دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

معرفی شاخص انتخاب ژنوتیپ‌های آفتابگردان برای شرایط کشت دوم

مسعود سلطانی نجف آبادی[۱]، سید رضا قلی میرفخرایی[۲] و مصطفی سعادتمند[۳]

۱- عضو هیات علمی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، (نویسنده مسوول: m.soltanioil@yahoo.com)
۲- عضو هیات علمی دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی
۳- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، تهران، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۲۶
صفحه: ۱۴۹ تا ۱۶۳

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: آفتابگردان گیاهی با ارزش اقتصادی بالا و سازگار به طیف وسیعی از شرایط اقلیمی است. کشت بهاره یکی از راه‌های توسعه کشت این محصول در ایران بوده که معمولا با سرماهای آخر فصل همراه می‌باشد. در این خصوص نیاز به شناسایی و معرفی شاخص‌هایی برای گزینش تحمل به دماهای پایین در مرحله زایشی است.

مواد و روش‌ها: این تحقیق به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۶ به‌ترتیب در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس و موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر انجام شد. کرت‌های اصلی شامل تاریخ کاشت در دو سطح و کرت‌های فرعی شامل پنج لاین اینبرد و سه هیبرید آفتابگردان بود. تاریخ‌های کاشت به گونه‌ای تنظیم گردیدند که امکان حصول دماهای ۲ ± ۲۵ و ۳ ± ۱۵ درجه سانتی‌گراد در زمان گرده افشانی و پس از آن فراهم گردد. عملکرد تک بوته و صفات فیزیولوژیک نظیر اجزای مرتبط با انتقال مجدد مواد فوتوسنتزی از ساقه و طبق به دانه‌ها، وزن خشک برگ‌ها و نشت الکترولیت بافت کف طبق روی همه تیمارها مورد ارزیابی قرار گرفت. تجزیه‌های چند متغیره روی صفات اندازه‌گیری شده انجام گرفت.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها حاکی از معنی‌دار نبودن اثر سه گانه آزمایش× تاریخ کاشت × ژنوتیپ روی اکثر صفات بود. کشت دوم باعث کاهش عملکرد دانه در تمامی ژنوتیپ‌ها شد. در هر دو تاریخ کاشت هیبریدها دارای بیشترین مقدار عملکرد و کمترین نشت الکترولیت بودند. دماهای پایین باعث متمایز شدن رفتار عملکردی در لاین‌های اینبرد شد. همبستگی منفی و معنی‌داری بین نشت الکترولیت در کشت اول و عملکرد بوته در کشت دوم مشاهده گردید. همچنین همبستگی بین قطر ساقه در نزدیکی طبق در تاریخ کشت اول با صفات وزن خشک طبق و ساقه در زمان گرده افشانی، عملکرد دانه، وزن هزار دانه و انتقال مجدد مواد فوتوسنتزی از طبق به دانه در کشت دوم مثبت و معنی‌دار بود. تجزیه رگرسیونی گام به گام عملکرد بوته در کشت دوم روی صفات اندازه‌گیری شده در شرایط کشت اول حاکی از اثر معنی‌دار مثبت وزن خشک طبق در زمان رسیدگی و قطر ساقه در نزدیکی طبق به‌همراه اثر منفی نشت الکترولیت بود. دو مولفه اول و دوم با لحاظ ۷۹ درصد تغییرات کل داده‌ها، قادر به گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر مبنای تفاوت در عملکرد دانه و مولفه‌های آن شامل نشت الکترولیت، قطر ساقه در نزدیکی طبق و همچنین مقاومت بر سر انتقال مواد فوتوسنتزی از محل ذخیره به دانه‌ها بودند.

نتیجه‌گیری: افزایش پایداری غشاء سلولی مکانسیمی تکاملی است که برخی ژنوتیپ‌ها بواسطه آن عملکرد خود را در شرایط تنش سرمایی تا حدودی حفظ می‌نمایند. این صفت به‌همراه قطر ساقه در نزدیکی طبق می‌تواند به‌عنوان شاخصی برای انتخاب لاین‌های اینبرد در نسل‌های در حال تفرق برای تحمل به شرایط دماهای پایین در کشت دوم آفتابگردان مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، کشت دوم، نشت الکترولیت، تحمل دماهای پایین

مقدمه

آفتابگردان گیاهی اقتصادی با محتوی روغن دانه حدود ۵۵ درصد می‌باشد (۴). روغن آفتابگردان چهارمین روغن خوراکی در مقیاس جهانی پس از سویا، کلزا و بادام‌زمینی است (۱۵). این گیاه سازگاری وسیعی با شرایط اقلیمی گوناگون داشته و به این لحاظ مورد توجه تولید کنندگان و همچنین به‌نژادگران در راستای افزایش عملکرد قرار گرفته است (۴۳).

جمعیت جهان با روند رو به افزایش خود نیازمند اتخاذ تمهیدات مؤثر برای تأمین مواد غذایی و انرژی می‌باشد. دانه‌های روغنی تأمین کننده بخش قابل توجهی از نیاز به انرژی می‌باشند. علاوه بر تأمین انرژی، روغن‌های خوراکی در ساختار غشاهای سلولی، تامین مواد و ترکیبات انتقال پیام، پیش‌ساز برخی ویتامین‌ها نیز نقش‌های مهمی ایفا می‌نمایند (۴۹). ایران درمصرف روغن‌های خوراکی، کشوری وابسته به واردات است به گونه‌ای که قریب ۸۵ درصد روغن خوراکی داخلی از طریق واردات تأمین می‌شود. این موضوع، با توجه به دخالت سیاست در تأمین و توزیع غذا در سطح جهان نیازمند افزایش تولید داخلی از طریق افزایش سطح زیر کشت و یا افزایش تولید در واحد سطح است. کشت و تولید آفتابگردان در ایران در سالیان گذشته دچار نوسانات وسیعی بوده است. سطح زیر کشت آفتابگردان روغنی در ایران از ۱۰۰ هزار هکتار در سال ۱۳۷۵ به ۱۰ هزار هکتار در سال ۱۴۰۰ رسیده است (۹،۱۰). آفتابگردان در ایران در مناطق سرد و معتدل به‌صورت کشت بهاره (کشت اول) و تابستانه (کشت دوم) و در مناطق گرمسیر جنوب به‌صورت پاییزه و زمستانه کشت می‌شود. گسترش حوزه کشت آفتابگردان به مناطقی که دارای محدودیت حرارتی می‌باشند، نیازمند انجام پژوهش‌هایی دقیق در شناسایی مولفه‌های تأثیرگذار در سازگاری و تحمل این گیاه به دماهای پایین است. آفتابگردان دارای قدرت سازگاری وسیع با انواع اقلیم‌ها می‌باشد. همین امر منجر به توسعه کشت آن در تقریباً تمامی نقاط دنیا (غیر از نواحی قطبی) شده است (۶). با این حال، پاسخ عملکردی هر ژنوتیپ به دماهای مختلف متفاوت است (۲۹). هرچند از دیر باز کشت آفتابگردان روغنی در ایران معطوف به دو سیستم کشت بهاره و تابستانه بوده است (۵،۳۰)، لیکن هیچ فعالیتی از اصلاح ارقام مخصوص برای این دو کشت گزارش نشده است. برای توسعه کشت آفتابگردان در مناطق سرد به‌صورت کشت بهاره، نیاز به ارزیابی تحمل به سرما در ژنوتیپ‌های مختلف و لاین‌های اینبرد تولید شده در برنامه‌های اصلاحی می‌باشد.

زمانی که گیاه در شرایط دمایی پایین قرار گیرد، تغییرات مورفولوژیکی، بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی و مولکولی متعددی به منظور غلبه بر اثرات زیانبار دماهای پایین در آن بوقوع

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.149]

می‌پیوندد (۱۷). بسته به مواجه شدن گیاه در مرحله رویشی و یا زایشی با دماهای پایین، نوع این تغییرات متفاوت است. دماهای پایین در مرحله رویشی با تأثیر منفی بر فتوسنتز (۱۹،۴۸)، اختلال در تقسیم کربن داخل گیاه (۴۵)، آسیب به بافت‌های فتوسنتز کننده (۴۴) و اختلال در ذخیره کربوهیدرات‌های غیرساختمانی[1] و در مرحله زایشی از طریق کاهش باروری گیاهان از مسیر اخلال در نمو لوله گرده و پرچم (۲۵) اثرات منفی خود را در تولید و عملکرد گیاهان بر جای می‌گذارند. با این حال، پاسخ‌های غیر وابسته به مراحل فنولوژیکی گیاه شامل تغییر در درجه اشباع اسیدهای چرب غشاء سلولی (۴۱)، کاهش پایداری غشاء (۱۸) القاء سیگنال‌های مولکولی برای فعال شدن ژن‌های دخیل در تحمل بافتی (۲۱) می‌باشند.

روش‌های گوناگونی مبتنی بر سنجش صفات بیوشیمیایی برای پیش‌بینی رفتار عملکردی و یا زنده‌مانی گیاهان در شرایط مواجهه با دماهای پایین گزارش شده است که از آن جمله می‌توان به اندازه‌گیری قندهای محلول (۴۷)، محتوی گلایسین بتایین (۳۲) و سنجش تغییرات متابولیت کل (۴۲،۴۶) اشاره نمود. این سنجش‌ها اغلب زمان‌بر و مستلزم صرف هزینه زیاد می‌باشند. بر اساس بررسی منابع موجود، روش ساده و معتبری برای این قبیل پیش‌بینی‌ها گزارش نشده است. در صورت شناسایی شاخص یا مجموعه صفات پیش بینی کننده پاسخ گیاه در دماهای پایین (مانند شرایط کشت دوم آفتابگردان)، می‌توان هم دراصلاح آفتابگردان در راستای تحمل به سرما گام برداشت و هم هزینه‌های شناسایی این گونه پاسخ ها را کاهش داد. این بررسی به‌منظور شناسایی و معرفی شاخصی که به آسانی قابل اندازه‌گیری بوده و در برنامه‌های اصلاحی گیاه آفتابگردان برای مقاصد کشت دوم مورد استفاده قرار گیرد انجام گردید.

مواد و روش‌ها

مشخصات آزمایش‌ها

آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۶ به‌ترتیب در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس و مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر با مشخصات هواشناختی، جغرافیایی و خاک شناسی ارایه شده در جدول ۱ انجام گرفت.

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی، جغرافیایی و خاک شناسی مناطق آزمایش

Table 1. Climatologic, geographic and pedology characteristics of the two experiment sites

Experiment location محل انجام آزمایش	Soil attributes خصوصیات خاک		Geographic coordinate مختصات جغرافیایی		Height from sea level (m) ارتفاع از سطح دریا (متر)	Average precipitation (mm) متوسط بارندگی سالیانه (میلی‌متر)	Temperature (°C) درجه حرارت (سانتی گراد)			
	Soil texture بافت خاک	pH اسیدیته	Longitude طول جغرافیایی	Latitude عرض جغرافیایی			Jul. تیر	Aug مرداد	Sep شهریور	Oct مهر
موسسه اصلاح بذر	Sandy clay loam لومی–رسی–شنی	8	51° 6’ west ۵۱درجه و ۶ دقیقه غربی	35° 49’ north ۳۵درجه و ۴۹ دقیقه شمالی	1313	243	26.2	34	23.5	16.4
دانشگاه تربیت مدرس	Sandy loam لومی–رسی	7.4	51° 10’ west ۵۱ درجه و ده دقیقه غربی	35° 44’ north ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه شمالی	1353	274.3	23.4	28.2	22.9	15.1

تیمارهای آزمایشی

هر آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. کرت‌های اصلی شامل تاریخ کاشت با دو سطح و کرت‌های فرعی شامل هشت ژنوتیپ آفتابگردان (جدول ۲) بود که از بخش تحقیقات دانه‌های روغنی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر فراهم گردیدند. هر کرت فرعی شامل ۴ ردیف به طول ۴ متر و فاصله بین ردیف ۴۵ سانتی‌متر بود. فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر درنظرگرفته شد. عملیات کاشت به روش جوی و پشته‌ای و با دست اجرا گردید.

جدول ۲- نام و نوع مواد ژنتیکی مورد استفاده در این بررسی

Table 2. Name and type of the genetic materials used in this investigation

Genotype Number شماره ژنوتیپ	Genetic material name نام ماده ژنتیکی	Attribute خصوصیت	Genotype Number شماره ژنوتیپ	Genetic material name نام ماده ژنتیکی	Attribute خصوصیت
1	BF 18143	Inbred line-B line اینبرد لاین–بی لاین	5	Farrokh فرخ	Hybrid Single cross هیبرید سینگل کراس
2	BF 81 196	Inbred line-B line اینبرد لاین–بی لاین	6	Ghasem قاسم	Hybrid Single cross هیبرید سینگل کراس
3	M-289	Inbred line-Mutant line اینبرد لاین–لاین موتانت	7	Bline 1221	Hybrid Single cross اینبرد لاین–بی لاین
4	B line19	B line- Hybrid Azargol mother line بی لاین–والد مادری هیبرید آذرگل	8	Azargol آذرگل	Hybrid Single cross هیبرید سینگل کراس

1-Non-structural carbohydrates

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.149]

بر اساس آمار بیست ساله هواشناسی، تاریخ‌های کاشت به گونه‌ای انتخاب شدند که زمان شروع گرده افشانی با دماهای ۲۵ و ۱۵ درجه‌سانتی‌گراد مواجه شود. برای این منظور در سال اول (۱۳۹۳) کشت اول در تاریخ ۱۷ تیر و کشت دوم در تاریخ ۷ مرداد صورت گرفت. به علت تغییرات دمایی ناگهانی و یخبندان زودرس پاییزه، حصول دماهای مذکور در زمان گرده افشانی در سال های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ میسر نگردید. لیکن با توجه به شرایط سال ۱۳۹۶ هر کدام از سیستم‌های کشت‌های اول و دوم در یک دامنه ۲۰ روزه به فواصل پنج روز یک‌بار انجام شد. برای مثال سیستم تاریخ کاشت اول در اول تیر، پنجم تیر، دهم تیر و ۱۵ تیر ماه انجام شد. به‌همین منوال سیستم تاریخ کاشت دوم در۲۵ تیر، ۳۰ تیر، پنج مرداد و ۱۰ مرداد انجام شد. بنابراین در سال ۱۳۹۶ امکان حصول دماهای ۲ ± ۲۵ و ۳ ± ۱۵ درجه سانتی‌گراد در زمان پرشدن دانه فراهم گردید. کشت متوالی ژنوتیپ‌ها در زمان‌های مختلف، امکان مواجهه ژنوتیپ‌هایی با مراحل مختلف فنولوژیک با دماهای تقریبا یکسان را در مرحله شروع گرده افشانی برای تاریخ کاشت اول و دوم فراهم نمود.

در طی فصل رشد، عملیات داشت مطابق دستورالعمل‌های فنی (کوددهی مطابق آزمایش تجزیه خاک و مبارزه با علف‌های هرز به روش دستی) انجام گرفت. پس از اتمام گرده افشانی در هر طبق، کل طبق به‌منظور جلوگیری از خسارت پرندگان با کاغذ روزنامه پوشانده شد.

اندازه گیری صفات

اندازه‌گیری صفات روی تعداد چهار بوته در حال رقابت از هر کرت فرعی انجام شد و در نهایت میانگین حسابی آن‌ها به‌عنوان ارزش صفت برای تک بوته مورد استفاده قرار گرفت. وزن خشک ساقه، برگ، دانه و طبق به کمک آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و تا زمان رسیدن به وزن ثابت تعیین شد. همچنین سطح تمامی برگ‌های هر بوته به کمک دستگاه Licor 3100 - USA اندازه‌گیری گردید. عملکرد دانه تک بوته با تعیین وزن خشک دانه‌های طبق چهار بوته در حال رقابت از هر کرت و محاسبه میانگین حسابی آن‌ها تعیین شد. قطر طبق به کمک خط کش و در شروع مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بر حسب سانتی متر اندازه‌گیری شد. قطر ساقه در زمان شروع گرده افشانی در هر بوته و در سه قسمت بالای ساقه در نزدیکی طبق، وسط بوته و پایین بوته در نزدیکی سطح خاک به کمک کولیس بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری گردید. انتقال مجدد مواد فوتوسنتزی (که از این پس مختصرا انتقال مجدد نامیده می‌شود) از کف طبق و ساقه به سوی دانه‌ها از طریق تفاضل حداکثر وزن این اندام‌ها در زمان شروع انتقال مواد فوتوسنتزی و وزن خشک آن‌ها در زمان رسیدگی فیزیولوژیک محاسبه گردید (۸). برای تعیین زمان شروع انتقال مواد فوتوسنتزی از ساقه و کف طبق به دانه‌ها، منحنی تغییرات مقدار نشاسته از پشت طبق و نیز سه گره بالایی ساقه آفتابگردان، مطابق روش شلیگل (۳۹) ترسیم گردید. اندازه‌گیری نشت الکترولیت بافت پشت طبق با استفاده از روش برتین و همکاران (۲) انجام شد. به طور خلاصه، نمونه بافتی داخل فالکون حاوی ۲۰cc آب دو بار تقطیر در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ساعت روی دستگاه شیکر قرار گرفته و سپس هدایت الکتریکی آب اندازه‌گیری شد. آن‌گاه فالکون حاوی آب دو بار تقطیر و نمونه‌های بافتی به حمام آب گرم (بن‌ماری) دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۵ دقیقه منتقل گردید و در پایان هدایت الکتریکی محلول اندازه‌گیری شد. نسبت هدایت الکتریکی در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به هدایت الکتریکی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌عنوان نشت الکترولیت بافت مورد نظر در نظر گرفته شد.

تجزیه‌های آماری و رسم نمودارها

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین به کمک نرم افزار MSTATC انجام گرفت. برای تجزیه مرکب داده‌ها نخست آزمون بارتلت برای ارزیابی یکنواختی واریانس خطای دو آزمایش انجام گرفت. تجزیه همبستگی دوگانه و تجزیه رگرسیون به کمک نرم افزار SPSSنسخه ۲۵ و تجزیه به مولفه‌های اصلی به کمک نرم افزار MiniTab نسخه ۱۸ انجام شد. نمودار مقایسه میانگین به کمک نرم افزار SigmaPlot نسخه ۶ و ترسیم نمودار مولفه‌های اول و دوم به کمک نرم افزار MiniTab نسخه ۱۸ انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها

نتایج تجزیه واریانس مرکب با هشت ژنوتیپ و دو تاریخ کاشت به صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در جدول ۱ ارایه شده است.

اثر سه گانه آزمایش × تاریخ کاشت × ژنوتیپ برای کلیه‌ی صفات به غیر از انتقال مجدد از ساقه غیر معنی‌دار بود (p-value>۰/۰۵). هم‌چنین اثرات متقابل ژنوتیپ × تاریخ کاشت و ژنوتیپ × آزمایش برای صفات نشت الکترولیت و عملکرد دانه تک بوته معنی‌دار نبود. بنابراین، مقایسه میانگین این دو صفت برای کشت اول و کشت دوم انجام گرفت (شکل ۱،۲).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.149]

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس مرکب برخی صفات برای ژنوتیپ‌های مختلف آفتابگردان در دو تاریخ کاشت

Table 3. Combined analysis of variance on some traits of sunflower genotypes in two planting dates

منابع تغییر SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squares						
		وزن خشک طبق در زمان گرده افشانی Capitulum dry weight at anthesis	وزن خشک طبق در زمان رسیدن Capitulum dry weight at maturity	وزن خشک ساقه در زمان گرده افشانی Stem dry weight at anthesis	وزن خشک ساقه در زمان رسیدن Stem dry weight at maturity	وزن خشک برگ در زمان گرده افشانی Leaf dry weight at anthesis	عملکرد دانه تک بوته Grain yield per plant
آزمایش Experiment (EXP)	1	222.8	3.6	127.9^{ns}	4^{ns}	236.2^{ns}	8.5^{ns}
تکرار داخل آزمایش Rep/Exp	4	131.3	45.1	18.1	0.3	14.5	71.9
تاریخ کاشت Planting date (PD)	1	870.7	726.2**	352.2^{ns}	6.6ns	237.2^{ns}	5183.2**
آزمایش× تاریخ کاشت Exp x PD	1	1	59.7	4.36^{ns}	0.2^{ns}	3.9^{ns}	0.6^{ns}
خطای ۱ Error 1	4	62.3	27.6	35.4	0.001	14.3	48.3
ژنوتیپ Genotype (G)	7	85.7*	23.4**	63.4**	15**	42.6**	1093.6**
ژنوتیپ × آزمایش G x EXP	7	31.4	18.4**	19.2**	5.2**	5.6^{ns}	14.4^{ns}
ژنوتیپ× تاریخ کاشت G x PD	7	21.1	23.2**	8.5**	3^{ns}	1.8^{ns}	38.8^{ns}
آزمایش× تاریخ کاشت × ژنوتیپ EXP x G x PD	7	16.4^{ns}	15.5^{ns}	2.3^{ns}	0.5^{ns}	0.102^{ns}	19.6^{ns}
Error 2	54	11.1	6.13	2.3	0.0002	3	18.8
ضریب تغییرات (درصد) CV(%)		45.94	17.02	20.02	25.14	25.34	20.51

* و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ درصد می‌باشد. ns به معنی اثرات غیر معنی‌دار در سطح۰/۰۵ است

* and ** indicates significant effects at 0.05 and 0.01 percent, respectively. Ns stands for non-significant at 0.05

ادامه جدول ۳

Continued Table 3.

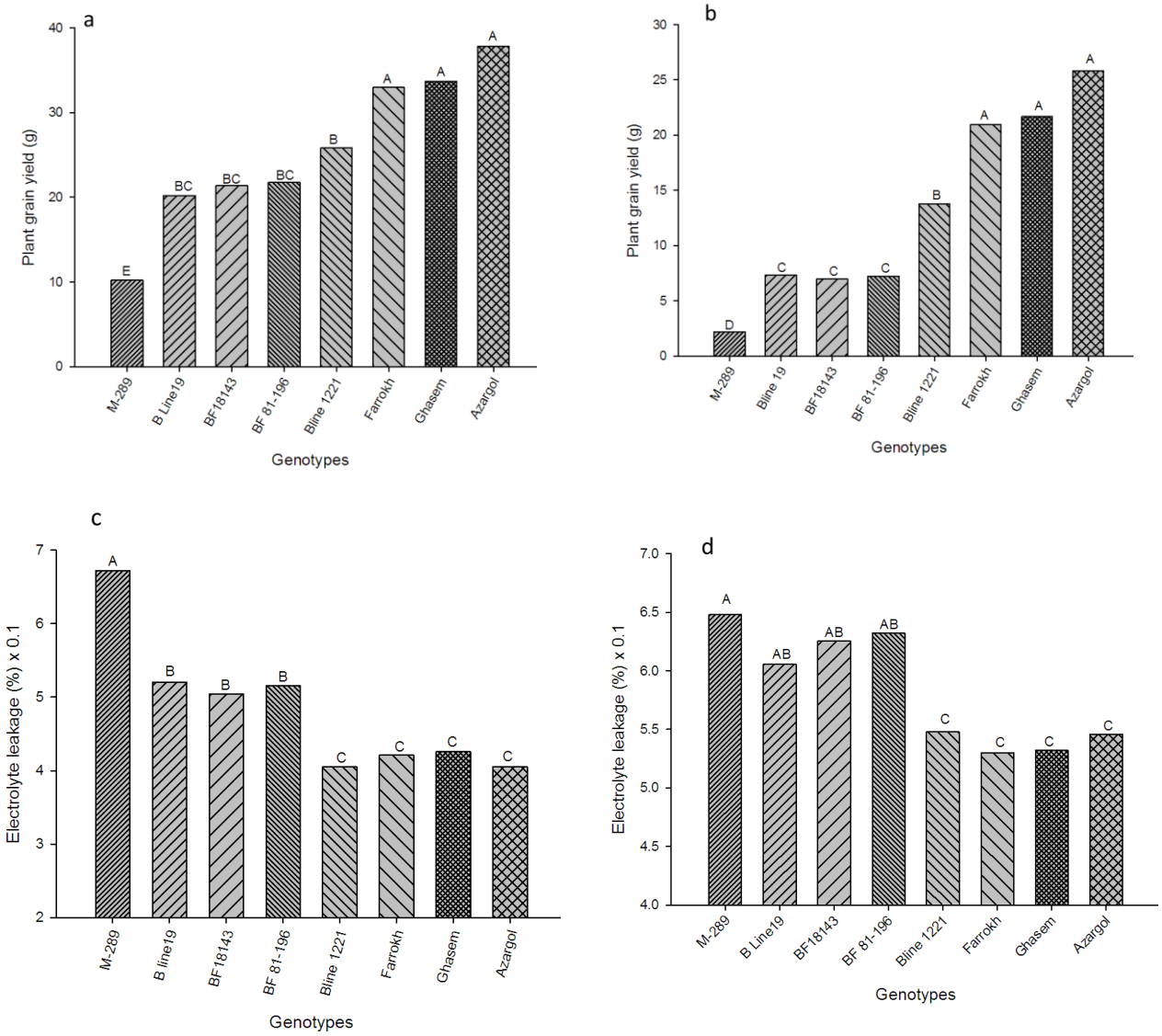
منابع تغییر SOV	درجه آزادی df	مجموع مربعات Mean of Squares							
		وزن هزار دانه 1000 seed weight	نشت الکترولیت Electrolyte leakage	قطر طبق Capitulum diameter	انتقال مجدد از طبق Capitulum remobilization	انتقال مجدد از ساقه Stem remobilization	قطر ساقه نزدیک طبق Stem diameter near the	قطر ساقه وسط بوته Stem diameter at middle	قطر ساقه در نزدیکی زمین Stem diameter at ground surface
آزمایش Experiment (EXP)	1	21.7^{ns}	6125.5**	77.5^{ns}	282.8*	24.7**	14.1**	0.0003^{ns}	19.2**
تکرار داخل آزمایش Rep/Exp	4	3.3	133.5	40.3	31.7	0.4	17.6	2.3	6.1*
تاریخ کاشت Planting date (PD)	1	21.1^{ns}	3728.8^{ns}	59.8^{ns}	4.2^{ns}	3.6**	232.6**	422.6**	407.6**
آزمایش× تاریخ کاشت Exp x PD	1	76.6**	159.9^{ns}	80.1*	76.1*	5.4**	0.3^{ns}	0.0002^{ns}	0.4^{ns}
خطای ۱ Error 1	4	1.1	193.7	4.7	7.2	0.1	0.4	0.1	0.4
ژنوتیپ Genotype (G)	7	38.2**	428.8^{ns}	17.6**	23.6**	2.6**	14.7**	4.5**	31.3**
ژنوتیپ × آزمایش G x EXP	7	5.4^{ns}	72.9^{ns}	6**	6.9*	2**	0.0006^{ns}	0.004^{ns}	0.002^{ns}
ژنوتیپ× تاریخ کاشت G x PD	7	6.2^{ns}	1441^{ns}	4.2^{ns}	3.1^{ns}	0.3**	25.6**	16.3**	16.9**
آزمایش× تاریخ کاشت × ژنوتیپ EXP x G x PD	7	0.9^{ns}	98.4^{ns}	1.7^{ns}	5.7^{ns}	0.4**	0.0004^{ns}	0.0005^{ns}	0.0002^{ns}
Error 2	54	2.9	54.8	1.6	2.3	0.0001	1.3	0.9	1.5
ضریب تغییرات (درصد) CV(%)		26.4	13.83	9.3	24.05	3.24	9.94	9.27	9.68

* و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ درصد می‌باشد. ns به معنی اثرات غیر معنی دار در سطح ۰/۰۵ است

* and ** indicates significant effects at 0.05 and 0.01 percent, respectively. Ns stands for non-significant at 0.05

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

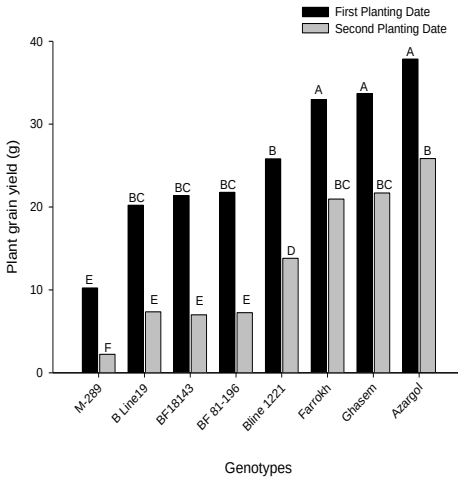
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.149]



شکل ۱- مقایسه میانگین صفات عملکرد دانه تک بوته در کشت اول (a) و کشت دوم (b)، نشت الکترولیت در کشت اول (c) و کشت دوم (d) برای هشت ژنوتیپ آفتابگردان
مقایسه میانگین به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گردید. در هر شکل، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند فاقد تفاوت معنی داری در سطح ۰/۰۵ می‌باشند

Figure 1. Mean comparison of plant grain yield in the first planting date (a) and the second planting date (b), electrolyte leakage in the first (c) and the second planting date (d), for eight sunflower genotypes.
Mean comparison was performed using Duncan Multiple Range Test. In each panel, means having at least one common letter are not significant at 0.05 levels

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.149]



شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه تک بوته در در دو تاریخ کاشت طی دو آزمایش برای هشت ژنوتیپ آفتابگردان. مقایسه میانگین به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گردید. میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند فاقد تفاوت معنی داری در سطح ۰/۰۵ می‌باشند

Figure 2. Mean comparison of plant grain yield in both planting dates over two experiments for eight sunflower genotypes. Mean comparison was performed using Duncan Multiple Range Test. Means having at least one common letter are not significant at 0.05 level

بر اساس نتایج شکل ۱ در هر دو تاریخ کاشت، عملکرد دانه سه هیبرید آذرگل، فرخ و قاسم با یکدیگر معنی‌دار نبوده لیکن کاهش معنی‌داری در مقادیر عملکرد دانه تک‌بوته در کشت دوم نسبت به کشت اول مشاهده شد (شکل ۲). کاهش عملکرد دانه آفتابگردان در کشت دوم نسبت به کشت اول توسط میرزایی و همکاران(۲۹) گزارش شده است. در هر دو تاریخ کاشت، عملکرد دانه لاین اینبرد M-289 به طور معنی‌داری کمتر از سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی بود و سه هیبرید آذرگل، قاسم و فرخ دارای بیشترین عملکرد دانه بودند. در کشت اول، ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه به سه گروه معنی‌داری تقسیم شدند: هیبریدها، لاین M-289 و سایر لاین‌های اینبرد. اما، در کشت دوم این گروه‌بندی به چهار گروه معنی‌داری تغییر یافت: هیبریدها، لاین اینبرد Bline 1221، لاین M-289 و سایر لاین‌های اینبرد. از نظر صفت نشت الکترولیت، ژنوتیپ‌ها در کشت اول به سه گروه معنی‌داری و در کشت دوم به دو گروه تقسیم شدند. در کشت اول لاین M-289 به طور معنی‌داری دارای بالاترین مقدار نشت الکترولیت بود، هیبریدها و لاین اینبرد Bline 1221 دارای کمترین مقدار و سایر لاین‌ها با قرارگرفتن در یک گروه، دارای مقدار حد واسط این صفت بودند. در کشت دوم مجددا هیبریدها و لاین اینبرد Bline 1221 با مقدار غیرمعنی‌دار نشت الکترولیت نسبت به یکدیگر دارای کمترین مقدار این صفت بودند و سایر ژنوتیپ‌ها دارای مقادیر مشابه و بالاتری از نظر این صفت بودند. ارتباط منفی بین صفت نشت الکترولیت با عملکرد دانه توسط موسوی‌فر (۳۱) گزارش شده است.

دماهای پایین باعث متمایز شدن رفتار عملکردی لاین اینبرد Bline 1221 از سایر لاین‌های اینبرد گردید. بنابراین، مشاهده رفتار عملکرد نسبی لاین‌ها در شرایط کشت نرمال نمی‌تواند به تنهایی برای پیش‌بینی رفتار عملکردی آن‌ها در دماهای پایین‌تر مورد استفاده قرار گیرد و بنابراین بایستی از ترکیبی از صفات منطقی برای این گونه از پیش‌بینی‌ها استفاده نمود.

خویش‌آمیزی باعث پسروی در قدرت عمومی گیاه و عملکرد می‌شود (۳) و هیبریدهای تجاری بواسطه هتروزیس دارای برتری عملکردی نسبت به لاین‌های اینبرد می‌باشند (۲۳) قرارگیری لاین اینبرد Bline 1221 در گروهی متمایز از هیبریدهای آزمایشی قابل انتظار بود لیکن برتری نسبی عملکرد این لاین در مقایسه با سایر لاین‌های اینبرد در کشت دوم و نیز رفتار متمایز این لاین از نظر نشت الکترولیت در مقایسه با سایر لاین‌های اینبرد در کشت اول، امکان استفاده از صفت نشت الکترولیت برای پیشگویی رفتار عملکردی لاین‌های آفتابگردان در شرایط دماهای پایین را تقویت می‌نماید.

تجزیه همبستگی

همبستگی بین صفات در کشت اول

نتایج تجزیه همبستگی بین صفات مرتبط با تولید، انتقال و ذخیره ماده خشک و نیز نشت الکترولیت در کف طبق در زمان گرده افشانی در تاریخ کاشت اول در جدول ۴ ارائه شده است. بر این اساس در کشت اول همبستگی معنی‌داری بین عملکرد دانه با قطر ساقه در نزدیکی طبق (r=۰/۷۳) و نشت الکترولیت (r= -۰/۷۵) مشاهده گردید. وزن خشک طبق در زمان گرده افشانی دارای همبستگی مثبت و معنی داری با وزن خشک ساقه در زمان گرده افشانی (r=./۹۱) و رسیدگی فیزیولوژیک بود (r= ۰/۷۶). همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین این صفت با عملکرد دانه (r= ۰/۷۶)، قطر طبق (r= ۰/۸۴)، انتقال مجدد از طبق (r=۰/۹۳) و قطر ساقه در نزدیکی طبق (r=۰/۷۴) مشاهده گردید. علاوه بر این، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین انتقال مجدد از ساقه (r=۰/۷۶) و طبق (r= ۰/۹۰) با عملکرد دانه وجود داشت. قطر

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.149]

ساقه در نزدیکی طبق دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با وزن خشک طبق در زمان گرده افشانی (r= ۰/۷۴)، عملکرد دانه (r=۰/۷۸) و قطر طبق (r=۰/۷۳) بود. ارتباط بین قطر ساقه و عملکرد دانه در گوجه فرنگی (۲۸) و گلرنگ (۱۱) گزارش شده است. این ارتباط احتمالا به علت تاثیر قطر ساقه بر مقاومت در برابر حرکت شیره پرورده می‌باشد. آفتابگردان بر خلاف گوجه فرنگی و گلرنگ دارای یک مخزن متمرکز (طبق) می‌باشد، و از آن‌جا که مهم‌ترین قسمت ساقه به لحاظ انتقال مواد فتوسنتزی به مخزن، نزدیک‌ترین ناحیه به مخزن است، مشاهده همبستگی معنی‌دار عملکرد دانه با قطر ساقه در نزدیکی طبق قابل توجیه است. همبستگی مثبت معنی‌دار بین وزن طبق در شروع گرده افشانی و عملکرد دانه گویای سهم موثر مواد فتوسنتزی ذخیره شده در کف طبق قبل از گرده افشانی است. این موضوع در همبستگی بالا و معنی‌دار بین انتقال مجدد از کف طبق با عملکرد دانه نمایان شده است. موضوع فوق در تحقیقات پریرا و همکاران (۳۵) نیز مورد تاکید قرار گرفته است. قطر طبق به لحاظ رابطه معنی‌داری که با تعداد دانه روی طبق دارد به‌عنوان یکی از اجزای عملکرد دانه آفتابگردان مطرح می‌باشد (۲۰). به همین دلیل همبستگی مثبت و معنی‌دار بین قطر طبق و انتقال مجدد از کف طبق به سوی دانه‌ها گویای نقش مهم مواد فتوسنتزی ذخیره شده در کف طبق در پر شدن دانه ها می‌باشد. موضوع ایفای نقش مخزن موقت توسط کف طبق آفتابگردان در تحقیقات پریرا و همکاران (۳۵) مورد تاکید قرار گرفته است. رابطه همبستگی بین انتقال مجدد از ساقه با عملکرد دانه معنی‌دار و مقدار این همبستگی کمتر از همبستگی بین انتقال مجدد از کف طبق با عملکرد دانه بود. نقش بیشتر انتقال مجدد از کف طبق نسبت به انتقال مجدد از ساقه در شکل‌گیری عملکرد توسط رفیعی و همکاران (۳۶) نیز بیان شده است. در کشت اول، ارتباطی بین نشت الکترولیت و عملکرد دانه مشاهده نگردید. به عبارت دیگر، در تاریخ کشت نرمال، از آن‌جا که تهدیدی از جنس تنش‌های غیرزیستی گیاه را با خطر مواجه نمی کند، نیازی به اتخاذ تمهیدات خاص از سوی گیاه برای جبران اثرات تنش در سطح پایداری غشاء سلولی وجود نداشته است. با این حال، تنوع مشاهده شده بین مقدار نشت الکترولیت در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، می‌تواند انعکاسی از سطوح مختلف آمادگی ژنوتیپ‌ها در برابر تنش‌های غیر زیستی بالقوه باشد.

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه گیری شده در کشت اول در ژنوتیپ‌های مختلف آفتابگردان
Table 4. Correlation coefficient of the measured traits in the first planting dates over various sunflower genotypes

صفات Traits	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
۱-وزن خشک طبق در گرده افشانی-1 Capiul dry weight at anthesis	0.91**	0.82*	0.76*	0.65	0.76*	0.54	0.06	0.84**	0.93**	0.63	0.74*	-0.12	0.36
۲- وزن خشک ساقه در گرده افشانی 2-Stem dry weight at anthesis	1	0.84**	0.84**	0.64	0.46	0.44	-0.6	0.72*	0.69	0.66	0.18	-0.32	-0.35
۳- وزن خشک طبق در زمان رسیدن 3-Capitulum dry weight at maturity		1	0.99**	0.93**	0.52	0.73*	0.22	0.89**	0.67	0.8*	0.35	-0.17	-0.02
۴- وزن خشک ساقه در زمان رسیدن 4-Stem dry weight at maturity			1	0.92**	0.42	0.71	0.24	0.88**	0.59	0.74*	0.22	-0.23	-0.02
4- وزن خشک برگ در گرده افشانی 5-Leaf dry weight at anthesis				1	0.55	0.9**	0.15	0.84**	0.56	0.7	0.36	-0.16	0.07
۵-وزن خشگ برگ در گرده افشانی 6-Grain yield					1	0.66	0.05	0.67	0.9**	0.76*	0.78*	0.23	-.11
۶-عملکرد دانه 7-1000 seed weight						1	0.04	0.73*	0.54	0.53	0.5	0.08	0.17
۸-نشت یونی 8-Electrolyte leakage							1	0.17	0.15	0.41	0.15	0.43	0.49
۸-نشت الکترولیت 9-Capitulum diameter								1	0.82*	0.79*	0.73*	-0.09	-0.16
۹-قطر طبق 10-Capitulum remobilization									1	0.85**	0.6	0.07	-0.31
۱۰-انتقال مجدد از طبق 11-Stem remobilization										1	0.59	0.04	-0.05
۱۱-انتقال مجدد از ساقه 12-Stem diameter near the capitulum											1	0.64	0.4
۱۲-قطر ساقه نزدیک طبق 13-Stem diameter at the middle												1	0.75*
۱۳-قطر ساقه در وسط بوته 14-Stem diameter near the ground level													1
۱۴- قطر ساقه نزدیک سطح زمین													

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح ۰/۰۵ و ۰/۰۱

*and ** are significant at the 0.05 and 0.01 levels, respectively

همبستگی بین صفات در کشت دوم

در کشت دوم، زمانی که گرده افشانی ژنوتیپ‌ها با دمای حدود ۱۵ درجه سانتی گراد مواجه گردید، روابط فیزیولوژیک بین اجزای موثر در نقل و انتقالات شیره پرورده نسبت به کشت اول دچار تغییراتی گردید (جدول ۵). برای مثال همبستگی بین عملکرد دانه با نشت الکترولیت معنی‌دار و منفی و با قطر ساقه در نزدیکی طبق غیر معنی‌دار بود (به ترتیب r=-۰/۷۶ و r=-۰/۱۹). با این حال قطر ساقه در وسط

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.149]

(r=-۰/۷۵) و پایین گیاه (r=-۰/۷۱) دارای رابطه منفی معنی‌دار با عملکرد دانه بودند. همبستگی بین عملکرد دانه در کشت دوم با نشت الکترولیت و نیز قطر ساقه در نزدیکی طبق به‌ترتیب معنی‌دار منفی (r=-۰/۷۶) و غیرمعنی‌دار (r=-۰/۱۹) بود.برخلاف شرایط کشت اول، در کشت دوم همبستگی معنی‌داری بین وزن هزار دانه و عملکرد دانه (r=۰/۹۴) مشاهده گردید. به نظر می‌رسد که در شرایط دماهای پایین، نوعی تغییر وابسته به ژنوتیپ در اختصاص مواد فتوسنتزی وجود دارد که بروز آن در همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه و وزن هزار دانه نمایان شده است. این موضوع با مشاهده عدم همبستگی عملکرد دانه با قطر ساقه در نزدیکی طبق (r=-۰/۱۹) و متقابلا همبستگی‌های منفی و معنی‌دار بین عملکرد دانه با قطر ساقه در وسط (r=-۰/۷۵) و پایین بوته (r=-۰/۷۱) در توافق است. همچنین ارتباط منفی و معنی‌داری بین انتقال مجدد از ساقه (r=-۰/۷۸) و کف طبق (r=-۰/۸۲) با قطر ساقه در پایین گیاه مشاهده گردید. به نظر می‌رسد که در شرایط دمایی پایین، برای حفظ بقای بیولوژیک بوته، توزیع مواد فتوسنتزی به ریشه قوت یافته و به این دلیل ارتباط قطر ساقه در پایین گیاه (نزدیک‌ترین قسمت ساقه به ریشه) با مولفه‌های انتقال مجدد به دانه منفی و معنی‌دار است.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه گیری شده در کشت دوم در ژنوتیپ‌های مختلف آفتابگردان
Table 5. Correlation coefficient of the measured traits in the second planting dates over various sunflower genotypes

14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	صفات Traits
-0.71*	-0.84**	-0.1	0.8*	0.71*	0.8*	-0.82*	0.92**	0.93**	0.34	0.36	0.59	0.91**	۱-وزن خشک طبق در گرده افشانی 1-Capiul dry weight at anthesis
-0.46	-0.82*	0.01	0.57	0.41	0.49	-0.74*	0.74*	0.76*	0.01	0.22	0.4	1	۲- وزن خشک ساقه در گرده افشانی 2-Stem dry weight at anthesis
-0.21	-0.27	-0.05	0.81*	0.67	0.7	-0.43	0.51	0.51	0.63	0.9**	1		۳- وزن خشک طبق در زمان رسیدن 3-Capitulum dry weight at maturity
-0.26	0	0.24	0.6	0.42	0.5	-0.14	0.32	0.3	0.64	1			۴- وزن خشک ساقه در زمان رسیدن 4-Stem dr weight at maturity
-0.29	-0.16	-0.18	0.65	0.73*	0.73*	-0.34	0.54	0.47	1				۵- وزن خشک برگ در گرده افشانی 5-Leaf dry weight at anthesis
-0.71	-0.75*	-0.19	0.85**	0.83*	0.91**	-0.76*	0.94**	1					۶- عملکرد دانه 6-Grain yield
-0.65	-0.79*	-0.13	0.81*	0.84**	0.9**	-0.74*	1						۷-وزن هزار دانه 7-1000 seeds weight
0.57	0.88**	0.32	-0.58	-0.63	-0.6	1							۸-نشت یونی 8-Electrolyte leakage
-0.78*	-0.56	-0.27	0.93**	0.97**	1								۹-قطر طبق 9-Capitulum diameter
-0.82*	-0.53	-0.23	0.86**	1									۱۰-انتقال مجدد از طبق 10-Capitulum remobilization
-0.78*	-0.6	-0.39	1										۱۱-انتقال مجدد ازساقه 11-Stem remobilization
0.38	0.28	1											۱۲-قطر ساقه نزدیک طبق 12-Stem diameter near the capitulum
0.52	1												۱۳-قطر ساقه وسط بوته 13-Stem diameter at the middle
1													۱۴-قطر ساقه در نزدیکی زمین 14-Stem diameter near the ground level

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح ۰/۰۵ و ۰/۰۱

*and ** are significant at the 0.05 and 0.01 levels, respectively

نقش موثر انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از محل‌های ذخیره موقت مانند گره‌های ساقه (۲۲)، چوب بلال (۲۴) و کف طبق (۳۵) به سوی دانه‌های در حال پر شدن در شرایط تنش خشکی پیشتر گزارش شده است. با این حال در شرایط دماهای پایین، پاسخ فیزیولوژیک گیاه برای گذراندن دوره سرما، انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر به سوی طوقه و یا ریشه می‌باشد (۳۸). این پاسخ فیزیولوژیک و تکاملی در گیاهانی که دارای زمستان‌گذرانی هستند، مشاهده می‌شود (۳۴). اغلب گیاهان زراعی ماهیت چند ساله دارند؛ به این معنی که اگر شرایط محیطی عامل محدودکننده رشد و تسریع پیری

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.149]

نباشند، گیاه قادر به ادامه رشد، و یا در صورت وجود ذخیره غذایی کافی در ریشه و یا طوقه، برای تامین شرایط زمستان گذارنی، رشد مجدد در سال بعد خواهد بود (۷). در دماهای پایین، نشت الکترولیت نمونه‌های کف طبق با بسیاری از صفات مرتبط با عملکرد و تجمع ماده خشک نظیر وزن خشک طبق در زمان گرده افشانی، وزن خشک ساقه در زمان گرده افشانی، عملکرد دانه و وزن هزار دانه دارای همبستگی منفی و معنی‌داری بود. پریرا و همکاران (۳۵) به نقش مهم بافت کف طبق به‌عنوان یک مخزن موقت در مسیر انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌های در حال پر شدن در آفتابگردان اشاره نموده اند. از سوی دیگر نقش مخرب دماهای پایین در کاهش انعطاف‌پذیری غشای سلولی و کاهش پایداری آن که به صورت افزایش نشت الکترولیت بروز می‌نماید، در گیاهان مختلف به اثبات رسیده است. بنابراین، صرف نظر از اثر دمای پایین بر کاهش فتوسنتز و نیز تغییر محل اختصاص مواد فتوسنتزی (از دانه به ریشه و طوقه)، کاهش پایداری بیولوژیک بافت مخزن (کف طبق) نیز اثرات منفی بر عملکرد گیاه آفتابگردان دارد.

دماهای پایین باعث افزایش نشت الکترولیت در گیاهان می‌شود (۲۶). آسیب به ساختار غشا سلولی باعث تخریب سلول و در نهایت اضمحلال بافت می‌شود. وقوع دماهای پایین در مراحل مختلف رشد زایشی سبب آسیب به بافت گل (۴۰)، تخریب ساختارهای ذخیره مواد فتوسنتزی و اختلال در انتقال مواد فتوسنتزی به دانه (۳۳) می‌شود. بنابراین، مقاومت در برابر آسیب غشاء سلولی که با شاخص نشت الکترولیت سنجیده می‌شود، می‌تواند معیاری از تحمل به دماهای پایین باشد.

همبستگی بین صفات در کشت اول با کشت دوم

نتایج تجزیه همبستگی بین صفات مرتبط با تولید، انتقال و ذخیره ماده خشک و نیز نشت الکترولیت در کف طبق در زمان گرده افشانی در تاریخ کاشت اول با همان صفات در تاریخ کاشت دوم در جدول ۶ ارائه شده است. بر اساس این نتایج، قطر ساقه در نزدیکی طبق در تاریخ کشت اول با صفات وزن خشک طبق (r=۰/۷۶) و ساقه در زمان گرده افشانی (r=۰/۷۷)، عملکرد دانه (r=۰/۷۸)، وزن هزار دانه (r=۰/۸۳) و انتقال مجدد از طبق به دانه در کشت دوم (r=۰/۷۵) دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار و با نشت الکترولیت در کشت دوم دارای همبستگی منفی و معنی‌دار (r=۰/۷۳) بود. نشت الکترولیت در تاریخ کاشت اول دارای همبستگی منفی و معنی‌داری با وزن خشک طبق در زمان گرده افشانی (r=-۰/۷۵)، عملکرد دانه (r=-۰/۹۳) و قطر طبق (r=-۰/۷۴)در تاریخ کاشت دوم بود.

تجزیه رگرسیون

برای تعیین وجود ارتباط علت و معلولی بین برخی صفات اندازه‌گیری شده در شرایط کشت نرمال و صفات مرتبط با عملکرد در شرایط کشت دوم، از رگرسیون گام به گام عملکرد کشت دوم روی برخی صفات موثر در عملکرد در کشت اول استفاده شد.

مدل نهایی با ضریب تبیین تصحیح شده ۰/۷۶۱ حاوی سه متغییر مستقل بود. ضرایب رگرسیون عادی و استاندارد شده این مدل و نیز آماره هم‌خطی VIF[1] در جدول ۷ ارائه شده است. نتایج تجزیه رگرسیونی حاکی از ارتباط بین صفات وزن خشک طبق در زمان رسیدگی، قطر ساقه در نزدیکی طبق و نشت الکترولیت در کشت اول با عملکرد دانه در کشت دوم بود. بر اساس نتایج این تجزیه رگرسیونی، بیشترین اثر متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته به ترتیب مربوط به قطر بالای ساقه در کشت اول، وزن خشک طبق در زمان رسیدگی در کشت اول با اثرات مثبت و در خصوص نشت یونی در کشت اول با اثر منفی بود. آماره هم خطی VIF برای ضرایب رگرسیونی کمتر از ۵ بود که نشان از ناچیز بودن هم‌خطی بین متغیرهای موجود در مدل و اعتبار مقادیر برآورد شده ضرایب می‌باشد.

از تجزیه رگرسیونی گام به گام برای تعیین روابط علت و معلولی بین صفات مختلف با عملکرد دانه در گیاهان مختلف استفاده شده است (۱،۲۷،۳۷). در آفتابگردان تجزیه رگرسیونی منجر به معرفی قطر طبق و ارتفاع بوته به‌عنوان صفات تاثیرگذار با اثر مثبت بر عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال شده است. همچنین صفات قطر طبق، عرض برگ با اثر مثبت و طول دمبرگ با اثر منفی به‌عنوان صفات تاثیر گذار بر عملکرد دانه آفتابگردان در شرایط خشکی معرفی شده‌اند (۱۲).

1-Variance Inflation Factor

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.149]

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه گیری شده در کشت اول و کشت دوم در ژنوتیپ‌های مختلف آفتابگردان

Table 6. Correlation coefficient of the measured traits in the first and second planting dates over various sunflower genotypes

صفات کشت دوم Traits in first planting date	صفات کشت اول Traits in second planting date													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
۱- وزن خشک طبق در گرده افشانی 1- Capiul dry weight at anthesis	0.44	0.44	0.2	-0.28	0.3	0.45	0.75*	-0.75*	0.05	0.47	0.48	0.76*	0.78*	0.23
۲- وزن خشک ساقه در گرده افشانی 2- Stem dry weight at anthesis	0.41	0.79**	0.22	0.21	0.66	0.66	0.42	-0.32	0.05	0.51	0.54	0.77*	0.45	-0.16
۳- وزن خشک طبق در زمان رسیدن 3- Capitulum dry weight at maturity	0.54	-0.13	0.82**	-0.61	-0.24	0.01	0.46	-0.66	0.06	0.1	0.16	0.39	0.4	0.32
۴- وزن خشک ساقه در زمان رسیدن 4- Stem dr weight at maturity	0.31	0.5	0.71*	0.21	0.55	0.46	-0.05	0.57	-0.08	0.31	-0.01	0.14	-0.18	-0.4
۵- وزن خشک برگ در گرده افشانی 5-Leaf dry weight at anthesis	0.4	0.7	0.7*	0.14	0.59	0.77*	0.54	0.42	-0.39	0.49	0.37	0.47	0.39	0.08
۶- عملکرد دانه 6- Grain yield	0.78*	0.49	0.58	0.48	0.59	0.97**	0.71*	-0.93**	0.73*	0.91**	0.75*	0.78*	0.35	-0.02
۷- وزن هزار دانه 7-1000 seed weight	0.68	0.39	0.53	0.44	0.6	0.96**	0.77*	0.14	0.69	0.83*	0.69	0.83**	0.5	0.1
۸- نشت یونی 8- Electrolyte leakage	-0.33	-0.05	-0.3	-0.18	-0.32	-0.68	-0.4	-0.35	0.44	-0.51	-0.61	-0.96**	0.67	-0.49
۹- قطر طبق 9- Capitulum diameter	0.83*	0.66	0.79*	0.72*	0.81*	0.91**	0.84**	-0.74*	0.79*	0.84**	0.83**	0.7	0.11	-0.01
۱۰- انتقال مجدد از طبق 10-Capitulum remobilization	0.77*	0.64	0.75*	0.67	0.78*	0.87**	0.8*	-0.62	0.76*	0.77*	0.76*	0.75*	0.07	0.02
۱۱-ا نتقال مجدد ازساقه 11- Stem remobilization	0.78*	0.71*	0.98**	0.84**	0.84**	0.82**	0.75*	0.36	0.46	0.88**	0.94**	0.61	0.09	0.01
۱۲- قطر ساقه نزدیک طبق 12- Stem diameter near the capitulum	-0.34	-0.39	-0.27	-0.26	-0.03	-0.19	0.13	-0.43	0.002	-0.26	-0.48	-0.29	-0.31	-0.29
۱۳- قطر ساقه وسط بوته 13- Stem diameter at the middle	-0.28	-0.09	-0.08	-0.03	-0.12	-0.77*	-0.32	-0.35	-0.26	-0.56	-0.53	-0.85**	-0.68	0.31
۱۴- قطر ساقه در نزدیکی زمین 14- Stem diameter near the ground level	-0.8*	-0.66	-0.62	-0.52	-0.52	-0.81*	-0.39	-0.02	-0.67	-0.83**	-0.83**	-0.61	0.12	0.3

جدول ۷- ضرایب رگرسیون معمولی و استاندارد شده رگرسیون گام به گام عملکرد دانه ژنوتیپ‌های آفتابگردان در کشت دوم بر روی صفات کشت اول

Table 7. Ordinary and standardized coefficients for stepwise regression of grain yield in the second plan the measured traits in sunflower in the first planting date

متغیر Variable	ضریب رگرسیون معمولی Ordinary regression coefficient	ضریب رگرسیون استاندارد شده Standardized regression coefficient	آماره هم خطی VIF Collinearity statistics
ثابت مدل Model constant	144.5	–	–
وزن خشک طبق در زمان رسیدگی در کشت اول Capitulum dry weight at maturity in the fist planting date	-0.8	0.35	2.56
قطر بالای ساقه در کشت اول Stem diameter near the capitulum in the first planting date	1.63	0.44	2.56
نشت یونی در کشت اول Electrolyte leakage in the first planting date	-0.08	-0.09	3.31

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.149]

در تحقیقی دیگر به وجود رابطه علیت بین قطر ساقه، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه با عملکرد دانه آفتابگردان در شرایط کشت نرمال اشاره شده است (۱۳). با این حال، بر اساس بررسی جامعی که صورت گرفت، تاکنون ارتباط بین صفات مرتبط با عملکرد در یک شرایط (مثل شرایط نرمال) با عملکرد در شرایط دیگر (مثل شرایط تنش) گزارش نشده است. در مطالعه حاضر مشخص شد که چنانچه ژنوتیپی در شرایط کشت اول دارای وزن خشک طبق بیشتر در زمان رسیدگی، قطر ساقه بیشتر در نزدیکی طبق و مقدار نشت الکترولیت بافت کف طبق کمتر از ۵۰ درصد باشد (شکل ۱-c) با احتمال ۷۶ درصد (R^2= ۰/۷۶) دارای عملکرد بالاتر از میانگین در شرایط دماهای پایین در زمان گلدهی خواهد بود. هر چند این سه ویژگی به خوبی عملکرد در شرایط دماهای پایین را توضیح می‌دهند، ترکیب تعداد بیشتری از صفات، که توسط تجزیه به مولفه‌های اصلی انجام می‌شود، برای تفکیک ژنوتیپ‌ها در فرایند اصلاح لاین‌های آفتابگردان مناسب خواهد بود.

تجزیه به مولفه‌های اصلی

به‌منظور ارایه شاخصی مرکب از تعدادی صفت تأثیرگذار در تعیین عملکرد ژنوتیپ‌های آفتابگردان در شرایط دمای پایین، تجزیه به مولفه‌های اصلی با استفاده از ماتریس همبستگی روی نشت الکترولیت، صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه در شرایط کشت اول و نیز عملکرد دانه در شرایط کشت دوم صورت گرفت. مقادیر بردار مشخصه تجزیه به مولفه‌های اصلی برای دو مولفه اول و دوم، که مجموعا ۷۹ درصد تغییرات کل داده‌ها را توضیح می‌دادند، در جدول ۸ ارایه شده است. در این جدول، مقادیر با قدر مطلق بزرگتر از ۰/۱ به‌عنوان مقادیر تأثیرگذار در نظر گرفته شدند. مولفه اول، مقایسه‌ای بین نشت الکترولیت در کشت اول با وزن خشک طبق و ساقه در زمان گرده افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک، وزن خشک برگ در زمان گرده افشانی، عملکرد دانه در هر دو تاریخ کاشت، انتقال مجدد از ساقه و طبق به دانه‌ها در تاریخ کاشت اول و دوم، قطر طبق در کشت اول و قطر ساقه در نزدیکی طبق در کشت اول را نشان می‌دهد. مولفه دوم مقایسه‌ای بین وزن خشک اجزای مؤثر در قدرت مخزن (وزن خشک طبق و ساقه در زمان گرده افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک، وزن هزار دانه در کشت اول و انتقال مجدد از طبق به دانه‌ها در کشت دوم) با عملکرد دانه در هر دو تاریخ کاشت و قطر ساقه در هر سه قسمت گیاه (نزدیک طبق، وسط و پایین بوته) در تاریخ کشت اول را ارائه می‌دهد.

مولفه اصلی دوم در حقیقت اختلاف بین ظرفیت مخزن (فراهمی ماده خشک در ساختارهای قبل از دانه) با عملکرد مشاهده شده را نشان می دهد که دلالت بر مقاومت مسیر انتقال مواد از محل ذخیره به دانه‌ها را دارد.

جدول ۸- مقادیر بردار ویژه برای صفات مختلف مورد بررسی روی هشت ژنوتیپ آفتابگردان

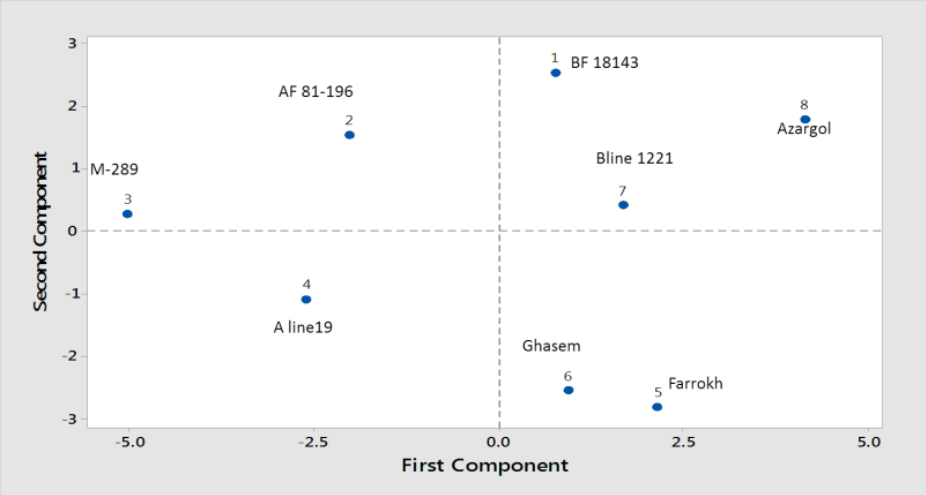
Table 8. Eigenvectors for various traits measured on eight sunflower genotypes

مولفه دوم Second component	مولفه اول First component	صفات Traits	مولفه دوم Second component	مولفه اول First component	صفات Traits
-0.056	0.319	قطر طبق در کشت اول Capitulum diameter-first planting date	0.445	0.143	وزن خشک طبق در زمان گرده افشانی در کشت اول Capitulum dry weight at anthesis- first planting date
-0.06	0.284	انتقال مجدد از طبق در کشت اول Capitulum remobilization-first planting date	0.249	0.272	وزن خشک ساقه در زمان گرده افشانی در کشت اول Stem dry matter at anthesis-first planting date
-0.026	0.288	انتقال مجدد ازساقه در کشت اول Stem remobilization0first planting date	0.455	0.35	وزن خشک طبق در زمان رسیدگی در کشت اول Capitulum dry weight at maturity-first planting date
-0.3	0.207	قطر ساقه نزدیک طبق در کشت اول Stem diameter near the capitulum-first planting date	0.325	0.211	وزن خشک ساقه در زمان رسیدگی در کشت اول Stem dry weight at maturity- first planting date
-0.404	0.05	قطر ساقه وسط بوته در کشت اول Stem diameter at the middle -first planting date	0.072	0.317	وزن خشک برگ در زمان گرده افشانی در کشت اول Leaf dry weight at anthesis-first planting date
-0.171	0.003	قطر ساقه در نزدیکی زمین در کشت اول Stem diameter near the ground level-first planting date	-0.213	0.275	عملکرد دانه در کشت اول Grain yield -first planting date
-0.183	0.292	عملکرد دانه در کشت دوم Grain yield -second planting date	0. 103	0.285	وزن هزار دانه در کشت اول 1000 seed weight -first planting date
0.176	0.262	انتقال مجدد از طبق در کشت دوم Capitulum remobilization- second planting date	0.099	-0.278	نشت یونی در کشت اول Electrolyte leakage-first planting date

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.149]

با ترسیم مقادیر دو مولفه اصلی در مقابل یکدیگر (شکل ۳)، مختصات مولفه‌ی اول و دوم برای هر ژنوتیپ به تصویر کشیده شده و ژنوتیپ‌ها بر اساس الگوی رفتار ترکیبی خود طبقه‌بندی می‌شوند. تجزیه به مولفه‌های اصلی به‌عنوان راهکاری کمکی برای تلفیق صفات مختلف در جهت ارایه یک شاخص برای انتخاب به کار رفته است (۱۴). مواد ذخیره‌ای در ساقه و طبق که طی فرایند انتقال مجدد به دانه‌های در حال پر شدن منتقل می‌شوند را می‌توان به‌عنوان جزئی از پتانسیل تولید و عملکرد دانه در نظر گرفت. بنابراین، ژنوتیپ‌هایی با مقادیر بیشتر مولفه اول دارای عملکرد پتانسیل بالا و نشت الکترولیت پایین در کشت دوم خواهند بود. از سوی دیگر، مقادیر بیشتر مولفه دوم مبین مقاومت بیشتر در مسیر انتقال بخش پتانسیل تولید به دانه‌های در حال پر شدن می‌باشد. بنابراین، ژنوتیپ‌های شماره پنج و شش (به ترتیب هیبرید فرخ و قاسم) دارای عملکرد دانه بالا و متحمل به سرمای محیط در کشت دوم می‌باشند. در این گروه بندی، لاین اینبرد BF 1221 در ناحیه‌ای با مقادیر بالای هر دو مولفه قرار گرفته است. این لاین با دارا بودن عملکرد بالا در شرایط کشت دوم و نیز نشت الکترولیت پایین در شرایط کشت اول و همچنین دارا بودن مقادیر مولفه دوم نزدیک به هیبرید آذرگل، به‌عنوان لاینی با ظرفیت عملکردی بالا و تحمل به دماهای پایین در زمان گرده افشانی و پر شدن دانه در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۳- مختصات مولفه‌های اصلی اول و دوم برای هشت ژنوتیپ آفتابگردان مورد استفاده در این بررسی
Figure 3. Coordinates of the first and second principal components for eight sunflower genotypes under investigation

نتیجه‌گیری کلی

این تحقیق روی سه هیبرید سینگل‌کراس و پنج لاین اینبرد آفتابگردان انجام گرفت. در نگاه اول، به دلیل برتری عملکرد هیبریدها نسبت به لاین‌های اینبرد در هر دو تاریخ کاشت که ناشی از اثرات هتروزیس می‌باشد نقش پایین بودن نشت الکترولیت بر عملکرد در شرایط دمای پایین شاید کم اهمیت جلوه نماید. لیکن وضعیت عملکردی لاین اینبرد BF 1221 با مقدار نشت الکترولیت غیرمعنی‌دار با هیبریدها، قابل توجه می‌باشد. این لاین در کشت اول عملکردی مشابه با لاین‌های اینبرد BF 81-196، BF 18143 و Bline 19 داشت، لیکن در کشت دوم با تمامی لاین‌های اینبرد دیگر دارای تفاوت معنی‌دار از نظر عملکرد دانه بود. وجود ارتباط معنی‌دار و منفی بین نشت الکترولیت اندازه‌گیری شده در تاریخ کاشت اول با وزن خشک طبق در زمان گرده افشانی، عملکرد دانه و قطر طبق در کشت دوم و عدم مشاهده ارتباط معنی‌دار بین این صفات در کشت اول، از یک سو و حضور صفت نشت الکترولیت در کشت اول در معادله رگرسیون گام به گام به‌عنوان متغیر پیش بین عملکرد دانه در کشت دوم از سوی دیگر، نشت الکترولیت را به‌عنوان شاخصی فیزیولوژیک برای پیش بینی رفتار عملکردی گیاه آفتابگردان در شرایط کشت دوم، پیشنهاد می‌نماید. این صفت می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی آفتابگردان برای کشت دوم به‌عنوان یک نشانگر فیزیولوژیک مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین در نقاطی از کشور که کشت دوم در آن‌ها میسور می‌باشد برخورداری از قدرت نشت الکترولیت بالا توصیه می‌گردد. همچنین لاین اینبرد BF 1221 با رفتار عملکردی بالاتر از سایر لاین‌های اینبرد و نشت الکترولیت کم، به‌عنوان لاین اینبرد مناسب در اصلاح هیبریدهای آفتابگردان برای کشت دوم توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی

این تحقیق در بخش تحقیقات دانه‌های روغنی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و همچنین دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس و با حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران با شماره قرارداد ۹۲۰۱۷۹۴۸ انجام شده است. بدین ترتیب از مراکز علمی و پژوهشی مذکور از یک سو و از سوی دیگر از صندوق حمایت از پژوهشگران تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.149]

منابع

1. Aslani, F., M.R. Mehrvar and A.S. Juraimi. 2012. Evaluation of some morphological traits associated with wheat yield under terminal drought stress. African Journal of Agricultural Research, 7(28): 4104-4109.
2. Bertin, P., J. Bouharmont and J.M. Kinet. 1996. Somaclonal variation and improvement in chilling tolerance in rice: changes in chilling-induced electrolyte leakage. Plant Breeding, 115(6): 268-272.
3. Carr, D.E. and M.R. Dudash. 2003. Recent approaches into the genetic basis of inbreeding depression in plants. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, 358(1434): 1071-1084.
4. Carter, J.F. 1978. Sunflower science and technology. American Society of Agronomy, Makdison 716, pp.
5. Dastjerdi, J.K., T. Yasari and Z.E. Ghalelani. 2015. Zoning of sunflower planting dates based on temperature in Isfahan province. Geographical Research Quarterly, 30(3): 1-16 (In Persian).
6. Debaeke, P., P. Casadebaig, F. Flenet and N. Langlade. 2017. Sunflower crop and climate change: vulnerability, adaptation, and mitigation potential from case-studies in Europe. OCL Oilseeds and Fats Crops and Lipids, 24(1): 15 p.
7. DeHaan, L., D. Van Tassel and T. Cox. 2005. Perennial grain crops: a synthesis of ecology and plant breeding. Renewable Agriculture and Food Systems, 20(1): 5-14.
8. Ehdaie, B., G. Alloush, M. Madore and J. Waines. 2006 .Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat: I. postanthesis changes in internode dry matter. Crop Science, 46(2): 735-746.
9. FAO, 1999. World food and agriculture. Food and agriculture organization of the united nations, Rome.
10. FAO, 2020. World food and agriculture. Food and agriculture organization of the united nations, Rome.
11. Ghanbari, A., M. Soltani Najafabadi, A.R. Abbasi and M.R. Bihamta. 2022. Functional factor fnalysis in safflower. Journal of Crop Breeding, 14(41): 163-173 (In Persian).
12. Ghezeljeh, A.S., R. Darvishzadeh, A. Ebrahimi and M.R. Bihamta. 2016. Study of genetic diversity of oil sunflower lines under normal and limited irrigation conditions. Biotechnology, 7(1): 55-70 (In Persian).
13. Gholizadeh, A., M. Ghaffari, K. Payghamzadeh and S. Kia. 2021. Study on relationships between yield and other agronomic traits and identification of the superior hybrids in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Crop Breeding, 13(37): 171-184 (In Persian).
14. Godshalk, E. and D. Timothy. 1988. Factor and principal component analyses as alternatives to index selection. Theoretical and Applied Genetics, 76(3): 352-360.
15. Grompone, M.A. 2005. Sunflower and high-oleic sunflower oils. Bailey's Industrial Oil and Fat Products, 1-54.
16. Hajihashemi, S., F. Noedoost, J. Geuns, I. Djalovic and K.H. Siddique. 2018. Effect of cold stress on photosynthetic traits, carbohydrates, morphology, and anatomy in nine cultivars of Stevia rebaudiana. Frontiers in Plant Science, 9: 1430.
17. Hassan, M.A., C. Xiang, M. Farooq, N. Muhammad, Z. Yan, X. Hui, K. Yuanyuan, A.K. Bruno, Z. Lele and L. Jincai. 2021. Cold stress in wheat: plant acclimation responses and management strategies. Frontiers in Plant Science, 12: 1234.
18. Hassandfard, A.R., A. Nezami and J. Nabati. 2016. Study of plant tolerance to cold stress using electrolyte leakage index and survival under controlled conditions, 4th International Conference on Applied Research in Agricultural Science, Tehran (In Persian).
19. Hurry, V., A. Strand, R. Furbank and M. Stitt. 2000. The role of inorganic phosphate in the development of freezing tolerance and the acclimatization of photosynthesis to low temperature is revealed by the pho mutants of Arabidopsis thaliana. The Plant Journal, 24(3): 383-396.
20. Ion, V., G. Dicu, A.G.Basa, M. Dumbrava, G. Temocico, L.I. Epure and D. State. 2015. Sunflower yield and yield components under different sowing conditions. Agriculture and Agricultural Science Procedia, 6: 44-51.
21. Khaledian, Y., R. Maali-Amiri, R. Mohammadi and N. Mantri. 2020. Transcriptome profiling of the early-response in chickpea to cold stress. Iranian Journal of Field Crop Science, 51(3):1-16 (In Persian).
22. Kühbauch, W. and U. Thome. 1989. Nonstructural carbohydrates of wheat stems as influenced by sink-source manipulations. Journal of Plant Physiology, 134(2): 243-250.
23. Labroo, M.R., A.J. Studer and J.E. Rutkoski. 2021. Heterosis and hybrid crop breeding: a multidisciplinary review. Frontiers in Genetics, 12: 234.
24. Lee, E. and M. Tollenaar. 2007. Physiological basis of successful breeding strategies for maize grain yield. Crop Science, 47: S-202-S-215.
25. Liu, B., W.J. Mo, D. Zhang, N. De Storme and D. Geelen. 2019. Cold influences male reproductive development in plants: a hazard to fertility, but a window for evolution. Plant and Cell Physiology, 60(1): 7-18.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.149]

26. Liu, W., K. Yu, T. He, F. Li, D. Zhang and J. Liu. 2013. The low temperature induced physiological responses of *Avena nuda* L., a cold-tolerant plant species. The Scientific World Journal 2013.
27. Mansouri, S. and M. Soltani Najafabadi. 2021. Flexibility in behavior of prominent components of the yield of sesame genotypes under normal and water limiting condition. Journal of Crop Breeding, 13(37): 75-84 (In Persian).
28. Marien, H., J. Vermeiren, S. Fabri, L. Wittemans, R. Moerkens, W. Vanlommel and K. Steppe. 2017. Revised sap flow driven stem diameter model for tomatoes grown under assimilation lighting. International Workshop on Sap Flow, 1222: 27-34.
29. Mirzaei, Z., M. Barari and A. Rezaei-Zad. 2012. Effect of second planting date and cultivar on yield and yield components of oily sunflower cultivars. Research in Crop Sciences, 5(17): 1-14 (In Persian).
30. Moazami, S., A. Faraji and M.R. Dadashi. 2015. Evaluation of performance of sunflower hybrids in spring and summer cultivation, The second conference on new findings in the environment and agricultural ecosystems, Tehran, 7-12 pp.
31. Mousavifar, B.E., M.A. Behdani, M. Jami-Alahmadi and M.S.H. Bejed. 2011. Changes in chlorophyll index (SPAD), relative water content ,electrolyte leakage and grain yield in three spring safflower genotypes affected by irrigation nterruption. Iranian Journal of Field Crops Research, 9(3): 525-539, (In Persian).
32. Naidu, B., L. Paleg, D. Aspinall, A. Jennings and G. Jones. 1991. Amino acid and glycine betaine accumulation in cold-stressed wheat seedlings. Phytochemistry, 30(2): 407-409.
33. Oliveira, G. and P. Peñuelas. 2005. Effects of winter cold stress on photosynthesis and photochemical efficiency of PSII of the Mediterranean *Cistus albidus* L. and Quercus ilex L. Plant Ecology, 175(2): 179-191.
34. Passioura, J.B. 2002. Environmental biology and crop improvement. Functional Plant Biology, 39(11): 537-546.
35. Pereira, M.L., A. Berney, A.J. Hall and N. Trápani. 2008. Contribution of pre-anthesis photoassimilates to grain yield: Its relationship with yield in Argentine sunflower cultivars released between 1930 and 1995. Field Crops Research, 105(1-2): 88-96.
36. Rafiei, F., M.R.N. Darbaghshahi, A. Rezai and B.M. Nasiri. 2013. Survey of yield and yield components of sunflower cultivars under drought stress. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research, 1: 1628-1638.
37. Sadeghi, K., M. Pahlevani, M. Esmeilzadeh Moghaddam and K. Zaynali Nezhad. 2022. Valuations of variables as selection index for improving grain yield in bread wheat. Plant Genetic Researches, 8(2): 69-82.
38. Savitch, L.V., T. Harney and N.P. Huner. 2000. Sucrose metabolism in spring and winter wheat in response to high irradiance, cold stress and cold acclimation. Physiologia Plantarum, 108(3): 270-278.
39. Schlegel, H.G. 1956. Die verwertung organischer säuren durch Chlorella im licht. Planta, 47(5): 510-526.
40. Staniak, M., K. Czopek, A. Stępień-Warda, A. Kocira and M. Przybyś. 2021 .Cold Stress during flowering alters plant structure, yield and seed quality of different soybean genotypes. Agronomy, 11(10): 2059.
41. Tarighaleslami, M., M. Kafi, A. Nezami and R. Zarghami. 2016. Effects of chilling stress on physiological and biochemical traits of three-hybrid Corn (*Zea mays* L.) in seedling stage. Plant Research Journal, 29(3): 540-552 (In Persian).
42. Thakur, P., S. Kumar, J.A. Malik, J.D. Berger and H. Nayyar. 2010. Cold stress effects on reproductive development in grain crops: an overview. Environmental and Experimental Botany, 67(3): 429-443.
43. Vear, F. 2016. Changes in sunflower breeding over the last fifty years. OCL Oilseeds and Fats Crops and Lipids, 23(2): 1-8.
44. Vogg, G., R. Heim, J. Hansen, C. Schäfer and E. Beck. 1998. Frost hardening and photosynthetic performance of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) needles. I. seasonal changes in the photosynthetic apparatus and its function. Planta, 204(2): 193-200.
45. Walsh, K.B. and D.B. Layzell. 1986. Carbon and nitrogen assimilation and partitioning in soybeans exposed to low root temperatures. Plant Physiology, 80(1): 249-255.
46. Yadav, S.K. 2010. Cold stress tolerance mechanisms in plants. A review. Agronomy for Sustainable Development, 30(3): 515-527.
47. Yuanyuan, M., Z. Yali, L. Jiang and S. Hongbo. 2009. Roles of plant soluble sugars and their responses to plant cold stress. African Journal of Biotechnology, 8(10).
48. Zhang, F., K. Lu, Y. Gu, L. Zhang, W. Li and Z. Li. 2020. Effects of low-temperature stress and brassinolide application on the photosynthesis and leaf structure of tung tree seedlings. Frontiers in Plant Science, 10:1767.
49. Zhou, Y., W. Zhao, Y. Lai, B. Zhang and D. Zhang. 2020. Edible plant oil: global status, health issues, and perspectives. Frontiers in Plant Science, 11: 1315.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.61186/jcb.15.45.149]

Introducing an Index to Selection Sunflower Genotypes for Second Planting Date

Masood Soltani Najafabadi[1], Seyed Rezagholi Mirfakharai[2] and Mostafa Saadatmand[3]

1- Assistant Professor Agricultural Research, Education, and Extension Organization National Plant GenebankSeed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran, (Corresponding Author: m.soltanioil@yahoo.com)
2- Associate Professor Tarbiat Modarres University, Department of Plant Genetics and Breeding, Faculty of Agriculture
3- Agricultural Research of Tarbiat Modares University, Faculty of Agriculture, Tehran, Iran
Received: 20 June, 2022 Accepted: 17 August, 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: Sunflower is a plant with high economic value and adapted to a wide range of climatic conditions. Spring cultivation is one of the ways to enhance in Iran the area under cultivation of this crop, which is usually accompanied by terminal low temperatures. In this regard, there is a need to identify and introduce indices for selecting tolerance to low temperatures in the reproductive stage.

Material and Methods: This research was conducted in 2014 and 2017 as a split plot in the form of a randomized complete block design with three replications in Tarbiat Modarres University and Seed and Plant Improvement Institute, respectively. The main plots included planting dates in two levels and the subplots consisted of five inbred lines and three sunflower hybrids. Planting dates were adjusted to allow temperatures of 25± 2 °C and 15± 3 °C during and after anthesis. Single plant yield and physiological traits such as components related to remobilization from stem and receptacle base to seeds, dry weight of leaves and electrolyte leakage of receptacle tissue were evaluated on all treatments. Multivariate analyzes were performed on the measured traits.

Results: The results of combined analysis of variance of the data showed that the interaction effects of experiment-planting date-genotype of all traits were not significant. The second planting date reduced grain yield in all genotypes. In both planting dates, the hybrids had the highest grain yield and the lowest electrolyte leakage. Low temperatures differentiated the yield behavior in the inbred lines. A significant negative correlation was observed between electrolyte leakage in the first planting date and grain yield in the second planting date. Also, the correlation between stem diameter in top of the stem in the first planting date was significant and positive with dry weight of the head and stem at anthesis, grain yield, 1000-seed weight and remobilization from receptacle base to the grain in second planting date. Stepwise regression analysis of plant yield in the second planting date on the measured traits in the first planting date showed a significant positive effect of head dry weight at maturity and stem diameter in top of the stem and a negative effect of electrolyte leakage. The first and second principal components, explaining 79% of the total data variance, were able to group genotypes based on differences in grain yield and its components, electrolyte leakage, stem diameter in top of the stem and resistance to assimilate transfer from storage to grain.

Conclusion: Increased cell membrane stability is an evolutionary mechanism by which some genotypes maintain their yield and performance to some extent under cold stress conditions. This trait along with the stem diameter in top of the stem can be used as indices for selecting inbred lines in segregating generations to withstand low temperature conditions in the second planting date.

Keywords: Electrolyte leakage, low temperature tolerance, Second planting date, Sunflower

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.61186/jcb.15.45.149]