

بررسی تنوع مورفولوژیک نخودهای سیاه با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره

فاطمه حبیب‌پور مهربان^۱، رضا معالی‌امیری^{۲*}، حسن زینالی خانقاه^۲ و محمد دشتکی^۲
۱. ۴.۳.۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار، استاد و کارشناس، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه
تهران، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۷/۲۶ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۱۱/۳۰)

چکیده

کشت پاییزه نخود ممکن است به دلیل افزایش طول دوره رشد و افزایش بهره‌وری آب مصرفی، در مقایسه با کشت بهاره سبب افزایش عملکرد شود. اما اساسی‌ترین مشکل کشت پاییزه نخود، خطر بروز مرگ گیاه و کاهش عملکرد کمی و کیفی بر اثر تنش سرماست. در برنامه‌های اصلاحی، ایجاد ژنوتیپ‌های مقاوم به سرما از استراتژی‌های اساسی است. لازمه ایجاد چنین ژنوتیپ‌هایی، وجود تنوع ژنتیکی است. بدین سبب این پژوهش تنوع مورفولوژیک ۲۸ ژنوتیپ ایرانی نخود سیاه (دسی) در دو فصل کشت پاییز و بهار را در قالب طرح بلوک‌های تصادفی با سه تکرار بررسی می‌کند. همچنین ویژگی‌های مورفولوژیک و فنولوژیک قبل از برداشت و عملکرد و اجزای آن پس از برداشت ارزیابی می‌شود. بر مبنای نتایج تجزیه واریانس، بین ژنوتیپ‌ها و اثر متقابل ژنوتیپ با فصل، اختلاف معناداری وجود دارد که حاکی از وجود تنوع ژنتیکی و واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها در دو فصل است. تعداد غلاف در بوته نیز همبستگی مثبت معناداری با عملکرد بوته در دو فصل کشت نشان داد. در کشت بهاره، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی با عملکرد بوته و تعداد غلاف در بوته، همبستگی منفی معناداری نشان داد. همچنین در کشت پاییزه، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه، همبستگی منفی معناداری داشتند. نتایج تجزیه علیت بر ویژگی‌ها با بالاترین میزان همبستگی با عملکرد دانه نشان داد تعداد غلاف در بوته، در دو فصل کشت، بیشترین اثر مستقیم مثبت را داشته است. همچنین تعداد شاخه‌های ثانویه و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی اثر غیرمستقیم زیادی داشته است. با توجه به این نتایج، ویژگی تعداد غلاف در بوته در دو فصل کشت، مخصوصاً در کشت پاییزه، بیشترین اثر مثبت بر رشد و عملکرد گیاه داشت. بنابراین در بررسی مقاومت در مقابل سرما در نخود سیاه استفاده از آزمون مزرعه‌ای ژنوتیپ‌ها و تعداد غلاف به موازات آزمایش‌های فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و مولکولی امکان‌پذیر است. وجود ژنوتیپ‌های محلی با عملکرد و پتانسیل بیشتر نسبت به توده‌های زراعی زیر کشت در کشور، لزوم نگهداری و استفاده از ژنوتیپ‌های بومی نخود را در برنامه‌های اصلاحی یادآور می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آزمایش‌های مزرعه‌ای، تجزیه علیت، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، عملکرد، ضریب همبستگی، نخود سیاه.

مقدمه

اغلب کشورهای تولیدکننده بسیار کم بوده است و شکاف عمیقی بین پتانسیل تولید و تولید واقعی وجود دارد. بین کشورهای تولیدکننده نخود، ایران از نظر سطح زیر کشت و میانگین محصول پس از هندوستان، پاکستان و ترکیه در مقام چهارم قرار دارد؛ در صورتی که

نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) از جمله گونه‌های گیاهی حساس به دماهای کمتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد است (Nayyar et al., 2005; Heidarvand et al., 2011). با وجود وسعت کشت این گیاه، تولید آن در

تغذیه‌ای، درصد فیبر بیشتر (Rossi *et al.*, 1984) و در مقایسه با نخود کابلی، مقاومت ژنتیکی بیشتری به تنش‌های محیطی مانند خشکی یا آفات دارد (Yadav *et al.*, 2006). نخود سیاه از مهم‌ترین بقولات کشتی در مناطق نیمه‌خشک ایران بوده است به گونه‌ای که بیش از ۵۰ درصد کل نواحی زیر کشت را در بر می‌گیرد. تاکنون تحقیقات فراوانی بر روی نخودهای زراعی و وحشی در خصوص مقاومت به تنش‌های خشکی و آفات انجام گرفته است (Toker, 2005; Coeur d'Acier *et al.*, 2008)؛ اما درباره مقاومت به تنش سرما در نخود سیاه پژوهش‌چندانی وجود ندارد.

در هر گیاه زراعی، عملکرد نتیجه نهایی همه فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی از زمان سبز شدن تا بلوغ فیزیولوژیکی و تأثیرات متقابل این فرآیندها با محیط است. اختلاف بین عملکرد ثبت شده و بالقوه، به عوامل بازدارنده بروز کامل پتانسیل ژنتیکی گیاهان مربوط می‌شود. ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش معمولاً به دو روش ارزیابی مستقیم میزان عملکرد و ارزیابی غیرمستقیم آن براساس ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک مرتبط با مقاومت به تنش سرما انتخاب می‌شوند (Bakhsh *et al.*, 2007). در این مطالعه کم‌بودن تعداد وارته‌های مقاوم به تنش سرما، لزوم استفاده از منابع باارزش ژنتیکی برای یافتن گونه‌های برتر را بیش از پیش نشان می‌دهد. از این‌رو هدف از این مطالعه، ارزیابی و تعیین خصوصیات زراعی ژنوتیپ‌های نخود سیاه است، به منظور انتخاب و استفاده از ژنوتیپ‌های پرمحصول در شرایط مزرعه‌ای و تنش در برنامه‌های اصلاحی، برای بهره‌برداری مستقیم یا جانشینی آنها با والدین در تلاقی‌ها.

مواد و روش‌ها

برای انجام آزمایش‌های مزرعه‌ای، ۲۸ ژنوتیپ ایرانی نخود سیاه (*Cicer arietinum* L.) از بانک ژن گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران که براساس آزمایش‌های مزرعه‌ای پیشین (Chaichi *et al.*, 2007) انتخاب شده بودند، برای مطالعه در دو زمان کشت پاییزه و بهاره مورد بررسی قرار گرفتند. این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی پردیس

از نظر متوسط عملکرد، جایگاه ایران پایین‌تر از متوسط جهانی (رتبه ۱۸ جهانی) است (FAO, 2010). به نظر می‌رسد پایین بودن عملکرد نخود در ایران، اغلب به دلیل کشت گونه‌های کم‌محصول و حساسیت آنها به تنش‌های محیطی از جمله تنش سرما در کشت پاییزه و تنش خشکی و گرما در کشت بهاره است.

کشت پاییزه نخود، از لحاظ افزایش طول دوره رشد، افزایش بهره‌وری آب مصرفی و رطوبت بیشتر خاک در مقایسه با کشت سنتی بهاره برتری دارد. همچنین با توجه به تحقیقات انجام شده، عملکرد نخود در کشت پاییزه نزدیک به ۱۰۰ درصد امکان افزایش دارد (Millan *et al.*, 2006). اساسی‌ترین مشکل کشت پاییزه نخود، خطر بروز مرگ گیاه بر اثر تنش سرماست. تنش سرما از عوامل محیطی تعیین‌کننده گسترش و پراکنش موجودات زنده است. نوسان‌های دمایی در گیاهان زراعی، بیشترین آسیب را بر عملکرد کمی و کیفی محصولات می‌رساند (Samach & Wigge, 2005). هر ساله بیش از دو سوم مناطق زراعی جهان با تنش سرمای کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد و حتی حدود نیمی از این مناطق با تنش سرمای زیر ۲۰ درجه سانتی‌گراد مواجه هستند (Beck *et al.*, 2004). گیاهان همانند موجودات دیگر قابلیت تغییر دمای داخلی خود را ندارند زیرا در فرآیند تکامل، مکانیسم‌های دفاعی در مقابل سرما را از دست داده‌اند. بنابراین ضرورت شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به سرما و همچنین مکانیسم‌های مقاومت در آنها، در برنامه‌های به‌نژادی سنتی و مدرن بیش‌ازپیش احساس می‌شود. اصلاح ژنوتیپ‌های نخود مقاوم به سرما سالها مورد توجه دانشمندان بوده است؛ حتی در برخی نواحی، ژنوتیپ‌های مقاوم به سرما برای کشت پاییزه شناسایی شده‌اند (Singh *et al.*, 1995; Srinivasan *et al.*, 1998). در ایران با وجود گزارش مینی بر وجود ژرم‌پلاسماهای غنی نخود Duke (1981)، همچنان در زمینه تنوع ژنوتیپ‌ها اطلاعات بسیار کمی وجود دارد. گیاه نخود سیاه^۱ (نخود دسی)^۲ با ویژگی‌های مناسب

1. Black chickpea
2. Desi chickpea

شرایط ذکر شده کشت و یادداشت برداری در خرداد ماه پس از پایان رشد رویشی و نیز اوایل تیر ماه (هنگام برداشت) برای صفات مورد مطالعه انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری شامل تجزیه واریانس مرکب، تعیین ضرایب همبستگی و تجزیه مسیر با استفاده از نرم افزار SPSS 18.0 و برنامه path2 انجام شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب دو فصل کشت (جدول ۱) نشان داد که اثر ژنوتیپ‌ها و اثر متقابل ژنوتیپ در فصل از نظر صفات مورد بررسی به جز صفت تعداد شاخه اولیه تفاوت‌های معناداری ($P \leq 0.01$) داشتند که بر وجود تنوع ژنتیکی در بین ژنوتیپ‌ها و نیز واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها در دو فصل کشت دلالت داشت. بنابراین لزوم ارزیابی آنها در هر یک از فصول به طور مجزا احساس شد. ضریب تغییرات برای کلیه صفات به جز صفت روز تا ۵۰ درصد گلدهی در حد متعادلی بود و از بین سایر صفات کمترین مقدار ضریب تغییرات به صفت ارتفاع گیاه اختصاص داشت.

کشاورزی دانشگاه تهران واقع در کرج با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۱۱۲/۵ از سطح دریا در دو فصل زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۷ اجرا شد. کشت پاییزه، در بیستم آبان ماه سال ۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی در قالب طرح بلوک‌های تصادفی با سه تکرار انجام شد. هر ژنوتیپ در دو خط به طول ۱/۵ متر با فاصله ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بوته ۱۰ سانتی‌متر و عمق بذر حدود ۵ سانتی‌متر کشت شد. دو ردیف انتهایی هر تکرار در هر سو، خطوط حاشیه و با ژنوتیپ محلی کاکا کشت شد. در مرحله داشت، برای مبارزه با علف‌های هرز، وجین دستی صورت گرفت و برداشت زمانی که تقریباً ۹۰ درصد بوته‌ها رسیده بودند، انجام شد. یادداشت برداری نمونه‌ها در اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۸ پس از کامل شدن رشد رویشی گیاهان برای صفات ارتفاع ساقه (سانتی‌متر)، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد شاخه اولیه و ثانویه و نیز اواخر خرداد ماه پس از برداشت برای صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در هر غلاف، عملکرد هر بوته (گرم در مترمربع) و وزن صد دانه (گرم) صورت گرفت. در کشت بهار نیز همان ژنوتیپ‌ها، در اواخر اسفند ماه سال ۱۳۸۷ در همین مکان در قالب یک طرح بلوک کاملاً تصادفی با

جدول ۱. جدول تجزیه واریانس مرکب حاصل از دو فصل کشت (پاییزه و بهاره) برای صفات زراعی در ۲۸ ژنوتیپ نخود دسی

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد بوته (گرم در مترمربع)	تعداد غلاف در بوته	وزن صد دانه (گرم)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	روز تا ۵۰ درصد گلدهی	شاخه اولیه	شاخه ثانویه
فصل	۱	۲۹۷۰/۳۷۸**	۱۳۹۷۹۲/۶۷۷**	۶۹/۷۷۶**	۱۰۱۸۳/۷۱۴**	۱۹۳۳۹۲/۸۵۷**	۴۷/۱۴۸**	۲۶۲۸/۳۳۴**
اشتباه محیط	۴	۲۰/۷۴۶	۳۱۰/۳۰۷	۳/۸۶۶	۲۲/۹۸۶	۱۰/۲۲۶	۰/۰۶۴	۱/۱۱۹
ژنوتیپ	۲۷	۶۶/۹۸**	۲۹۴۳/۸۵**	۴/۹۱۰**	۵۸/۶۳۶**	۴۷/۲۱**	۰/۳۲۵	۱۵/۷۸**
ژنوتیپ در فصل	۲۷	۷۱/۲۵۲**	۴۲۴۴/۶۲۸**	۵/۹۷۱**	۷۹/۹۲۱**	۳۸/۳۳۸**	۰/۳۲۹	۲۰/۱۰۵**
خطا	۱۰۸	۱۳/۰۴	۴۴۸/۰۱	۲/۱۸۸	۲۱/۶۹۴	۴/۵۱۶	۰/۱۲۲	۴/۴۱۱
ضریب تغییرات (%)	۱۰۸	۲۰/۸	۱۸/۴	۱۳/۰۲	۱۲/۸۳۲	۱/۶۲۶	۲۶/۸۹۴	۲۵/۶۹

و*به ترتیب معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

طولانی‌تر شدن فصل رشد، شرایط بهتر دمایی زمان گلدهی و عوامل دیگر باشد (Millan et al., 2006). از آنجا که اثر متقابل ژنوتیپ در فصل برای سایر ویژگی‌ها به جز تعداد شاخه اولیه معنادار شده است؛ برای سنجش عملکرد بوته، ژنوتیپ‌ها را با توجه به دو فصل کشت بررسی و مقایسه می‌کنیم و در نتیجه بهترین ژنوتیپ با توجه به فصل کشت، مشخص می‌شود (جدول ۳). ژنوتیپ ۴۳۲۲ بالاترین عملکرد فصل پاییز را با مقدار

مقایسه عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو فصل کشت برای صفات مورد بررسی (جدول ۲) براساس روش دانکن نشان داد که میانگین عملکرد ۲۸ ژنوتیپ نخود سیاه در کشت پاییزه (۲۱/۵۵۸ گرم در مترمربع) نسبت به کشت بهار (۱۳/۱۴۸ گرم در مترمربع) به مراتب بالاتر بوده است (بیش از ۱/۵ برابر). عملکرد بیشتر ژنوتیپ‌های دسی در کشت پاییزه ممکن است به دلیل وجود شرایط مناسب‌تری چون رطوبت بیشتر خاک،

میانگین عملکرد را با مقدار ۲۷/۰۷ داشت. ژنوتیپ‌های ۴۳۲۲ و ۴۲۶۷-۳ در هر دو فصل کشت نتوانستند عملکرد خود را حفظ کنند.

۳۸/۹ گرم در مترمربع در و ژنوتیپ ۳-۴۲۶۷ با عملکرد ۲۰/۰۳ گرم در مترمربع در فصل بهار داشت. درحالی‌که در مجموع دو فصل کشت، ژنوتیپ ۳-۴۳۴۸ بیشترین

جدول ۲. مقایسه میانگین ویژگی‌های بررسی شده در ۲۸ ژنوتیپ نخود دسی در دو فصل کشت (پاییزه و بهاره)

ویژگی	فصل کشت	میانگین
عملکرد بوته (گرم در مترمربع)	پاییز	۲۱/۵۵۸ ^a
	بهار	۱۳/۱۴۸ ^b
تعداد غلاف در بوته	پاییز	۱۴۳/۸۲۷ ^a
	بهار	۸۶/۱۳۵ ^b
وزن صد دانه (گرم)	پاییز	۱۲/۰۱ ^a
	بهار	۱۰/۷۱۷ ^b
ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	پاییز	۴۴/۰۸۳ ^a
	بهار	۲۸/۵۱۱ ^b
روز تا ۵۰ درصد گلدهی	پاییز	۱۶۴/۵۹۵ ^a
	بهار	۹۶/۷۳۸ ^b
تعداد شاخه اولیه	پاییز	۲/۲۷۳ ^a
	بهار	۱/۲۱۴ ^b
تعداد شاخه ثانویه	پاییز	۱۲/۱۳۱ ^a
	بهار	۴/۲۳ ^b

جدول ۳. مقایسه میانگین ویژگی عملکرد بوته در ۲۸ ژنوتیپ نخود دسی در دو فصل کشت (پاییزه و بهاره)

ژنوتیپ	عملکرد پاییزه (گرم در مترمربع)	عملکرد بهاره (گرم در مترمربع)	میانگین عملکرد (گرم در مترمربع)
۴۳۴۸-۳	۳۷/۰۳ ^{ab}	۱۷/۱۱ ^{efghijklmnop}	۲۷/۰۷ ^a
۴۳۲۲	۳۸/۹ ^a	۱۰/۵۵ ^{opqr}	۲۴/۷۱ ^{ab}
۴۳۰۷-۵	۲۷/۶۹ ^{bc}	۱۴/۱۴ ^{ijklmnop}	۲۰/۹۱ ^{bc}
۴۳۰۷-۲	۲۵/۹۳ ^{bcd}	۱۴/۸۸ ^{hijklmnop}	۲۰/۴۱ ^{bcd}
۴۳۰۷-۴	۲۹/۴ ^b	۹/۸۱ ^{pqr}	۱۹/۶ ^{cde}
۵۱۰۱	۱۹/۳۹ ^{defghijkl}	۱۹/۵ ^{defghijkl}	۱۹/۴۵ ^{cde}
۴۲۶۷-۳	۱۸/۱۴ ^{efghijklm}	۲۰/۰۳ ^{defghij}	۱۹/۱ ^{cde}
۵۳۲۰	۲۱/۷۵ ^{cdefgh}	۱۵/۶ ^{hijklmnop}	۱۸/۶۷ ^{cdef}
۷۰۵۵	۲۰/۰۵ ^{defghij}	۱۶/۸۶ ^{efghijklmnop}	۱۸/۴۵ ^{cdef}
۴۴۸۸	۲۳/۹۹ ^{bodef}	۱۲/۲۸ ^{lmnopq}	۱۸/۱ ^{cdefg}
۴۷۱۵	۲۱/۷۹ ^{cdefgh}	۱۳/۹۷ ^{ijklmnopq}	۱۷/۸۸ ^{cdefg}
Kaka	۲۴/۲۷ ^{bdoe}	۱۱/۲۹ ^{nopqr}	۱۷/۷۸ ^{cdefgh}
۴۲۶۷-۱	۱۹/۶۵ ^{defghijklk}	۱۵/۰۵ ^{hijklmnopq}	۱۷/۳۵ ^{cdefgh}
۴۳۲۱-۲	۲۱/۸۱ ^{cdefgh}	۱۱/۹۳ ^{mnopqr}	۱۶/۸۷ ^{cdefgh}
۴۲۹۶	۲۳/۲۹ ^{bodefg}	۱۰/۳۶ ^{opqr}	۱۶/۸۲ ^{cdefgh}
۴۲۶۷-۵	۲۰/۸۴ ^{cdefghi}	۱۳/۳۹ ^{klmnopqr}	۱۶/۶۱ ^{cdefgh}
۴۳۰۱	۱۸/۳۵ ^{efghijklnm}	۱۴/۰۶ ^{zijklmnopqr}	۱۶/۲ ^{cdefgh}
۴۳۰۷-۳	۱۸/۶۱ ^{efghijklnm}	۱۳/۶۶ ^{zijklmnopqr}	۱۶/۱۴ ^{cdefgh}
۴۲۶۷-۴	۱۹/۶۸ ^{defghijklk}	۱۲/۲۳ ^{lmnopqr}	۱۵/۹۶ ^{cdefghi}
۴۳۴۸-۵	۱۵/۹۷ ^{hijklmnopq}	۱۵/۸۲ ^{hijklmnopq}	۱۵/۸۹ ^{fghi}
۴۳۰۷-۱	۱۹/۱۸ ^{defghijklm}	۱۱/۵۵ ^{nopqr}	۱۵/۳۷ ^{fghi}
۴۳۴۸-۴	۱۴/۶۴ ^{hijklmnopqr}	۱۵/۹۴ ^{hijklmnopq}	۱۵/۲۹ ^{fghi}
۴۳۰۷-۶	۱۵/۳۱ ^{hijklmnopqr}	۱۵/۰۲ ^{hijklmnopqr}	۱۵/۱۷ ^{fghi}
۵۲۳۶	۲۱/۷۱ ^{cdefgh}	۸/۲۴ ^r	۱۴/۹۸ ^{fghi}
۴۲۶۹	۱۹/۱ ^{defghijkl}	۸/۲۷ ^r	۱۳/۷۸ ^{fghi}
۴۲۶۸-۱	۱۶/۵ ^{ghijklnmo}	۱۰/۲۴ ^{opqr}	۱۳/۳۷ ^{fghi}
۷۰۵۰	۱۷/۲۷ ^{efghijklnmo}	۸/۳۱ ^r	۱۲/۷۹ ^{hi}
۴۲۶۸-۲	۱۳/۲۶ ^{klmnopq}	۹/۰۹ ^{qr}	۱۱/۱۷ ⁱ

*ژنوتیپ‌هایی که میانگین آنها دست‌کم یک حرف یا حروف مشترک دارند اختلاف معناداری ندارند.

بوته با تعداد غلاف در بوته و تعداد غلاف در بوته با تعداد شاخه ثانوی و همبستگی منفی معناداری بین ویژگی‌های

در بررسی همبستگی ساده ویژگی‌های فنوتیپی کشت پاییزه، همبستگی مثبت معناداری بین عملکرد

در بوته معنادار منفی شده است. در حالی که براساس نتایج، همبستگی مثبت معنادار و پایداری بین طول دوره رشد و عملکرد گیاه نخود وجود دارد و طول دوره گلدهی بیشتر، عملکرد نخود را افزایش می دهد (Eshel, 1967). Saxena et al. (1990) نشان داده اند فقط با افزایش ده روزه دوره رشد رویشی، عملکرد گیاهان حدود ۵۶ درصد افزایش می یابد. نکته مهم آنکه دمای محیط در طول دوره رشد زایشی و سایر مراحل رشد دانه ها و رشد و پُرسدن غلاف ها باید متعادل باشد. در کشت بهاره با ورود به فصل تابستان و گرم شدن هوا، دمای بالا خسارت زاست، اما در کشت پاییزه به دلیل امکان کشت زودتر از موعد یا افزایش دوره رشد رویشی، گذر از سرمای زمستان (دی ماه) تا قبل از ورود گیاهان به فاز زایشی وجود دارد (Oretal., 1999).

در تجزیه همبستگی، ویژگی هایی با بالاترین همبستگی بر عملکرد دانه مشخص و آثار مستقیم و غیرمستقیم آنها از طریق تجزیه علیت تعیین شد. در کشت پاییزه، دو ویژگی تعداد غلاف در بوته و تعداد شاخه ثانویه و در کشت بهاره نیز دو ویژگی تعداد غلاف در بوته و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی به ترتیب ۵۷ و ۸۳ درصد تغییرات عملکرد را در دو فصل کشت توجیه کردند.

تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه نتیجه شد (جدول ۴). با توجه به تحقیقات Islam et al. (1984)، با انتخاب ژنوتیپ های با عملکرد بالا در گیاه نخود می توان ژنوتیپ هایی با تعداد شاخه جانبی بیشتر به دست آورد. در تأیید تحقیق انجام شده باید به آزمایش های Choudhury & Mian (1988) اشاره کرد که طبق نتایج آن همبستگی مثبت معناداری بین عملکرد گیاه نخود و تعداد غلاف در بوته و بین تعداد غلاف در بوته و تعداد شاخه های جانبی وجود دارد. در کشت بهاره، نتایج محاسبه ضریب همبستگی بین ویژگی ها نشان داد عملکرد هر بوته با ویژگی تعداد غلاف در بوته همبستگی مثبت معنادار و با روز تا ۵۰ درصد گلدهی همبستگی منفی معناداری داشته است؛ همچنین تعداد غلاف در بوته با صفت روز تا ۵۰ درصد گلدهی نیز همبستگی منفی معناداری داشت (جدول ۵). فاصله زمانی بین کشت تا گلدهی در کشت بهاره کوتاه تر است؛ یکی از دلایل آن در گیاه نخود، تداخل دوره گلدهی با شروع فصل تابستان و بروز عامل محدود کننده تنش خشکی است. و فقط با آبیاری کافی، امکان جلوگیری از کاهش عملکرد وجود دارد (Auld et al., 1988; Saxena et al., 1990). همچنین در کشت بهاره، ارتباط بین روز تا ۵۰ درصد گلدهی و ویژگی هایی مانند عملکرد و تعداد غلاف

جدول ۴. همبستگی بین ویژگی ها برای ژنوتیپ های نخود دسی در کشت پاییزه

ویژگی ها	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	عملکرد بوته	وزن صد دانه	ارتفاع گیاه	روز تا ۵۰٪ گلدهی	تعداد شاخه اولیه	تعداد شاخه ثانویه
تعداد غلاف در بوته	۱	۰/۱۳۲						
تعداد دانه در غلاف		۱						
عملکرد بوته			۱					
وزن صد دانه				۱				
ارتفاع					۱			
روز تا گلدهی						۱		
تعداد شاخه اولیه							۱	
تعداد شاخه ثانویه								۱

و*به ترتیب معنادار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۵. همبستگی بین ویژگی ها برای ژنوتیپ های نخود دسی در کشت بهاره

ویژگی ها	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	عملکرد بوته	وزن صد دانه	ارتفاع گیاه	روز تا ۵۰٪ گلدهی	تعداد شاخه اولیه	تعداد شاخه ثانویه
تعداد غلاف در بوته	۱	۰/۰۷						
تعداد دانه در غلاف		۱						
عملکرد بوته			۱					
وزن صد دانه				۱				
ارتفاع					۱			
روز تا گلدهی						۱		
تعداد شاخه اولیه							۱	
تعداد شاخه ثانویه								۱

و*به ترتیب معنادار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

۰/۳۱۱- و اثر غیرمستقیم منفی به واسطه تعداد غلاف در بوته به میزان ۰/۲۳۳-، باعث معنادار شدن همبستگی این ویژگی با عملکرد دانه شده است. این ویژگی برخلاف ویژگی تعداد غلاف در بوته، همبستگی منفی با عملکرد دانه داشت و چنانچه معیار گزینش برای ژنوتیپ‌های پرمحصول استفاده شود، باید ژنوتیپ‌هایی با دوره گلدهی کوتاه‌تر به کار رود. با توجه به نتایج، ویژگی تعداد غلاف در بوته در هر دو فصل کشت بیشترین اثر مثبت را بر رشد و عملکرد گیاه داشته است؛ اگرچه میزان آن در فصل پاییز بیشتر بوده است. همچنین این ویژگی با تعداد شاخه ثانویه در کشت پاییزه (غیرمستقیم) و با ویژگی تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی در کشت بهاره هر دو بسیار مؤثر بوده است. در گزارش Uddin *et al.* (1990)، تعداد غلاف در بوته یکی از مهم‌ترین شاخص‌های مؤثر بر افزایش عملکرد نخود به‌شمار آمده است. این ویژگی در هر دو کشت پاییزه و بهاره، همبستگی مثبت معنادار با عملکرد دانه نشان داد. بنابراین به‌کارگیری تعداد غلاف بیشتر مستقیماً در بررسی میزان عملکرد گیاه نخود سیاه در برنامه‌های اصلاحی امکان‌پذیر است؛ البته فقدان همبستگی بین عملکرد و سایر ویژگی‌های بررسی‌شده بیانگر مؤثر نبودن آنها بر میزان عملکرد نیست و باید مطالعات بیشتری در این زمینه انجام گیرد.

نتیجه تجزیه علیت در کشت پاییزه (جدول ۶) نشان داد که ویژگی تعداد غلاف در بوته و تعداد شاخه ثانویه به‌ترتیب بیشترین (۰/۴۲۹) و کمترین (۰/۱۰۰) اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد داشتند. اثر غیرمستقیم ویژگی تعداد غلاف در بوته به‌واسطه تعداد شاخه ثانویه بسیار ناچیز (۰/۰۴۰) بود؛ لذا همبستگی مثبت این ویژگی با عملکرد، عمدتاً به دلیل اثر مستقیم بالای آن بوده است. همچنین تأثیر این ویژگی غیرمستقیم با تعداد شاخه ثانویه (۰/۱۷۴) در مقایسه با اثر مستقیم ویژگی تعداد شاخه ثانویه (۰/۱۰۰) بر روی عملکرد بسیار بیشتر است. در نتیجه این ویژگی معیار گزینش در انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا انتخاب می‌شود. ویژگی تعداد شاخه ثانویه با اثر مستقیم ناچیز (۰/۱۰۰) و غیرمستقیم (۰/۱۷۴) در مجموع تأثیر معناداری روی عملکرد نداشت و پس برای معیار گزینش انتخاب نمی‌شود. در کشت بهاره نیز (جدول ۷)، تعداد غلاف در بوته بیشترین اثر مستقیم مثبت به میزان ۰/۴۶۳ و کمترین اثر غیرمستقیم تعداد روز تا گلدهی به میزان ۰/۱۵۵ بود که در نهایت منجر به همبستگی معنادار با عملکرد دانه شد. در کشت بهاره نیز این ویژگی با آثار مستقیم و غیرمستقیم بسیار، معیار گزینش برای انتخاب ژنوتیپ‌های پرمحصول استفاده می‌شود. تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، با اثر مستقیم منفی بالا به میزان

جدول ۶. میزان آثار مستقیم و غیرمستقیم ویژگی‌ها بر عملکرد بوته در کشت پاییزه ژنوتیپ‌های نخود دسی

ویژگی	اثر مستقیم	اثر غیرمستقیم	همبستگی با عملکرد بوته
تعداد غلاف در بوته	۰/۴۲۹	۰/۰۴۰*	۰/۴۶۹*
تعداد شاخه ثانویه	۰/۱۰۰	۰/۱۷۴	۰/۲۷۵

آثار باقیمانده: ۰/۸۷۷

جدول ۷. میزان آثار مستقیم و غیرمستقیم ویژگی‌ها بر عملکرد بوته در کشت بهاره ژنوتیپ‌های نخود دسی

ویژگی	اثر مستقیم	اثر غیرمستقیم	همبستگی با عملکرد بوته
تعداد غلاف در بوته	۰/۴۶۳	۰/۱۵۵	۰/۶۱۹**
روز تا ۵۰ درصد گلدهی	-۰/۳۱۱	-۰/۲۳۳	-۰/۵۴۲**

آثار باقی‌مانده: ۰/۷۳۸

گیاه در دوره رشد خود، به‌خصوص در دوره رشد زایشی، با افزایش دما و کاهش رطوبت روبه‌رو می‌شود. مشخصات محیطی پاییز و زمستان کشور باوجود افزایش

نتیجه‌گیری کلی

کشت بهاره نخود در بسیاری از مناطق ایران منجر به کاهش عملکرد این محصول شده است زیرا در این فصل

روشنی از تولید گونه‌های مقاوم به تنش سرما در نخود در پی خواهد داشت. نتایج این تحقیق منجر به انتخاب اولیه ژنوتیپ‌های دسی مقاوم به سرما شد. برای ارزیابی‌های بعدی و انتخاب بهترین ژنوتیپ مقاوم به سرما می‌بایست آزمایش‌های تکمیلی در نواحی سردتر مانند اردبیل، زنجان، اراک و... انجام شود؛ که از سوی محل کشت‌وکار نخود بوده‌اند و از سوی دیگر بسیار سرد هستند. با وجود این، شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به سرما به کمک روش‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ممکن است در دسترس‌ترین و مهم‌ترین مسیر اصلاحی باشد که منجر به فهم برخی مکانیسم‌های مقاومت به سرما نیز می‌شود. همچنین با مطالعات مولکولی و تکمیلی دیگر در شرایط کنترل‌شده، درک جزئیات بیشتر نیز امکان‌پذیر خواهد شد.

بارندگی، کاهش تبخیر و در بسیاری از نواحی با دمای متعادل، شرایطی مناسب برای کشت پاییزه نخود (در مقایسه با کشت بهاره) فراهم می‌کند. استفاده بهینه از بارش‌های زمستانی، تولید بیومس بیشتر در واحد سطح، پایداری بیشتر گیاه نخود در مزرعه و در نتیجه عملکرد بالاتر آن را دربر خواهد داشت (Hawtin, 1975; Singh *et al.*, 1997). با اینکه مقاومت به تنش سرما، پیش‌نیاز اساسی در کشت پاییزه نخود است، کشت زود هنگام بهاره نیز امکان دارد خسارت‌های مراحل اولیه رشد رویشی ژنوتیپ‌ها را کاهش دهد (Saxena & Johnson, 1985). براساس تحقیقات اولیه گروه ما درباره گیاه نخود دسی، ژنوتیپ‌های کشت‌شده در ایران به سرمای زیر صفر درجه مقاومند، بنابراین ارزیابی و انتخاب این ژنوتیپ‌ها و جانیشینی آنها با گونه‌های معرفی‌شده و به‌کارگیری آنها در برنامه‌های اصلاحی، چشم‌انداز

REFERENCES

1. Auld, D. L., Bethis, B. L., Crock, J. E. & Kephart, K. D. (1988). Planting date and temperature effects on germination, emergence and seed yield of chickpea. *Agronomy Journal*, 80(6), 909-914.
2. Baker, R. J. (1994). Breeding Methods and selection indices for improved tolerance to biotic and abiotic stresses in cool season food legumes. *Euphytica*, 73(1-2), 67-72.
3. Bakhsh, A., Hussain, A. & Ali, Z. (2007). Gene action studies for some morphological traits in bread wheat. *Sarhad Journal of Agriculture*, 20(1), 73-78.
4. Beck E.H., Heim, R. & Hansen, J. (2004). Plant resistance to cold stress: Mechanisms and environmental signals triggering frost hardening and dehardening. *Journal of Biosciences* 29 (4), 449-459.
5. Choudhury, M. A., Mian, M. A. K. (1988). Character association and path coefficient analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Bangladesh Journal of Plant Breeding and Genetics*, 1(1-2), 26-31.
6. Coeur d'Acier, A., Cocuzza, G., Jouselin, E., Cavalieri, V. & Barbagallo, S. (2008). Molecular phylogeny and systematic in the genus *Brachycaudus* (Homoptera: Aphididae): insights from a combined analysis of nuclear and mitochondrial genes. *Zoologica Scripta*, 37(2), 175-193.
7. Duke, J. A. (1981) *Handbook of legumes of world economic importance*. Plenum Press, New York, USA pp. 52-57
8. Eshel, Y. (1967). Effect of sowing date on growth and seed yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Israel Journal of Agriculture*, 17(4), 193-197.
9. Food and Agriculture Organization. (2010). Food outlook, global market analysis in FAO. Retrieved May 22, 2012, from <http://www.fao.food.outlook.com>
10. Hawtin, G. C. & Singh, K. B. (1984) Prospects and potential of winter sowing of chickpea in the Mediterranean region. In M. C. Saxena, K. B. Singh (Eds.), *Ascochyta blight and winter sowing of chickpea*, (pp. 7-16). Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands.
11. Heidarvan, L., Maali Amiri, R., Naghavi, M. R., Farayedi, Y., Sadeghzadeh, B., Alizadeh, K. (2011). Physiological and morphological characteristics of chickpea accessions under low temperature stress. *Russian Journal of Plant Physiology*, 58, 157-163.
12. Islam, M. Q., Begum, K. & Kaul, A. K. (1984). Phenotypic and genotypic correlation studies in Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Bangladesh Journal of Agriculture Research*, 9(1), 33-37.
13. Maleki Farahani, S. & Chaichi, M. R. (2004). Evaluation of freezing stress on chickpea (*Cicer arietinum* L.) ecotypes desi type). In: *Proceeding of the 8th Iranian Crop Production & Breeding Congress*, 25-27 Aug., The University of Guilan, Rasht, Iran, pp.231.
14. Malhotra, R. S. & Singh, K. B. (1991). Gene action for cold tolerance in chickpea. *Theoretical and Applied Genetics*, 82(5), 598- 601.

15. Millan, T., Clarke, H. J., Siddique, K. H. M., Buhariwalla, H. K., Gaur, P. M., Kumar, J., Gil, J., Kahl, G. & Winter, P. (2006). Chickpea molecular breeding: New tools and concepts. *Euphytica*, 147(1-2), 81-103.
16. Nayyar, H., Bains, T. S., Sanjeev, K. (2005). Chilling stressed chickpea seedlings: effect of cold acclimation, calcium and abscisic acid on cryoprotective solutes and oxidative damage. *Environmental and experimental Botany*, 54, 275-285.
17. Or, E., Hovav, R. & Abbo, S. (1999). A major gene for flowering time in chickpea. *Crop Science*, 39(2), 315-322.
18. Rossi, M., Germondari, I. & Casini, P. (1984). Comparison of chickpea cultivars: chemical composition, nutritional evaluation and oligosaccharide content. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 32(4), 811-814.
19. Samach, A. & Wigge, P. A. (2005). Ambient temperature perception in plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 8(5), 483-486.
20. Saxena, N. P. & Johnson, C. (1990). Chickpea ideotypes for genetic enhancement of yield and yield stability in south Asia. In: Proceedings of *International Workshop on Chickpea Improvement-II: Chickpea in nineties*. 4-8 Dec., ICRISAT, India, pp. 80-88.
21. Saxena, M. C., Silim, S. N. & Singh, K. B. (1990). Effect of supplementary irrigation during reproductive growth on winter and spring chickpea (*Cicer arietinum* L.) in a Mediterranean environment. *Journal of Agricultural Science*, 114(3), 285-293.
22. Singh, K. B. & Ocampo, B. (1997). Exploitation of wild *Cicer* species for yield improvement in chickpea. *Theoretical and Applied Genetics*, 95, 418-423.
23. Singh, K. B., Malhotra, R. S. & Saxena, M. C. (1995). Additional sources of tolerance to cold in cultivated and wild *Cicer* species. *Crop Sciences*, 35, 1491-1497.
24. Srinivasan, A., Johansen, C., Saxena, N. P. (1998). Cold tolerance during early reproductive growth of chickpea (*Cicer arietinum* L.): characterization of stress and genotypic variation in pod set. *Field Crops Res*, 57, 181-193.
25. Toker, C. (2005). Preliminary screening and selection for cold tolerance in annual wild *Cicer* species. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 52(1), 1-5.
26. Uddin, M. J., Hamid, M. A., Rahman, A. R. M. S. & Newaz, M. A. (1990). Variability, correlation and path analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Bangladesh. *Bangladesh Journal of Plant Breeding and Genetics*, 3(1-2), 51-55.
27. Yadav, S. S., Kumar, J., Yadav, S. K., Singh, S., Yadav, V. S., Turner, N. C. & Redden, R. (2006). Evaluation of helicoverpa and drought resistance in desi and kabuli chickpea. *Plant Genetic Resources*, 4(3), 198-203.