

Effects of Long-Term Drought Stress and Variation in Traits Related to Post-Drought Recovery, Persistence, and Summer Dormancy in Two Species of Orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) and Smooth Bromegrass (*Bromus inermis* Leys.)

F. Saeidnia^{1&2*} , M. M. Majidi²  and A. F. Mirlohi² 

(Received: 25 February 2023; Accepted: 18 June 2023)

Abstract

This study was conducted to evaluate drought tolerance of recombined genotypes of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) and smooth bromegrass (*Bromus inermis* Leys.), and investigate the effect of long-term drought stress on persistence, summer dormancy, and post-drought recovery. For this purpose, 36 genotypes of each species randomly selected from polycross populations, were clonally propagated, and evaluated under normal and drought-stressed conditions during 2013-2015 at the research farm of the Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. In the fourth year (2016), irrigation was withheld in both moisture regimes for two months, and then plants were re-watered and investigated. For most of the measured traits, high genetic variation was observed among the genotypes of both species. In orchardgrass, the genetic coefficient of variation varied from 4.31 to 65.45% under normal conditions, and from 3.93 to 79.93% under drought stress conditions. In smooth bromegrass, the range of genetic coefficient of variation was variable from 3.56 to 67.18% under normal conditions and from 3.42 to 54.63% under drought stress conditions. This indicated a high potential for improving these traits through targeted selection in breeding programs of the two species. In both species, the higher increase in genetic coefficient of variation under drought stress was observed for recovery-related traits (i.e., degree of recovery and recovery ratio in orchardgrass; and recovery yield, degree of recovery, recovery ratio, and percentage of recovery in smooth bromegrass). Results showed that smooth bromegrass had a better performance regarding recovery-related traits. Furthermore, post-drought recovery-related traits in both species were reduced under drought stress, except for the recovery ratio in smooth bromegrass. However, reductions were higher in orchardgrass than in smooth bromegrass. In the current study, the persistence of orchardgrass genotypes increased under drought stress, and decreased in the smooth bromegrass. Less fodder production during summer by the genotypes of this germplasm showed that these genotypes had incomplete dormancy.

Keywords: Clonal evaluation, Forage grasses, Polycross, Survival.

1- Agricultural and Horticultural Science Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Mashhad.

2- Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

* Corresponding author, Email: f.saeidnia@areeo.ac.ir

Background and Objective: Orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) is one of the most important perennial forage grasses, which plays an essential role in the livestock industry and sustainable development of environments worldwide (2). Smooth brome grass (*Bromus inermis* Leys.) is a drought-tolerant, cool-season grass species grown mainly for hay production (1). Drought stress is one of the most important factors limiting the survival and growth of plants in many regions of the world. Therefore, grasses must survive summer, recover in autumn, and actively grow during the cooler rainy seasons. Despite the wide distribution of forage grasses in arid and semi-arid regions of Iran, studies about post-drought recovery, persistence, and summer dormancy in these two species are rare. Therefore, this study was conducted to: 1) evaluate the genetic variation of post-drought recovery, persistence, and summer dormancy under two moisture conditions, 2) determine the relationships between these traits with phenological traits, productivity, and drought tolerance, and 3) assess the response of genotypes to drought stress in terms of the evaluated traits.

Methods: In this study, 36 genotypes of each species were randomly sampled from polycross progenies. These genotypes were clonally propagated and space-planted in the field according to a randomized complete block design with 12 replications in March 2012. Six replications were allocated to each of the two moisture environments. Phenological and morphological traits were evaluated over three years. After three years of field evaluation, drought recovery of all genotypes was assessed in 2016. For this purpose, after the first harvest of the fourth year, acute drought stress was imposed on both previous moisture environments (normal and drought stress) by stopping irrigation for 60 days until grass foliage was entirely desiccated. All plants were irrigated to the point of field capacity every week to allow drought stress recovery. After six weeks of re-watering, the traits related to recovery were measured.

Results: High genotypic variation was observed among genotypes for all measured traits, indicating a high potential for improving these traits. Drought stress negatively affected all traits and reduced their diversity. Moreover, in both species, after withholding irrigation and re-watering, post-drought recovery of genotypes was reduced under drought stress. However, these reductions were higher in orchardgrass than in smooth brome grass. In this study, the persistence of orchardgrass genotypes increased under drought stress, and decreased in smooth brome grass. The reduction of persistence under drought stress is likely related to decreased crown diameter, less root growth, and a decrease in growth points. Results also revealed that the genotypes of this germplasm with the characteristic of inhibiting fodder production during summer had incomplete dormancy. These plants were more flexible to drought stress. They had better survival and persistence than the plants with low summer dormancy, indicating that summer dormancy is an important trait for drought tolerance and can be used to develop drought-tolerant cultivars.

Conclusions: There was high genetic diversity between the studied genotypes of both species, which can be used in the breeding programs. In both species, post-drought recovery of genotypes was reduced under drought stress. These reductions were higher in orchardgrass than in smooth brome grass. In the current study, the persistence of orchardgrass genotypes increased under drought stress conditions, while it decreased in smooth brome grass. Moreover, the genotypes of this germplasm with the characteristic of inhibiting fodder production during summer had incomplete dormancy. There was a significant and positive association between summer dormancy and autumn yield on the one hand and between autumn yield and productivity on the other. Therefore, autumn yield is a compensatory mechanism in the dormant genotypes during the summer, leading to more fodder production in these genotypes during the autumn.

References:

1. Casler, M.D., Vogel, K.P., Balasko, J.A., Berdhal, J.D., Miller, D.A., Hansen, J.L., Frits, J.O., 2000. Genetic progress from 50 years of smooth brome grass breeding. *Crop Science* 40: 13–22.
2. Jiang, L.F., Qi, X., Zhang, X.Q., Huang, L.K., Ma, X., Xie, W.G. 2014. Analysis of diversity and relationships among orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) accessions using start codon-targeted markers. *Genetics Molecular Research* 13(2): 4406–4418.



آثار تنش خشکی درازمدت و تنوع ویژگی‌های مرتبط با برگشت‌پذیری، دیرزیستی و خواب تابستانه در گونه‌های داکتی لیس (*Dactylis glomerata* L.) و بروموس (*Bromus inermis* Leyss.)

فاطمه سعیدنیا^{۱*}، محمد مهدی مجیدی^۲ و آقافخر میرلوحی^۲

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۲۸)

چکیده

این پژوهش به منظور ارزیابی تحمل خشکی ژنوتیپ‌های نوترکیب دو گونه داکتی‌لیس (*Dactylis glomerata* L.) و بروموس (*Bromus inermis* Leyss.)، و بررسی اثر تنش خشکی درازمدت بر دیرزیستی، خواب تابستانه و برگشت‌پذیری اجرا شد. بدین منظور، تعداد ۳۶ ژنوتیپ داکتی‌لیس و ۳۶ ژنوتیپ بروموس به صورت تصادفی از بین نتایج حاصل از پلی‌کراس انتخاب شده و کلون شدند و در شرایط بدون تنش و تنش خشکی طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۲ در مزرعه پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان مورد ارزیابی قرار گرفتند. در سال پنجم (۱۳۹۵)، پس از برداشت علوفه بهاره، اجرای آبیاری به مدت ۲ ماه در هر دو رژیم رطوبتی متوقف شد و سپس گیاهان آبیاری شده و مورد ارزیابی قرار گرفتند. تنوع ژنتیکی زیادی بین ژنوتیپ‌های هر دو گونه از نظر اکثر صفات مشاهده شد. در گونه داکتی‌لیس، ضریب تنوع ژنتیکی از ۴/۳۱ تا ۶۵/۴۵٪ در شرایط بدون تنش، و از ۳/۹۳ تا ۷۹/۹۳٪ در شرایط تنش متغیر بود. در گونه بروموس، دامنه ضریب تنوع ژنتیکی در شرایط بدون تنش ۳/۵۶-۶۷/۱۸٪ و در شرایط تنش ۳/۴۲-۵۴/۶۳٪ مشاهده شد که نشان‌دهنده پتانسیل زیاد برای بهبود این صفات از طریق انتخاب هدفمند در برنامه‌های اصلاحی است. در هر دو گونه بیش‌ترین درصد افزایش ضریب تنوع ژنتیکی تحت شرایط تنش برای صفات مرتبط با برگشت‌پذیری (امتیاز و نسبت برگشت‌پذیری در گونه داکتی‌لیس، و عملکرد، امتیاز، نسبت و درصد برگشت‌پذیری در گونه بروموس) مشاهده شد. نتایج نشان داد که گونه بروموس از نظر برگشت‌پذیری نسبت به گونه داکتی‌لیس وضعیت بهتری دارد. در هر دو گونه کاهش صفات مرتبط با برگشت‌پذیری، به جز صفت نسبت برگشت‌پذیری در گونه بروموس، تحت شرایط تنش خشکی مشاهده شد. میزان کاهش این صفات در گونه داکتی‌لیس نسبت به بروموس بیش‌تر بود. در این پژوهش، دیرزیستی ژنوتیپ‌های داکتی‌لیس در رژیم رطوبتی تنش خشکی افزایش یافت در حالی که در گونه بروموس کاهش یافت. تولید کم‌تر علوفه طی تابستان توسط ژنوتیپ‌های این ژرم‌پلاسما نشان داد که این ژنوتیپ‌ها دارای خواب ناقص بودند.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی کلونی، پلی‌کراس، بقاء، گراس‌های علوفه‌ای.

۱- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، مشهد، ۸۳۶۴۱-۹۱۷۶۹

۲- گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ۸۳۱۱۱-۸۴۱۵۶، ایران

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: f.saeidnia@areeo.ac.ir

مقدمه

گراس‌ها از مهم‌ترین گیاهان علوفه‌ای-مرعی خانواده گرامینه هستند که به لحاظ تولید علوفه، کاربری زینتی، احداث چراگاه و حفاظت و جلوگیری از فرسایش خاک اهمیت زیادی دارند. از طرفی، این گیاهان به عنوان ماده اولیه در تأمین مواد پروتئینی و فرآورده‌های شیر در حفظ سلامت و امنیت غذایی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار هستند (۳). خشکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زیستی محدودکننده بقاء، رشد و تولید گیاهان در بسیاری از مناطق جهان است (۲ و ۲۶). حدود یک سوم از زمین‌های کشاورزی دنیا در مناطق خشک و نیمه‌خشک واقع شده‌اند که ایران نیز بخشی از همین مناطق است. بنابراین نیاز به گونه‌های گیاهی و ژنوتیپ‌هایی است که قادر به تحمل شرایط خشک باشند. به عبارت دیگر از توانایی زنده‌ماندن، برگشت پذیری و رشد فعال در تابستان و فصول سرد سال برخوردار باشند. درک سازوکارهای تحمل به خشکی موضوع اصلی بسیاری از پژوهش‌ها بوده (۱۱) و توسعه ارقام متحمل به خشکی هدف اصلی برنامه‌های اصلاحی است و انتظار می‌رود که نقش مؤثری در مقابله با آثار تغییر اقلیم ایفا کند (۹). داکتی‌لیس (*Dactylis glomerata* L. و بروموس (*Bromus inermis* Leyss) از مهم‌ترین گراس‌های چندساله مراتع ایران هستند که علیرغم سهم عمده‌ای که در تولید علوفه مرعی دارند، پژوهش‌های اصلاحی اندکی بر روی آن‌ها انجام شده است.

در گراس‌ها، گزینش موفقیت‌آمیز گونه‌های علوفه‌ای چندساله به دیرزیستی این گونه‌ها و توانایی گیاهان برای زنده‌ماندن و بقاء و حفظ عملکرد تحت شرایط خشکی‌های مداوم تابستانه بستگی دارد (۱) که با توانایی گیاه برای حفظ طوقه زنده در سطح خاک مرتبط است. در شرایط کشت تک‌بوته نیز تفاوت در عملکرد گیاهان طی سال‌های متمادی می‌تواند برآورد خوبی از دیرزیستی گونه‌ها ارائه دهد (۲۰). مشخص شده است که برگشت‌پذیری ضعیف می‌تواند منجر به کاهش دیرزیستی شود. بنابراین، دیرزیستی و برگشت‌پذیری بیش‌تر در گراس‌های علوفه‌ای با توانایی رشد مجدد از مریستم‌ها یا ریزوم‌ها و از

سیستم عمیق ریشه‌ای که رطوبت باقی‌مانده خاک را مورد استفاده قرار می‌دهند، مرتبط هستند (۱۵). برگشت‌پذیری پس از تنش خشکی می‌تواند تا حدود زیادی با حفظ نقاط رشدی طی تنش خشکی، رشد جبرانی بافت‌های بقاء‌یافته و میزان انتقال ذخایر ریشه مرتبط باشد (۴). بنابراین، طی تنش خشکی گزینش صفات برای توانایی برگشت‌پذیری زیاد از اهمیت اقتصادی بیش‌تری نسبت به گزینش صفات برای بهبود رشد و تولید علوفه برخوردار است (۴ و ۲۳). این امر گیاهان علوفه‌ای را قادر می‌سازد تا در مراتع و چمن‌زارها دوام داشته باشند و از توانایی رقابت بیش‌تری نسبت به گونه‌های کم‌تر متحمل برخوردار باشند (۲۷).

یکی از صفات مهم دیگر مرتبط با تحمل به خشکی در گراس‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، خواب تابستانه است که بقاء در شرایط وقوع تنش خشکی و عملکرد پاییزه گراس‌ها را در این مناطق بهبود می‌بخشد. خواب تابستانه یکی از سازوکارهای سازگاری است که در شرایط خاص محیطی مانند طول روز بلند و دمای زیاد القاء می‌شود و به‌صورت اندوژنیک (درون‌زا) کنترل می‌گردد. گیاهانی که دارای خواب تابستانه هستند، حتی در صورت وجود بارندگی‌های تابستانه، مواد غذایی و رطوبت کافی دچار توقف یا کاهش رشد می‌شوند. البته سطوح پایین خواب تابستانه ممکن است به گیاه اجازه رشد در این شرایط را بدهد (۱۷). اگرچه ارقام یا ژنوتیپ‌های دارای خواب تابستانه در فصل تابستان از رشد عملکرد کم‌تری نسبت به گیاهان بدون خواب تابستانه برخوردار هستند، اما برگشت‌پذیری پس از تنش خشکی و عملکرد پاییزه آن‌ها بیش‌تر از گیاهان بدون خواب تابستانه خواهد بود. به‌عبارت دیگر خواب تابستانه سبب افزایش بقاء و عملکرد پاییزه گیاهان می‌شود (۱۷ و ۲۴). شایمی و همکاران (۲۴) گزارش کردند یکی از مهم‌ترین صفات مرتبط با بهبود دیرزیستی تحت شرایط خشک در داکتی‌لیس خواب تابستانه است.

تاکنون پژوهشی به‌منظور ارزیابی صفات مهم مرتبط با

ژنوتیپ‌ها از طریق تقسیم بوته کلون شده و به صورت ایزوله در یک طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۱۲ تکرار کشت شدند. فاصله بین بوته‌ها و بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. به منظور تهیه بستر کاشت، زمین مکان آزمایش در پاییز شخم خورده و پیش از کاشت چند بار دیسک زده شد و کرت‌بندی گردید.

میزان کود مصرفی بر اساس ۱۵۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم و ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار بود. تمام کود فسفات پیش از کاشت و کود اوره در دو نوبت پس از برداشت‌های اول و دوم در هر سال به زمین داده شد. عملیات داشت شامل آبیاری غرقابی، کوددهی (کود آبیاری) و وجین دستی در طی فصل رشد به‌طور مرتب انجام گرفت. آبیاری اول بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به‌طور تقریبی هر ۷ روز یک بار تا زمان استقرار کامل گیاهچه‌ها انجام شد. به منظور استقرار گیاهان در مزرعه، در سال اول آبیاری به صورت بدون تنش و در حد ظرفیت زراعی انجام شد. از سال دوم به بعد شش تکرار به محیط تنش خشکی و شش تکرار به محیط بدون تنش اختصاص یافت.

برای اعمال تنش خشکی، تا زمان گل‌دهی میزان آبیاری و تعداد دفعات آن در هر دو محیط رطوبتی بدون تنش و تنش، به صورت یکسان انجام شد. ولی از مرحله گل‌دهی به بعد، در شرایط رطوبتی بدون تنش، زمانی آبیاری انجام می‌شد که ۵۰ درصد آب قابل استفاده از عمق توسعه ریشه تخلیه می‌شد. در محیط رطوبتی تنش، آبیاری زمانی انجام می‌شد که ۹۰ درصد آب قابل استفاده خاک تخلیه می‌شد. عمق مجاز تخلیه رطوبت از لایه توسعه ریشه با رابطه زیر محاسبه شد:

$$I_d = (FC - PWP) \times MAD \times D \times B \quad (1)$$

که در آن I_d عمق آب مجاز برای تخلیه در تیمار مورد نظر (میلی‌متر)، FC حد ظرفیت زراعی (گرم بر گرم)، PWP حد پژمردگی دائم (گرم بر گرم)، D عمق ناحیه فعال توسعه ریشه (میلی‌متر)، B چگالی ظاهری خاک در ناحیه توسعه ریشه

تحمل خشکی (مانند دیرزیستی، برگشت پذیری پس از دوره درازمدت تنش خشکی و خواب تابستانه) در شرایط تغییر اقلیم و ژرم پلاسما بومی دو گونه داکتی لیس و بروموس و یا ژرم پلاسما‌های معرفی‌شده از سایر کشورها انجام نشده است. بنابراین این پژوهش به منظور: ۱- ارزیابی تنوع ژنتیکی صفات فنولوژیک، عملکرد علوفه، دیرزیستی، خواب تابستانه و صفات مرتبط با برگشت پذیری پس از تنش خشکی در دو گونه داکتی لیس و بروموس در شرایط بدون تنش و تنش خشکی، ۲- تعیین رابطه بین صفات فنولوژیک، تحمل خشکی، خواب تابستانه، دیرزیستی و صفات مرتبط با برگشت پذیری پس از تنش خشکی، و شناسایی ترکیب مناسب این صفات به منظور گزینش ژنوتیپ‌های مناسب برای پژوهش‌های آینده، و ۳- مقایسه واکنش ژنوتیپ‌های انتخابی در دو گونه مورد بررسی به تنش خشکی براساس ارزیابی ویژگی‌های گفته‌شده و مقایسه این صفات در بین دو گونه، اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سال‌های زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۲ در مزرعه پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف‌آباد که در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی واقع شده است، انجام شد. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۶۳۰ متر بوده و بر اساس طبقه‌بندی کوپن^۱ دارای اقلیم نیمه‌خشک و خنک و تابستان‌های خشک است. میزان بارندگی و میانگین دمای سالانه آن به ترتیب ۱۴۰/۵ میلی‌متر و ۱۴/۵ درجه سلسیوس است.

در این پژوهش ۳۶ ژنوتیپ بروموس و ۳۶ ژنوتیپ داکتی‌لیس، که از داخل ۲۵ فامیل نیمه‌خواهری در هر کدام از گونه‌های مذکور به صورت تصادفی انتخاب شدند، استفاده شد (جدول ۱). سپس به منظور انجام پلی‌کراس و تشکیل فامیل‌های نیمه‌خواهری برای استفاده در پژوهش‌های آینده، هر یک از

2. Field capacity
3. Permanent wilting point

1. Koppen

جدول ۱. منشأ مواد ژنتیکی مورد بررسی

Table 1. The origin of the evaluated genetic materials

ژنوتیپ‌های داکتی لیس	کد جمعیت	منشأ	ژنوتیپ‌های بروموس	کد جمعیت	منشأ
1	4000/31	اصفهان- نجف آباد	1	2000/50	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان
2	4000/25	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان	2	2000/50	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان
3	4000/25	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان	3	2000/50	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان
4	4000/25	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان	4	2000/24	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان
5	4000/25	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان	5	2000/T-9	همدان
6	RCAT041111	خارجی - مجارستان	6	2000/T-9	همدان
7	RCAT041111	خارجی - مجارستان	7	2000/24	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان
8	4000/24	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان	8	2000/T-9	همدان
9	4000/24	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان	9	2000/2-18	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان
10	4000/24	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان	10	2000/2-18	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان
11	4000/44	سمنان	11	RCAT042134	خارجی - مجارستان
12	4000/44	سمنان	12	RCAT042134	خارجی - مجارستان
13	RCAT041111	خارجی - مجارستان	13	RCAT064839	خارجی - مجارستان
14	RCAT041111	خارجی - مجارستان	14	-	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان
15	RCAT041111	خارجی - مجارستان	15	-	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان
16	RCAT041111	خارجی - مجارستان	16	-	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان
17	4000/2	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان	17	-	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان
18	4000/2	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان	18	2000/T-9	همدان
19	4000/44	سمنان	19	2000/18	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان

ادامه جدول ۱.

Table 1. (continued)

ژنوتیپ‌های داکتی‌لیس	کد جمعیت	منشأ	ژنوتیپ‌های بروموس	کد جمعیت	منشأ
20	4000/25	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان	20	2000/18	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان
21	4000/44	سمنان	21	RCAT041861	خارجی - مجارستان
22	4000/44	سمنان	22	2000/40	اصفهان - سمیرم
23	4000/25	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان	23	2000/4	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان
24	4000/24	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان	24	-	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان
25	4000/24	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان	25	RCAT042133	خارجی - مجارستان
26	RCAT041050	خارجی - مجارستان	26	RCAT042133	خارجی - مجارستان
27	4000/24	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان	27	2000/10	کردستان
28	4000/24	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان	28	RCAT041861	خارجی - مجارستان
29	4000/29	خارجی - هلند	29	2000/10	کردستان
30	4000/24	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان	30	RCAT064835	خارجی - مجارستان
31	4000/29	خارجی - هلند	31	RCAT064835	خارجی - مجارستان
32	4000/24	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان	32	RCAT064835	خارجی - مجارستان
33	RCAT041050	خارجی - مجارستان	33	RCAT064835	خارجی - مجارستان
34	4000/2	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان	34	RCAT064837	خارجی - مجارستان
35	4000/2	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان	35	RCAT064837	خارجی - مجارستان
36	4000/2	مرکز تحقیقات بیوتکنولوژی شهید فزوه اصفهان	36	RCAT064837	خارجی - مجارستان

برابر با ۰/۹) است. برای اندازه‌گیری میزان آب ورودی به کرت‌ها از کنتور استفاده شد. ارزیابی صفات در سال استقرار گیاهان (۱۳۹۱) انجام نشد.

(۱/۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب)، و MAD^1 ضریب مدیریت مزرعه (برای حالت بدون تنش برابر با ۰/۵ و برای محیط تنش

1. Management allowed depletion

تنش خشکی اندازه‌گیری شدند. عملکرد برگشت‌پذیری با اندازه‌گیری عملکرد علوفه خشک هر ژنوتیپ پس از قطع آبیاری و آبیاری مجدد ثبت شد. امتیاز برگشت‌پذیری به صورت چشمی و براساس امتیاز ۰ تا ۹ ثبت شد؛ به طوری که گیاهان دارای برگ‌های سبز و کاملاً برگشت‌یافته امتیاز ۹ و گیاهان دارای برگ‌های کاملاً خشک امتیاز ۰ گرفتند. نسبت برگشت‌پذیری به صورت نسبت عملکرد علوفه هر ژنوتیپ پیش از قطع آبیاری (عملکرد علوفه بهار سال چهارم) به عملکرد علوفه همان ژنوتیپ پس از قطع آبیاری و آبیاری مجدد، محاسبه شد. درصد برگشت‌پذیری به صورت درصد گیاهان زنده هر ژنوتیپ که پس از آبیاری مجدد برگشت‌پذیری نشان دادند، محاسبه شد.

پیش از انجام تجزیه واریانس، برای تعیین یکنواختی واریانس خطا آزمون بارتلت انجام شد. به منظور بررسی تفاوت بین محیط‌های رطوبتی، سال‌ها، ژنوتیپ‌ها و برهم‌کنش‌های بین آن‌ها، و همچنین برآورد اجزای واریانس صفات مختلف، تجزیه واریانس داده‌های آزمایش با استفاده از مدل GLM در نرم‌افزار SAS انجام شد. از آنجایی که آزمایش به مدت سه سال در دو محیط رطوبتی (بدون تنش و تنش خشکی) اجرا شد، لذا مدل کرت‌های خرید شده در زمان (۱۴) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به منظور تجزیه مرکب داده‌های آزمایش مورد استفاده قرار گرفت. صفات مرتبط با برگشت‌پذیری بر اساس تجزیه مرکب طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. اجزای تشکیل‌دهنده واریانس با استفاده از امید ریاضی میانگین مربعات طرح کورت‌های خرید شده در زمان و با استفاده از برنامه Varcomp در SAS برآورد شد. اثر محیط رطوبتی و ژنوتیپ ثابت و اثر سال تصادفی در نظر گرفته شد. در صورت معنی دار بودن اثر تیمارهای آزمایشی، از آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد برای مقایسه میانگین تیمارها استفاده شد. برای برآورد سطوح تنوع ژنتیکی، ضریب تنوع ژنتیکی^۱ (GCV) با استفاده از معادله زیر محاسبه شد (۷):

در سال‌های دوم تا چهارم (۱۳۹۲-۱۳۹۴) مجموعه‌ای از صفات فنولوژیک (شامل روز تا خوشه‌دهی و روز تا گرده‌افشانی)، مورفولوژیک (شامل ارتفاع و تعداد ساقه) و عملکردهای علوفه بهار، تابستانه و پاییزه به صورت تک بوته مورد ارزیابی قرار گرفتند. تعداد روز تا خوشه‌دهی و گرده‌افشانی به ترتیب بر اساس تعداد روز از اول اسفند تا ظهور سه خوشه در هر بوته و ظاهر شدن پرچم‌ها در سه خوشه از هر بوته ثبت شد. عملکرد علوفه خشک بهار، تابستانه و پاییزه از طریق اندازه‌گیری وزن خشک نمونه‌ها پس از ۴۸ ساعت در دمای ۸۰-۷۵ درجه سلسیوس در آون، به دست آمد. دیرزیستی به صورت تفاضل عملکرد علوفه خشک سال چهارم از عملکرد علوفه خشک سال اول پس از استقرار (سال دوم) محاسبه شد (۱۹ و ۲۲). خواب تابستانه به صورت نسبت عملکرد علوفه تابستانه یک ژنوتیپ به عملکرد علوفه بهار همان ژنوتیپ از طریق فرمول زیر محاسبه شد (۱۷):

$$SDI = [100 - ((\text{summer yield}/\text{spring yield}) \times 100)]/10 \quad (2)$$

که در این فرمول، SDI شاخص خواب تابستانه، summer yield عملکرد علوفه تابستانه ژنوتیپ‌های مورد بررسی، و spring yield عملکرد علوفه بهار ژنوتیپ‌ها است.

به منظور ارزیابی صفات مرتبط با برگشت‌پذیری در دو گونه مورد بررسی، در سال پنجم (۱۳۹۵) همه ژنوتیپ‌هایی که طی سال‌های پیشین (۱۳۹۲ تا ۱۳۹۴) در دو شرایط رطوبتی بدون تنش و تنش خشکی مورد بررسی قرار گرفته بودند، در مزرعه در معرض تنش خشکی شدید و درازمدت قرار گرفتند. بدین منظور، در تیر ماه ۱۳۹۵ آبیاری گیاهان تا زمان خشکیدگی کامل پوشش گراس به طور کامل قطع شد (۶۰ روز). سپس به منظور ارزیابی برگشت‌پذیری گیاهان، ژنوتیپ‌های مورد بررسی به صورت منظم و هر هفته آبیاری شدند. پس از گذشت ۴۵ روز از آبیاری مجدد ژنوتیپ‌ها، صفات مرتبط با برگشت‌پذیری شامل عملکرد برگشت‌پذیری (RY)، امتیاز برگشت‌پذیری (DR)، نسبت برگشت‌پذیری (RR) و درصد برگشت‌پذیری (PR) در گیاهان رشدیافته در دو محیط رطوبتی بدون تنش و

1. Genetic coefficient of variation

کاهش سطح یا لوله‌ای شدن برگ و همچنین تولید و افزایش گونه‌های فعال اکسیژن نسبت داده شده است (۱۲). شریعتی‌پور و همکاران (۲۵) نیز در بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد علوفه و صفات مرتبط با عملکرد در گونه کنتاکی بلوگراس به کاهش معنی‌دار عملکرد علوفه و صفات مرتبط با آن در اثر تنش خشکی اشاره کردند.

ضرایب تنوع ژنتیکی صفات مورد بررسی در دو گونه داکتی لیس و بروموس در شرایط بدون تنش و تنش خشکی در جدول (۲) ارائه شده است. در گونه داکتی لیس، ضریب تنوع ژنتیکی در شرایط بدون تنش از ۴/۳۱٪ برای صفت روز تا ۶۵/۴۵٪ برای صفت عملکرد برگشت‌پذیری و در شرایط تنش از ۳/۹۳٪ برای صفت روز تا ۷۹/۹۳٪ برای نسبت برگشت‌پذیری متغیر بود. در گونه بروموس، دامنه ضریب تنوع ژنتیکی در شرایط بدون تنش از ۳/۵۶٪ برای صفت روز تا ۶۷/۱۸٪ برای صفت دیرزیستی و در شرایط تنش از ۳/۴۲٪ برای صفت روز تا ۵۴/۶۳٪ برای عملکرد برگشت‌پذیری متفاوت بود. به طور کلی از تنوع ژنتیکی زیاد موجود در صفات مختلف می‌توان در طراحی و اجرای برنامه‌های اصلاحی پیشرفته‌تر استفاده کرد (۱۳). در هر دو گونه بیش‌ترین درصد افزایش ضریب تنوع ژنتیکی تحت شرایط تنش برای صفات مرتبط با برگشت‌پذیری (امتیاز و نسبت برگشت‌پذیری در گونه داکتی لیس، و عملکرد، امتیاز، نسبت و درصد برگشت‌پذیری در گونه بروموس) مشاهده شد. کاهش یا افزایش تنوع ژنتیکی صفات مختلف تحت شرایط تنش به ماهیت صفات و تغییر در بیان ژن‌ها بستگی دارد.

در اکثر گراس‌های علوفه‌ای رشد تابستانه ارتباط معکوسی با بقاء و دیرزیستی دارد. بنابراین مهم‌ترین راهکار برای تحمل خشکی حفظ تولید تحت شرایط تنش خشکی نیست، بلکه توانایی بقاء و برگشت‌پذیری سریع پس از بارندگی‌های پاییزه مهم است (۲۳). در هر دو گونه مورد بررسی پس از قطع آبیاری و آبیاری مجدد، صفات مرتبط با برگشت‌پذیری (به‌جز

$$GCV = (\sigma_g / \mu) 100 \quad (۳)$$

که در این معادله σ_g ریشه دوم واریانس ژنتیکی و μ میانگین فنوتیپی است. به منظور برآورد رابطه بین صفات مورد بررسی، ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات محاسبه شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری به کمک نرم‌افزارهای SAS و SPSS و داده‌پردازی و ترسیم نمودارها و جداول به کمک نرم‌افزار Excel انجام گرفت. برای ترسیم بای‌پلات‌ها از نرم‌افزار Statgraphics استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در هر دو گونه تنش رطوبتی بر کلیه صفات مورد بررسی تأثیر بسیار معنی‌داری ($p < 0.01$) داشته است (نتایج نشان داده نشده است). بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی هر دو گونه از نظر کلیه صفات تفاوت معنی‌داری وجود داشت، که بیانگر تنوع ژنتیکی زیاد بین ژنوتیپ‌های منتخب از نظر صفات مورد بررسی است و می‌تواند در بهبود انتخاب در برنامه‌های اصلاحی مؤثر باشد. برهم‌کنش‌های بسیار معنی‌دار ژنوتیپ \times محیط رطوبتی برای کلیه صفات (به‌جز روز تا خوشه‌دهی و دیرزیستی در داکتی لیس) نشان داد که واکنش ژنوتیپ‌ها در محیط‌های رطوبتی متفاوت بوده است. آثار سال، سال \times محیط رطوبتی و ژنوتیپ \times سال نیز برای تمامی صفات در هر دو گونه مورد بررسی، معنی‌دار بود (نتایج نشان داده نشده است).

در هر دو گونه مورد بررسی، میانگین بیش‌تر صفات در اثر تنش خشکی کاهش یافت. صفات روز تا خوشه‌دهی، روز تا گرده‌افشانی و دیرزیستی در گونه داکتی لیس و صفت نسبت برگشت‌پذیری در گونه بروموس تحت تأثیر تنش خشکی در مقایسه با شرایط بدون تنش افزایش یافتند. برخی صفات نیز مانند روز تا خوشه‌دهی و روز تا گرده‌افشانی در گونه بروموس تحت تأثیر تنش نسبت به شرایط بدون تنش تفاوت معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۲). کاهش صفات مختلف در اثر تنش خشکی به کاهش در فتوسنتز، فشار آماس، رشد سلولی، و

جدول ۲. مقایسه میانگین و ضرایب تنوع ژنتیکی صفات فنولوژیک، عملکرد علوفه و صفات مرتبط با برگشت پذیری در ۳۶ ژنوتیپ داکتی لیس و ۳۶ ژنوتیپ بروموس ارزیابی شده تحت دو محیط رطوبتی (بدون تنش و تنش خشکی) طی سالهای ۱۳۹۵-۱۳۹۲

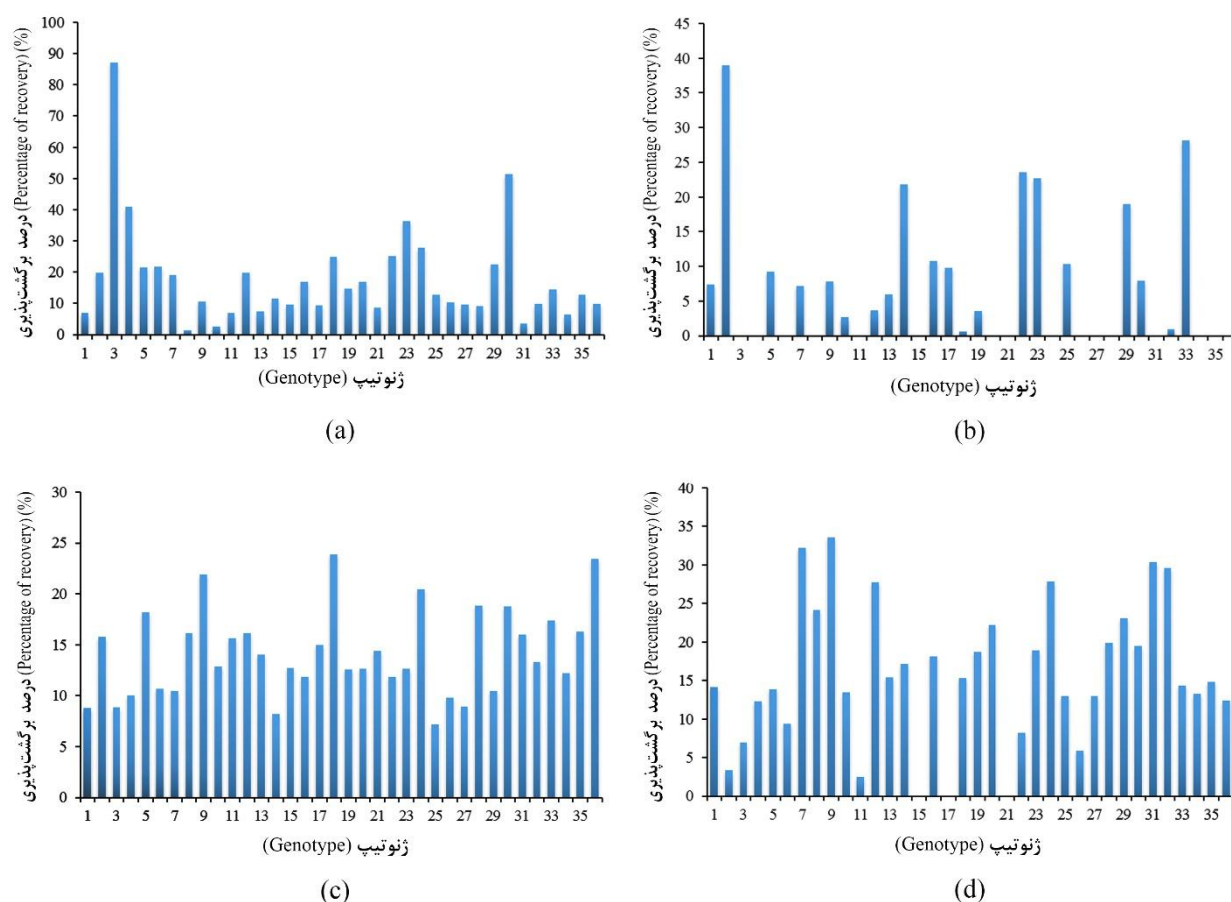
Table 2. Mean comparison and genetic coefficients of variations for phenological traits, forage yield and recovery related traits in 36 genotypes of orchardgrass and smooth brome grass under two moisture environments (normal and drought stress) during years 2013-2016

میانگین Mean		گونه داکتی لیس		گونه بروموس		گونه داکتی لیس		گونه بروموس		صفات Traits
ضریب تنوع ژنتیکی (%) Genetic coefficient of variation (GCV) (%)		محیط تنش خشکی	محیط بدون تنش	محیط تنش خشکی	محیط بدون تنش	محیط تنش خشکی	محیط بدون تنش	محیط تنش خشکی	محیط بدون تنش	
Drought stress environment	Normal environment	Drought stress environment	Normal environment	Drought stress environment	Normal environment	Drought stress environment	Normal environment	Drought stress environment	Normal environment	
6.79	6.58	6.46	4.39	56.6	58.9	63.2	57.4	63.2	57.4	روز تا خوشه دهی (روز) Days to heading (day)
3.42	3.56	3.93	4.31	77.8	80.4	80.2	77.2	80.2	77.2	روز تا گرده افشانی (روز) Days to pollination (day)
10.72	5.97	8.77	7.31	75.6	96.6	63.2	94.0	63.2	94.0	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)
21.63	21.44	21.29	20.94	149	187	66.5	133	66.5	133	تعداد ساقه (-) Number of stem (-)
24.59	18.51	17.51	17.12	130	209	88.8	175	88.8	175	عملکرد علوفه بهاره (گرم در بوته) Spring forage yield (g per plant)

در هر گونه و در هر ردیف میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ۰/۰۵ تفاوت معنی‌دار ندارند.
In each species and in each row, mean values with similar letters are not significantly different (LSD, $p \leq 0.05$).

ادامه جدول ۲.
Table 2. (continued)

ضریب تنوع ژنتیکی (%) Genetic coefficient of variation (GCV) (%)		گونه بروموس		گونه داکتی لیس		میانگین Mean
گونه بروموس	گونه داکتی لیس	گونه بروموس	گونه داکتی لیس	گونه داکتی لیس	گونه داکتی لیس	
		محیط بدون تنش خشکی	محیط بدون تنش خشکی	محیط بدون تنش خشکی	محیط بدون تنش خشکی	صفات Traits
Drought stress environment	Normal environment	Drought stress environment	Normal environment	Drought stress environment	Normal environment	
17.38	18.07	15.80	21.89	20.5	a 49.2	عملکرد علوفه تابستانه (گرم در بوته) Summer forage yield (g per plant)
21.33	14.50	16.90	23.45	b 22.5	b 9.75	عملکرد علوفه پاییزه (گرم در بوته) Autumn forage yield (g per plant)
54.63	27.14	66.40	65.45	b 26.1	a 39.8	عملکرد برگشت پذیری (گرم در بوته) Recovery yield (g per plant)
44.34	14.70	76.78	47.04	b 3.21	a 5.45	امتیاز برگشت پذیری (-) Degree of recovery (-)
47.81	21.07	79.93	58.74	a 0.16	b 0.14	نسبت برگشت پذیری (-) Recovery ratio (-)
36.32	18.92	28.21	41.63	b 46.2	a 85.9	درصد برگشت پذیری (%) Percentage of recovery (%)
51.76	67.18	37.03	53.42	b 40.4	a 55.1	دیرزیستی (%) Persistence (%)



شکل ۱. درصد برگشت پذیری در (a) ۳۶ ژنوتیپ داکتی لیس در شرایط بدون تنش، (b) ۳۶ ژنوتیپ داکتی لیس در شرایط تنش خشکی، (c) ۳۶ ژنوتیپ بروموس در شرایط بدون تنش، و (d) ۳۶ ژنوتیپ بروموس در شرایط تنش خشکی در سال چهارم (۱۳۹۵)

Fig. 1. Percentage of recovery in a) 36 genotypes of orchardgrass under normal condition, b) 36 genotypes of orchardgrass under drought stress condition, c) 36 genotypes of smooth brome grass under normal condition, and d) 36 genotypes of smooth brome grass under drought stress condition, in the fourth year (2016).

مجموعه ژرم پلاسماهای مورد بررسی است.

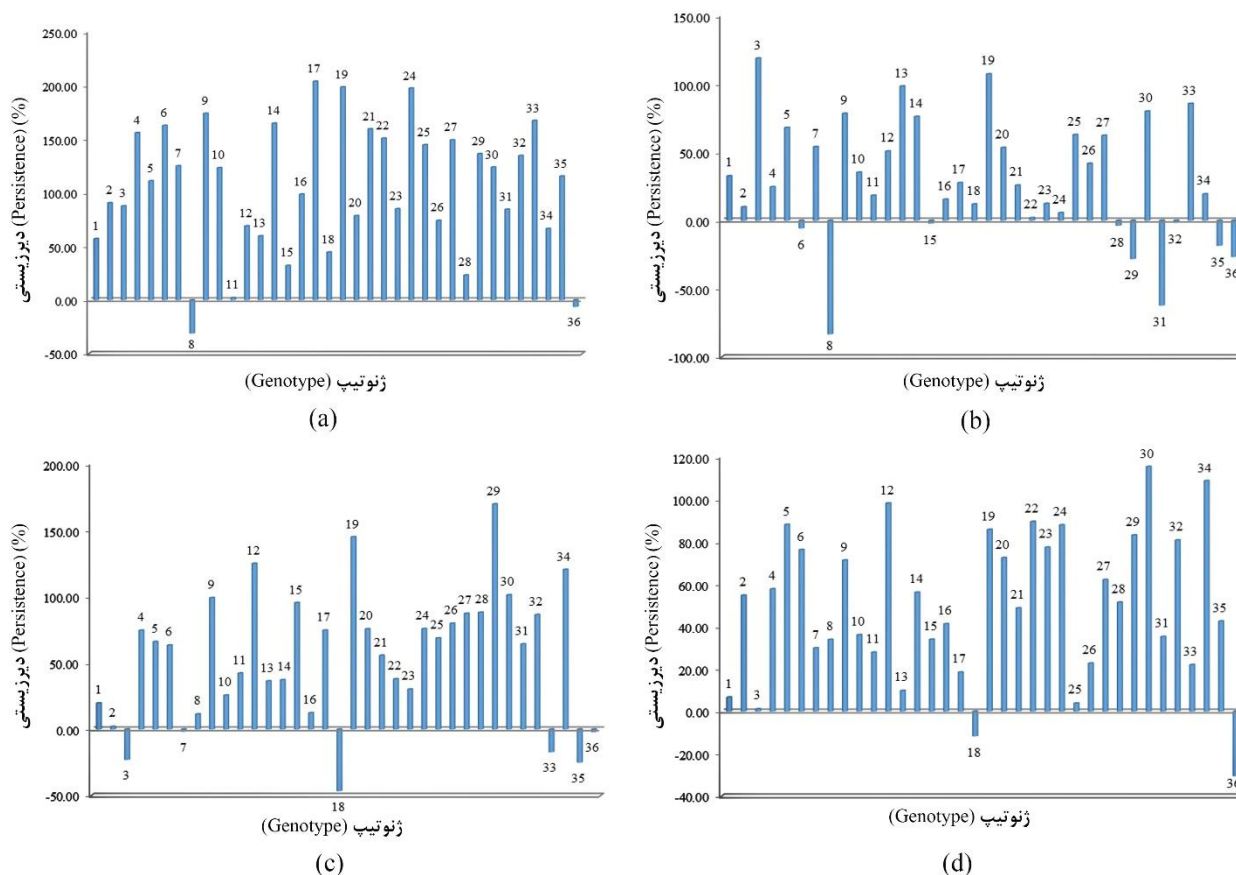
شکل (۱) درصد برگشت پذیری ژنوتیپ های داکتی لیس و بروموس را در دو محیط بدون تنش و تنش خشکی نشان می دهد. در گونه داکتی لیس کمترین مقادیر برگشت پذیری در محیط بدون تنش در ژنوتیپ های ۸، ۱۱ و ۱۳ مشاهده شد و در محیط تنش ژنوتیپ های ۳، ۴، ۸، ۲۰، ۲۴، ۲۷، ۲۸، ۳۴، ۳۵ و ۳۶ هیچ گونه برگشت پذیری در اثر آبیاری مجدد پس از تنش نشان ندادند. بیشترین مقدار برگشت پذیری در محیط بدون تنش به ترتیب به ژنوتیپ های ۳ و ۳۰ و در محیط تنش به ترتیب به ژنوتیپ های ۲، ۲۳، ۲۲، ۲۳ و ۱۴ تعلق داشت (شکل های ۱a و ۱b). در گونه بروموس در محیط بدون تنش، کمترین مقادیر

نسبت برگشت پذیری در گونه بروموس) تحت شرایط تنش خشکی در مقایسه با شرایط بدون تنش کاهش یافتند. میزان این کاهش در گونه داکتی لیس نسبت به بروموس بیش تر بود. از آنجایی که تنش رطوبتی در هر سه سال پیش از قطع آبیاری به طور یکسان اعمال شده است، می توان به این نتیجه رسید که تنش خشکی درازمدت دیرزستی و برگشت پذیری گیاهان را کاهش داده است (۲۲). به هر حال، تنوع ژنتیکی زیادی بین ژنوتیپ ها از نظر تمامی صفات مرتبط با برگشت پذیری در هر دو گونه مورد بررسی مشاهده شد، که نشان دهنده پتانسیل مناسب برای بررسی ژنتیکی این صفات و احتمالاً گزینش ژنوتیپ های دارای مقادیر متنوع برگشت پذیری و بقای گیاه در

محیط بدون تنش به ترتیب به ژنوتیپ‌های ۲، ۷، ۸، ۱۶ و ۱۰ و در محیط تنش به ژنوتیپ‌های ۳، ۲۵، ۱، ۱۳ و ۱۷ تعلق داشت. دیرزیستی گونه‌های زراعی وابسته به عواملی مانند ژنوتیپ گیاه، مدیریت (کوددهی، مدیریت چرا، کنترل آفات و علف‌های هرز، آبیاری)، و فاکتورهای محیطی (بارندگی، نور، دما، نوع خاک) است (۵ و ۱۵). در پژوهش کنونی، دیرزیستی ژنوتیپ‌های گونه داکتی لیس در رژیم رطوبتی تنش خشکی در مقایسه با محیط بدون تنش افزایش یافت؛ درحالی‌که این صفت در گونه بروموس کاهش یافت. به نظر می‌رسد کاهش دیرزیستی تحت شرایط تنش خشکی می‌تواند به کاهش قطر طوقه، و احتمالاً تعداد ساقه کم‌تر نسبت داده شود، که این امر بنیه گیاه را در طول سال‌های متمادی کاهش می‌دهد. به علاوه، دیرزیستی گراس‌های چندساله عمدتاً بستگی به حفظ پنجه‌ها دارد. در صورتی که پنجه‌ها در طی فصل رشد بعدی جایگزین نشوند، جمعیت کاهش می‌یابد. بنابراین، تراکم پنجه شاخص مهمی از بقای جمعیت است (۵).

خواب تابستانه یکی از مهم‌ترین صفات مرتبط با تحمل خشکی در گراس‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است که با وجود این‌که بقاء پس از خشکی و عملکرد پاییزه گراس‌ها را در این مناطق بهبود می‌بخشد، اما دانسته‌های اندکی در مورد وقوع و میزان تنوع ژنتیکی آن در گراس‌ها موجود است (۱۸ و ۲۴). در پژوهش کنونی، ژنوتیپ‌ها در هر دو گونه از نظر خواب تابستانه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند، که نشان دهنده وجود تنوع از نظر این صفت در ژرم‌پلاسما مورد بررسی است (نتایج نشان داده نشده است). از طرف دیگر نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد بررسی با مشخصه کاهش تولید علوفه در تابستان و در شرایط آبیاری کامل، دارای خواب ناقص هستند. این گیاهان در مقایسه با گونه‌های بدون خواب تابستانه انعطاف پذیری بیش‌تری نسبت به تنش خشکی داشتند. این نتیجه با یافته‌های هایز و همکاران (۱۰) هم‌خوانی دارد. در پژوهش کنونی، ژنوتیپ ۳۱ در گونه داکتی لیس، و ژنوتیپ‌های ۱۱، ۳۳، ۲۶، ۳۴ و ۱۵ در گونه بروموس به عنوان ژنوتیپ‌های

برگشت‌پذیری در ژنوتیپ‌های ۲۵، ۱۴، ۱، ۳ و ۲۷ و بیش‌ترین مقادیر به ترتیب در ژنوتیپ‌های ۱۸، ۳۶، ۹، ۲۴، ۲۸ و ۳۰ مشاهده شد. در محیط تنش، بیش‌ترین مقادیر برگشت‌پذیری به ترتیب به ژنوتیپ‌های ۹، ۷، ۳۱، ۳۲، ۲۴ و ۱۲ و کم‌ترین مقادیر به ترتیب به ژنوتیپ‌های ۲۱، ۱۷، ۱۵، ۱۱ و ۲ تعلق داشت (شکل‌های ۱c و ۱d). نتایج نشان داد که گونه بروموس از نظر برگشت‌پذیری نسبت به گونه داکتی لیس وضعیت بهتری دارد. به طوری‌که در هر دو محیط بدون تنش و تنش خشکی اکثر ژنوتیپ‌های بروموس پس از آبیاری مجدد برگشت‌پذیری نسبتاً خوبی داشتند. با این وجود، تعداد زیادی از ژنوتیپ‌های داکتی لیس در محیط تنش هیچ‌گونه برگشت‌پذیری در اثر آبیاری مجدد پس از تنش نداشته و کاملاً از بین رفتند. پیرنجم‌الدین و همکاران (۱۹) نیز گزارش کردند که در گونه فسکیو پس از قطع درازمدت آبیاری به مدت ۲ ماه در شرایط مشابه پژوهش کنونی تعدادی از ژنوتیپ‌ها از بین رفتند. درصد کم‌تر ژنوتیپ‌های از بین رفته در گونه بروموس می‌تواند نشانه برگشت‌پذیری سریع‌تر گونه مذکور نسبت به گونه داکتی لیس باشد (۲۸). به علاوه، برگشت‌پذیری بیش‌تر در بروموس مؤید این مطلب است که این گونه از تحمل بیش‌تری نسبت به تنش خشکی در مقایسه با داکتی لیس برخوردار است، که این نتیجه احتمالاً به سیستم ریشه‌ای و ریزوم‌های گسترده آن مرتبط است. دیرزیستی ژنوتیپ‌های داکتی لیس و بروموس در دو محیط بدون تنش و تنش خشکی در شکل (۲) ارائه شده است. در گونه داکتی لیس، بیش‌ترین مقادیر دیرزیستی در محیط بدون تنش به ترتیب در ژنوتیپ‌های ۱۷، ۲۴، ۱۹، ۳۳ و ۹ و در محیط تنش در ژنوتیپ‌های ۳، ۱۹، ۱۳، ۳۳ و ۳۰ مشاهده شد. کم‌ترین مقادیر برگشت‌پذیری نیز در محیط بدون تنش به ژنوتیپ‌های ۱۱، ۲۸ و ۱۵ و در محیط تنش به ژنوتیپ‌های ۱۵، ۲۲، ۳۲، ۲۴ و ۱۸، تعلق داشت. در گونه بروموس، بیش‌ترین مقادیر دیرزیستی در محیط بدون تنش به ترتیب در ژنوتیپ‌های ۲۹، ۱۹، ۱۲، ۳۴ و ۹ و در محیط تنش در ژنوتیپ‌های ۳۰، ۳۴، ۱۲، ۲۴ و ۵ مشاهده شد. کم‌ترین مقادیر برگشت‌پذیری نیز در



شکل ۲. دیرزیستی (a) ۳۶ ژنوتیپ داکتی لیس در شرایط بدون تنش، (b) ۳۶ ژنوتیپ داکتی لیس در شرایط تنش خشکی، (c) ۳۶ ژنوتیپ بروموس در شرایط بدون تنش، و (d) ۳۶ ژنوتیپ بروموس در شرایط تنش خشکی

Fig. 2. Persistence of a) 36 genotypes of orchardgrass under normal condition, b) 36 genotypes of orchardgrass under drought stress condition, c) 36 genotypes of smooth brome grass under normal condition, and d) 36 genotypes of smooth brome grass under drought stress condition.

بوته، تعداد ساقه، عملکرد علوفه خشک بهاره و تابستانه دو گونه داشت (جداول ۳ و ۴). بنابراین به نظر می‌رسد که خواب تابستانه با بقای بهتر و رشد مجدد پس از خواب در داکتی لیس و بروموس مرتبط باشد. شایمی و همکاران (۲۴) خواب تابستانه و بقای پس از خشکی اکوتیپ‌های Moroccan داکتی لیس را مورد ارزیابی قرار دادند و دریافتند که خواب تابستانه بقای پس از خشکی و عملکرد پاییزه گونه‌های علوفه‌ای چندساله مانند داکتی لیس را بهبود می‌بخشد. در فسکیوی بلند (۱۶) و چمن هاردینگ (۶) خواب ناقص، که تنها فرم شناخته شده خواب تابستانه در این گونه‌ها است، با بقای بهتر و برگشت پذیری پس از خشکی شدید تابستانه در مقایسه

دارای حداقل خواب تابستانه شناسایی شدند. در برابر، ژنوتیپ‌های ۱۴، ۱۶، ۱۷، ۲۷، ۳۰، ۳۲، ۳۳ و ۳۵ در داکتی لیس و ژنوتیپ‌های ۶، ۸، ۲۳، ۲۴ و ۳۶ در بروموس دارای بیشترین شاخص خواب تابستانه بودند. سایر ژنوتیپ‌ها درجات متفاوتی از خواب تابستانه را نشان دادند (نتایج نشان داده نشده است). نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که شاخص خواب تابستانه با عملکرد پاییزه همبستگی مثبت و معنی دار دارد (ضرایب همبستگی به ترتیب 0.62^{**} و 0.64^{**} در داکتی لیس و بروموس) که نشان دهنده این است که خواب تابستانه عملکرد پاییزه را بهبود می‌بخشد (جداول ۳ و ۴ و شکل ۳). به علاوه، عملکرد پاییزه همبستگی مثبت و معنی داری با صفات ارتفاع

جدول ۳. ضرایب همبستگی فنوتیپی صفات مختلف در ۳۶ ژنوتیپ داکتی لیس ارزیابی شده در دو محیط رطوبتی بدون تنش (بالای قطر) و تنش خشکی (پایین قطر) طی سه سال ۱۳۹۴-۱۳۹۲
 Table 3. Phenotypic correlation coefficients of different traits of 36 genotypes of orchardgrass evaluated in two moisture environments of normal (above diagonal) and drought stress (below diagonal) during three years of 2013-2015.

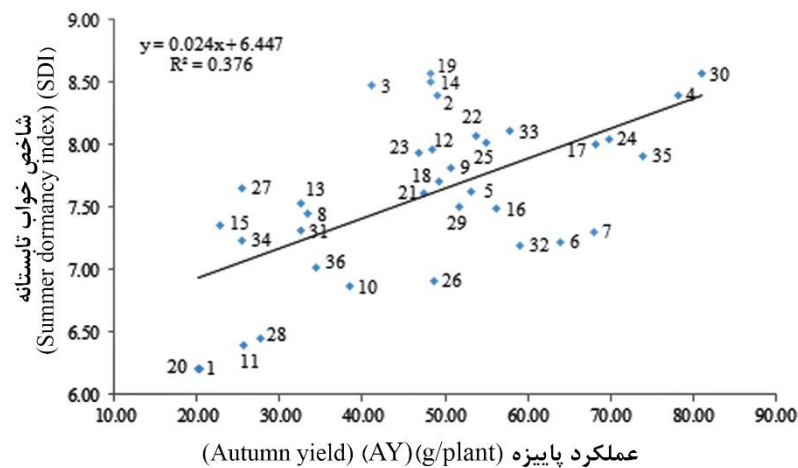
صفات Traits	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
۱- تعداد روز تا خوشه‌دهی Days to heading	1	0.95**	-0.44**	-0.53**	-0.16	-0.47**	-0.49**	-0.33	-0.33*	-0.26	-0.34*	0.04	0.50**
۲- تعداد روز تا گرده‌افشانی Days to pollination	0.94**	1	-0.57**	-0.56**	-0.34*	-0.56**	-0.60**	-0.41*	-0.46**	-0.33*	-0.43**	0.04	0.44**
۳- ارتفاع بوته Plant height	-0.57**	-0.64**	1	0.51**	0.52**	0.39*	0.55**	0.45**	0.48**	0.35*	0.26	0.16	-0.01
۴- تعداد ساقه در بوته Number of stems	-0.61**	-0.62**	0.67**	1	0.61**	0.46**	0.55**	0.35*	0.51**	0.12	0.74**	0.04	0.02
۵- عملکرد علوفه بهاره Spring forage yield	-0.28	-0.40*	0.68**	0.62**	1	0.73**	0.72**	0.52**	0.61**	0.30	0.62**	0.02	0.05
۶- عملکرد علوفه تابستانه Summer forage yield	-0.33*	-0.41*	0.55**	0.66**	0.80**	1	0.90**	0.62**	0.62**	0.53**	0.57**	-0.10	-0.64**
۷- عملکرد علوفه پاییزه Autumn forage yield	-0.05	-0.20	0.42*	0.54**	0.60**	0.71**	1	0.72**	0.76**	0.63**	0.65**	0.10	-0.52**
۸- عملکرد برگشت‌پذیری Recovery yield	-0.43**	-0.46**	0.36*	0.40*	0.25	0.34*	0.37*	1	0.91**	0.89**	0.44**	0.68**	-0.29
۹- امتیاز برگشت‌پذیری Degree of recovery	-0.41*	-0.50**	0.42**	0.37*	0.15	0.16	0.24	0.85**	1	0.80**	0.63**	0.60**	-0.19
۱۰- نسبت برگشت‌پذیری Recovery ratio	-0.27	-0.34*	0.13	0.17	-0.14	-0.03	0.02	0.65**	0.86**	1	0.32	0.62**	-0.41*
۱۱- درصد برگشت‌پذیری Percentage of recovery	-0.39*	-0.45**	0.55**	0.58**	0.47**	0.56**	0.50**	0.59**	0.59**	0.40*	1	0.16	-0.02
۱۲- دیرزیستی Persistence	-0.25	-0.25	0.04	0.07	-0.14	-0.08	-0.01	0.82**	0.74**	0.69**	0.30	1	0.21
۱۳- شاخص خواب تابستانه Summer dormancy index	0.33*	0.32	0.07	0.05	-0.08	-0.15	0.17	0.10	0.15	0.13	0.03	0.19	1

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد
 * and ** significant at 5 and 1 percent probability levels, respectively

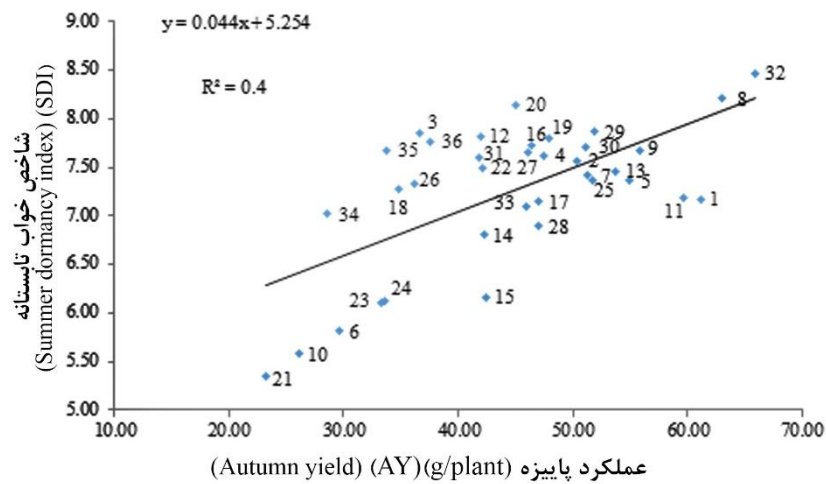
جدول ۴. ضرایب همبستگی فنوتیپی صفات مختلف در ۳۶ ژنوتیپ بروموس آریزایی شده در دو محیط رطوبتی بدون تنش (بالای قطر) و تنش خشکی (پایین قطر) طی سه سال ۱۳۹۲-۱۳۹۴
Table 4. Phenotypic correlation coefficients of different traits of 36 genotypes of smooth bromegrass evaluated in two moisture environments of normal (above diagonal) and drought stress (below diagonal) during three years of 2013-2015.

صفات Traits	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
۱- تعداد روز تا خوشه‌دهی Days to heading	1	0.95**	-0.36*	-0.09	0.22	0.00	-0.11	0.01	0.43**	0.02	-0.10	-0.02	0.38*
۲- تعداد روز تا گرده‌افشانی Days to pollination	0.92**	1	-0.36*	-0.07	0.29	0.03	-0.03	0.07	0.45**	0.04	-0.10	0.04	0.47**
۳- ارتفاع بوته Plant height	-0.58**	-0.53**	1	-0.01	0.08	0.06	0.17	0.06	-0.05	-0.07	-0.14	0.20	0.02
۴- تعداد ساقه در بوته Number of stems	-0.18	-0.13	0.20	1	0.66**	0.73**	0.71**	0.27	0.06	0.06	0.70**	-0.20	-0.16
۵- عملکرد علوفه بهاره Spring forage yield	0.15	0.27	0.18	0.72**	1	0.81**	0.82**	0.44**	0.45**	0.09	0.52**	-0.04	0.26
۶- عملکرد علوفه تابستانه Summer forage yield	-0.11	-0.02	0.16	0.69**	0.77**	1	0.91**	0.42*	0.30	0.08	0.68**	-0.02	-0.34*
۷- عملکرد علوفه پاییزه Autumn forage yield	-0.15	-0.04	0.29	0.68**	0.80**	0.85**	1	0.41*	0.25	-0.02	0.64**	0.13	-0.20
۸- عملکرد برگشت پذیری Recovery yield	0.13	0.27	0.13	0.14	0.49**	0.31	0.52**	1	0.53**	0.73**	0.24	0.31	-0.02
۹- امتیاز برگشت پذیری Degree of recovery	0.27	0.42*	0.05	0.18	0.61**	0.45**	0.54**	0.89**	1	0.41*	0.15	0.20	0.24
۱۰- نسبت برگشت پذیری Recovery ratio	0.21	0.29	0.13	-0.04	0.30	0.12	0.30	0.93**	0.83**	1	-0.02	-0.16	-0.02
۱۱- درصد برگشت پذیری Percentage of recovery	-0.14	-0.15	-0.05	0.67**	0.50**	0.65**	0.65**	0.23	0.22	0.06	1	-0.03	0.05
۱۲- دیرزیستی Persistence	0.05	0.07	-0.05	-0.40*	-0.19	-0.20	0.01	0.40*	0.28	0.31	0.02	1	-0.04
۱۳- شاخص خواب تابستانه Summer dormancy index	0.40*	0.47**	-0.15	-0.23	0.12	-0.40*	-0.27	0.25	0.25	0.28	0.46**	0.21	1

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد
 * and ** significant at 5 and 1 percent probability levels, respectively



(a)



(b)

شکل ۳. ارتباط بین شاخص خواب تابستانه و عملکرد پاییزه در (a) ۳۶ ژنوتیپ داکتی لیس و (b) ۳۶ ژنوتیپ بروموس

Fig. 3. Relationship between summer dormancy index and autumn yield in a) 36 genotypes of orchardgrass, and b) 36 genotypes of smooth bromegrass.

نتیجه گیری

براساس نتایج به دست آمده در این پژوهش، در هر دو گونه تنوع زیادی بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی وجود داشت که از این تنوع می‌توان در برنامه‌های اصلاحی به ویژه ایجاد ارقام متحمل به خشکی استفاده کرد. نتایج این پژوهش نشان داد که گونه بروموس از قابلیت برگشت پذیری بیش تری نسبت به گونه داکتی لیس برخوردار است. به طوری که در هر دو محیط بدون تنش و تنش خشکی اکثر ژنوتیپ‌های بروموس پس از آبیاری

با گیاهان بدون خواب تابستانه، مرتبط است. با توجه به همبستگی مثبت و معنی دار خواب تابستانه با عملکرد پاییزه (شکل‌های ۳a و ۳b)، ژنوتیپ‌های ۴، ۳۰ و ۳۵ در گونه داکتی لیس و ژنوتیپ‌های ۸ و ۳۲ در گونه بروموس به عنوان ژنوتیپ‌های دارای بیشترین خواب تابستانه و عملکرد پاییزه برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی تولید واریته‌های ساختگی به منظور بهبود بقای پس از خشکی معرفی می‌شوند.

بسیار قوی در این گونه باشد.

تشکر و سپاسگزاری

در انجام این پژوهش، حمایت مالی خاصی از مؤسسات عمومی، صنعتی و غیرانتفاعی دریافت نشده است.

تضاد منافع

نویسندگان مقاله اذعان دارند هیچ گونه تضاد منافی با شخص، شرکت یا سازمانی برای این پژوهش ندارند.

مجدد برگشت پذیری نسبتاً خوبی نشان دادند. با این وجود، در گونه داکتی لیس تعداد زیادی از ژنوتیپ ها در محیط تنش هیچ گونه برگشت پذیری در اثر آبیاری مجدد پس از تنش نشان ندادند و کاملاً از بین رفتند. دیرزیستی ژنوتیپ های گونه داکتی لیس در رژیم رطوبتی تنش خشکی در مقایسه با محیط بدون تنش افزایش یافت؛ درحالی که این صفت در گونه بروموس کاهش یافت. هر دو گونه مورد بررسی از نظر تحمل خشکی و تولید علوفه وضعیت نسبتاً مطلوبی داشتند، اما به نظر می رسد گونه بروموس از تحمل خشکی بیشتری برخوردار است که این یافته می تواند به دلیل سیستم ریشه ای و ریزوم های

منابع مورد استفاده

1. Annicchiarico, P., Pecetti, L., Bouzerzour, H., Kallida, R., Khedim, A., Porqueddu, C., Simões, N.M., Volaire, F., Lelièvre, F., 2011. Adaptation of contrasting cocksfoot plant types to agricultural environments across the Mediterranean basin. *Environmental and Experimental Botany* 74: 82–89.
2. Blum, A., 2011. *Plant Breeding for Water-Limited Environments*. Springer, New York.
3. Casler, M.D., Duncan, R.R., 2003. *Turfgrass: Biology, Genetics and Breeding*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
4. Chai, Q., Jin, F., Merewitz, E., Hung, B., 2010. Growth and physiological traits associated with drought survival and post-drought recovery in perennial turfgrass species. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 135: 125–133.
5. Cullen, B.R., Chapman, D.F., Quigley, P.E., 2005. Persistence of *Phalaris aquatica* in grazed pastures. Plant and tiller population characteristics. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 45: 41–48.
6. Culvenor, R.A., Boschma, S.B., 2005. Evaluation of (*Phalaris aquatica* L.) germplasm for persistence under grazing on the North-West Slopes, New South Wales. *Australian Journal of Agricultural Research* 56: 731–741.
7. Falconer DS, Mackay TFC (1996) *Introduction to Quantitative Genetics*. Longman, Harlow, UK
8. Fleta-Soriano, E., Munne-Bosch, S., 2016. Stress memory and the inevitable effects of drought: A physiological perspective. *Frontiers in Plant Science* 7: 143. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00143>.
9. Gustafson, D. I., 2011. Climate change: a crop protection challenge for the twenty first century. *Pest Management Science* 67: 691–696.
10. Hayes, R.C., Dear, B.S., Li, G.D., Virgona, J.M., Conyers, M.K., Hackney, B.F., Tidd, J., 2010. Perennial pastures for recharge control in temperate drought-prone environments. Part 1: Productivity, persistence and herbage quality of key species. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 53(4): 283–302.
11. Irani, S., Majidi, M.M., Mirlohi, A., 2015. Half-sib matting and genetic analysis of agronomic, morphological and physiological traits in Sainfoin under non-stressed versus water-deficit conditions. *Crop Science* 55: 123–135.
12. Jiang, Y., Huang, B., 2001. Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrass in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. *Crop Science* 41: 436–442.
13. Mohammadi, S.A., Prasanna, B.M., 2003. Analysis of genetic diversity in crop plants-Salient statistical tools and considerations. *Crop Science* 43: 1235–1248.
14. Nguyen, H.T., Sleper, D.A., 1983. Theory and application of half-sib matting in forage grass breeding. *Theoretical and Applied Genetics* 64: 187–196.
15. Nie, Z.N., Miller, S., Moore, G.A., Hackney, B.F., Boschma, S.P., Reed, K.F.M., Mitchell, M., Albertsen, T.O., Clark, S., Craig, A.D., Kearney, G., Li, G.D., Dear, B.S., 2008. Field evaluation of perennial grasses and herbs in southern Australia. Persistence, root characteristics and summer activity. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48: 424–435.
16. Norton, M. R., F. Volaire and F. Lelièvre. 2006b. Summer dormancy in *Festuca arundinacea* Schreb., the influence

- of season of sowing and a simulated mid-summer storm on two contrasting cultivars. *Australian Journal of Agricultural Research* 57: 1267–1277.
17. Norton, M.R., Volaire, F., Fukai, S., Lelievre, F., 2008. Measurement of summer dormancy in temperate perennial pasture grasses. *Australian Journal of Agricultural Research* 59: 498–509.
18. Norton, M.R., Lelievre, F., Volaire, F., 2006. Summer dormancy in *Dactylis glomerata* L., the influence of season of sowing and a simulated mid-summer storm on two contrasting cultivars. *Australian Journal of Agricultural Research* 57: 565–575.
19. Pirnajmedin, F., Majidi, M.M., Saeidi, G., Gheysari, M., Volaire, F., Barre, P., Osivand, A.H., Sarfaraz, D., 2017. Persistence, recovery and root traits of tall fescue genotypes with different flowering date under prolonged water stress. *Euphytica* 213: 269. <https://doi.org/10.1007/s10681-017-2060-8>.
20. Pirnajmedin, F., Majidi, M.M., Saeidnia, F., Hosseini, B., Mirlohi, A., Abdolahi, M., 2018. Genetics of post-drought recovery, persistence and summer dormancy in orchardgrass (*Dactylis glomerata*). *Crop & Pasture Science* 69: 1140–1149.
21. Resco, V., Ewers, B.E., Sun, W., Huxman, T.E., Weltzin, J.F., Williams, D.G., 2009. Drought-induced hydraulic limitations constrain leaf gas exchange recovery after precipitation pulses in the C3 woody legume, *Prosopis velutina*. *New Phytologist* 181: 672–682.
22. Saeidnia, F., Majidi, M.M., Mirlohi, A., Manafi, M., 2017. Productivity, persistence and traits related to drought tolerance in smooth brome grass. *Plant Breeding* 136: 270–278.
23. Saeidnia, F., Majidi, M.M., Mirlohi, A., Spanani, S., Karami, Z., Abdollahi Bakhtiari, M., 2020. A genetic view on the role of prolonged drought stress and mating systems on post-drought recovery, persistence and drought memory of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.). *Euphytica* 216: 91. <https://doi.org/10.1007/s10681-020-02624-8>.
24. Shaimi, N., Kallida, R., Volaire, F., Saidi, N., Faiz, C.A., 2009. Summer dormancy and drought survival of Moroccan ecotypes of orchardgrass. *Crop Science* 49: 1416–1424.
25. Shariatipour, N., Heidari, B., Shams, Z., Richards, Ch., 2022. Assessing the potential of native ecotypes of *Poa pratensis* L. for forage yield and phytochemical compositions under water deficit conditions. *Scientific Reports* 12: 1121. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05024-1>.
26. Staniak, M., Kocon, A., 2015. Forage grasses under drought stress in conditions of Poland. *Acta Physiologiae Plantarum* 37: 116. [Doi:10.1007/s11738-015-1864-1](https://doi.org/10.1007/s11738-015-1864-1).
27. Volaire, F., Barkaoui, K., Norton, M.R., 2014. Designing resilient and sustainable grasslands for a drier future: adaptive strategies, functional traits and biotic interactions. *European Journal of Agronomy* 52: 81–89.
28. Walter, J., Nagy, L., Hein, R., Rascher, U., Beierkuhnlein, C., Willner, E., Jentsch, A., 2011. Do plants remember drought? Hints towards a drought-memory in grasses. *Environmental and Experimental Botany* 71: 34–40.
29. Wang, Z., Huang, B., 2004. Physiological recovery of Kentucky bluegrass from simultaneous drought and heat stress. *Crop Science* 44: 1729–1736.