



به‌زراعی کشاورزی

دوره ۲۴ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۴۰۱

صفحه‌های ۸۶۷-۸۵۵

DOI: 10.22059/jci.2022.328142.2592

مقاله پژوهشی:

ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی علوفه و دانه اکوتیپ‌های بومی چاودار در ایران

شکیبا شاهمرادی*

استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۸/۱۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۷/۱۴

چکیده

منابع ژنتیکی بومی چاودار در ایران دارای سازگاری و تنوع بالایی می‌باشد که تأمین علوفه موردنیاز در اقلیم‌های مختلف و متنوع کشورمان را مقدور می‌سازد. در این پژوهش تعداد نه اکوتیپ چاودار، به همراه ارقام تجاری چاودار، جو و تریتیکاله در سه سال زراعی ۹۳-۹۴، ۹۵-۹۶ و ۹۶-۹۷ در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج ارزیابی شدند. پژوهش شامل سه آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار بود. بررسی صفات فنولوژیکی، مورفولوژیکی و زراعی اکوتیپ‌ها در سال‌های مختلف نشان داد اثر متقابل سال و اکوتیپ بر همه صفات به‌جز صفت روزتاکلدهی معنی‌دار بود. براساس عملکرد علوفه خشک اکوتیپ شماره ۱۱۹ چاودار دارای بالاترین میانگین بود و رقم تریتیکاله پایین‌ترین میانگین را به‌خود اختصاص داد (به ترتیب ۵/۶۸ و ۴/۱۴ تن در هکتار). همبستگی صفات عملکرد علوفه، عملکرد دانه و وزن هزاردانه با سطح برگ پرچم معنی‌دار شد. براساس مقایسه درصد دیواره سلولی بدون همی سلولز در علوفه، اکوتیپ شماره ۱۱۹ و رقم جو والفجر به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از سایر نمونه‌ها بودند (به ترتیب ۶۰ و ۵۶ درصد). براساس میانگین فیبر موجود در علوفه نیز اکوتیپ شماره ۱۱۹ پایین‌ترین میانگین را به‌خود اختصاص داد (۳۳ درصد). لذا به‌نظر می‌رسد اکوتیپ شماره ۱۱۹ علاوه بر پتانسیل بالای تولید علوفه، دارای کیفیت علوفه مطلوبی نیز می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: پتانسیل تولید، عملکرد علوفه خشک، فیبر، منابع ژنتیکی، همی سلولز.

Evaluation of Quality and Quantity in Forage and Grain Yield of Iranian Rye Ecotypes

Shakiba Shahmoradi*

Assistant professor, Department Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

Received: October 6, 2021

Accepted: November 9, 2021

Abstract

Genetic resources of Iranian rye have a high adaptation and diversity which provides the required forage in diverse climates of our country. Utilization of these resources is important in the development of new varieties. In this study, nine rye ecotypes, along with commercial cultivars of rye, barley, and triticale have been evaluated in three growing seasons 2014-15, 2016-17 and 2017-18 in research field of Seed and Plant Improvement Institute. The research is carried out in three separate experiments in a randomized complete block design with three replications. The study of phenological, morphological, and agronomic traits show that interaction of year and ecotype is significant for all traits, except for days to flowering. Based on the dry forage yield, Ecotype 119 has had the highest mean and Triticale cultivar, the lowest (5.68 and 4.14 t/ha respectively). Correlation coefficient between grain yield, forage yield, 1000 kernel weight, and flag leaf area is significant. Comparison of ADF percentage in the forage show that these traits are significantly lower in ecotype 119 and barley cultivar Valfajr than other samples (60% and 56%, respectively). Based on the average of fiber in forage, Ecotype 119 has had the lowest average (33%). It seems that Ecotype 119, in addition to high potential for forage production, also has good forage quality.

Keywords: Dry forage yield, fiber, genetic resources, hemicelluloses, production potential.

۱. مقدمه

چاودار (*Secale cereal*) غله‌ای دانه‌ای - علوفه‌ای از خانواده Poaceae می‌باشد. پروتئین چاودار کم‌تر از گندم است و آرد آن تشکیل‌گلو تن حقیقی نمی‌دهد. علاوه بر این چاودار گیاه علوفه‌ای مناسبی است که برای چرای دام در دو مرحله پاییزه و بهاره قابل استفاده می‌باشد (Schlegel, 2014). چاودار گیاهی سازگار نسبت به شرایط نامساعد و تنش‌های محیطی است که در ۴/۴ میلیون هکتار، به‌طور عمده در شمال‌شرق اروپا کشت می‌شود. دانه چاودار برای تهیه نان، خوراک خانگی و تولید انرژی زیستی استفاده می‌شود (Miedaner et al., 2012). چاودار بهترین قابلیت زمستان‌گذرانی و بالاترین تحمل به تنش خشکی، شوری و سمیت آلومینیوم را نسبت به تمام غلات دانه‌ریز دارد. در خاک‌های ماسه‌ای غیر حاصلخیز با زهکشی پایین پتانسیل عملکرد بالاتری نسبت به تریتیکاله دارد (Geiger & Miedaner, 2009). بنابراین چاودار اغلب در زمین‌های حاشیه‌ای با حاصلخیزی پایین که سایر غلات قابلیت رشد را ندارند، کشت می‌شود (Miedaner et al., 2012). در کشور ایران در طی سال‌های اخیر کشت چاودار به‌شدت کاهش یافته است به‌طوری‌که از سطح ۳۵۰۰ هکتار در سال ۱۳۷۰ به ۵۵۶ هکتار در سال ۱۳۹۸ تقلیل یافته است (FAO, 2018). این گیاه قابلیت کشت در مناطق مرتفع و اراضی حاشیه‌ای را دارد و این امر لزوم توجه بیشتر به این گیاه دارای قابلیت سازگاری بالا را یادآوری می‌کند.

ارزیابی تنوع ژنتیکی در نمونه‌های چاودار بومی در پژوهش‌های قبلی نشان داده است که تنوع ژنتیکی بالایی در نمونه‌های چاودار وجود دارد که می‌تواند سازگاری بالای این گیاه را در شرایط نامساعد محیطی توجیه کند (Person et al., 2002). دامنه وسیع سازگاری چاودار و توانایی رشد و بازدهی بالا در همه شرایط حتی در خاک‌های فقیر باعث شده است تا امکان بهره‌برداری از

اراضی غیرحاصلخیز و ماسه‌ای نامناسب برای سایر غلات فراهم شود (Tajbakhsh & Poormirza, 2003).

چاودار به‌عنوان یک غله مقاوم، به‌طور گسترده به‌عنوان یک محصول علوفه‌ای در سراسر جهان کشت می‌شود. در صنعت دام، کیفیت علوفه یک عامل حیاتی مؤثر بر بهره‌وری دام است. در حالت ایده‌آل، افزایش کیفیت علوفه باعث بهبود عملکرد دام و سود اقتصادی می‌شود. کیفیت علوفه معمولاً توسط عوامل مختلفی تعیین می‌شود. در این میان گونه‌ها و رقم علوفه‌ای اساسی‌ترین عوامل هستند (Zhao et al., 2021). علوفه برداشت‌شده در مراحل مختلف بلوغ نیز کیفیت متفاوتی دارد. به‌طورکلی با بالغ‌شدن گیاه، کیفیت علوفه کاهش می‌یابد و عملکرد ماده خشک (DM) افزایش می‌یابد، بنابراین مرحله مناسب بلوغ برای برداشت باید با دقت در نظر گرفته شود. ارزیابی عملکرد و کیفیت علوفه سه رقم چاودار زمستانه در شش مقطع رشدی مختلف در چهار محیط مختلف (Kantar et al., 2011)، نشان داد عملکرد علوفه بسته به مرحله رشدی و شرایط محیطی متغیر است و در مرحله خمیری به حداکثر می‌رسد. پروتئین خام علوفه (CP)، قابلیت هضم فیبر (NDFD) و ماده خشک قابل هضم (DDM) با افزایش سن گیاه کاهش یافت. میانگین قابلیت هضم (NDF) به‌صورت خطی از ۸۲/۵ درصد در پنجه‌زنی به ۴۴/۱ درصد در مرحله خمیر نرم کاهش یافت. بنابراین عملکرد علوفه با برداشت در خمیری و کیفیت علوفه با برداشت در پنجه‌زنی به حداکثر می‌رسد. چاودار عملکرد خوب و علوفه با کیفیت بالا را در بسیاری از محیط‌ها فراهم می‌کند (Kantar et al., 2011). بهترین زمان برداشت برای اکثر محصولات علوفه‌ای با توجه به کیفیت و بهره‌وری توصیه می‌شود، اما برداشت واقعی با توجه به شرایط آب‌وهوایی و مزرعه انجام می‌شود (Zhao et al., 2021).

تاکنون در پژوهش‌های متعددی تنوع در کلکسیون‌های ژرم‌پلاسما گیاهان علوفه‌ای بانک ژن گیاهی ملی ایران مورد

چاودار در بانک ژن گیاهی ملی ایران، براساس پتانسیل عملکرد دانه و علوفه انتخاب شدند (Shahmoradi & Mozafari, 2016) و به‌همراه سه رقم تجاری از گیاهان دانه‌ای-علوفه‌ای شامل چاودار (دانکو) و جو (والفجر) و تربیتیکاله (سناباد) مورد ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۱) تا از نظر میانگین تولید دانه و علوفه با این گیاهان دانه‌ای-علوفه‌ای مورد ارزیابی و مقایسه قرار گیرند. آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سه سال زراعی ۹۳-۹۴، ۹۵-۹۶ و ۹۶-۹۷ در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج اجرا شد. شهر کرج در طول جغرافیایی ۵۹° ۵۰ شرقی و عرض جغرافیایی ۵۲° ۳۵ شمالی واقع شده است. منطقه کرج ۱۲۹۷ متر از سطح دریا ارتفاع دارد و بارندگی‌های این منطقه از ماه‌های آبان و آذر آغاز و تا اواسط اردیبهشت‌ماه ادامه می‌یابد.

کشت به‌صورت دستی با تراکم ۴۵۰ دانه در مترمربع در کرت‌هایی شامل چهار خط سه متری در نیمه اول آبان‌ماه انجام شد و آبیاری به‌صورت نرمال صورت گرفت. اطلاعات مربوط به ویژگی‌های خاک مزرعه تحقیقاتی (جدول ۲) و روند تغییرات دما و بارندگی در ماه‌های مختلف سال‌های زراعی در کرج (شکل ۱) ارائه شده است. صفات اندازه‌گیری شده براساس دستورالعمل مؤسسه بین‌المللی ذخایر ژنتیکی^۱ شامل صفات زراعی، فنولوژیکی و مرفولوژیکی نظیر روز تا ظهور سنبله، روز تا گلدهی، روز تا رسیدن و ارتفاع بوته (در مزرعه)، طول سنبله و تعداد دانه در سنبله (در شش نمونه تصادفی) و عملکرد دانه، عملکرد علوفه و وزن دانه با استفاده از ترازوی دقیق ارزیابی شدند. آغاز مرحله شیری به‌عنوان زمان مناسب برای برداشت علوفه در نظر گرفته شد تا حداکثر کمیت و کیفیت علوفه به‌دست آید (Kottmann, 2013). عملکرد علوفه و دانه پس از حذف حاشیه‌ها برداشت و ارزیابی شد.

ارزیابی قرار گرفته است (Shahmoradi et al., 2019; Abbasi, 2008). ارزیابی صفات زراعی و مرفولوژیکی و بررسی تنوع ژنتیکی در ۲۷۱ اکوتیپ چاودار از کلکسیون ژرم‌پلاسم بانک ژن گیاهی ملی ایران، نشان داد در میان صفات کمی، صفات عملکرد و وزن دانه دارای بیش‌ترین تنوع بودند (Shahmoradi, 2010).

در ارزیابی صفات آگرونومیک و مرفولوژیک و تنوع اکوجغرافیایی اکوتیپ‌ها براساس اقلیم و مکان جغرافیایی محل جمع‌آوری در ۱۰۸ اکوتیپ از کلکسیون ژرم‌پلاسم چاودار در بانک ژن گیاهی ملی ایران، ۱۶ صفت کمی و ۱۴ صفت کیفی شامل صفات آگرونومیک و مرفولوژیک براساس دستورالعمل مؤسسه بین‌المللی ذخایر ژنتیکی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده دامنه وسیع تنوع صفات مرفولوژیکی، فنولوژیکی و زراعی در این منابع بود که احتمال می‌رود ناشی از تفاوت‌های اقلیمی در زیستگاه اصلی آن‌ها بوده و حاصل سیر تکاملی آن‌ها در شرایط اقلیمی مختلف باشد (Shahmoradi & Mozafari, 2016). تنوع بالا در صفات زراعی و مرفولوژیکی و سازگاری بالای برخی از این منابع نسبت به شرایط محیطی باعث توجه بیش‌تر به این منابع ارزشمند شده است (Shahmoradi, 2019).

چاودار گیاهی بومی ایران است، لذا پیش‌بینی می‌شود که اکوتیپ‌های آن منابع ژنتیکی ارزشمندی برای سازگاری نسبت شرایط اقلیمی باشند. با توجه به نتایج ارزیابی‌های قبلی مبنی بر قابلیت سازگاری بالا در این گیاه، این پژوهش با هدف بررسی و مقایسه عملکرد دانه و علوفه در اکوتیپ‌های چاودار زمستانه و مقایسه با رقم تجاری دانکو (با مبدأ آلمان) و یک رقم جو (والفجر) و یک رقم تربیتیکاله (سناباد) انجام شد.

۲. مواد و روش‌ها

در این پژوهش تعداد ۲۷۱ اکوتیپ از کلکسیون ژرم‌پلاسم

جدول ۱. اطلاعات مربوط به اکوتیپ‌ها و ارقام مورد بررسی در آزمایش

شماره	اکوتیپ/رقم	کد بانک ژن	استان	کشور
1	4	110026	نامشخص	ایران
2	19	110072	نامشخص	ایران
3	26	110085	نامشخص	ایران
4	35	KC13139	نامشخص	ایران
5	40	TN06-3	فارس	ایران
6	46	TN06-22	آذربایجان شرقی	ایران
7	78	TN06-91	آذربایجان شرقی	ایران
8	108	TN06-220	کرمان	ایران
9	119	TN06-243	همدان	ایران
10	دانکو	-	-	آلمان
11	سناباد	-	-	ایران
12	والفجر	-	-	ایران

جدول ۲. نتایج آزمون تجزیه خاک مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (کرج)

عمق خاک Soil depth (cm)	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	pH	کربن آلی OC(%)	فسفر P (mg.kg ⁻¹)	پتاس K (mg.kg ⁻¹)	بافت	K ⁺ Na ⁺ Mg ⁺⁺ Ca ⁺⁺ SO ₄ ⁻ Cl ⁻ HCO ₃ ⁻					SAR		
							(mEq.L ⁻¹)							
۰-۳۰	۱/۲۶	۸/۵	۰/۴۷	۵/۲۹	۲۲۸	C.L	۰/۰۳	۳/۴	۳/۳	۶/۳	۳/۶	۵/۳	۳/۷	۱/۵۵

بررسی واکنش اکوتیپ‌ها در سه سال زراعی، تجزیه واریانس مرکب و مقایسه میانگین صفات با استفاده از روش دانکن (سطح احتمال ۵ درصد) انجام شد. تجزیه همبستگی به منظور بررسی ارتباط میان صفات مورد ارزیابی براساس روش پیرسون و با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۵) انجام شد. به منظور ارزیابی دقیق‌تر داده‌ها و تفسیر بهتر نتایج، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، به وسیله نرم‌افزار Stat Graphics (نسخه ۱۵) انجام شد.

۳. نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب داده‌های صفات فنولوژیکی، مرفولوژیکی و زراعی در اکوتیپ‌های چاودار مورد ارزیابی در سه سال زراعی نشان داد اثر سال بر همه صفات مورد ارزیابی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول

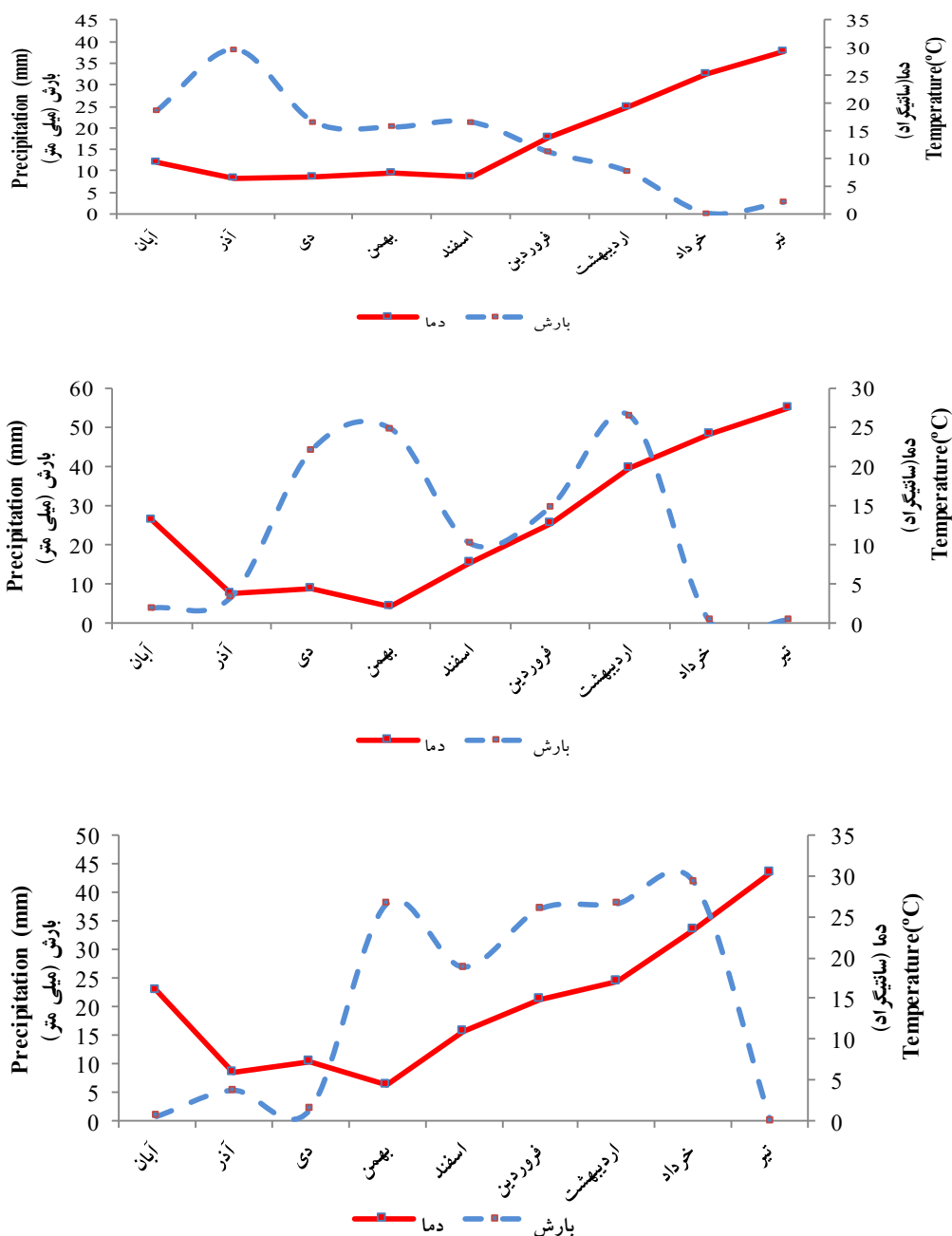
در سال زراعی ۹۳-۹۴، صفات کیفی علوفه شامل درصد ماده خشک قابل هضم^۱ (DMD)، کربوهیدرات‌های محلول در آب^۲ (WSC)، پروتئین خام^۳ (CP)، دیواره سلولی^۴ (NDF) دیواره سلولی بدون همی سلولز^۵ (ADF) فیبر خام و خاکستر^۶ (ASH) با استفاده از دستگاه طیف‌سنج مادون قرمز نزدیک^۷ NIR مدل INFRAMATIC 8620 مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع اندازه‌گیری شد (Jafari et al., 2003). در این پژوهش نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس‌ها برای صفات مورد بررسی با استفاده از آزمون یکنواختی واریانس تأیید شد. سپس به منظور

1. Dry Matter Digestibility
2. Water Soluble Carbohydrates
3. Crude Protein
4. Neutral Detergent Fiber
5. Acid Detergent Fiber
6. Ash
7. Near Infrared Reflectance Spectroscopy

ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی علوفه و دانه اکوتیپ‌های بومی چاودار در ایران

صفات فنولوژیکی، مورفولوژیکی و زراعی واکنش متفاوتی نشان دادند. لذا به نظر می‌رسد که تغییرات عوامل اقلیمی در هر سال می‌تواند اثرات معنی‌داری بر صفات زراعی اکوتیپ‌های چاودار داشته باشد.

۳. عامل اکوتیپ اثر معنی‌داری بر همه صفات مورد ارزیابی نشان داده است. اثر متقابل سال و اکوتیپ نیز اثر معنی‌داری بر همه صفات به جز صفت روزتاگلدی نشان داده است. این امر نشان می‌دهد در سال‌های مختلف اکوتیپ‌ها از نظر



شکل ۱. روند تغییرات دما و بارندگی در ماه‌های مختلف سال‌های زراعی (a) ۱۳۹۳-۹۴، (b) ۱۳۹۵-۹۶ و (c) ۱۳۹۶-۹۷ در کرج

به زراعی کشاورزی

دوره ۲۴ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۴۰۱

جدول ۳. میانگین مربعات تجزیه واریانس مرکب صفات مورد ارزیابی در اکوتیپ‌های چاودار در سه سال زراعی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		روز تا ظهور سنبله	روز تا گلدهی	روز تا رسیدن	ارتفاع بوته
سال	۲	۱۳۶۸۷**	۷۱۴/۵**	۴۵۳۰/۶۲**	۹۳۹۰/۰۹**
تکرار × سال	۶	۴/۳۲۴	۱۴/۱۹۴	۳۳/۲۸۷	۶۸/۵۶
اکوتیپ	۱۱	۷۰/۴**	۴۱/۳۷**	۲۵۱/۹۴**	۱۵۶۴/۹**
اکوتیپ × سال	۲۲	۱۷/۳۸**	۸/۴۷۴NS	۵۴/۱۴**	۱۲۱/۱۳*
خطا	۶۶	۷/۳۸۵	۱۰/۰۹۳	۱۵/۳۳۸	۶۵/۷۰۹
ضریب تغییرات (%)		۴/۰۲	۳/۰۶	۵/۱۴	۱۴/۵۵

*، ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ادامه جدول ۳. میانگین مربعات تجزیه واریانس مرکب صفات مورد ارزیابی در اکوتیپ‌های چاودار در سه سال زراعی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		تعداد سنبلچه در سنبله	سطح برگ پرچم	عملکرد علوفه خشک	عملکرد دانه
سال	۲	۵۱/۴**	۱۲۱۷۹۲۱/۸**	۹۳۹۰/۰**	۲۴/۴۰**
تکرار × سال	۶	۴/۱۰۹	۱۲۱۹۵/۷۷	۰/۳۰۴	۰/۹۴۸
اکوتیپ	۱۱	۱۹۸/۳۸۴**	۵۱۸۸۱۶/۵**	۲/۳۱۰**	۰/۷۰۳*
اکوتیپ × سال	۲۲	۱۲/۴*	۴۰۴۵۹/۷۷**	۲/۵۹۳**	۱/۶۶۱**
خطا	۶۶	۵/۹۴۵	۶۶۱۷/۶	۰/۴۴۲	۰/۳۰۰
ضریب تغییرات (%)		۱۴/۲۳	۳۲/۷۲	۲۹/۸۴	۲۰/۲۳

*، ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

مقایسه صفات مهم مورد ارزیابی در اکوتیپ‌ها در سه سال زراعی در نمودارهای شکل (۲) نشان داده شده است. صفت زودرسی از مهم‌ترین صفات سازگاری با عوامل اقلیمی محدودکننده نظیر گرما و خشکی می‌باشد. مقایسه میانگین صفت روز تا رسیدن در اکوتیپ‌های چاودار (شکل ۲-a) نشان می‌دهد که در همه اکوتیپ‌ها تعداد روز تا رسیدن در سال دوم بیش‌تر از سال اول و در سال سوم بیش‌تر از سال دوم بوده است. با بررسی دقیق‌تر روند تغییرات عوامل آب‌وهوایی در سه سال آزمایش (شکل ۱) مشخص می‌شود که کاهش بارندگی و افزایش دما که موجب پایان فصل رشد و القای رسیدگی گیاه می‌شود، در سال اول وقوع زوددهنگام‌تری نسبت به سال

مقایسه میانگین صفت روز تا گلدهی در سه سال آزمایش نشان داد این صفت در سال سوم دارای میانگین بالاتری نسبت به دو سال دیگر بود (۱۷۲ روز)، به عبارت دیگر در سال سوم آزمایش گلدهی دیرتر رخ داد. افزایش طول دوره رشد رویشی در سال سوم براساس نمودار هواشناسی در این سال قابل توجه است (شکل ۱-c). در این سال اتمام بارندگی و افزایش دمای هوا دیرتر از دو سال زراعی دیگر رخ داد، این امر نشان می‌دهد که شرایط آب‌وهوایی در هر سال تعیین‌کننده اصلی مراحل فنولوژیکی رشد گیاه می‌باشد. در سال سوم آزمایش صفات فنولوژیکی روز تا گلدهی و روز تا رسیدن دارای بالاترین میانگین بود (جدول نشان داده نشده است).

مقایسه میانگین عملکرد دانه در اکوتیپ‌ها در سه سال زراعی (شکل c-2) نشان می‌دهد که در سال اول اکوتیپ شماره ۱۹ و ۱۰۸ بالاترین عملکرد دانه را داشتند. در سال دوم اکوتیپ شماره ۱۱۹ و رقم جو والفجر و تریپیکاله سناباد به‌طور معنی‌داری میانگین عملکرد دانه بالاتری نسبت به سایر اکوتیپ‌ها داشتند. در سال سوم براساس میانگین عملکرد دانه رقم دانکو و سناباد برترین بودند که تفاوت معنی‌داری با سایر نمونه‌ها نشان دادند و پس از این دو رقم اکوتیپ‌های شماره ۴ و ۱۱۹ بالاترین میانگین عملکرد دانه را به‌خود اختصاص دادند.

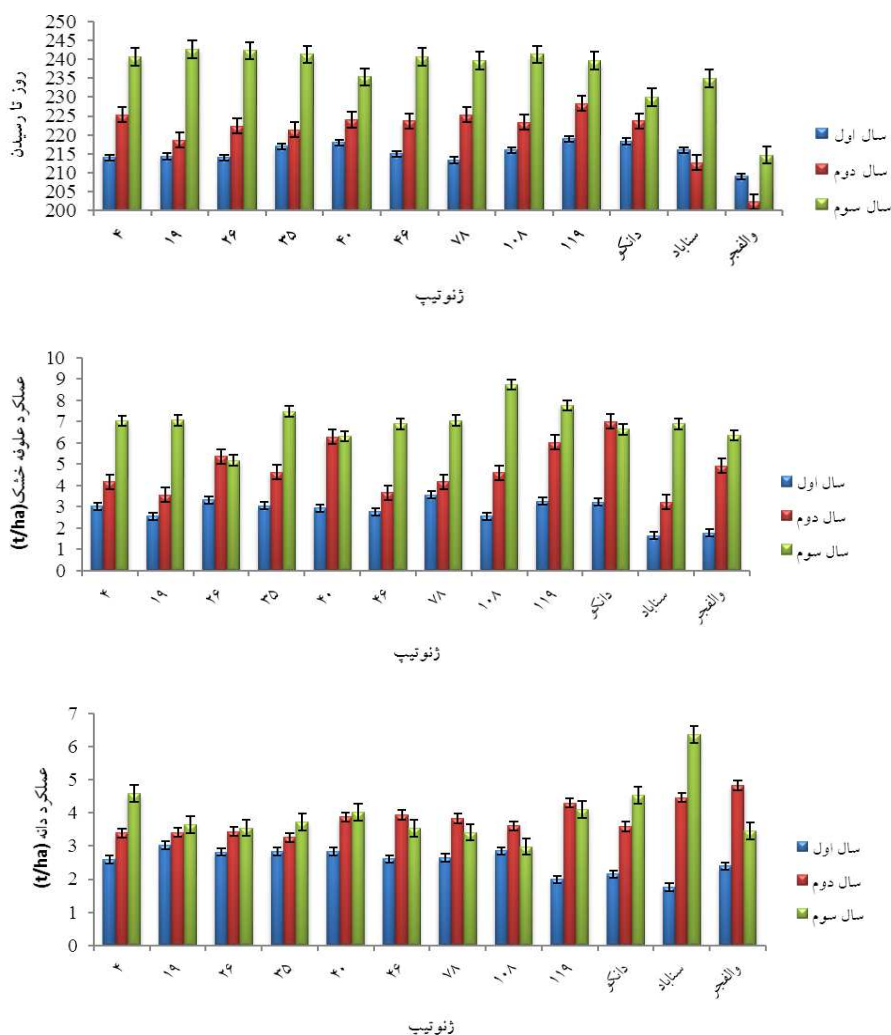
در بررسی ضرایب همبستگی در بین صفات مورد ارزیابی (جدول ۴)، بالاترین ضریب همبستگی در بین دو صفت فنولوژیکی روز تا ظهور سنبله و روز تا گلدهی (۰/۶۹) مشاهده شد. در حالی‌که صفت روز تا رسیدن با سایر صفت فنولوژیکی همبستگی نشان نداد، لذا با در نظر گرفتن نتایج قبلی به‌نظر می‌رسد این صفت بیشتر تحت تأثیر شرایط محیطی بوده و از شرایط آب‌وهوایی (افزایش دما و کاهش رطوبت نسبی هوا) در انتهای فصل زراعی تأثیر می‌پذیرد. صفت ارتفاع بوته همبستگی منفی معنی‌داری با صفات روز تا ظهور سنبله و روز تا گلدهی نشان داده است که در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. این امر نشان می‌دهد که تأخیر در ظهور سنبله یا به‌عبارت دیگر شروع فاز زایشی باعث ارتفاع بوته بیش‌تر در اکوتیپ‌ها می‌شود.

همبستگی میان صفت عملکرد علوفه خشک با روز تا رسیدن مثبت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. نکته مهمی که در جدول همبستگی صفات مشاهده می‌شود، همبستگی صفات عملکرد علوفه، عملکرد دانه و وزن هزاردانه با سطح برگ پرچم می‌باشد که در هر سه مورد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. این امر نقش مهم سطح برگ گیاه را در تعیین میزان عملکرد دانه و علوفه آشکار می‌سازد.

دوم و سوم داشته و در سال سوم دیرترین زمان بود. این امر رسیدگی زراعی دیرتر در اکوتیپ‌های موردبررسی را در سال سوم آزمایش توجیه می‌کند. در سال سوم آزمایش که طول فصل رشد طولانی‌تر بود، رقم والفجر و دانکو به‌طور معنی‌داری فصل رشد کوتاه‌تری نسبت به اکوتیپ‌های چاودار و رقم سناباد داشتند. در سال اول و دوم آزمایش که طول فصل رشد کوتاه‌تر بود، این تفاوت کم‌تر شده است و رقم دانکو با سایر اکوتیپ‌های چاودار تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهد.

عملکرد علوفه خشک از مهم‌ترین صفات در گیاهان علوفه‌ای می‌باشد. مقایسه میانگین صفت عملکرد علوفه خشک در سه سال زراعی در شکل (b-2) نشان می‌دهد اکوتیپ‌های شماره ۷۸، ۱۱۹ و رقم دانکو در سال اول آزمایش بالاترین عملکرد علوفه خشک را تولید کردند. در سال دوم اکوتیپ‌های شماره ۴۰، ۱۱۹ و رقم دانکو بیش‌ترین میانگین را به‌خود اختصاص دادند. در سال سوم آزمایش به‌نظر می‌رسد، شرایط اقلیمی موجود باعث افزایش در تولید و عملکرد علوفه در اغلب اکوتیپ‌های موردبررسی شد در این سال اکوتیپ‌های شماره ۱۰۸ و ۱۱۹ در صفت عملکرد علوفه خشک بالاترین میانگین را داشتند (به‌ترتیب ۸/۷ و ۷/۷ تن در هکتار) کم‌ترین عملکرد علوفه در این سال در ژنوتیپ شماره ۴۰ و رقم جو والفجر مشاهده شد (۶/۳ تن در هکتار). نتایج این مقایسه‌ها نشان داد با وجود این‌که پتانسیل تولید دانه در ارقام تجاری نظیر دانکو بالاتر است، اما از نظر میزان تولید عملکرد علوفه، اکوتیپ‌های بومی نظیر اکوتیپ شماره ۱۱۹ دارای پتانسیل بالا و قابل رقابت با ارقام تجاری می‌باشند. این امر به‌ویژه با در نظر گرفتن سازگاری و پایداری عملکرد بالاتر در اکوتیپ‌های بومی که حاصل تکامل آن‌ها در طی سالیان در شرایط اقلیمی منطقه می‌باشد (Volis et al., 2002; Ivandic et al., 2000)، اهمیت توجه بیش‌تر به منابع ژنتیکی بومی را پررنگ‌تر می‌سازد.

شکیبا شاهمرادی



شکل ۲. مقایسه میانگین صفات روز تا رسیدن (a) عملکرد علوفه (b) و عملکرد دانه (c) در اکوتیپ‌های مختلف چاودار و رقم دانکو، سناباد و والفجر و در سه سال زراعی

(جدول ۸) نشان می‌دهد که براساس صفت ماده خشک قابل هضم (DMD) رقم جو والفجر به همراه رقم دانکو و اکوتیپ شماره ۱۱۹ دارای بالاترین میانگین بودند. در صفت کربوهیدرات‌های محلول (WSC) نیز رقم جو به همراه اکوتیپ شماره ۱۱۹ دارای بالاترین مقادیر بودند. همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس نیز مشاهده می‌شود، صفت پروتئین خام تفاوت معنی‌داری در نمونه‌های مورد بررسی نشان نداده است.

تجزیه واریانس صفات کیفیت علوفه در اکوتیپ‌های چاودار و سه رقم تجاری چاودار، تریتیکاله و جو در سال زراعی ۹۴-۹۳ در جدول (۵) ارائه شده است. براساس نتایج تجزیه واریانس، اکوتیپ‌های مورد بررسی در همه صفات کیفی مورد ارزیابی به جز صفت پروتئین خام (CP)، تفاوت معنی‌داری نشان دادند. مقایسه میانگین صفات کیفی علوفه در اکوتیپ‌های چاودار و رقم‌های مورد بررسی

ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی علوفه و دانه اکوتیپ‌های چاودار در ایران

جدول ۴. ضرایب همبستگی صفات مورد ارزیابی در اکوتیپ‌های چاودار و ارقام مورد بررسی براساس روش پیرسون

صفات	روز تا ظهور سنبله	روز تا گلدهی	روز تا رسیدن	ارتفاع بوته	طول سنبله	تعداد سنبلچه در سنبله	سطح برگ	عملکرد علوفه خشک	عملکرد دانه	وزن هزاردانه
	DS	DF	DM	PH	SPL	NSG	FLA	FDW	GY	KW
DS	۱									
DF	۰/۶۹ ^{***}	۱								
DM	-۰/۰۶	۰/۲۶	۱							
PH	-۰/۵۳ ^{***}	-۰/۶۳ ^{***}	-۰/۰۵	۱						
SPL	-۰/۰۱۴	-۰/۰۵	۰/۳۲	۰/۳۶ [°]	۱					
NSG	-۰/۰۲	-۰/۲۳	۰/۱۱	۰/۶۰ ^{***}	۰/۶۸ ^{***}	۱				
FLA	۰/۰۳	۰/۴۴ ^{***}	۰/۱۲	-۰/۴۹ ^{***}	-۰/۰۸	-۰/۵۶ ^{***}	۱			
FDW	-۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۶۷ ^{***}	-۰/۰۸	۰/۰۶	-۰/۰۹	۰/۴۴ ^{***}	۱		
GY	-۰/۵۸ ^{***}	-۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۲۳	۰/۵۳ ^{***}	۰/۵۱ ^{***}	۱	
KW	۰/۴۵ ^{***}	۰/۴۱ [°]	-۰/۳۵ [°]	-۰/۶۱ ^{***}	-۰/۰۲	-۰/۵۷ ^{***}	۰/۶۱ ^{***}	-۰/۲۱	-۰/۰۱	۱

جدول ۵. تجزیه واریانس صفات کیفی در علوفه اکوتیپ‌های چاودار و رقم دانکو، سناباد و والفجر در سال زراعی ۹۴-۹۳

منابع تغییر	درجه آزادی	ماده خشک قابل هضم	کربوهیدرات‌های محلول	پروتئین خام	دیواره سلولی	فیبر	دیواره سلولی بدون همی سلولز	خاکستر
	df	DMD	WSC	CP	NDF	FIBR	ADF	ASH
تکرار	۲	۷/۵۹	۸/۷۸	۰/۲۷	۷/۲۶	۲/۵۲	۱۹/۵۸	۰/۰۱
اکوتیپ	۱۱	۵۱/۲ ^{***}	۲۵/۵ ^{***}	۳/۸۱ns	۵۳/۹ ^{***}	۱۱/۷ ^{***}	۱۰۵/۷۴ ^{***}	۰/۴۸ [°]
خطا	۲۲	۱۰/۴۸	۶/۱۴	۲/۲۷	۸/۰۶	۶/۹۴	۱۴/۴۷	۰/۱۹

دیواره‌های سلولی از مهم‌ترین اجزای تعیین‌کننده کیفیت علوفه محسوب می‌شوند که دارای ذرات غیر قابل هضم و قابل هضم می‌باشند. وقتی که میزان دیواره سلولی یک ماده غذایی پایین است، افزایش مصرف و قابلیت هضم آن توسط حیوانات قابل انتظار است (Juskiw *et al.*, 2000)، بنابراین با کاهش غلظت ADF و NDF پتانسیل مصرف علوفه توسط دام و قابلیت هضم آن افزایش می‌یابد. مقایسه درصد دیواره سلولی (NDF) و دیواره سلولی بدون همی سلولز (ADF) در

علوفه اکوتیپ‌های مورد ارزیابی (جدول ۶) نشان می‌دهد که این صفات در اکوتیپ شماره ۱۱۹ و رقم جو والفجر به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از سایر نمونه‌ها بود. براساس میانگین فیبر موجود در علوفه نیز اکوتیپ شماره ۱۱۹ پایین‌ترین میانگین را به‌خود اختصاص داد. براساس این صفت اکوتیپ شماره ۱۰۸ دارای بالاترین میانگین بود، لذا به‌نظر می‌رسد اکوتیپ شماره ۱۱۹ علاوه بر پتانسیل بالای تولید علوفه، دارای کیفیت علوفه مطلوبی نیز می‌باشد.

جدول ۶. مقایسه میانگین صفات کیفی علوفه در اکوتیپ‌های مختلف چاودار و رقم دانکو، سناباد و والفجر

اکوتیپ	ماده خشک قابل هضم	کربوهیدرات‌های محلول	پروتئین خام	دیواره سلولی	فیبر	دیواره سلولی بدون همی سلولز	خاکستر
۴	۵۹/۰۶ e	۱۲/۵ c	۱۴/۸ ab	۳۶/۹ a	۳۶/۷ abc	۷۳/۵ a	۸/۴ ab
۱۹	۵۹/۸ de	۱۳/۱ c	۱۴/۴ ab	۳۵/۸ ab	۳۷/۰ abc	۷۰/۹ abc	۷/۸ bc
۲۶	۶۱/۵ de	۱۱/۲ c	۱۴/۹ ab	۳۴/۴ ab	۳۸/۵ ab	۷۴/۰ a	۷/۹ bc
۳۵	۶۰/۶ de	۱۱/۰ c	۱۶/۲ ab	۳۵/۹ ab	۳۷/۶ abc	۷۴/۹ a	۸/۱ abc
۴۰	۶۵/۶ bcd	۱۳/۹ bc	۱۶/۱ ab	۳۰/۹ bc	۳۵/۴ abc	۶۶/۰ bcde	۸/۶ ab
۴۶	۶۲/۵ cde	۱۱/۲ c	۱۷/۱ a	۳۵/۴ ab	۳۳/۴ bc	۶۵/۸ bcde	۸/۹ a
۷۸	۶۳/۲ bcde	۱۰/۷۶ c	۱۶/۳ ab	۳۳/۵ ab	۳۷/۱ abc	۷۲/۵ ab	۸/۳ abc
۱۰۸	۶۲/۴ cde	۱۲/۷ c	۱۵/۱ ab	۳۳/۹ ab	۳۹/۱ a	۶۸/۸ abcd	۷/۵ c
۱۱۹	۶۸/۸ ab	۱۸/۳۲ ab	۱۵/۴ ab	۲۷/۱ cd	۳۳/۲ c	۶۰/۳ef	۸/۶ ab
دانکو	۶۷/۶ ab	۱۳/۷ bc	۱۶/۹ a	۲۸/۴ c	۳۴/۴۵ abc	۶۴/۳ cde	۸/۵ ab
سناباد	۶۵/۴ bcd	۱۴/۸ bc	۱۶/۹ a	۳۱/۲ bc	۳۴/۵ abc	۶۲/۵ def	۸/۵ ab
والفجر	۷۲/۶ a	۲۰/۰۲ a	۱۳/۵ ab	۲۳/۰ d	۳۴/۴ abc	۵۶/۳ f	۸/۱ abc

میانگین‌ها با حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند (سطح احتمال ۵ درصد).

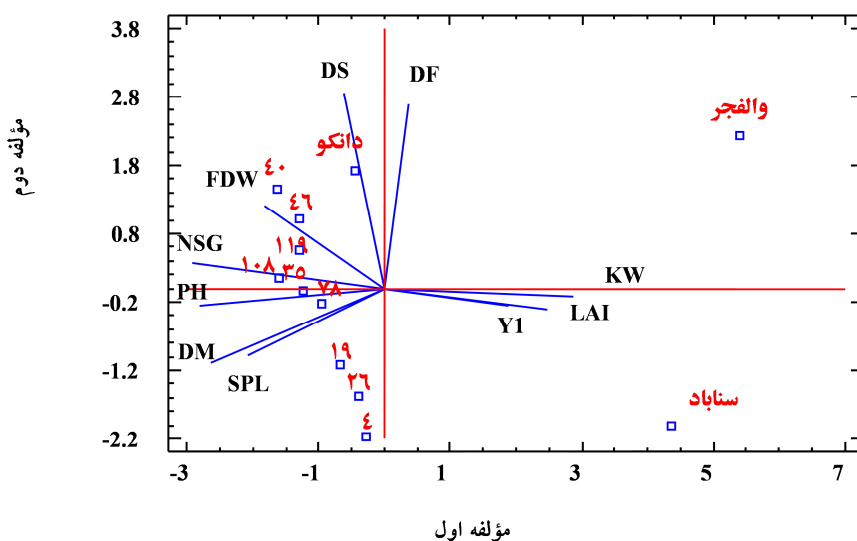
(FDW) در نزدیکی یکدیگر نشانه ارتباط نزدیک صفت روزتاگلدی و روز تا ظهور سنبله با عملکرد علوفه می‌باشد. به عبارت دیگر گلدی دیرتر در اکوتیپ‌ها باعث تولید عملکرد علوفه بیش‌تر شده است. بردارهای صفات سطح برگ پرچم و وزن هزاردانه نزدیک یکدیگر قرار گرفته‌اند که نشانه ارتباط نزدیک این دو صفت با هم می‌باشد. قرارگرفتن ارقام والفجر و سناباد به موازات بردار صفات وزن هزاردانه و سطح برگ، نشان‌دهنده برتری این ارقام در صفات مذکور بود.

جدول ۷. مقادیر ویژه، واریانس نسبی و ضرایب متغیرها برای مؤلفه‌های اصلی در اکوتیپ‌های چاودار و ارقام شاهد در سه سال زراعی

صفات	مؤلفه‌های اصلی		
	۱	۲	۳
مقادیر ویژه	۵/۴۷	۲/۱۷	۱/۴۸
واریانس نسبی	۵۴/۷۲	۲۱/۷۱	۱۴/۸۲
واریانس تجمعی	۵۴/۷۲	۷۶/۴۴	۹۱/۲۷

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی براساس میانگین داده‌های به‌دست‌آمده از اجرای آزمایش در سه سال زراعی در جدول (۷) و نمودار دو مؤلفه اول آن‌ها در شکل (۳) ارائه شده است. سه مؤلفه در تشکیل ماتریس ضرایب شرکت کردند که در مجموع ۹۱/۲۷ درصد از کل واریانس موجود در صفات موردبررسی را توجیه کردند (جدول ۷). مؤلفه اول و دوم در مجموع ۷۶/۴۴ درصد از واریانس را توجیه می‌کنند. نمودار بای‌پلات مؤلفه‌های اصلی اول و دوم نشان می‌دهد، صفات تعداد سنبلچه در سنبله (NSG) با علامت منفی و وزن هزاردانه (KW) با علامت مثبت دارای بالاترین ضرایب در مؤلفه اول می‌باشند، این امر نشان‌دهنده ارتباط معکوس این صفات با یکدیگر است. در مؤلفه دوم صفات فنولوژیکی بالاترین واریانس را ایجاد کردند.

در نمودار شکل (۳) مؤلفه دوم بالاترین واریانس را ایجاد کردند. قرارگرفتن بردار صفات روزتاگلدی (DF) روز تا ظهور سنبله (DS) و عملکرد علوفه



شکل ۳. نمودار بای پلات دو مؤلفه اصلی برای میانگین صفات مورد ارزیابی در اکوتیپ‌های چاودار و رقم شاهد چاودار (دانکو)، تریپیکاله (سناباد) و جو (والفجر) در سه سال زراعی (GY: عملکرد دانه، FLA: سطح برگ پرچم، FDW: عملکرد علوفه SPL: طول سنبله، NSG: تعداد سنبلچه در سنبله، PH: ارتفاع بوته، DS: روز تا ظهور سنبله DF: روز تا گلدهی، DM: روز تا رسیدن و KW: وزن هزاردانه).

۴. نتیجه گیری
 است و توسط پژوهش‌گران متعددی گزارش شده است (Brisson & casals, 2005; Li *et al.*, 2011; Kottmann *et al.*, 2016; Shavrukove *et al.*, 2017). این سیستم سازگاری به وضوح در سال اول آزمایش در اکوتیپ‌های مورد بررسی مشاهده شد.

نتایج این مقایسه‌ها نشان داد با وجود این که پتانسیل تولید دانه در ارقام تجاری نظیر دانکو بالاتر است، اما از نظر میزان تولید عملکرد علوفه، اکوتیپ‌های بومی نظیر اکوتیپ شماره ۱۱۹ دارای پتانسیل بالا و قابل رقابت با ارقام تجاری می‌باشند. براساس میانگین فیبر موجود در علوفه نیز اکوتیپ شماره ۱۱۹ پایین‌ترین میانگین را به خود اختصاص داد. لذا به نظر می‌رسد اکوتیپ شماره ۱۱۹ علاوه بر پتانسیل بالای تولید علوفه، دارای کیفیت علوفه مطلوبی نیز می‌باشد. در این پژوهش تلاش شد تا اکوتیپ‌های چاودار با ارقام تجاری دو گیاه دانه‌ای - علوفه‌ای

بررسی صفات فنولوژیکی، مرفولوژیکی و زراعی در اکوتیپ‌های چاودار بومی ایران و مقایسه آن با سه رقم تجاری چاودار (دانکو)، تریپیکاله (سناباد) و جو (والفجر) در سه سال زراعی نشان‌دهنده واکنش متفاوت اکوتیپ‌ها از نظر صفات فنولوژیکی، مرفولوژیکی و زراعی در سال‌های مختلف بود. براساس اطلاعات روند تغییرات عوامل آب‌وهوایی در سه سال آزمایش کاهش بارندگی و افزایش دما که موجب پایان فصل رشد و القای رسیدگی گیاه می‌شود، در سال اول وقوع زود هنگام‌تری نسبت به سال دوم و سوم داشت. این امر موجب رسیدگی زراعی زودتر اکوتیپ‌های مورد بررسی را در سال اول آزمایش شد. فرار از خشکی یک مکانیسم سازگاری کلاسیک است که شامل توسعه سریع گیاه برای فعال کردن تکمیل چرخه کامل زندگی قبل از وقوع خشکسالی در آینده

۶. تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از پروژه تحقیقاتی مصوب سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی با شماره ۰۳-۰۳-۰۲-۹۴۲۴۷ می‌باشد و نگارنده بر خود لازم می‌داند از همه دست‌اندرکارانی که در اجرای این پروژه همکاری داشتند، تشکر و قدردانی نماید.

۷. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۸. منابع

- 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), 324-335(in Persian).
- Baron, V. S., Juskiw, P. E., & Aljarrah, M. (2015). *Triticale as a Forage*. In: Eudes F. (eds) *Triticale*. Cham., New York, Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-22551-7_10
- Brisson, N., & Casals, M. L. (2005). Leaf dynamics and crop water status throughout the growing cycle of durum wheat crops grown in two contrasted water budget conditions. *Agronomy for Sustainable Development*, 25, 151-158. <http://dx.doi.org/10.1051/agro:2004066>
- International Board for Plant Genetic Resources. (1985). *Descriptors for Rye and Triticale*. IBPGR Secretariat, Rome.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). *FAOSTAT Statistical Database*. Rome
- Ivandic, V. C., Hackett, A., Zhang, Z. J., Staub, J. E., Nevo, E., Thomas, W. T. B., & Forster, B. P. (2000). Phenotypic responses of wild Barley to experimentally imposed to water stress. *Journal of Experimental Botany*, 51(353), 2021-2029. <http://dx.doi.org/10.1093/jexbot/51.353.2021>
- Geiger, H., & Miedaner, T. (2009). *Rye (Secale cereale L.)*. In: M. Carena (eds) *Cereals. Handbook of Plant Breeding*, (1ST ed., vol. 3, Pp.157- 181) New York, NY. Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-72297-9_4
- Graham, R. D., Geytenbeek, P. E., & Radcliffe, B. C. (1983). Responses of triticale, wheat, rye and barley to nitrogen fertilizer. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 23, 73-79. <https://doi.org/10.1071/EA9830073>

دیگر مورد مقایسه و ارزیابی قرار گیرند. مقایسه میانگین صفات نشان داد که رقم جو والفجر و تربیتکاله سناباد به‌طور معنی‌داری نسبت به اکوتیپ‌های چاودار زودرس‌تر بودند. از سوی دیگر رقم جو و پس از آن رقم تربیتکاله پایین‌ترین میانگین ارتفاع بوته را به‌خود اختصاص دادند و نسبت به اکوتیپ‌های چاودار میانگین پایین‌تری داشتند. رقم جو والفجر در صفت طول سنبله و تعداد سنبلچه در سنبله نیز پایین‌ترین میانگین را به‌خود اختصاص داده است که تفاوت معنی‌داری با سایر نمونه‌ها نشان داد. عملکرد علوفه خشک که از مهم‌ترین صفات در گیاهان علوفه‌ای می‌باشد، در رقم تربیتکاله و جو پایین‌ترین میانگین را نشان داد. از سوی دیگر بالاترین میانگین در صفت عملکرد دانه در رقم تربیتکاله مشاهده شد که با توجه به درشت‌تر بودن بذر تربیتکاله در مقایسه با چاودار، قابل پیش‌بینی بود. در مجموع، این پژوهش برتری اکوتیپ‌های چاودار در میزان تولید علوفه نسبت به دو رقم تجاری جو و تربیتکاله نشان داد. بنابراین در راستای شناسایی و معرفی گیاهان دانه‌ای- علوفه‌ای پرتانسیل، می‌توان از اکوتیپ مذکور جهت ارزیابی‌های تکمیلی و بکارگیری در برنامه‌های به‌نژادی بهره‌جست.

۵. پیشنهادها

- ارزیابی ژنوتیپ‌های منتخب در مطالعات منطقه‌ای و اقلیم‌های مختلف کشور به‌منظور کاربردی‌تر نمودن نتایج پیشنهاد می‌گردد.
- بررسی اثرات علوفه چاودار در جیره دام و نقش آن در بهره‌وری تولید دام در مقایسه با سایر گیاهان علوفه‌ای توصیه می‌شود.
- بررسی بیماری‌های رایج گیاه چاودار و ارزیابی نقش آن‌ها در محدودیت بهره‌برداری از علوفه این گیاه پیشنهاد می‌شود.

- Jafari, A. A., Connolly, V., Frolich, A., & Walsh, E. K. (2003). A note on estimation of quality in perennial ryegrass by Near infrared spectroscopy. *Irish Journal of Agricultural and food research*, 42, 293-299. <https://doi.org/10.2307/25562497>
- Juskiw, P. E., Helm, J. H., & Salmon, D. F. (2000). Forage yield and quality for mono crops and mixtures of small grain cereals. *Crop Science*, 40, 138-147. <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.401138x>
- Kantar, M., Sheaffer, C., Porter, P., Krueger, E., & Ochsner, T. E. (2011). Growth stage influences forage yield and quality of winter rye. Online. *Forage and Grazinglands*, 9(1), 1-7. <https://doi.org/10.1094/FG-2011-0126-01-RS>
- Kottmann L., Schittenhelm, S., Wittich, K. P., & Wilde, P. (2013). Suitability of canopy temperature depression in a temperate climate with drought-stressed winter rye, determined with three infrared measurement devices. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 199 (6), 385-394. <http://dx.doi.org/10.1111/jac.12035>
- Kottmann, L., Wilde, P., & Schittenhelm, S. (2016). How do timing, duration, and intensity of drought stress affect the agronomic performance of winter rye? *European Journal of Agronomy*, 75, 25-32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2015.12.010>
- Miedaner, T., Hübner, M., Korzun, V., Schmiedchen, B., Bauer, E., Haseneyer, G., Wilde, P., & Reif, J. C. (2012). Genetic architecture of complex agronomic traits examined in two testcross populations of rye (*Secale cereale* L.). *BMC Genomics*, 13, 706-706. <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2164-13-706>
- Person, K., & Bothmer, V. (2002). Genetic diversity amongst landraces of rye from northern europe. *Hereditas*, 136, 29-38. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294X.2002.01479>
- Schlegel, R. H. J. (2014). *Rye: Genetics, breeding, and cultivation*. Boca Raton, CRC Press.
- Shahmoradi, Sh. (2010). Regeneration and evaluation of agro morphological traits in rye germplasm of national plant gene bank of Iran. 1739. *Seed and Plant Improvement Institute Press*. 60p. (In Persian).
- Shahmoradi, Sh., & Mozafari, J. (2016). Regeneration and primary evaluation of rye species (*Secale* spp.) in Iran. 48592 *Seed and Plant Improvement Institute Press*. 75p. (In Persian).
- Shahmoradi, Sh. (2019). Evaluation of drought stress tolerance in rye (*Secale cereale* L.) genotypes of Iran. 56230. *Seed and Plant Improvement Institute Press*. 54p. (In Persian).
- Shavrukov, Y., Kurishbayev, A., Jatayev, S., Shvidchenko, V., Zotova, L., Koekemoer, F., de Groot, S., Soole K., & Langridge, P. (2017). Early Flowering as a Drought Escape Mechanism in Plants: How Can It Aid Wheat Production? *Front Plant Science*, 8, 1950. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01950>
- Tajbakhsh, M., & Poormirza, A. A. (2003). *Agronomy of cereal crops*. Urmia, Jahad Daneshgahi Publications. (In Persian).
- Volis, S., Mendlinger, A., Turuspekov, Y., & Esnazarov, U. (2002). Phenotypic and allozyme variation in Mediterranean and desert populations of wild barley, *Hordeum spontaneum* koch. *Evolution*, 56(7), 1403-1415. <http://dx.doi.org/10.1111/j.0014-3820.2002.tb01453.x>
- Wilson, H. K. (1955). *Grain Crops*. New York, McGraw – Hill Book Company, inc.
- Zhao, G. Q., Wei, S. N., Liu, C., Kim, H. J., & Kim, J. G. (2021). Effect of harvest dates on β -carotene content and forage quality of rye (*Secale cereale* L.) silage and hay. *Journal of animal science and technology*, 63(2), 354-366. <https://doi.org/10.5187/jast.2021.e28>