مقاله پژوهشی

نشریه علمی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijrfpbgr.2021.353947.1379
جلد ۲۹، شماره ۱، صفحه ۱۶۲-۱۴۸ (۱۴۰۰) شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.17350891.1400.29.1.12.9

بررسی تنوع فنولوژیکی، مورفولوژیکی و سیتوژنتیکی گونه‌های چاودار (.Secale sp) ایران

شکیبا شاهمرادی*[۱]، عیسی ظریفی آناخاتون[۲] و فرنگیس قنواتی[۳]

۱*. نویسنده مسئول مکاتبات، استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج
پست‌الکترونیک: shakibashahmoradi@gmail.com
۲. استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج
۳. دانشیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۱۲

چکیده

چاودار غله‌ای بومی جنوب‌غربی آسیا می‌باشد و دو گونه از این جنس شامل گونه زراعی *S. cereale* و گونه وحشی *S. strictum* (*S. montanum*) در ایران وجود دارد. این تحقیق به‌منظور ارزیابی تنوع صفات فنولوژیکی، مورفولوژیکی و سیتوژنتیکی در گونه‌های این جنس انجام شد. در این آزمایش تعداد ۹۱ اکوتیپ از کلکسیون ژرم‌پلاسم چاودار بانک ژن گیاهی ملی ایران، در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه اصلاح نهال و بذر کشت و ارزیابی شد. کلیه صفات فنولوژیک و مورفولوژیک (کمی و کیفی) شامل ۲۳ صفت بر اساس دستورالعمل مؤسسه بین‌المللی ذخایر توارثی اندازه‌گیری شدند. اکوتیپ‌های مورد بررسی شامل ۷۸ اکوتیپ *S. cereale* و ۱۳ اکوتیپ *S. strictum* بود. نتایج پارامترهای توصیفی نشان داد که دامنه تغییر و میزان تنوع در برخی از صفات در بین گونه‌ها متفاوت بود. تجزیه‌وتحلیل چندمتغیره صفات نشان داد که صفات فنولوژیکی روز تا گلدهی و روز تا رسیدن، صفات مورفولوژیکی شامل شاخص ریزش دانه و رنگ گوشوارک، طول سنبله و تعداد سنبلچه در سنبله در بین گونه‌ها تفاوت معنی‌داری داشتند. این صفات در تفکیک گونه‌ها دارای اهمیت بالایی بودند. ارزیابی سیتوژنتیکی کروموزوم‌های دو گونه *S. cereale* و *S. strictum* نشان داد اگرچه تعداد کروموزوم‌ها در هر دو گونه ۱۴ کروموزوم و دیپلوییید بودند ولی تفاوت معنی‌داری برای طول کروموزوم‌ها و نسبت بازوها در این دو گونه مشاهده شد که می‌تواند به تفکیک و شناسایی سیتوژنتیکی این دو گونه کمک کند. در مجموع صفات فنولوژیکی، مورفولوژیکی و سیتوژنتیکی در گونه‌های چاودار تنوع قابل ملاحظه‌ای نشان دادند و می‌توان از آنها در شناسایی و تفکیک گونه‌ها استفاده کرد و درصورت وجود محدودیت زمانی یا عدم امکان کشت، ارزیابی سیتوژنتیکی به‌عنوان روشی مناسب برای شناسایی گونه‌هاست.

واژه‌های کلیدی: چاودار زراعی، تنوع، شناسایی، گونه‌وحشی.

مقدمه

چاودار بومی جنوب‌غربی آسیا می‌باشد و جنس *Secale* در ایران دارای دو گونه *S. cereale* با دو زیرگونه cereale و ancestral و گونه‌وحشی *S. strictum* (*S. montaneum*) است. دانشمندان در بازنگری طبقه‌بندی جنس *Secale* پیشنهاد کردند که نام *Secale stricturn* نسبت به *Secale montanum* ترجیح داده می‌شود و این گونه دارای دو زیرگونه به نام‌های ssp. Strictum و ssp. Africanum می‌باشد (Frederiksen and Peterson, 1998). زیرگونه *S. cereale* ssp. cereale زراعی بوده ولی

زیرگونه *S. cereale* ssp. ancestral به‌طور خودرو می‌روید (Frederiksen and Peterson, 1998).

مطالعه تاکسونومیکی جنس *Secale* از دیرباز موضوع مورد توجه گیاه‌شناسان بوده و با اختلاف‌نظرهایی همراه است. بررسی روابط فیلوژنتیکی جنس *Secale* براساس مارکرهای بیوشیمیایی و مولکولی مختلفی ازجمله آیزوزایم‌ها (DelPozo *et al*., 1995 ،*et al*., 1987 Vence) RAPDsو طول فواصل rDNA (Reddy *et al*., 1990) و ITS (De Butos and Jouve 2002) بررسی شده است. Takezake و Nei (1996) و Shang و همکاران (2006) تنوع ژنتیکی و روابط فیلوژنتیکی جنس چاودار را نیز بر اساس مارکر ریزماهواره بررسی نمودند.

Parsa (1950) در بررسی گونه *S. cereale* وجود محور سنبله سخت را گزارش نمود، در حالی که برخی محققان (Boissier, 1879; Bor, 1970) بیان کردند که این گونه دارای محور سنبله شکننده است. Frederiksen و Peterson (1998) هر دو این حالت‌ها یعنی محور سنبله سخت یا تا حدودی شکننده و کاملاً شکننده را در این گونه گزارش نمودند. Rahiminejad و همکاران (2005) گزارش کردند که در برخی از جمعیت‌های *S. cereale*، ناحیه ۱/۳ بالایی سنبله شکننده است که این اکوتیپ‌ها قبلا به‌عنوان *S. segetal* نامیده می‌شدند و بر اساس مونوگراف Frederiksen و Peterson (1998) این جمعیت‌ها تحت نام *S. cereale* ssp. ancestrale zhuk. نامگذاری شدند.

بر اساس نتایج تحقیقات Rahiminejad و همکاران (2005) گونه *S. careale* L. در ایران دارای دو زیرگونه *S. cereale* ssp. cereale و *S. cereale* ssp. ancestrale و گونه *S. strictum* (c. presl) c.presl دارای زیرگونه *S. strictum* ssp. strictum است. مطالعه تاکسونومیکی و بازنگری تاکسونومیکی جنس *Secale* در ایران توسط این محقق نشان داد که این جنس دارای تنوع بالایی از فرم سنبله، شکنندگی محور سنبله و وجود کرک در زیر سنبله می‌باشد. شکنندگی محور سنبله نیز دارای تنوع بالایی بوده و از کاملاً شکننده تا کاملاً سخت مشاهده شد. از نظر Nasernakhaei و Rahiminejad (2007) وجه تمایز بین این دو زیرگونه در این است که زیرگونه زراعی دارای محور سنبله محکم ولی *Secale cereale* ssp. Ancestrale دارای محور سنبله کم و بیش شکننده می‌باشد.

البته ارزیابی تنوع ژنتیکی در نمونه‌های چاودار بومی تنوع ژنتیکی بالایی را در نمونه‌های چاودار نشان داده است (Person and Bothmer, 2002). تاکنون در تحقیقات متعددی تنوع در کلکسیون‌های ژرم‌پلاسم بانک ژن گیاهی ملی ایران مورد ارزیابی قرار گرفته است (Shahmoradi, *et al*., 2019; Abbasi, 2008; Abbasi, *et al*., 2007). ارزیابی صفات زراعی و مورفولوژیکی و بررسی تنوع ژنتیکی در ۲۷۱ اکوتیپ چاودار از کلکسیون ژرم‌پلاسم بانک ژن گیاهی ملی ایران، تنوع ژنتیکی گسترده‌ای را در میان صفات کمی و کیفی مورد ارزیابی نشان داد (Shahmoradi, 2010). در میان صفات کمی، صفات عملکرد و وزن دانه دارای بیشترین تنوع بودند. در تحقیق دیگری، تعداد ۱۰۸ اکوتیپ از کلکسیون ژرم‌پلاسم چاودار که متفاوت با تحقیق قبلی بودند، از نظر ۱۶ صفت کمی و ۱۴ صفت کیفی شامل صفات آگرونومیک و مورفولوژیک مورد ارزیابی قرار گرفتند (Shahmoradi and Mozafari, 2016). تنوع اکوجغرافیایی اکوتیپ‌ها براساس اقلیم و مکان جغرافیایی محل جمع‌آوری نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان‌دهنده دامنه وسیع تنوع و توزیع جغرافیایی صفات مرفولوژیکی، فنولوژیکی و زراعی در این منابع بود که احتمال می‌رود حاصل سیر تکاملی آنها باشد.

البته تاکنون مطالعات مورفولوژیکی بسیار زیادی بر روی صفات کمی و کیفی این گونه انجام شده است ولی تعداد بسیار کمی از این صفات توانسته‌اند به‌عنوان یک آرایه افتراقی بین زیرگونه‌های آن مورد قبول واقع شوند (Nasernakhaei and Rahiminejad, 2007). با توجه به اینکه روش‌های تمایز و شناسایی گونه‌های چاودار هنوز مورد بحث و تردید محققان می‌باشد، شناسایی و معرفی روش‌های معتبر به‌منظور تفکیک گونه‌های چاودار اهمیت زیادی دارد، ازاین‌رو به‌منظور ارزیابی تنوع مورفولوژیکی و

سیتوژنتیکی اکوتیپ‌ها و بررسی امکان شناسایی گونه‌های این جنس با استفاده از صفات فنولوژیکی، مورفولوژیکی کمی و کیفی و ارزیابی سیتوژنتیکی، این تحقیق انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش ۹۱ اکوتیپ جنس چاودار (*Secale* spp.) از کلکسیون ژرم‌پلاسم چاودار بانک ژن گیاهی ملی ایران، در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی بخش ژنتیک مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج کشت شدند (جدول۱). اکوتیپ‌های مورد بررسی در این تحقیق، ابتدا از نظر فنولوژیکی و مورفولوژیکی ارزیابی شدند، سپس مورد ارزیابی سیتوژنتیکی قرار گرفتند.

ارزیابی صفات فنولوژیکی و مورفولوژیکی

به‌منظور شناسایی گونه‌های مختلف چاودار و ارزیابی مقدماتی صفات مورفولوژیک و فنولوژیک، کشت اکوتیپ‌ها در خطوط یک متری با فاصله خطوط ۶۰ سانتی‌متر انجام شد. ۲۳ صفت اندازه‌گیری شده شامل پنج صفت فنولوژیکی روز تا ظهور ساقه، روز تا ظهور سنبله، روز تا گلدهی، روز تا رسیدن و دوره پرشدن دانه، هشت صفت مرفولوژیکی کیفی براساس دستورالعمل مؤسسه بین‌المللی ذخایر توارثی (IBPGR, 1985) مطابق جدول ۲ و ۱۰ صفت کمی شامل سطح برگ، ضخامت قاعده پدانکل، طول سنبله و تراکم سنبله در مزرعه و برخی در آزمایشگاه اندازه‌گیری و امتیاز-دهی شدند. این تحقیق در قالب یک طرح مقدماتی مشاهده-ای اجرا گردید، بنابراین مشاهدات دسته‌بندی و روابط بین آنها توصیف شد. آمار توصیفی صفات فنولوژیکی و مورفولوژیکی کمی و کیفی براساس محاسبه مد، میانگین، کمینه، بیشینه و ضریب تغییرات فنوتیپی (CV) برآورد شد.

به‌منظور تعیین سهم هر صفت در توجیه واریانس کل، از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به‌عنوان روشی برای روشن نمودن ارتباط بین دو یا چند ویژگی و برای تقسیم واریانس کل ویژگی‌ها و صفات به تعداد محدودی متغیرهای جدید تعریف شده است. همچنین تجزیه تابع تشخیص به‌منظور شناسایی صفات دخیل در تمایز گونه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزارهای آماری Graphics SPSS 16, Stat Plus2.1 انجام شد.

جدول ۱- گونه و زیرگونه‌های چاودار مورد بررسی در آزمایش

گونه	تعداد اکوتیپ
Secale cereale ssp. cereale	۴۷
Secale cereale ssp. ancestrale	۳۱
Secale strictum ssp. strictum	۱۳
کل	۹۱

جدول ۲- دستورالعمل ارزیابی صفات کیفی درگیاه چاودار (IBPGR, 1985)

صفات	نحوه امتیازدهی
ریزش دانه	شکنندگی محور سنبله در گیاه بالغ : ۱. غیر شکننده، ۲. ریزش متوسط، ۳. ریزش کامل
رنگ دانه	۱. سفید، ۲. خاکستری، ۳. سبز، ۴. قهوه‌ای، ۵. بنفش
رنگ ریشک	۱. سیاه، ۲. آبی، ۳. قهوه‌ای،۴. خاکستری، ۵. بنفش، ۶. قرمز، ۷. قهوه‌ای مایل به زرد، ۸. سفید/ کهربایی، ۹. زرد
کرک‌دار بودن گلوم	۱. بدون کرک، ۲. کوتاه، ۳. بلند
رنگ دانه	۱. سفید، ۲. خاکستری، ۳. سبز، ۴. قهوه‌ای، ۵. بنفش، ۶. غیره
کرک‌دار بودن برگ	۱. بدون کرک، ۲. کرک‌دار
رنگ گوشوارک	۱. سفید، ۲. خاکستری، ۳. سبز، ۴. قهوه‌ای، ۵. بنفش
عادت رشد	۱. ایستاده، ۲. نیمه خوابیده، ۳. خوابیده

ارزیابی سیتوژنتیکی

در این تحقیق با هدف مطالعه دقیق کاریوتیپ و مورفولوژی کروموزوم‌ها در دو گونه *S. cereale* و *S. strictum* (*S. montaneum*) و امکان شناسایی این دو گونه با استفاده از خصوصیات کاریوتیپ آنها، از روش اسکواش پیشرفته برای ارزیابی سیتوژنتیکی استفاده شد (Zarifi *et al*., 2006، Zarifi and Güloğlu, 2016).

پس از مطالعه نمونه اسلایدها در زیر میکروسکوپ نوری دوربین‌دار ZEISS با بزرگنمایی ۱۰۰۰× شش صفحه متافازی مناسب عکس‌برداری گردید و برای تهیه کاریوتیپ و اندازه‌گیری پارامترهای کروموزوم‌ها شامل طول بازوی کوتاه، طول بازوی بلند، نسبت بازوی کوتاه به بلند، تعداد ماهواره (Satellite)، طول کل کروموزوم‌های عدد پایه، طول کل کروموزوم و طول متوسط کروموزوم مورد استفاده قرار گرفت. پارامترها با استفاده از نرم‌افزارهای Excel و SPSS 16.0 تحلیل شدند.

نتایج

پارامترهای توصیفی

تحلیل پارامترهای آمار توصیفی صفات فنولوژیکی (جدول۳) و مورفولوژیکی کمی و کیفی (جدول ۴ و ۵) برای زیرگونه‌ها به‌طور جداگانه انجام شد. براساس پارامترهای آمار توصیفی در صفات فنولوژیکی، به نظر می‌رسد صفات تعداد روز تا ظهور ساقه، روز تا ظهور سنبله و روز تا گلدهی و رسیدن به‌طور مشخصی در دو زیرگونه *S. cereale* L. ssp. cereale و *S. cereale* L. ssp. ancestral کوتاه‌تر از گونه *S. strictum* C. Presl. ssp. strictum می‌باشد. به‌عنوان مثال صفت روز تا رسیدن در دو زیرگونه زراعی ancestral و cereale به‌ترتیب ۲۱۷ و ۲۲۱ روز و در زیرگونه وحشی strictum ۲۷۲ روز بود (جدول۳). این در حالی است که صفت دوره پرشدن دانه، در گونه اخیر کوتاه‌تر از دو گونه دیگر بود. ازاین‌رو به نظر می‌رسد که گونه وحشی دوره رشد رویشی طولانی‌تری نسبت به گونه زراعی داشت اما دوره رشد زایشی آن کوتاه‌تر بود.

بررسی آمار توصیفی در صفات کیفی (جدول ۴) نشان می‌دهد که برخی از این صفات مانند کرک‌دار بودن گلوم، رنگ دانه، ریزش دانه، کرک‌دار بودن برگ و عادت رشد در گونه‌های مورد ارزیابی تفاوت نشان داده‌اند. صفت کرک‌دار بودن گلوم و عادت رشدی در *S. cereale* L. ssp. ancestral با دو زیرگونه دیگر تفاوت نشان داد و در این زیرگونه گلوم دارای کرک کوتاه و عادت رشدی نیمه‌خوابیده بود (جدول ۲). صفت رنگ دانه در زیرگونه وحشی strictum سفید بود. ریزش کامل دانه در زیرگونه وحشی strictum و ریزش متوسط در زیرگونه ancestral مشاهده شد، ولی زیرگونه زراعی cereale فاقد ریزش دانه بود.

در بررسی آمار توصیفی صفات کمی مورد ارزیابی نیز برخی صفات به‌طور مشخصی در بین گونه‌ها تفاوت نشان داده‌اند (جدول۵). صفات سطح برگ پرچم، ضخامت پدانکل، طول سنبله و تراکم سنبله در زیرگونه زراعی cereale بالاترین میانگین (به‌ترتیب ۴/۱۴، ۱/۱۲، ۱۳/۳۸ و ۳۷/۹۱) و در زیرگونه وحشی strictum پایین ترین میانگین (۲/۶۵ و ۰/۹۷، ۱۰/۹۴، ۳۰/۲۱) را به خود اختصاص دادند. صفت ارتفاع بوته نیز در زیرگونه-های cereal و ancestral میانگین بالاتری نسبت به زیرگونه وحشی strictum داشت.

جدول ۳- پارامترهای آمار توصیفی صفات فنولوژیکی اندازه‌گیری‌شده در گونه‌های چاودار

نام صفات	*S. cereale* L. ssp. cereale				*S. cereale* L. ssp. ancestral				*S. stricticum* C. Presl. ssp. strictum			
	Min	Max	Mean	CV	Min	Max	Mean	CV	Min	Max	Mean	CV
روز تا ظهور ساقه	۱۲۴	۱۷۸	۱۳۹/۳۹	۱۱/۱۴	۱۲۸	۱۷۰	۱۴۰/۱۳	۱۰/۱۹	۸۴۱	۲۲۳	۱۵/۸۵۱	۱۷/۵۹
روز تا ظهور سنبله	۱۶۶	۱۹۵	۱۷۶/۲	۴/۸۲	۱۶۶	۱۹۶	۱۷۳/۳۲	۳/۶۸	۸۷۱	۲۳۷	/۰۷۲۰۷	۱۴/۲
روز تا گلدهی	۱۷۲	۲۰۲	۱۸۱/۳۵	۴/۴۸	۱۷۲	۲۱۰	۱۸۰/۳۵	۴/۷۴	۴۹۱	۲۳۹	/۰۷۲۱۶	۱۲/۳
روز تا رسیدن	۲۰۸	۲۴۰	۲۲۱/۱۳	۴/۲۹	۲۰۸	۲۴۲	۲۱۷/۷۴	۴/۵۶	۸۱۲	۳۲۷	۲۷۲/۶۴	۱۵/۱۴
دوره پر شدن دانه	۲۴	۴۵	۳۴/۵۹	۱۳/۸۶	۲۴	۴۶	۳۳/۶۸	۱۷/۸۷	۲۴	۴۶	۲۹/۶۴	۲۱/۱۶

جدول ۴- پارامترهای آمار توصیفی صفات مورفولوژیکی کیفی اندازه‌گیری‌شده در گونه‌های چاودار

نام صفات	*S. cereale* L. ssp. cereale			*S. cereale* L. ssp. ancestral			*S. stricticum* C. Presl. ssp. strictum		
	Min	Max	Mode	Min	Max	Mode	Min	Max	Mode
رنگ ریشک	۱	۳	۱	۱	۳	۱	۱	۳	۱
رنگ گلوم	۱	۲	۱	۱	۲	۱	۱	۲	۱
کرک‌دار بودن گلوم	۱	۳	۱	۱	۳	۲	۱	۳	۱
رنگ دانه	۱	۳	۲	۱	۳	۲	۱	۳	۱
ریزش دانه	۱	۱	۱	۲	۲	۲	۱	۳	۳
کرک‌دار بودن برگ	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۱	۲	۲
عادت رشد	۱	۲	۱	۱	۲	۲	۱	۲	۱
رنگ گوشوارک	۱	۲	۱	۱	۲	۱	۱	۲	۱

جدول ۵- پارامترهای آمار توصیفی صفات مورفولوژیکی کمی اندازه‌گیری‌شده در گونه‌های چاودار

نام صفات	*S. cereale* L. ssp. cereale				*S. cereale* L. ssp. ancestral				*S. stricticum* C. Presl. ssp. strictum			
	Min	Max	Mean	CV	Min	Max	Mean	CV	Min	Max	Mean	CV
سطح بر گ (cm^2)	۱/۱۱	۹/۴۹	۴/۱۴	۵۱/۱۷	۱/۷۸	۸/۴۵	۳/۵۵	۴۳/۸۸	۱/۲۸	۴/۴۵	۲/۶۵	۳۰/۶۶
ضخامت پدانکل (cm)	۰/۸۳	۱/۴۶	۱/۱۲	۱۲/۶۸	۰/۱۱	۱/۷۶	۱/۰۱	۲۴/۳۱	۰/۶۶	۱/۱	۰/۹۷	۱۸/۹۷
طول سنبله (cm)	۱۰/۵	۱۸/۶	۱۳/۳۸	۱۲/۱۸	۷/۶۳	۱۴/۵	۱۲/۴۲	۱۱/۶۴	۶/۸۳	۱۳/۸۸	۱۰/۹۴	۱۵/۰۳
تراکم سنبله	۲۷	۴۴	۳۷/۹۱	۱۰/۲۲	۲۶	۴۰	۳۴/۵۸	۱۱/۶۳	۱۸	۴۱	۳۰/۲۱	۱۹/۳۵
تعداد گلچه در سنبله	۵۴	۱۳۲	۹۰/۹۳	۲۶/۱۶	۵۲	۱۲۰	۸۶/۵۲	۲۵/۹۶	۳۶	۱۲۳	۷۹/۹۳	۳۳/۰۴
تعداد دانه در سنبله	۵۴	۱۲۹	۷۷/۷۶	۱۶/۳۷	۵۲	۸۰	۶۹/۱۶	۱۱/۶۳	۳۶	۸۲	۵۹/۷۱	۲۰/۳۵
طول ریشک (cm)	۲/۵۹	۸/۵	۴/۵۹	۲۸/۱۷	۲/۶۷	۵/۷۵	۴/۰۵	۱۷/۴۹	۱	۵/۵	۳/۲۹	۳۰/۹۱
طول پدانکل (cm)	۲۳	۳۶/۳	۳۰/۱۸	۱۰/۳۵	۲۱	۳۵	۲۹/۵۶	۱۱/۶۹	۱۹/۶۳	۳۳/۱۵	۲۵/۰۳	۱۸/۲۱
طول میانگره (cm)	۱/۳۳	۴/۲۵	۲/۵	۲۲/۴۹	۱/۶	۴/۲۵	۲/۷۵	۲۱/۷۷	۱	۳	۱/۸۴	۳۰/۱۸
ارتفاع بوته (cm)	۶۰	۱۱۵	۹۵/۳۷	۱۳/۶۲	۶۵	۱۱۵	۹۴/۴۲	۱۳/۹۹	۴۷	۱۰۰	۷۱/۰۷	۲۰/۴۲

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

به‌منظور ارزیابی و مقایسه دقیق‌تر این صفات در گونه‌های

مورد بررسی، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای صفات مورد ارزیابی به‌طور جداگانه انجام شد (جدول‌های ۶، ۷ و ۸) و نمودار دو مؤلفه اصلی اول و دوم مورد بحث قرار گرفت (نمودارهای ۱، ۲ و ۳).

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در صفات فنولوژیکی (جدول۶) نشان داد که دو مؤلفه در تشکیل ماتریس ضرایب شرکت کردند که در مجموع ۸۰/۹۴ درصد از واریانس صفات را توجیه می‌کنند. در مؤلفه اول ۵۶/۹۹ درصد از تغییرات مشاهده شده را به خود اختصاص داده است. صفات روز تا ظهور سنبله و روز تا گلدهی بزرگترین ضرایب را دارند (جدول۶). مؤلفه دوم با واریانس ۲۳/۹۵٪ بزرگترین ضرایب را به صفت فنولوژیکی دوره پرشدن دانه و روز تا ظهور ساقه اختصاص داد.

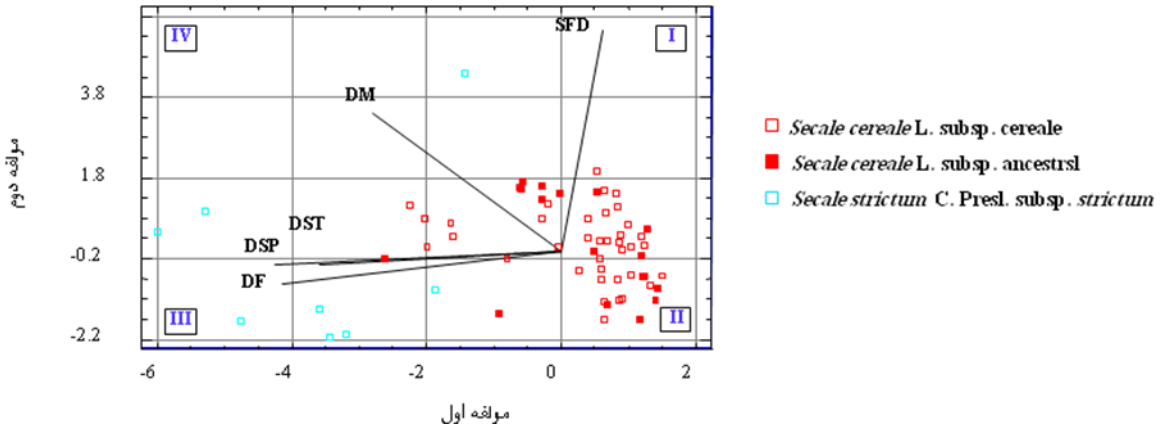
نمودار بای‌پلات مؤلفه‌های اصلی اول و دوم براساس صفات فنولوژیکی (شکل ۱) نشان می‌دهد که دو گونه چاودار به خوبی از هم متمایز شده‌اند و زیرگونه وحشی *S. stricticum* C. Presl. ssp. Strictum دارای بالاترین ضرایب در مؤلفه اول می‌باشند و عمدتا در ربع سوم نمودار قرار گرفته‌اند. در-حالی‌که اکوتیپ‌های گونه زراعی در ربع دوم نمودار قرار دارند. قرار گرفتن اکوتیپ‌های زیرگونه وحشی Strictum در نزدیکی بردار صفات روز تا ظهور سنبله و روز تا گلدهی نشان می‌دهد که این اکوتیپ‌ها دارای مقادیر بالاتری در این صفات بوده، ازاین‌رو نسبت به گونه زراعی طول دوره رشد رویشی طولانی-تری داشتند. بنابراین با توجه به اینکه زیرگونه وحشی Strictumدر سمت چپ نمودار پراکنش دارد، دیررس‌تر از دو گونه دیگر می‌باشد و گونه زراعی جنس *Secale* زودرس‌تر از گونه وحشی آن بود.

جدول ۶- مقادیر ویژه، واریانس نسبی و ضرایب متغیرها برای دو مؤلفه اصلی در صفات فنولوژیکی اکوتیپ‌های چاودار

صفات	Traits	Components	
		مولفه ۱	مولفه ۲
روز تا گلدهی	Days to Flowering	-۰/۵۶۶	-۰/۰۵۲
روز تا رسیدن	Days to Maturity	-۰/۴۷۷	-۰/۰۵۳
روز تا ظهور سنبله	Days to Spike Emergence	-۰/۵۵۱	-۰/۱۲۴
روز تا ظهور ساقه	Days to Stem Emergence	-۰/۳۷۳	۰/۵۱۹
دوره پر شدن دانه	Seed Filling Duration	۰/۰۸۳	۰/۸۴۲
مقادیر ویژه	Eigen value	۲/۸۴	۱/۱۹
واریانس نسبی	Percent of Variance	۵۶/۹۹	۲۳/۹۵
واریانس تجمعی	Cumulative Percentage	۵۶/۹۹	۸۰/۹۴

اعدادی که زیر آنها خط کشیده شده دارای ضریب بردارهای ویژه بیشتری در مؤلفه مورد نظر هستند.

در بررسی صفات مورفولوژیکی کیفی (جدول ۷) تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که سه مؤلفه در تشکیل ماتریس ضرایب شرکت کردند و درمجموع ۵۶/۶ درصد از واریانس صفات را توجیه می‌کنند. در مؤلفه اول که ۲۴/۶۲ درصد از تغییرات مشاهده شده را به خود اختصاص داد صفات ریزش دانه و رنگ گوشوارک و کرک‌دار بودن برگ بزرگترین ضریب را دارند. مؤلفه دوم با واریانس ۱۷/۲۲٪ بزرگترین ضرایب را به صفت عادت رشد (با علامت مثبت) و رنگ ریشک (با علامت منفی) اختصاص داد. در مؤلفه سوم، به‌ترتیب کرک‌دار بدون گلوم و رنگ گلوم بالاترین ضرایب را دارند (جدول ۷).

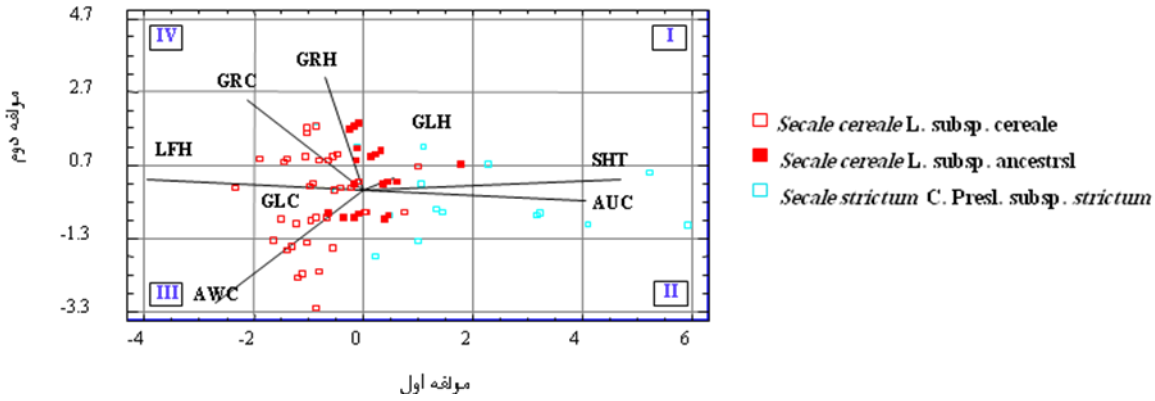


شکل ۱- نمودار بای‌پلات مؤلفه‌های اصلی در صفات فنولوژیکی مورد ارزیابی اکوتیپ‌های چاودار (**SFD**: طول دوره پرشدن دانه، **DM**: تعداد روز تا رسیدن، **DST**: تعداد روز تا ظهور ساقه، **DSP**: تعداد روز تا ظهور سنبله، **DF**: تعداد روز تا گلدهی)

جدول ۷- مقادیر ویژه، واریانس نسبی و ضرایب متغیرها برای مؤلفه‌های اصلی در صفات مورفولوژیکی کیفی اکوتیپ‌های چاودار

نام صفات	Traits	Components		
		مؤلفه ۱	مؤلفه ۲	مؤلفه ۳
کرک‌دار بودن برگ	Leaf hairiness	-۰/۴۸۲	۰/۰۶۲	۰/۰۷۱
ریزش دانه	Shattering	۰/۵۶۸	۰/۰۶۵	-۰/۱۹۹
رنگ گوشوارک	Auricle color	۰/۴۹۱	-۰/۰۵۵	-۰/۰۷۳
رنگ ریشک	Awn color	-۰/۳۲۷	-۰/۶۰۶	۰/۰۲۳
رنگ دانه	Grain color	-۰/ ۲۵۷	۰/۴۹۱	-۰/۳۷۳
عادت رشد	Growth habit	-۰/۰۸۴	۰/۶۱۱	۰/۲۸۲
رنگ گلوم	Glum color	-۰/۱۳۴	۰/۰۲۶	-۰/۵۶۶
کرک‌دار بودن گلوم	Glum hairiness	۰/۰۶۷	-۰/۰۶۸	۰/۶۳۹
مقادیر ویژه	Eigenvalue	۱/۹۶	۱/۳۷	۱/۱۹
واریانس نسبی	Percent of Variance	۲۴/۶۲	۱۷/۲۲	۱۴/۸۲
واریانس تجمعی	Cumulative Percentage	۲۴/۶۲	۴۱/۸۳	۵۶/۶۶

اعدادی که زیر آنها خط کشیده شده دارای ضریب بردارهای ویژه بیشتری در مؤلفه مورد نظر هستند.



شکل ۲- نمودار بای‌پلات دو مؤلفه اصلی برای صفات مورفولوژیکی مورد ارزیابی در اکوتیپ‌های چاودار (**AWC**: رنگ ریشک، **GLC**: رنگ گلوم **LFH**: کرک‌دار بودن برگ، **GRC**: رنگ دانه، **GRH**: عادت رشدی، **GLH**: کرک‌دار بودن گلوم، **SHT**: ریزش دانه، **AUC**: رنگ گوشوارک)

نمودار بای‌پلات مؤلفه‌های اصلی اول و دوم براساس صفات مورفولوژیکی (شکل۲) نشان می‌دهد که این صفات به خوبی دو گونه وحشی و زراعی چاودار را از هم تفکیک نموده‌اند و حتی دو زیرگونه *S. cereale* نیز تقریبا متمایز هستند و عمدتا در ربع سوم و چهارم نمودار قرار گرفته‌اند. در حالی که اکوتیپ‌های گونه وحشی در ربع دوم نمودار قرار دارند. قرار گرفتن اکوتیپ‌های گونه *striticum* در نزدیکی بردار صفات ریزش دانه و رنگ گوشوارک را نشان می‌دهد. این اکوتیپ‌ها نسبت به گونه زراعی برگ‌های کرک‌دار و رنگ گوشوارک تیره‌تری داشتند و حساس به ریزش بودند (جدول ۱).

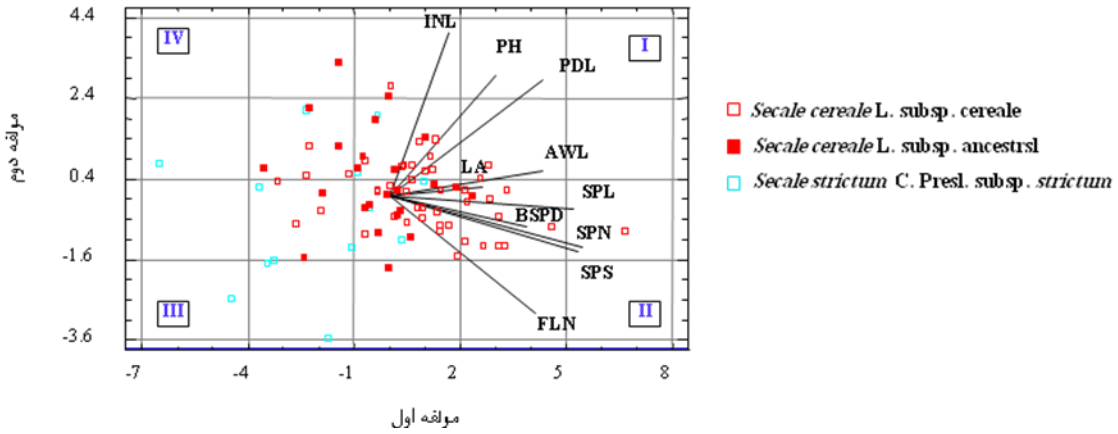
تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در صفات کمی مورد ارزیابی در اکوتیپ‌های چاودار (جدول ۸) نشان داد که سه مؤلفه در تشکیل ماتریس ضرایب شرکت کردند و درمجموع ۷۲/۴۲ درصد از واریانس صفات را توجیه می‌کنند. در مؤلفه اول که ۴۵/۳۷ درصد از تغییرات مشاهده شده را به خود اختصاص داد صفات تعداد دانه در سنبله و تراکم سنبله بزرگترین ضریب را دارند (جدول ۸). مؤلفه دوم با واریانس ۱۴/۲۳٪ بزرگترین ضرایب را به صفت طول میانگره اختصاص داده است و در مؤلفه سوم، صفت سطح برگ بالاترین ضریب را دارد.

نمودار بای‌پلات مؤلفه‌های اصلی اول و دوم براساس صفات کمی (شکل۳) نشان می‌دهد که این صفات به خوبی دو گونه وحشی و زراعی چاودار را تفکیک نموده‌اند و اکوتیپ‌های گونه وحشی عمدتا در ربع سوم نمودار قرار گرفته‌اند. قرار گرفتن اکوتیپ‌های گونه *S. cereale* در نزدیکی اغلب بردارهای صفات کمی نشان می‌دهد که اکوتیپ‌های گونه زراعی نسبت به گونه وحشی، مقادیر بالاتری در صفات کمی به‌ویژه تراکم سنبله و تعداد سنبلچه در سنبله داشتند.

جدول ۸- مقادیر ویژه، واریانس نسبی و ضرایب متغیرها برای مؤلفه‌های اصلی در صفات کمی اکوتیپ‌های چاودار

نام صفات	Traits	Components		
		مؤلفه ۱	مؤلفه ۲	مؤلفه ۳
طول سنبله	Spike length	۰/۳۹۴	-۰/۰۴۹	۰/۳۰۴
تراکم سنبله	Spike density	۰/۴۰۴	-۰/۲۰۶	۰/۱۴۱
تعداد دانه در سنبله	Seeds per spike	۰/۴۱۴	-۰/۱۸۸	-۰/۰۱۲
ضخامت قاعده پدانکل	Peduncle base diameter	۰/۲۹۴	-۰/۱۱۵	-۰/۰۹۳
طول میانگره	Inter node length	۰/۱۲۸	۰/۵۸۸	۰/۴۳۲
تعداد گلچه در سنبله	Flowers per spike	۰/۳۱۳	-۰/۴۳۰	۰/۲۴۳
طول پدانکل	Peduncle length	۰/۳۳۱	۰/۴۲۱	۰/۰۸۶
ارتفاع بوته	Plant height	۰/۲۲۶	۰/۴۳۴	-۰/۲۳۱
طول ریشک	Awn length	۰/۳۲۸	۰/۰۹	-۰/۳۶۷
سطح برگ	Leaf area	۰/۲	۰/۰۳۱	-۰/۶۶۱
مقادیر ویژه	Eigenvalue	۴/۵۳	۱/۴۲	۱/۲۸
واریانس نسبی	Percent of Variance	۴۵/۳۷	۱۴/۲۳	۱۲/۸۱
واریانس تجمعی	Cumulative Percentage	۴۵/۳۷	۵۹/۵۹	۷۲/۴۲

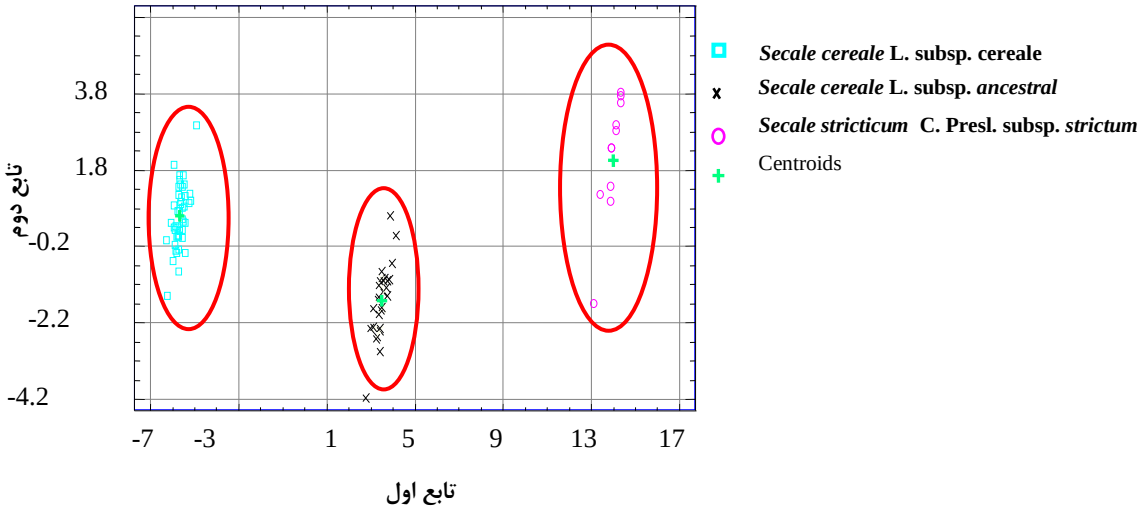
اعدادی که زیر آنها خط کشیده شده دارای ضریب بردارهای ویژه بیشتری در مؤلفه مورد نظر هستند.



شکل ۳- نمودار بای‌پلات دو مؤلفه اصلی برای صفات کمی مورد ارزیابی در اکوتیپ‌های چاودار (**PH**: ارتفاع بوته، **INL**: طول میانگره، **PDL**: طول پدانکل، **LA**: سطح برگ، **AWL**: طول ریشک، **SPL**: طول سنبله، **BSPD**: ضخامت قاعده پدانکل، **SPN**: تراکم سنبله، **SPS**: تعداد دانه در سنبله، **FLN**: تعداد گلچه در سنبله)

تجزیه تابع تشخیص

به‌منظور شناسایی و معرفی مهمترین صفات تفکیک کننده در گونه‌های چاودار، تجزیه تابع تشخیص بر روی کل ۲۳ صفت مورد ارزیابی در اکوتیپ‌های چاودار انجام شد (شکل ۴). در تابع اول که ۹۶/۴۵ درصد از واریانس را به خود اختصاص داده است، بالاترین ضرایب مربوط به صفات روز تا رسیدن (۱/۱۴) و ریزش دانه (۱/۵۱) می‌باشد. تابع اول که محور افقی در شکل ۴ می‌باشد، به خوبی گونه وحشی و زراعی و حتی زیرگونه‌های گونه زراعی *S. cereale* را متمایز کرده است. ازاین‌رو این موضوع اهمیت بالای این دو صفت را در تفکیک و شناسایی گونه‌های جنس چاودار نمایان می‌کند. در تابع دوم که درصد واریانس بسیار کمتری را به‌خود اختصاص داده است (۳/۵۵ درصد)، بیشترین ضریب مربوط به وزن صددانه و طول میانگره است.



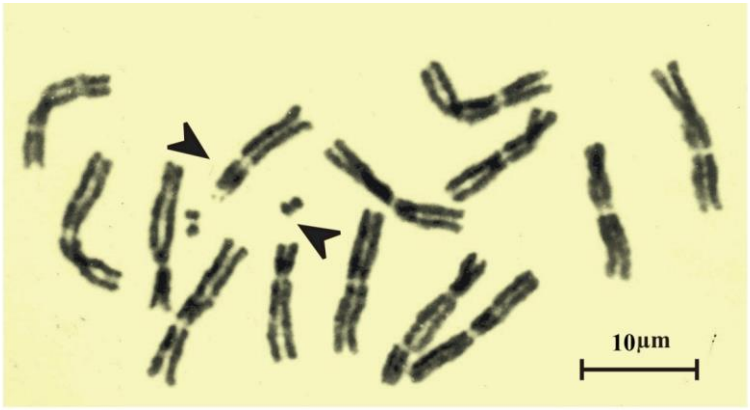
شکل ۴- موقعیت زیرگونه‌های چاودار بر اساس مقادیر حاصل از توابع تشخیص اول و دوم صفات فنولوژیکی و مورفولوژیکی کمی و کیفی

بررسی تنوع سیتوژنتیکی

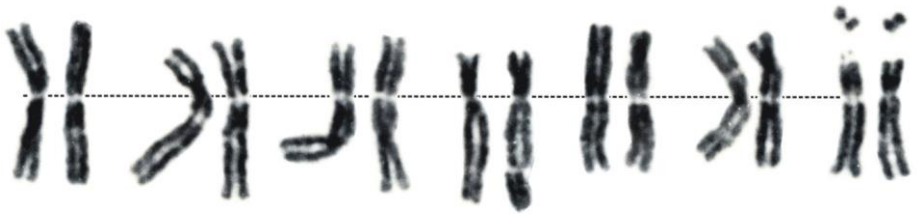
بررسی سیتولوژی کروموزوم‌های دو گونه *S. cereale* و *S. strictum* نشان داد که تعداد کروموزوم‌های سوماتیکی در هر دو گونه ۱۴ کروموزوم و دیپلوییید (2n=2x=14) می‌باشد (شکل۵a و ۶a). یک جفت ماهواره بر روی بازوی کوتاه کروموزوم شماره ۷ در هر دو گونه قرار دارد، این ماهواره‌ها به‌عنوان نشانگر کروموزومی در بین دیگر کروموزوم‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (۵a و ۶a). پس از تهیه کاریوگرام این دو گونه با استفاده از ۶ صفحه متافازی، تیپ کروموزوم‌ها به روش Levan و همکاران (۱۹۶۴) تعیین و مشخص شد.

در گونه *S. cereale* طول بلندترین کروموزوم (شماره ۱) ۱۵/۸۹±۰/۵۱ میکرون و تیپ این کروموزوم ساب-متاسانتریک بود (جدول۹). طول کوتاه‌ترین کروموزوم (شماره ۷) ۱۲/۸۹±۰/۲۸ میکرون و تیپ این کروموزوم نیز ساب‌متاسانتریک بود. در گونه *S. strictum* طول بلندترین کروموزوم (شماره ۱) ۱۲/۳۵ ±۰/۳۱ میکرون و تیپ این کروموزوم متاسانتریک بود. طول کوتاه‌ترین کروموزوم (شماره ۷) ۹/۹۹±۰/۱۶ میکرون و تیپ این کروموزوم ساب متاسانتریک بود. از مجموع هفت جفت کروموزوم، یک جفت کروموزوم که دارای ماهواره بوده در هر دو گونه

در مرتبه ۷ قرار داشت و در هر دو گونه ساب‌متاسانتریک بود (جدول۹). متوسط نسبت بازوها در گونه *S. cereale* برابر با ۱/۶۹ میکرون و فرمول کروموزومی این گونه به‌صورت $2n=2x=14=5m+1sm+1sm^{sat}$است. متوسط نسبت بازوها در گونه *S. strictum* برابر با ۱/۶۲ میکرون و فرمول کروموزومی این گونه به‌صورت $2n=2x=14=4m+2sm+1sm^{sat}$ می‌باشد. ویژگی کروموزوم‌های هر دو گونه در جدولهای (۹ و ۱۰) آمده است.



(a

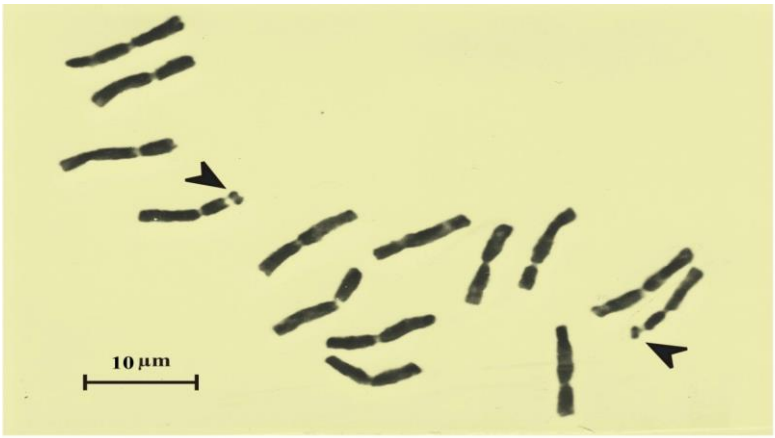


(b

شکل ۵– (a) کروموزوم‌های میتوزی گونه *S. cereale* L. در مرحله متافازی (2n=2x=14)، (b) کاردیوگرام کروموزوم‌های میتوزی گونه *S. cereale* L. (2n=2x=14)

جدول ۹– ویژگی‌های پارامتری (میانگین ±خطای استاندارد) کاریوتیپ گونه *S. cereale* L. (میکرومتر)

جفت	مجموع طول بازوها	بازوی بلند	بازوی کوتاه	نسبت طول بازو	شاخص سانترومر	ماهواره
۱	۱۵/۸۸±۰/۵۱	۱۰/۰۹±۰/۵۳	۵/۷۸±۰/۴۷	۱/۸۸±۰/۲۱	۳۶/۴۵±۲/۷۳	
۲	۱۵/۴۹±۰/۳۶	۹/۴۴±۰/۳۴	۶/۰۵±۰/۳۵	۱/۶۲±۰/۱۲	۳۸/۹۸±۱/۸۹	
۳	۱۵/۰۶±۰/۳۴	۸/۷۱±۰/۴۱	۶/۳۵±۰/۲۱	۱/۳۹±۰/۱۰	۴۲/۳۶±۱/۶۵	
۴	۱۴/۵۸±۰/۳۷	۸/۶۷±۰/۲۷	۵/۹۱±۰/۴۱	۱/۵۵±۰/۱۴	۴۰/۲۶±۲/۱۶	
۵	۱۳/۸۵±۰/۲۷	۸/۳۴±۰/۴۸	۵/۵۲±۰/۳۹	۱/۶۴±۰/۲۱	۳۹/۹۷±۲/۹۴	
۶	۱۳/۳۰±۰/۳۴	۸/۰۹±۰/۵۲	۵/۲۱±۰/۳۵	۱/۶۷±۰/۲۱	۳۹/۴۵±۲/۹۶	
۷	۱۲/۸۹±۰/۲۸	۷/۸۶±۰/۲۳	۳/۷۴±۰/۱۳	۲/۱۱±۰/۰۷	۳۲/۲۷±۰/۸۳	۱/۲۸±۰/۰۵
مجموع	۱۴/۴۳	۸/۷۴۴	۵/۵۱	۱/۶۹	۳۸/۵۴	۱/۲۸



(a

b)

شکل ۶– (a) کروموزوم‌های میتوزی گونه *S. strictum* L. در مرحله متافازی (2n=2x=14)، (b) کاردیوگرام کروموزوم‌های میتوزی گونه *S. strictum* L. (2n=2x=14)

جدول ۱۰– ویژگی‌های پارامتری (میانگین ±خطای استاندارد) کاریوتیپ گونه *S. strictum* L. (میکرومتر)

جفت	مجموع طول بازوها	بازوی بلند	بازوی کوتاه	نسبت طول بازو	شاخص سانترومر	ماهواره
۱	۱۲/۳۵±۰/۳۱	۶/۶۳±۰/۲۱	۵/۷۱±۰/۲۰	۱/۱۶±۰/۰۵	۴۶/۲۹±۱/۰۶	
۲	۱۱/۶۶±۰/۲۴	۷/۶۷±۰/۲۱	۳/۹۸±۰/۱۵	۱/۹۴±۰/۰۹	۳۴/۱۹±۱/۱۱	
۳	۱۱/۴۹±۰/۲۸	۶/۶۱±۰/۱۶	۴/۸۸±۰/۲۷	۱/۳۸±۰/۰۹	۴۲/۳۶±۱/۵۸	
۴	۱۰/۹۶±۰/۲۴	۶/۱۵±۰/۲۴	۴/۸۱±۰/۱۶	۱/۲۹±۰/۰۸	۴۳/۹۲±۱/۴۱	
۵	۱۰/۶۱±۰/۲۶	۷/۳۲±۰/۱۹	۳/۲۸±۰/۰۹	۲/۲۴±۰/۰۶	۳۰/۹۳±۰/۵۶	
۶	۱۰/۲۱±۰/۴۰	۵/۶۹±۰/۳۷	۴/۵۲±۰/۳۰	۱/۳۳±۰/۱۸	۴۴/۳۱±۲/۶۳	
۷	۹/۹۹±۰/۱۶	۵/۷۶±۰/۲۴	۲/۹۳±۰/۰۷	۱/۹۶±۰/۰۶	۲۹/۳۷±۰/۶۱	۱/۴۷±۰/۰۷
مجموع	۱۱/۰۴	۶/۵۵	۴/۳	۱/۶۲	۳۸/۷۶	۱/۴۷

بحث

بررسی صفات فنولوژیکی، مورفولوژیکی (کمی و کیفی) و سیتوژنتیکی در جمعیت‌های چاودار با توجه به پارامترهای آمار توصیفی، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه تابع تشخیص نشان داد که در بین صفات فنولوژیکی صفت روز تا گلدهی و روز تا رسیدن صفات بسیار مهمی بودند که در بین گونه‌ها تفاوت نشان دادند. در بین صفات کیفی، صفت شکنندگی سنبله (ریزش دانه) از نظر تاکسونومیکی و شناسایی گونه‌ها مهم و باارزش است. براساس نتایج این تحقیق تنوع مشاهده‌شده در این صفت قابلیت بالایی در تمایز گونه‌های چاودار داشت. براساس این صفت، اکوتیپ‌های ژنتیکی که دارای سنبله محکم و بدون

ریزش دانه بودند متعلق به زیرگونه *S. cereale* ssp. cereale بوده و اکوتیپ‌هایی که دارای ریزش متوسط سنبله بودند متعلق به زیرگونه *S. cereale* ssp. ancestrale بوده و آنهایی که ریزش کامل داشتند متعلق به گونه *S. strictum*بودند. در کلید شناسایی ارائه شده برای این گونه نیز شکنندگی سنبله یکی از صفات متمایزکننده زیرگونه‌های سرده *Secale* L. می‌باشد (Frederiksen and Peterson, 1998). نتیجه این تحقیق مطابق با مطالعات Alijarahi و Sheydaei (2011) بود. آنان با استفاده از تجزیه به مؤلفه های اصلی نشان دادند که شکنندگی سنبله بیشترین ضریب را در مؤلفه اول به خود اختصاص داده و می‌تواند در تشخیص گونه‌ها مفید واقع شود. همچنین نتایج مطابق با بررسی‌های انجام شده توسط Nasernakhaei و Rahiminejad (2007) می‌باشد. علاوه بر صفت ریزش‌دانه، صفت کمی مهم دیگر صفت رنگ گوشوارک بود که بر اساس نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، این صفت در گونه-وحشی دارای رنگ تیره‌تری بود. بررسی رنگ گوشوارک در نمونه‌های ژنتیکی چاودار نشان داد که گونه‌ها و زیرگونه‌های *S. cereal* دارای رنگ گوشوارک سبز می-باشند، درحالی‌که اغلب اکوتیپ‌های *S. strictum* ssp. strictum دارای رنگ گوشوارک بنفش می‌باشد. این صفت می‌تواند در تمایز زیرگونه‌های *S. strictum* مفید واقع شود. در بررسی تنوع ژنتیکی و جغرافیایی جمعیت‌های چاودار، Gholyzadeh و همکاران (2018) گزارش کردند که صفات شکنندگی سنبله، کرک‌دار بودن برگ، رنگ ساقه و گوشوارک ارزش تاکسونومیکی بالایی داشتند.

صفت شکنندگی محور سنبله علاوه بر تنوع بین گونه‌ای، در بین اکوتیپ‌های یک گونه نیز تنوع نشان داد، این نتیجه توجیه کننده تناقضاتی بود که در تحقیقات محققان قبلی نیز گزارش شده بود (Boissier, 1879، Bor, 1970، Frederiksen and Peterson, 1998، Parsa, 1950)؛ ولی بررسی تعداد بیشتری از اکوتیپ‌ها در این تحقیق حکایت از دامنه متفاوت این تنوع در داخل گونه‌ها داشت که امکان تمایز آنها را مقدور می‌نماید.

اگرچه بسیاری از محققان صفات کمی را به دلیل تأثیر پذیرفتن از شرایط اکولوژیکی و تنش‌های محیطی در تفکیک گونه‌ها ناکارآمد گزارش نمودند (Nybom and Bartish, 2000) اما در این تحقیق بررسی پارامترهای آمار توصیفی و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در صفات کمی نشان داد که این صفات در گونه‌های مورد بررسی دارای دامنه تنوع متفاوتی می‌باشند و قابلیت تمایز گونه‌های زراعی و وحشی چاودار را دارند. از بین این صفات، صفت تراکم سنبله و تعداد دانه در سنبله دارای ضرایب بالاتر و اهمیت بیشتری بودند. ناصرنخعی نیز این صفات را به‌عنوان صفاتی مهم در تمایز بین گونه‌های چاودار معرفی کرد (Nasernakhaei and Rahiminejad, 2007).

ارزیابی سیتولوژیکی دو گونه *S. cereale* و *S. montanum*نشان داد که تعداد کروموزوم‌های سوماتیکی در هر دو گونه ۱۴ کروموزوم (2n=2x=14) و دیپلویید می باشند ولی تفاوت قابل تشخیصی در طول کروموزوم‌ها و متوسط نسبت بازوها در این دو گونه مشاهده شد و نتایج نشان داد که صفت طول کروموزوم و متوسط نسبت بازوها در گونه *S. cereale* بیشتر از گونه وحشی *S. montanum* می‌باشد. این موضوع می‌تواند در شناسایی سیتوژنتیکی این دو گونه از هم مورد استفاده قرار گیرد.

ارزیابی مقدماتی این ۹۱ اکوتیپ چاودار از بانک ژن گیاهی ملی ایران، نشان‌دهنده دامنه وسیع تنوع صفات مرفولوژیکی، فنولوژیکی و آگرونومیکی در این منابع بود، به‌طوری‌که احتمال دارد ناشی از تفاوت‌های اقلیمی در زیستگاه اصلی آنها بوده و حاصل از سیر تکاملی آنها در طی سالها باشد. تنوع این جمعیت‌ها نشانگر قابلیت بالای این منابع ژنتیکی در بکارگیری آنها در برنامه‌های به‌نژادی می‌باشد.

منابع مورد استفاده

– Abbasi, M.R. 2008. Evaluation of genetic diversity in red clover collection at National Plant Gene Bank of Iran. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 15(4): 324-

- Person, K. and V. Bothmer. 2002. Genetic diversity amongst landraces of rye from northern Europe. Hereditas 136:29-38
- Rahiminejad, M. R., Sahebi, J. & Nasser-Nakhaie, F. 2005. A morphological survey and a taxonomic revision of the genus *Secale* L. (Triticeae, Poaceae) in Iran. -Iran. Journ. Bot. 11 (1): 1-14.
- Reddy, P. Appels, R and Baum, B.R .1990. Ribosomal DNA spacer-length variation in *Secale* spp.(Poaceae). Plant Systematics and Evolution., 171:203-220.
- Shahmoradi, Sh. 2010. Regeneration and evaluation of agro morphological traits in rye germplasm of national plant gene bank of Iran. Seed and Plant Improvement Institute Press.Karaj. Iran. 60p. (In Persian).
- Shahmoradi, Sh., and J. Mozafari. 2016. Regeneration and primary evaluation of rye species (*Secale* spp.) in Iran. Seed and Plant Improvement Institute Press. Karaj. Iran. 75p. (In Persian).
- Shahmoradi, Sh., Zahravi, M. and Ghanavati F. 2019. Evaluation of Genetic Diversity in some Oat species (*Avena* spp.) of Iran. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 27(1): 28-44 (in Persian).
- Shang, H.Y. Wei, Y.M. Wang, X.R. Zheng, Y.L. 2006. Genetic diversity and phylogenetic relationships in the rye genus *Secale* L. (rye) based on *Secale cereale* microsatellite markers. Genetics and Molecular Biology, 29,4,685-691
- Takezake, N. and Nei, M .1996. Genetic distances and reconstruction of phylogenetic trees from microsatellite DNA. Genetics, 144:389-399.
- Vence, F.J., Vaquero, F., and Perez de la Vega, M. 1987. Phylogenetic relationships in *Secale* (Poaceae): an isozymatic study. Plant Systematics and Evolution, 157:33-47.
- Zarifi, E., Aghyev, Y., Ghanavati, F., & Aminizadeh, Z. 2006. Cytogenetics and evolution of karyotype in wormwood, *Artemisia vulgaris* L. Seed and Plant Improvment Journal, 22(1), 1–12.
- Zarifi, E., & Güloğlu, D. 2016. An improved Aceto-Iron-Haematoxylin staining for mitotic chromosomes in Cornelian cherry (*Cornus mas* L.). Caryologia, 69(1), 67–72.

335(in Persian).

- Abbasi, M.R., Vaezi, S. and Baghaie, N. 2007. Genetic diversity of bitter vetch (*Vicia ervilia*) collection of the National Plant Gene Bank of Iran based on agro-morphological traits. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 15(2):113-128(in Persian).
- Alijarahi, S. Sheydaei. M. 2011. Morphometrical studies of some species of the genus *Secale* L. (Poacea) in Iran. Journal of Crop Ecophysiology 3 (2), 136-143 (In Persian).
- Nasernakhaei, F. Rahiminejad, M. R. 2007 Study of morphological variation in *Secale cereale* L. populations from Iran. Pajouhesh & Sazandegi ,73: 112-116 (In Persian).
- Boissier, P. E., 1879. Flora Orientalis. 5,670 – 671. Basileae, Georg Geneva, Switzerland
- Bor, N. L., 1970. *Secale* L. In: Rechinger, K. H. (ed.) Flora Iranica. 70, 213 – 217. Garz, Austria, Akademische Druk- und verlagsanstalt. Wiena.
- De Butos, A. and Jouve, N. 2002. Phylogenetic relationshios of the genus *Secale* based on the characterization of rDNA ITS sequences Plant Systematics and Evolution, 235:147-154.
- DelPozo, J.C., Figueiras, A.M., Benito, C., and DeLa-Pena, A.1995. PCR derived molecular markers and phylogenetic relationships in the Secale genus. Biologia 37:481-489.
- Frederiksen, S. and Peterson, G.1998. A taxonomy revision of Secale (Triticeae, Poceae). Nordic Journal of Botany, 18:399-420.
- Gholyzadeh Sarcheshmeh, P., Mozafari, J., Mehrvarz, S.S. and Shahmoradi, S., 2018. Genetic and ecogeographical diversity of rye (*Secale* L.) species growing in Iran, based on morphological traits and RAPD markers. Genetic Resources and Crop Evolution, *65*(7), 1953-1962.
- IBPGR. 1985. Descriptors for Rye and Triticale. IBPGR Secretariat, Rome
- Levan A, Fredga K, Sandberg A. A. 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. Hereditas 52: 201-220.
- Nybom, H. and Bartish, I.V. 2000. Effects of life history traits and sampling strategies on genetic diversity estimates obtained with RAPD markers in plants. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, 3, 93-114.
- Parsa, A. 1950. Flora de I' Iran. 5, 805 – 807. Ministere de I' Education, Tehran.

Study of phenological, morphological, and cytogenic diversity of *Secale* spp. in Iran

S. Shahmoradi[1]*, E. Zarifi Anakhatoon [2], F. Ghanavati[3]

1-*Corresponding Author. Assist. Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, I.R. Iran. Email: shakibashahmoradi@gmail.com
2- Assist. Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, I.R. Iran
3- Assoc. Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, I.R. Iran

Received: 13.03.2021 Accepted: 21.07.2021

Abstract

Rye (*Secale* spp.) is native to Southwest Asia and it two species including *S. cereale* and *S. strictum* is grown in Iran. This study was conducted to evaluate the diversity of phenological, morphological, and cytogenetic traits in two species of this genus. In this experiment, seeds of 91 ecotypes (including 78 *S. cereale* and 13 *S. strictum*) were provided from National Plant Gene Bank of Iran. Seeds sown in the research farm of the Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran, in the 2014-2015 crop year. All phenological and morphological traits (quantitative and qualitative) including 23 traits were measured according to the instructions of the International Institute of Bioversity. The descriptive statistics parameters showed different range of variation in traits among the species. Multivariate analysis showed significant differences among the species for phenological traits as flowering date and maturation date and morphological traits as grain shedding index, ear color, spike length and the number of spikelets per spike. These traits were considered of great importance in species segregation. Cytogenetic evaluation of the chromosomes of *S. cereale* and *S. strictum* showed that although both species were diploid (2n=14), a noticeable difference in chromosome length and the average arm ratio was observed in these two species, which can help to identify cytogenetically differentiate between them. Overall, the phenological, morphological, and cytogenetic traits in rye species show considerable diversity and can be used to identify and differentiate of the species. If there is a time limit or impossibility of cultivation, cytogenetic evaluation can be used as a fast and reliable method to identify species.

Keywords: Rye, Diversity, Identification, Wild species