogers, D.H., Marttin, V., Vanderlip, R.L., 2006. On farm scheduling studies and CERES-Maize simulation of irrigated corn. *Applied Engineering in Agriculture*. 22(4), 509-516.
- FAO, 2016. Food Agriculture Organization statistics on line. <http://faostat.fao.org/site>
- Farhoudi, R., Modhej, A., Payandeh, K., 2015. Effect of final season drought tension on photosynthesis, seed yield and seed vigor of five soybean cultivars. *Crop Physiology Journal*. 24(6), 41-55. [In Persian with English Summary].
- Foroud, N., Mundel, H.H., Saindon, G., Entz, T., 1993. Effect of level and timing of moisture stress on soybean yield components. *Irrigation Science*. 13, 149-155.
- Franklin, P., Gardner, R., Pearce, B., Mitchell, R.L., 2010. *Physiologlogy of Crop Plants*. Scientific Press. 336p.
- Jamali, S., Sadghi, H., Sadeghian-Motahhar, S.Y., 2011. Identification and distinction of soybean commercial cultivars using morphological and microsatellite markers. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 13(1), 131-145. [In Persian with English Summary].
- John, M.G., 2001. Drought stress in soybeans. From [http://WWW.Uwex.edu/ces/cty/mauitowoc/Agpapers/Drought stress soybean](http://WWW.Uwex.edu/ces/cty/mauitowoc/Agpapers/Drought%20stress%20soybean).
- Kalantar Ahmadi, S.A., Daneshian, J., Mahmoodinezhad Dezfuly, S.H., 2015. Effects of drought stress on soybean genotypes yield in northern Khouzestan conditions. *Journal of Oil Plants Production*. 2(1), 57-69. [In Persian with English Summary].
- Kargar, S.M.A., Ghannadha, M.R., Bozorgipour, R., Khajeahmadattari, A.A., Babaei, H.R., 2004. An investigation of drought tolerance indices in some soybean genotype under restricted irrigation conditions. 2004. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*. 35(1), 129-142. [In Persian with English Summary].
- Khajepoor, M.R., 1992. *Principles of Agronomy*. Isfahan University of Technology Publication. 564p. [In Persian].
- Meckel, L., Egli, D.B., Phillips, R.E., Radcliffe, D., Leggett, J.E., 1984. Effect of moisture stress on seed growth in soybean. *Agronomy Journal*. 76, 647-650.
- Mehraban, A., Azizian Shermeh, O., Kamali Daljoo, A., 2016. Effect of drought stress on yield and quality of eight cultivars of soybean (*Glycin max* L.) in Sistan region. 43(11), 90-99. [In Persian with English Summary].
- Mertz-Henning, L.M., Ferreira, L.C., Henning, F.A., Mandarino, J.M.G., Santos, E.D., Oliveira, M.C.N.D., Nepomuceno, A.L., Farias, J.R.B., Neumaier, N., 2018. Effect of Water Deficit-Induced at Vegetative and

- Reproductive Stages on Protein and Oil Content in Soybean Grains. *Agronomy*. 8(1), 3.
- Moradi Telavat, M.R. Siadat, A., 2012. Introduction and Production of Oilseed Crops. Agricultural Extension and Education Publications. 373p. [In Persian].
- Mozafari, K., Arshi, Y., Zinali, H., 1996. Study of drought stress effects on some morphologic (*Helianthus annuus* L.). P. 489-493. In proceeding of the 12<sup>th</sup> International Sunflower. Conference, Noisad, Yugoslavia.
- Peghambri, S.A., Taleb Khani, M. Babaei, H.R., Alipour, H., 2017. Evaluation of tolerance to water deficit stress in diverse soybean genotypes. *Iranian Journal of Field Crop Science*. 48(40), 933-943. [In Persian with English Summary].
- Pookpakdi, A., Thiravirojana, K., Saeradee, I., Chaikaew S., 1990. Response of new soybean accession to water stress during reproductive phase. *Kasetsart Journal of Natural Science*. 24 (3), 375-387.
- Ramseur, E.L., Quinsenberry, V.L., Wallace, S.V., Palmer, J.H., 1986. Yield and yield component of Braxton soybeans as influenced by irrigation and intra-row spacing. *Agronomy Journal*. 76, 442-446.
- SAS. 2002. The SAS system for windows. Release 9.0. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- SPSS. 2008. The SPSS system for windows. Release 22.0. SPSS Inc., IBM Company Headquarters, USA.
- Wei, Y., Jin, J., Jiang, S., Ning, S., Liu, L., 2018. Quantitative response of soybean development and yield to drought stress during different growth stages in the Huaibei Plain, China. *Agronomy*. 8(7), 97.
- Zare, M., Zeinali Khanghah, H., Danashian, J., 2004. An evaluation of tolerance of some soybean genotypes to drought stress. *Iranian Journal Agricultural Sciences*. 35, 859-867. [In Persian with English Summary].
- Zeinali Khanghah, H., Izanloo, A., Hoseinzadeh, A.H., Majnoon Hoseini, N., 2004. Determination of the suitable drought resistance indices in commercial soybeans varieties. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*. 35(4), 875-885. [In Persian with English Summary].