نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۳۶۴-۳۴۹

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 349-364

ارزیابی تحمل به سرما در اکوتیپ‌های فتان بلند (*Festuca arundinacea* L.) در شرایط مزرعه و کنترل‌شده

عبداله سلطان احمدی[۱]، احمد نظامی[۲*]، محمد کافی[۲] و حمیدرضا خزاعی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۰۵

سلطان احمدی، ع.، نظامی، ا.، کافی، م.، و خزاعی، ح. ۱۳۹۸. ارزیابی تحمل به سرما در اکوتیپ‌های فتان بلند (*Festuca arundinacea* L.) در شرایط مزرعه و کنترل‌شده. بوم شناسی کشاورزی، ۱۱(۱): ۳۶۴-۳۴۹.

چکیده

فستوکا (*Festuca* sp.) یک گونه پرکاربرد و با اهمیت جهت مراتع، تعلیف دام و فضای سبز شهری است. اکوتیپ‌های متعددی از این گونه در ایران رشد می‌کنند و برای موفقیت در کشت و رشد مناسب آنها در مناطق تحت تنش، اطلاعات کمی در دسترس می‌باشد. زمستان‌های سرد از جمله ویژگی‌های مناطق معتدله در ایران است. از این رو، انتخاب اکوتیپ‌های متحمل به سرمای فستوکا جهت کشت در این مناطق ضروری است. به این منظور، آزمایشی با هدف ارزیابی تحمل به سرما در اکوتیپهای فتان بلند (*Festuca arundinacea* L.) در شرایط مزرعه و کنترل‌شده به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در دو شرایط مزرعه و کنترل‌شده در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ انجام شد. در مزرعه عامل اصلی دو تاریخ کاشت پاییزه (۱۵ مهرماه و ۱۵ آبان ماه) و عامل فرعی شامل ۲۳ اکوتیپ جمعآوری شده از نقاط مختلف ایران بود و در شرایط کنترل‌شده اکوتیپ‌های فتان کشت شده در زمان‌های مشابه با مزرعه در معرض چهار دمای شاهد (دمای محیط طبیعی)، ۱۴-، ۱۷- و ۲۰- درجه سانتیگراد) قرار گرفتند. نتایج آزمایش مزرعه ای نشان داد که اثر متقابل تاریخ کاشت × اکوتیپ بر روز تا سبز شدن، درصد بقاء، عملکرد دانه و زیستتوده معنی‌دار بود. درصد بقاء اغلب اکوتیپ‌ها در کشت دوم بیشتر از کشت اول بود، با وجود این در اکثر اکوتیپ‌های با تأخیر در کشت، روز تا سبز شدن، عملکرد دانه و زیست‌توده کاهش داشت. در شرایط کنترل شده، اثر تاریخ کاشت × اکوتیپ بر درصد بقاء، سطح سبز و وزن خشک بوته معنی‌دار بود. با تأخیر در کشت، درصد بقاء در اغلب اکوتیپ‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت. تأخیر در کاشت، سبب کاهش وزن خشک در ۵۲ درصد اکوتیپ‌ها شد. در هر دو شرایط مزرعه و کنترل شده اکوتیپ‌های اصفهان- ایستگاه قزوه ۱۳۷۵، بروجن، داران، داران- دامنه، گندمان- سناجان، مشهد، ساری، گلستان و قوچان- سیدآباد از نظر درصد بقاء، وزن خشک و عملکرد نسبت به سایر اکوتیپ‌ها دارای برتری معنی‌داری بودند و متحمل ترین اکوتیپ‌ها معرفی شدند.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع، تاریخ کاشت، درصد بقاء، سطح سبز، عملکرد دانه

مقدمه

فستوکا (*Festuca* sp.) جنس بزرگی از گرامینه‌های علفی است که گونه‌های آن به طور وسیعی با انواع آب و هوا سازگار شده‌اند. در ایران نه گونه فستوکا شناخته شده است (Ebrahimian et al., 2012) که در مناطق مختلف ایران همچون گلستان، مازندران، لرستان، خراسان، فارس، اصفهان، کرج، درود، الوند و فیروزکوه به صورت طبیعی رویش دارند (Alizadeh,, 2010). این گیاه به علت داشتن ریشههای فیبری، ضخیم و محکم، عمیق و گسترده باعث کاهش فرسایش خاک میشود. این ریشهها چگالی خاک را کاهش داده و ساختمان خاک را اصلاح کرده و از فرسایش آن جلوگیری میکنند. اندازه برگهای گیاه فستوکا متوسط تا درشت بوده و دارای عمر طولانی میباشد، لذا این گیاه جزو علوفه‌های مهم دامی محسوب شده و به طور گسترده در مراتع مورد کشت و کار و بهره‌برداری قرار

۱و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: nezami@um.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v11i1.73193

میگیرد (Ebrahimian et al., 2012; Majidi, 2010)فتان بلند (*Festuca arundinaceae* L.) از جمله گونه‌های جنس فستوکا است که تاکنون ۲۷ اکوتیپ از آن در کشور شناسائی شده است. این گیاه در ایران پراکنش خوبی دارد و در مراتع، چراگاهها و نواحی کوهستانی به ویژه مناطق مرکزی، غربی و شمالی کشور رویش داشته و از پتانسیل بالائی برای رشد و تولید برخوردار است (Ebrahimian et al). فتان بلندگیاهی چند ساله است، بنابراین در اغلب موارد در معرض تنش سرما و زمستان قرار میگیرد (Alizadeh, 2010; Majidi, 2010) و لذا موفقیت کشت این گیاهان مستلزم استفاده از، ارقام متحمل به سرما می‌باشد.

بر اساس برخی گزارش‌ها فتان بلند تحمل خوبی به انواع تنش‌های محیطی (سرما و خشکی) نشان می‌دهد (Alizadeh, 2010) (Ebrahimian et al.,2012)، ولی بررسی‌ها بر روی تعدادی از اکوتیپ‌های این گیاه نشان داده که واکنش آن نسبت به سرما متفاوت بوده (Alizadeh, 2010) و لذا بررسی وسیعتر در مورد خصوصیات رشدی و تحمل به سرمای اکوتیپ‌های این گیاه در شرایط کاشت پاییزه ضروری میباشد. علاوه بر این، شناخت بیشتر خصوصیات رشدی و فیزیولوژی تحمل به سرمای آن به دلیل رویکرد جدید استفاده از این گونه گیاهی در مصارف مختلف به ویژه کاشت در فضای سبز، از اهمیت خاصی برخوردار است (.Alizadeh, 2010)

مقاومت یا حساسیت گیاهان در برابر سرما بسته به رقم، مورفولوژی، بافت گیاه، خصوصیات سلولی و همچنین شدت و مدت سرما و وضعیت توپوگرافی متفاوت است، ضمن این که اندام‌های گیاه نیز از نظر تحمل به سرما درجات متفاوتی را دارند (Farhad et al., 2015; Eugenia et al., 2003; Grace et al., 2009). در هر حال، هنگامیکه گیاه در معرض تنش سرما قرار می‌گیرد، علائم خسارت ناشی از سرما به برگ‌ها ممکن است به صورت پژمردگی، آبکی شدن (به دلیل تغییر فیزیکی غشاء از حالت کریستال مایع به جامد- ژل)، قهوه‌ای شدن و حتی نکروزه شدن برگ دیده شود. در این شرایط امکان آب سوختگی ساقه‌ها نیز وجود دارد و به دنبال آن ساقه‌های گیاه ظاهری چروکیده پیدا کرده و بعداً سیاه می‌شوند (Cardona et al., 1997; Nayyar et al., 2005). در نتیجه مهمترین نشانه‌های اثر سرمای زمستان بر گیاهان کاهش و یا توقف رشد گیاه، کاهش تولید ماده خشک و کلروزه شدن برگ‌های مسن و در نهایت مرگ گیاه می‌باشد (.Nezami et al., 2012; Kheirkhah et al., 2015)

تعیین درصد بقاء گیاه پس از قرار گرفتن در معرض سرما، یکی از روشهای تعیین مقاومت گیاهان به تنش می‌باشد. شاخص بقاء گیاهان در مزرعه دارای اعتبار نسبتاً خوبی است، زیرا میزان برخی خطاها در آن به حداقل می‌رسد، ضمن این که نیازی به تخریب نمونه‌های آزمایشی نیست. این شاخص در هر زمان در طول زمستان و حتی بعد از آن قابل اندازهگیری است و مقایسه نسبتاً قابل قبولی را ارائه میکند (Li et al., 2008; Larsen, 2013). با وجود این در آزمایش‌های مزرعهای هر چند گیاه در معرض شرایط واقعی تنش‌های زمستانه قرار می‌گیرد، اما به علت شدت سرمای زمستان سال‌های مختلف، نتایج قدری متفاوت است (Nezami& Bagheri, 2005; Larsen, 2013)، همچنین زمان بسیار زیادی نیز صرف مطالعات می‌گردد، علاوه بر این، ممکن است تفکیک مناسبی نیز بین اکوتیپ‌ها یا ارقامی که دارای تفاوت اندکی از نظر تحمل به سرما هستند، فراهم نشود (Nezami & Bagheri, 2005; Xuan et al., ۲۰۰۹). به همین دلیل از انواع آزمونهای ارزیابی یخزدگی در شرایط کنترل‌شده استفاده می‌شود.

بررسی محققان نشان داد که با کاهش دما درصد نشت الکترولیت‌ها در سه توده برمودا‌گراس (*Cynodon dactylon* L.) افزایش و درصد بقاء کاهش یافت که بسته به توده‌های مورد بررسی متفاوت بود (Cardona et al., 1997). یافته‌های دیگر محققان نیز نشان می‌دهد که تنش یخزدگی در شرایط کنترل‌شده منجر به کاهش درصد بقاء و سطح برگ و وزن خشک بوته در گیاهان شبدر گل سرخی (*Trifolium hirtum* L., 2003) (Eugenia et al)، نخود (*Cicer arietinum* L., 2012) (Nayyar et al., 2005; Nezami et al)، یونجه (*Medicago sativa* L.,2008) (Thapa et al) و نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) (Kheirkhah et al., 2015) شده و نشان داد که این روش می تواند در ارزیابی تنش مورد استفاده قرار گیرد. همچنین تفاوت ژنتیکی و اثرات محیط رشد بر مقاومت اکوتیپ‌ها در تحقیقات متعددی گزارش شده است. لذا تعیین پتانسیلهای مقاومت در اکوتیپ‌ها می‌تواند در انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم و استخراج ژن‌های دخیل در آن، گام مؤثری باشد (Nezami& Bagheri, 2005)

با توجه به مطالب بیان شده و شرایط محیطی سرد زمستانه حاکم بر اکثر مناطق کشور و لزوم به گزینی اکوتیپ‌های متحمل به سرما، این آزمایش با هدف بررسی واکنش اکوتیپ‌های ایرانی فتان بلند به تنش سرما در شرایط مزرعه و کنترلشده در شهرستان مشهد اجرا شد.

مواد و روش‌ها

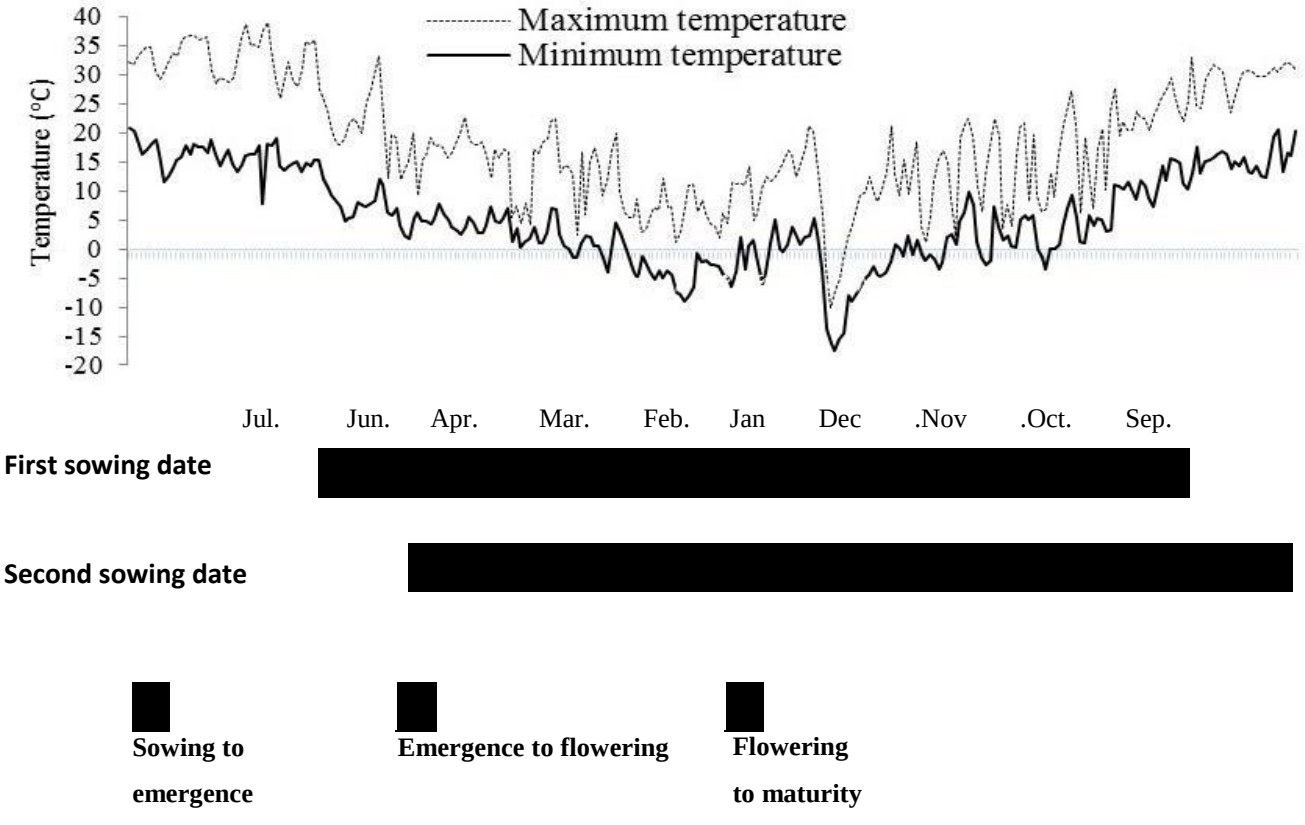
این مطالعه به منظور بررسی تحمل به سرما در ۲۳ اکوتیپ ایرانی فتان بلند (جدول ۱)، که از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی تهیه شده بود در محل تولیدات شماره دو سازمان پارکها و فضای سبز شهرداری مشهد و آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ انجام شد. منشأ اکوتیپ‌های مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- نام و منشاء اکوتیپ‌های فتان بلند

Table 1- Name and origins of tall fescue ecotypes

ردیف **Row**	محل **Location**	شماره **Number**
1	اصفهان- ایستگاه فزوه۱۳۷۵ Isfahan- Fazveh Station 1996	6000_ 32_ 1
2	اصفهان- ایستگاه فزوه ۱۳۷۸ Isfahan- Fazveh Station 1998	6000_ 30_ 1
3	اصفهان- یزدآباد Isfahan- Yazdabad	6000_ 39_ 1
4	اصفهان- یزدآباد Isfahan- Yazdabad	6000_ 39_ 2
5	بجنورد Bojnord	6000-88
6	بروجن Boroojen	6000_ 65
7	تحقیقات البرز Tahghighate Alborz	6000_ 88
8	داران Daran	6000_ 112
9	داران- ایستگاه قهیز Daran- Ghajghiz Statio	6000_ 110
10	داران- دامنه Daran- Damaneh	6000_ 111
11	سمیرم Semirom	6000-80
12	ساری Sari	6000_ 79
13	سمیرم-پادنا Semirom-Padna	6000_ 113
14	سمیرم-پادنا بیده Semirom-Padna Bideh	6000_ 113_ 2
15	قوچان-سید آباد Qoochan- Seyyedabad	6000-81
16	کامیاران- توانکش Kamyaran- Tavankesh	6000_ 75
17	گلستان Golestan	6000-89
18	گنبد-جنگل قرق Gonbad- Ghorogh forest	6000-84
19	گندمان-سناجان Gandoman- Senajan	6000_ 66
20	گندمان- کنرک علیا Gandoman- Konarak Olya	6000_ 67
21	گندمان- نصیرآباد Gandoman- Nassirabad	6000_ 71
22	مشهد Mashhad	6000_ 83
23	یاسوج- مرکزی Yasouj- Markazi	6000_ 78

بافت خاک مرزعه لومی–رسی دارای اسیدیته ۷/۸ و هدایت الکتریکی عصاره اشباع آن ۱/۲ دسی زیمنس بر متر بود. ابعاد هر کرت ۱۰۰×۱۵۰ سانتیمتر بود و پس از کاشت روی بذرها با کود حیوانی پوسیده پوشیده به ضخامت یک سانتی‌متر و سپس آبیاری انجام شد. پس از سبز شدن عملیات تنک بوته‌ها جهت دستیابی به تراکم ۴۰۰ بوته در متر مربع انجام شد (Ebrahimian et al.,2012). مبارزه با علفهای هرز به صورت دستی انجام گردید و آبیاری هر ۱۰ روز یکبار صورت پذیرفت. شرایط آب و هوایی در سال زراعی مورد مطالعه در شرایط آب و هوایی مشهد در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- تغییرات دماهای حداقل و حداکثر روزانه طی سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و میانگین طول مراحل رشدی اکوتیپ‌های فتان بلند در تاریخهای کاشت اول (۱۵ مهرماه) و دوم (۱۵ آبان ماه)

Fig. 1- Maximum and minimum temperatures during the growing season of 2013-2014 and mean length of growth stages of tall fescue ecotypes at the first (October 8) and second (November 7) planting dates

تعداد روز تا سبز شدن و گلدهی و روز ازگلدهی تا رسیدگی و درصد بقاء بر روی گیاهان قرار گرفته در کوادراتی با ابعاد ۵۰×۵۰ سانتیمتر (نصب شده در وسط هر کرت) تعیین شد. لازم به ذکر است هر مرحله رشدی زمانی در نظر گرفته شد که ۵۰ درصد گیاهان در مرحله رشدی مورد نظر بودند. جهت تعیین درصد بقاء قبل از شروع فصل سرما، بوته‌های مورد نظر شمارش و مجدداً بوته‌های باقی مانده در همان کوادرات بعد از فصل سرما در ابتدای بهار شمارش شدند. درصد بقاء از طریق معادله ۱ تعیین شد.(Nezami & Bagheri, 2005)

معادله (۱) ۱۰۰×(تعداد گیاهان قبل از زمستان/تعداد گیاهان پس از زمستان)=درصد بقاء

در انتهای فصل رشد (مصادف با ۱۵ تیرماه)، به منظور تعیین خصوصیات رشدی و اجزای عملکرد، در انتها با حذف اثرات حاشیه‌ای از سطحی معادل یک متر مربع برداشت انجام شد و پس از جداسازی بذرها، سایر بخش‌های هوایی گیاه در داخل آون به مدت ۴۸ ساعت با دمای ۷۲ درجه سانتیگراد خشک و سپس توزین شدند.

جدول ۲- شرایط آب و هوایی مشهدطی سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲

Table 2- Weather conditions of Mashhad during the growing season of 2013-2014

ماهها **Months**	شب‌های یخبندان* **Nights below freezing***	دمای حداقل مطلق ماهانه (درجه سانتی‌گراد) **Absolutely Min. temperature (°C)**	بارندگی ماهانه (میلی‌متر) **Monthly precipitation (mm)**	مجموع دماهای کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد **Total temperatures below zero °C**
مهر October	-	5.2	11.4	0
آبان November	2	-3.5	16.8	5
آذر December	11	-5.2	8.7	22
دی January	25	-9	0.6	114
بهمن February	20	-17.4	6.5	142
اسفند March	10	-3.6	1	19
فروردین March	3	-3.4	67.4	5
اردیبهشت April	-	10.4	3.5	0
خرداد June	-	12.1	22	0
تیر July	-	16.9	0	0
مرداد August	-	19.6	0	0
شهریور September	-	11.9	0	0

*: بر اساس تعداد شب‌ها با حداقل دمای کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد.

*: Based on the number of nights with minimum temperature less than zero °C.

در شرایط کنترل‌شده در هر تاریخ کاشت، ابتدا ۱۵ عدد بذر جوانهدار شده در گلدان‌های پلاستیکی با قطر ۱۲ و ارتفاع ۱۵سانتیمتر در عمق دو سانتیمتر کاشته شدند. ترکیب خاک گلدان‌ها ۱۵ درصد کود پوسیده حیوانی و مابقی به صورت مساوی از خاک برگ و ماسه و خاک مزرعه بود. به منظور خوسرمایی گیاهان مشابه آزمایش مزرعه ای، در شرایط محیطی آزاد قرار داده شدند (جدول ۲) و تنها در صورت کاهش دمای محیط به صفر درجه سانتی‌گراد در دوره سبز شدن و کمتر از ۲- درجه سانتی‌گراد در مرحله گیاهچهای با قرار دادن آنها درشاسی سرد محافظت شدند. گلدانها در مواقع مورد نیاز و همچنین ۲۴ ساعت قبل از اعمال دماهای یخزدگی آبیاری شده و در اواخر بهمن ماه به فریزر ترموگرادیان منتقل شدند. دمای فریزر در شروع آزمایش پنج درجه سانتیگراد بود و پس از گذاشتن نمونه‌ها با سرعت دو درجه سانتیگراد در ساعت کاهش یافت و در دمای ۲- درجه سانتیگراد اسپری باکتری‌های ایجاد کننده هستک یخ (INAB)[2]بر روی گیاهان انجام شد (Nezami et al., 2012). نمونههای گیاهی در هر دمای آزمایش (۱۴-، ۱۷-و۲۰- درجه

[2]- Ice nucleation active bacteria

سانتیگراد) به مدت یک ساعت باقی ماندند و سپس از فریزر ترموگرادیان خارج شده، به اتاقک سرما با دمای۲±۵ درجه سانتیگراد منتقل و به مدت۲۴ ساعت در آنجا نگهداری شدند.

برای تعیین درصد بقاء و رشد مجدد، گلدان‌ها به شاسی سرد انتقال یافته و پس از سه هفته درصد بقاء از طریق معادله ۱ تعیین شد، تعداد گیاه زنده در قبل و بعد از اعمال تنش شمارش شد. همچنین سطح برگ و وزن خشک گیاه (زیست توده) اندازه گیری شد. بدینمنظور، بوته‌ها از سطح خاک بریده شده و پس از انتقال به آزمایشگاه، سطح سبز آنها با استفاده از دستگاه سطح برگسنج مدل Delta-T تعیین گردید. سپس نمونه‌ها داخل پاکت کاغذی قرار داده شده و به مدت ۴۸ ساعت در درجه حرارت ۷۵ درجه سانتیگراد در آون نگهداری و سپس وزن خشک آنها توزین گردید.

آزمایش مزرعه ای به صورت اسپیلت پلات در قالب طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. به منظور قرار گرفتن اکوتیپ‌های فتان بلند در معرض سرمای زمستان در مراحل متفاوت رشدی، گیاهان در دو تاریخ به صورت دستی کاشته شدند. دو تاریخ کاشت به عنوان عامل کرت‌های اصلی شامل ۱۵مهر و ۱۵ آبان ماه و ۲۳ اکوتیپ فتان بلند به عنوان عامل کرت‌های فرعی مدنظر قرار گرفتند. در شرایط کنترل‌شده آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش نیز مشابه با آزمایش مزرعه ای ۲۳ اکوتیپ مورد بررسی در دو تاریخ کاشت ۱۵مهر ماه (کاشت اول) و ۱۵ آبان ماه (کاشت دوم) کشت و در دماهای فریز قرار داده شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌های هر دو آزمایش در شرایط مزرعه ای و کنترل‌شده، توسط نرمافزار آماری MSTAT-C و مقایسات میانگین صفات با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

آزمایش مزرعه ای

در سال اجرای آزمایش، دمای هوا در ۷۱ روز به زیر صفر درجه سانتی‌گراد رسید (جدول ۱). دمای حداقل مطلق ۱۷/۴- درجه سانتی‌گراد بود و مجموع درجه حرارت‌های کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد نیز ۳۰۷ درجه سانتی‌گراد بود. تعداد روزهای دارای پوشش برف نیز ۱۸ روز و میزان نزولات جوی در طول فصل رشد ۱۴۴/۲ میلیمتر بود (جدول ۱).

اثر متقابل تاریخ کاشت و اکوتیپ بر درصد بقاء فتان بلند معنی‌دار (p۰/۰۵≥) بود. در بین تمامی اکوتیپ‌های مورد بررسی، تنها اکوتیپ گلستان بیشترین تحمل را نسبت به سرما در هر دو تاریخ کاشت نشان داد و حداکثر بقاء (۱۰۰ درصد) را داشت (جدول ۳)، ضمن اینکه در کاشت ۱۵ آبان ماه، درصد بقاء اکوتیپ‌های ساری و گنبد-ایستگاه تولید بذر فستوکا نیز ۱۰۰ درصد بود. با تأخیر در تاریخ کاشت درصد بقاء در اغلب اکوتیپ‌های مورد بررسی افزایش داشت، با وجود این در اکوتیپ‌های گنبد، ساری و داران درصد بقاء در کاشت دوم نسبت به کاشت اول به ترتیب ۴۸، ۳۱ و ۲۸ درصد کاهش یافت، در صورتی‌که درصد بقاء اکوتیپ‌های اصفهان-یزد آباد، تحقیقات البرز، سمیرم، سمیرم-پادنا، سمیرم-پادنا بیده، کامیارن-توانکش، گندمان-کنرک علیا و گلستان تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار نگرفت (جدول ۳). کمترین درصد بقاء در هر دو تاریخ کاشت، در اکوتیپ‌های کامیاران-توانکش، سمیرم-پادنا بیده و تحقیقات البرز مشاهده شد (جدول ۳). از این رو، به نظر می‌رسد که اکوتیپ‌های مذکور در هیچ یک از تاریخ‌های کشت قادر به سازگاری با شرایط آب و هوایی مشهد نیستند.

در مجموع، تأخیر در کاشت سبب بهبود تحمل به سرمای گیاهچه‌ها در اغلب اکوتیپ‌های فتان بلند مورد بررسی شد. به نظر می‌رسد در این حالت گیاهچه‌های تولید شده در کاشت دوم به دلیل اندازه کوچکتر و مرحله فنولوژیکی پایین تر بوده و لذا کمتر در معرض تنش سرما قرار گرفتهاند (Grace et al., ۲۰۰۹). همچنین احتمالاً به دلیل قرارگیری گیاهچه‌های جوان تر در شرایط خوسرمایی مناسب در مراحل اولیه رشد (شکل ۱)، سازوکارهای مقاومت به سرما در آنها از همان ابتدای رشد شکل گرفته و سبب ایجاد مقاومت بالاتر به سرما شده است (Kafi et al., 2009; Li et al., 2008). اختلاف درصد بقاء زمستانه در بین اکوتیپ‌های زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.,2010) (Soheyli et al) و ژنوتیپ‌های گندم (*Triticum aestivum* L.) (Azizi et al., 2007) نیز به دلیل تنوع آن‌ها از این نظر ذکر شده است. نتایج سایر محققان نیز حاکی از اثر معنی‌دار تاریخ کاشت بر درصد بقاء در ژنوتیپ‌های گیاهان بوده است (Dokuyucu & Akkaya, 2004; Maletic & Jevdjovic, 2007).

اثر متقابل تاریخ کاشت و اکوتیپ بر روز تا سبز شدن فتان بلند معنی‌دار (p۰/۰۵≥) بود. اگرچه در غالب اکوتیپ‌های مورد بررسی، تأخیر در کاشت سبب افزایش معنی‌دار مدت زمان کشت تا سبز شدن فتان بلند شد، اما در اکوتیپ‌های اصفهان-یزد آباد، تحقیقات البرز، داران-دامنه، کامیاران-توانکش، یاسوج-مرکزی و گلستان بین دو تاریخ کشت تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). در دو اکوتیپ گندمان- کنرک علیا و گندمان-سناجان بیشترین تفاوت بین دو تاریخ کشت از نظر روز تا سبز شدن)به ترتیب با ۳۲ و ۲۹ درصد(دیده شد. همچنین در کشت اول، بیشترین زمان تا سبزشدن متعلق به اکوتیپ گندمان- کنرک علیا بود، اما در کشت دوم بیشترین زمان تا سبزشدن در بذور اکوتیپ تحقیقات البرز مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل اکوتیپ و تاریخ کاشت بر درصد بقاء و تعداد روز تا سبز شدن اکوتیپهای فتان بلند در شرایط مزرعه ای

Table 3- Mean comparisons for the interaction effects of ecotype and planting date on survival percentage and number of days to emergence of tall fescue ecotypes under field conditions

اکوتیپ **Ecotype**	بقاء (٪) **Survival (%)**		روز تا سبز شدن **Number of days to emergence**	
	۱۵ مهر **October 8**	۱۵ آبان **November 7**	۱۵ مهر **October 8**	۱۵ آبان **November 7**
اصفهان- یزدآباد Isfahan- Yazdabad	31.9	43.4	43	36
اصفهان- ایستگاه فزوه۱۳۷۵ Isfahan- Fazveh Station 1996	80.1	93.5	43	35
اصفهان- ایستگاه فزوه ۱۳۷۸ Isfahan- Fazveh Station 1998	36.7	52.3	43	35
اصفهان- یزدآباد Isfahan- Yazdabad	22.1	24.3	43	36
بجنورد Bojnord	24.1	48.2	47	40
بروجن Boroojen	77.3	86.0	44	34
تحقیقات البرز Tahghighate Alborz	4.6	1.2	55	48
داران Daran	67.6	95.8	48	36
داران- ایستگاه قهیز Daran- Ghajghiz Statio	55.8	64.0	50	43
داران- دامنه Daran- Damaneh	55.6	66.8	44	38
سمیرم Semirom	46.2	41.5	45	38
ساری Sari	68.2	100.0	43	36
سمیرم-پادنا Semirom-Padna	21.0	38.6	43	36
سمیرم-پادنا بیده Semirom-Padna Bideh	1.9	0.9	49	27
قوچان-سید آباد Qoochan- Seyyedabad	32.2	53.8	45	34
کامیاران- توانکش Kamyaran- Tavankesh	1.3	0.5	41	42
گلستان Golestan	100	100.0	42	35
گندمان- کنرک علیا Gandoman- Konarak Olya	41.3	47.9	58	41
گندمان- نصیرآباد Gandoman- Nassirabad	27.4	37.7	50	42
گندمان-سناجان Gandoman- Senajan	64.7	73.2	55	38
گنبد-جنگل قرق Gonbad- Ghorogh forest	51.2	100.0	42	35
مشهد Mashhad	59.5	70.9	48	33
یاسوج- مرکزی Yasouj- Markazi	25.6	42.9	52	45
LSD (0.05)	8.8		7	

نتایج مطالعه نظامی و باقری (Nezami & Bagheri, 2005) بر خصوصیات فنولوژیکی ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط آب و هوایی مشهد نشان داد که تاریخ کاشت اثر معنی‌داری بر دوره کاشت تا سبز شدن داشت و تأخیر در کشت سبب افزایش مدت زمان کشت تا سبز شدن در ژنوتیپ‌های نخود گردید. به اعتقاد محققان با تأخیر در کشت پاییزه به دلیل کاهش متوسط دمای هوا سبز شدن گیاهان به تأخیر می‌افتد (Coventry et al., 2003; Siddique et al.,2002).

بین اکوتیپ‌های فتان بلند از نظر دوره سبزشدن تا گلدهی، گلدهی تا رسیدگی و طول دوره رشد تفاوت معنی‌داری (p≤۰/۰۵) وجود داشت. طول دوره رویشی (سبز شدن تا گلدهی) در ۹۱ درصداز اکوتیپ‌های مورد بررسی (۲۱ اکوتیپ) بین ۱۳۰ الی ۱۵۲ روز بود. کمترین طول دوره رشد رویشی نیز در اکوتیپ سمیرم–پادنا بیده مشاهده شد که در مقایسه با اکوتیپ سمیرم ۳۹ درصد کمتر بود (جدول ۴). در مجموع، با تأخیر در کشت، طول دوره رویشی ۱۱ درصد و دوره رشد زایشی ۱۳ درصد افزایش یافت (داده‌ها نشان داده نشده است). بر اساس میانگین داده‌ها، دوره رویشی (سبز شدن تا گلدهی) تقریباً دو برابر دوره زایشی (گلدهی تا رسیدگی) بود و دوره رشد زایشی حدود ۵۶ درصد از اکوتیپ‌های فتان بلند بیشتر از ۶۵ روز بود. بیشترین طول دوره زایشی نیز به ترتیب در اکوتیپ‌های قوچان–سیدآباد، بروجن و داران–دامنه مشاهده شد که در مقایسه با اکوتیپ سمیرم–پادنا بیده ۶۳ درصد بیشتر بود (جدول ۴). در حدود ۹۱ درصد از اکوتیپ‌های مورد بررسی کل فصل رشد بین ۲۴۰ الی ۲۶۲ روز بود. بیشترین و کمترین طول فصل رشد نیز به ترتیب در اکوتیپ ساری و سمیرم–پادنا بیده مشاهده شد (جدول ۴). یافته‌های دیگر محققان نیز حاکی از اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر دوره رشدی می‌باشد (Maletic& Jevdjovic, 2007; Xuan et al., 2009). مشابه نتایج حاصل از آزمایش حاضر، یافته‌های دیگر نشان داد که تاریخ کشت علاوه بر آن که در مراحل فنولوژیکی مختلف از جمله سبزشدن تا گلدهی و رسیدگی محصول تأثیرگذار بوده است، بلکه بین ژنوتیپ‌های نخود نیز از این نظر اختلاف وجود داشته است (Nezami& Bagheri, 2005).

اکوتیپ‌های مورد بررسی از نظر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری (p≤۰/۰۵) داشتند. در هشت اکوتیپ ارتفاع بوته کمتر از ۵۰ سانتیمتر بود و ۱۵ اکوتیپ نیز ارتفاعی بیشتر از ۵۰ سانتیمتر داشتند (جدول ۴). بلندترین ارتفاع نیز در اکوتیپ‌های قوچان–سیدآباد و داران–دامنه مشاهده شد، در حالیکه کمترین ارتفاع را اکوتیپ تحقیقات البرز داشت (جدول ۴). این نتایج نشان داد که تفاوت‌ها به دلیل اختلاف‌های ژنتیکی و خصوصیات ذاتی اکوتیپ‌ها است. گیاهان کشت شده در ۱۵ مهرماه حدود ۲۰ درصد از گیاهان کشت دوم بلندتر بودند (داده‌ها نشان داده نشده است). طول دوره رشد یکی از عوامل کلیدی در بهبود ارتفاع گیاه است، چون سبب افزایش زمان بهرهبرداری از منابع و همچنین دریافت درجه روزهای بیشتر برای رشد و توسعه می‌شود که یکی از نمودهای بارز آن در ارتفاع گیاه قابل مشاهده است. در سایر مطالعات نیز اختلاف ژنتیکی ارقام منجر به تفاوت معنی‌دار ارتفاع گیاه شده است (Azizi et al., 2007; Farhad et al., 2015).

اثر متقابل تاریخ کاشت و اکوتیپ بر عملکرد و زیست‌توده فتان بلند معنی‌دار (p≤۰/۰۵) بود. با تأخیر در تاریخ کاشت، عملکرد ۵۲ درصد اکوتیپ‌ها به طور معنی‌داری کاهش یافت و بیشترین تغییرات ناشی از تفاوت بین دو کشت در اکوتیپ‌های سمیرم، گندمان–سناجان و گندمان–کنرک علیا (به ترتیب با ۸۵، ۶۷ و۶۶ درصد) دیده شد. سیدیکو و همکاران (Siddique et al., 2002) عنوان کردند که تغییر در زمان کشت گیاهان تأثیر بسزایی در عملکرد نهایی آنها دارد و تأخیر در آن سبب کاهش عملکرد اقتصادی و بیولوژیک می‌گردد. همچنین بیشترین عملکرد دانه را در هر دو کشت، سه اکوتیپ گلستان، بروجن و ساری داشتند، درحالی که کمترین عملکرد دانه در هر دو کشت در اکوتیپ‌های تحقیقات البرز، سمیرم، پادنابیده و کامیاران–توانکش بدست آمد. در کاشت اول، زیست‌توده ۴۰ درصد اکوتیپ‌ها بیش از ۵۰۰ گرم در مترمربع بود، در صورتی‌که در کاشت دوم حدود ۲۶ درصد اکوتیپ‌ها بیش از ۵۰۰ گرم در مترمربع زیست‌توده تولید کردند (جدول ۵). با تأخیر در کشت، زیست‌توده تولید شده در اکوتیپ‌های اصفهان یزدآباد، بروجن، تحقیقات البرز، داران، سمیرم، گندمان– کنرک علیا و گلستان به طور معنی‌داری کاهش داشت. بالاترین زیست‌تودهدر هر دو تاریخ کاشت در اکوتیپ‌های داران، بروجن، یاسوج–مرکزی و گلستان بدست آمد (جدول ۵)، در صورتی‌که کمترین زیست‌تودهدر دو اکوتیپ سمیرم–پادنابیده و کامیاران–توانکش مشاهده شد (جدول ۵).

نتایج آزمایش مزرعه ای نشان داد هرچند درصد بقاء در اکوتیپ‌های مورد مطالعه در کاشت دوم بالاتر از اول بود، اما صفات مرتبط با عملکرد در شرایط کشت اول نسبت به کشت دوم برتری داشت. به نظر می‌رسد که یکی از عوامل مؤثر در بهبود عملکرد و صفات مرتبط با آن طول دوره رشد است و در این بین، افزایش طول دوره رشد رویشی در گیاهان به سبب توسعه ساختارهای فتوسنتزی و ریشه، قابلیت گیاه را برای عملکرد بالاتر فراهم ساخته است (Coventry et al., 2003; Seghatoleslami&Ahmadi Bonakdar, 2010; Coventry et al., 2003; Dokuyucu& and Akkaya, 2004; Siddique et al., 2002).

جدول ٤- مقایسه میانگین تعداد روز سبزشدن تا گلدهی و گلدهی تا رسیدگی، کل دوره رشد و ارتفاع بوته اکوتیپ‌های فتان بلند در شرایط مزرعه‌ای در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲

Table 4- Mean comparisons for number of days from emergence to flowering stage, and flowering to maturity stage, total growth length and plant height of tall fescue ecotypes under field conditions during the growing season of 2013-2014

اکوتیپ Ecotype	تعداد روز از سبز شدن تا گلدهی Number of days from emergence to flowering stage	تعداد روز از گلدهی تا رسیدگی Number of days from flowering to maturity stage	کل دوره رشد (روز) Total growth length (day)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)
اصفهان- یزدآباد Isfahan- Yazdabad	144	70	254	72.7
اصفهان- ایستگاه فزوه۱۳۷۵ Isfahan- Fazveh Station 1996	145	71	256	70.2
اصفهان- ایستگاه فزوه ۱۳۷۸ Isfahan- Fazveh Station 1998	142	67	248	59.7
اصفهان- یزدآباد Isfahan- Yazdabad	144	71	254	61.0
بجنورد Bojnord	137	68	248	57.3
بروجن Boroojen	137	75	251	55.2
تحقیقات البرز Tahghighate Alborz	138	60	249	7.8
داران Daran	133	70	244	60.0
داران- ایستگاه قهیز Daran- Ghajghiz Statio	143	60	249	52.5
داران- دامنه Daran- Damaneh	134	75	250	85.0
سمیرم Semirom	152	70	262	81.3
ساری Sari	149	56	246	75.3
سمیرم-پادنا Semirom-Padna	148	63	251	75.3
سمیرم-پادنا بیده Semirom-Padna Bideh	93	46	177	48.7
قوچان-سید آباد Qoochan- Seyyedabad	141	77	257	85.3
کامیاران- توانکش Kamyaran- Tavankesh	115	55	212	23.8
گلستان Golestan	148	71	257	81.8
گندمان- کنرک علیا Gandoman- Konarak Olya	143	63	255	49.0
گندمان- نصیرآباد Gandoman- Nassirabad	141	60	247	80.0
گندمان-سناجان Gandoman- Senajan	137	71	254	67.0
گنبد-جنگل قرق Gonbad- Ghorogh forest	152	62	252	51.8
مشهد Mashhad	148	67	255	60.2
یاسوج- مرکزی Yasouj- Markazi	140	63	251	42.3
LSD (0.05)*	23	12	38	12.5

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل اکوتیپ و تاریخ کاشت بر عملکرداکوتیپهای فتان بلند در شرایط مزرعه ای در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲

Table 5- Mean comparisons for the interaction effects of ecotype and planting date on yield of tall fescue ecotypes under field conditions during the growing season of 2013-2014

اکوتیپ **Ecotype**	عملکرد دانه (گرم در متر مربع) **Seed yield ($g.m^{-2}$)**		زیست توده (گرم در متر مربع) **Biological yield ($g.m^{-2}$)**	
	۱۵ مهر **October 8**	۱۵ آبان **November 7**	۱۵ مهر **October 8**	۱۵ آبان **November 7**
اصفهان- یزدآباد Isfahan- Yazdabad	4.53	3.67	376	346
اصفهان- ایستگاه فزوه۱۳۷۵ Isfahan- Fazveh Station 1996	24.17	20.89	427	390
اصفهان- ایستگاه فزوه ۱۳۷۸ Isfahan- Fazveh Station 1998	2.70	2.07	381	281
اصفهان- یزدآباد Isfahan- Yazdabad	8.67	7.27	621	500
بجنورد Bojnord	4.30	1.40	383	488
بروجن Boroojen	118.70	51.13	706	539
تحقیقات البرز Tahghighate Alborz	0.10	0.17	147	50
داران Daran	39.93	32.57	626	484
داران- ایستگاه قهیز Daran- Ghajghiz Statio	5.67	4.17	400	332
داران- دامنه Daran- Damaneh	24.60	20.30	415	348
سمیرم Semirom	71.93	58.8	576	765
ساری Sari	7.20	1.03	554	446
سمیرم-پادنا Semirom-Padna	4.43	3.13	428	394
سمیرم-پادنا بیده Semirom-Padna Bideh	0.93	0.07	42	16
قوچان-سید آباد Qoochan- Seyyedabad	32.33	15.40	468	458
کامیاران- توانکش Kamyaran- Tavankesh	0.30	0.03	24	7
گلستان Golestan	125.60	111.70	1013	515
گندمان- کنرک علیا Gandoman- Konarak Olya	6.90	2.30	523	298
گندمان- نصیرآباد Gandoman- Nassirabad	4.90	1.77	499	438
گندمان-سناجان Gandoman- Senajan	14.33	4.73	473	409
گنبد-جنگل قرق Gonbad- Ghorogh forest	13.63	18.87	743	694
مشهد Mashhad	33.67	20.97	346	346
یاسوج- مرکزی Yasouj- Markazi	5.60	4.03	620	708
LSD (0.05)*	3.62		72	

همچنین، به نظر می‌رسد که کاهش تعداد بوته در واحد سطح در کشت اول نسبت به دوم در اثر مواجه با سرما توسط تولید بوته‌های بزرگتر هم به سبب افزایش طول دوره رشد و هم فضای بیشتر برای توسعه پنچه‌های بارور در تک بوته‌ها، افزایش عملکرد فتان بلند را در پی داشته است.

البته باید در نظر داشت که درصد بقاء بوته یکی از عوامل مؤثر بر عملکرد دانه و زیست‌توده اکوتیپ‌های فتان بلند بود. این شاخص عامل اصلی کاهش شدید عملکرد دانه و زیست‌توده در دو اکوتیپ سمیرم–پادنا بیده و کامیاران– توانکش بود. علاوه بر آن، کمترین طول دوره زایشی و کل فصل رشد نیز در دو اکوتیپ مزبور بدست آمد. از اینرو، می‌توان دریافت که کوتاه بودن دوره زایشی و کل فصل رشد در کاهش عملکرد دانه و زیست‌توده آنها دخیل بوده است. به نظر می‌رسد کوتاه بودن طول دوره رشد رویشی اکوتیپ‌های سمیرم–پادنا بیده و کامیاران– توانکش، بر ارتفاع آنها نیز اثرگذار بوده و از این نظر، سبب شده تا در مقایسه با سایر اکوتیپ‌ها کاهش چشمگیری نشان دهد. با توجه به نتایج آزمایش مزرعه ای، به نظر می‌رسد که درصد بقاء بالا در اکوتیپ گلستان یکی از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر عملکرد آن در مقایسه با سایر اکوتیپ‌های مورد بررسی بود و علاوه بر آن، طول دوره رشد رویشی و کل فصل رشد طولانی نیز در این تغییرات در اکوتیپ مزبور دخیل بوده است.

شرایط کنترل شده

اثر متقابل تاریخ کاشت و اکوتیپ بر درصد بقاء، سطح سبز و وزن خشک فتان بلند در شرایط کنترل شده معنی‌دار (p≤۰/۰۵) بود. با تأخیر در کشت درصد بقاء در اغلب اکوتیپ‌های مورد بررسی به طور معنی‌داری افزایش یافت. در کاشت ۱۵ مهر درصد بقاء دو اکوتیپ ۵۰ یا بالاتر از ۵۰ درصد بود، در صورتیکه در کاشت ۱۵ آبان شش اکوتیپ بیش از ۵۰ درصد بقاء داشتند .اکوتیپ‌های گلستان، اصفهان– ایستگاه فزوه ۱۳۷۵ و دارانبیشترین تحمل به یخزدگی را در هر دو کشت نشان دادند و کمترین درصد بقاء در هر دو کشت در اکوتیپ‌های کامیاران–توانکش، سمیرم–پادنا بیده، سمیرم–پادنا و تحقیقات البرز مشاهده شد (جدول ۶). مشابه نتایج بدست آمده در این آزمایش، نتایج مطالعات صورت گرفته بر روی تحمل به یخزدگی در یونجه یکساله (Thapa et al., 2008) و شبدر گل سرخی (*Trifolium pratense*) (Eugenia et al., 2003) نیز نشان دهنده آن بود که گیاهانی که پیش از اعمال تنش یخزدگی از مرحله رشدی بالاتری برخوردار بودند؛ علیرغم این که در مدت زمان بیشتری در شرایط طبیعی قرار گرفته و خوسرمایی بالاتری داشتند اما از درصد نشت بالاتر و بقای کمتری برخوردار بودند. از اینرو، می‌توان عنوان داشت که در مواجه با یخزدگی، تاریخ کشت و به دنبال آن اندازه گیاهان بسیار تعیینکننده بوده و در تاریخ‌های کشت تأخیری به دلیل قرار گیری در مرحله فنولوژیکی پایین‌تر از خسارت یخزدگی به میزان قابل توجهی کاسته شده است.

در تاریخ کاشت اول، ۲۲ درصد از اکوتیپ فتان بلند سطح سبزی بیشتر از ۳۰ سانتیمتر مربع داشتند، در صورتی‌که با تأخیر در کشت، سطح سبز تنها ۱۳ درصد از اکوتیپ‌ها بیش از ۳۰ سانتیمتر مربع بود. تأخیر در کاشت سبب کاهش معنی‌دار سطح سبز (به جز اکوتیپ‌های سمیرم–پادنا بیده و کامیاران–توانکش) شد (جدول ۶). یافته‌های محققان نشان داد که تأخیر در کشت سبب کاهش سطح سبز گیاه می‌گردد (Coventry et al., 2003; Soheyli et al., 2010).

تأخیر در کاشت سبب کاهش وزن خشک اکوتیپهای فتان بلند در ۵۲ درصد اکوتیپ‌ها شد (جدول ۶). در تاریخ کاشت اول، وزن خشک ۷۰ درصد از اکوتیپ‌ها بیش از ۱۰۰ میلیگرم بود، در صورتیکه در کاشت دوم تنها ۴۸ درصد اکوتیپ‌ها بیش از ۱۰۰ میلیگرم وزن خشک داشتند (جدول ۶). کمترین وزن خشک بوته در کاشت اول در اکوتیپ‌های تحقیقات البرز، سمیرم–پادنا، سمیرم–پادنا بیده و کامیاران توانکش دیده شد و بیشترین آن در اکوتیپ‌های اصفهان–ایستگاه قزوه ۱۳۷۵، بروجن، داران، داران–دامنه، گندمان–سناجان، مشهد، ساری، گلستان و قوچان–سیدآباد بدست آمد (جدول ۷). (Farhad et al.,2015) نیز با بررسی اکوتیپ‌های شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) دریافتند که با تأخیر در کشت از ۲۱ آذر به ۱۱ دی ماه وزن خشک اندامهای هوایی کاهش یافت و از این نظر بین اکوتیپ‌های مورد بررسی اختلاف وجود داشت.

در شرایط مزرعه، زمان تا سبز شدن، درصد بقاء، وزن خشک، عملکرد دانه و زیست‌توده اکوتیپ‌ها فتان بلند تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفت. دوره زایشی، کل فصل رشد و ارتفاع بوته نیز بسته به اکوتیپ‌های مورد بررسی متفاوت بود. هرچند در اکثر اکوتیپ‌های مورد بررسی روز تا سبزشدن، عملکرد دانه و زیست‌توده درکشت اول بالاتر از کشت دوم بود، اما درصد بقاء اغلب اکوتیپ‌ها در کشت دوم بیشتر از کشت اول بود. درشرایط کنترل‌شده نیز علیرغم کاهش معنی‌دار سطح سبز و وزن خشک تمامی اکوتیپ‌های فتان بلند در کشت دوم نسبت به کشت اول، درصد بقاء بوته‌ها با تأخیر در کشت به طور معنی‌داری در تمامی اکوتیپ‌ها بالاتر از آن در کشت اول بود که از این نظر مشابه با نتایج مزرعه ای بود.

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر متقابل اکوتیپ و تاریخ کاشت بر درصد بقا، سطح برگ و وزن خشک بوته اکوتیپهای فتان بلند در شرایط کنترل شده در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲

Table 6- Mean comparisons for the interaction effects of ecotype and planting date on survival percentage, leaf area and plant dry weight of tall fescue ecotypes under control conditions during the growing season of 2013-2014

اکوتیپ Ecotype	بقاء (٪) Survival (%)		سطح برگ (سانتیمتر مربع) Leaf area (cm^2)		وزن خشک بوته (میلیگرم) Dry weight of plant (mg)	
	۱۵ مهر October 8	۱۵ آبان November 7	۱۵ مهر October 8	۱۵ آبان November 7	۱۵ مهر October 8	۱۵ آبان November 7
اصفهان- یزدآباد Isfahan- Yazdabad	28.2	31.0	20.7	14.2	96	69
اصفهان- ایستگاه فزوه۱۳۷۵ Isfahan- Fazveh Station 1996	50.0	63.3	31.4	25.1	188	143
اصفهان- ایستگاه فزوه ۱۳۷۸ Isfahan- Fazveh Station 1998	34.5	38.2	16.4	12.1	93	65
اصفهان- یزدآباد Isfahan- Yazdabad	31.0	33.8	19.9	14.6	156	221
بجنورد Bojnord	29.2	33.8	12.2	9.0	91	67
بروجن Boroojen	48.5	56.3	52.5	42.6	331	290
تحقیقات البرز Tahghighate Alborz	25.0	25.0	5.4	4.1	32	22
داران Daran	46.7	62.3	40.2	29.6	268	184
داران- ایستگاه قهیز Daran- Ghajghiz Statio	32.0	35.0	15.4	11.9	107	77
داران- دامنه Daran- Damaneh	44.4	50.9	30.0	22.0	258	178
سمیرم Semirom	46.5	51.6	52.4	39.2	342	242
ساری Sari	33.2	36.0	23.3	18.4	120	98
سمیرم-پادنا Semirom-Padna	25.0	25.0	12.0	8.9	74	52
سمیرم-پادنا بیده Semirom-Padna Bideh	25.0	25.0	2.0	1.5	8	59
قوچان-سید آباد Qoochan- Seyyedabad	45.5	48.8	41.3	31.5	120	135
کامیاران- توانکش Kamyaran- Tavankesh	25.0	25.0	1.8	1.4	3	22
گلستان Golestan	54.2	61.6	48.8	36.7	338	243
گندمان- کنرک علیا Gandoman- Konarak Olya	31.5	35.0	13.6	10.2	120	70
گندمان- نصیرآباد Gandoman- Nassirabad	32.7	35.0	14.2	10.8	133	83
گندمان-سناجان Gandoman- Senajan	43.8	48.3	24.9	18.9	159	113
گنبد-جنگل قرق Gonbad- Ghorogh forest	37.7	39.4	24.9	18.7	215	150
مشهد Mashhad	45.0	49.7	31.5	23.5	172	119
یاسوج- مرکزی Yasouj- Markazi	34.4	36.1	19.8	14.8	164	94
LSD (0.05)*	1.7		0.9		42	

نتیجه گیری

به طور کلی نتایج این مطالعه روی ارزیابی تحمل به سرما در اکوتیپهای فتان بلند در شرایط مزرعه و کنترل‌شده نشان داد که در هر دو شرایط مزرعه و کنترل‌شده اکوتیپ‌های اصفهان–ایستگاه قزوه ۱۳۷۵، بروجن، داران، داران–دامنه، گندمان–سناجان، مشهد، ساری، گلستان و قوچان–سیدآباد از نظر درصد بقاء، وزن خشک و عملکرد نسبت به سایر اکوتیپ‌ها دارای برتری معنی‌داری بودند و به نظر می‌رسد که نیاز است مطالعات بیشتری در خصوص تحمل این گونه ارزشمند در واکنش به سرما انجام شود.

منابع

Alizadeh, M.A. 2010. Evaluation of seed germination characteristics and seedling growth on five ecotypes of (*Festuca arundinacea*) in response to cold treatment. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research 18(1): 133-142. (In Persian with English Summary)

Azizi, H., Nezami, A., Nassiri Mahallati, M., and Hamidreza Khazai, H.R. 2007. Evaluation of cold tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 5(1): 5-11. (In Persian with English Summary)

Cardona, C.A., Duncan, R.R., and Lindstorm, O. 1997. Low temperature tolerance assessment in *Paspalum*. Crop Science 37: 1283-1291.

Coventry, D.R., Reeves, T.G., Brooke, H.D., and Cann, K. 2003. Influence of genotype, sowing date, and seeding rate on wheat development and yield. Australian Journal of Experimental Agriculture 33: 751-757.

Dokuyucu, T., and Akkaya, A. 2004. The effect of different sowing dates on growing periods, yield and yieldcomponents of some bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars grown in the east-Mediterranean region ofTurkey. Journal of Agronomy 3(2): 126-130.

Ebrahimian, M., Majidi, M.M., and Mirlohi, A.F. 2012. Clonal evaluation and estimation of genetic similarity of tall fescue genotypes (*Festuca arundinacea* Schreb.). Journal of Plant Production 19(3): 2012 14-27. (In Persian with English Summary)

Eugenia, M., Nunes, S., and Ray Smith, G. 2003. Electrolyte leakage assay capable of quantifying freezing resistance in rose clover. Crop Science 43: 1349–1357.

Farhad, I.S.M., Bhowmik, S.K., and Amir Faisal, A.H.M. 2015. Effect of variety and planting time on the productivity of fenugreek in coastal area. World Journal of Agricultural Sciences 11(3): 164-168.

Grace, M.P., Anderson, N.O., and Li, P.H., 2009. Cold tolerance and short day acclimation perennial *Guara coccinea* and *G. drummondii*. Scientia Horticulturae 120: 418-425.

Kafi, M., Borzoee, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A., and Nabati, J. 2009. Physiology of Environmental Stresses in Plants. Jihad-e Daneshgahi of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian)

Kheirkhah,T., Nezami, A., Kafi, M., and Asadi, G.A., 2015. Evaluation of cold tolerance in field grown mentha (*Mentha piperita* (.L under .conditions laboratoryIranian Journal of Field Crops Research 13(2): 269-277. (In Persian with English Summary)

Larsen, R.J. 2013. Understanding the basics of cold tolerance and its basis in agronomic decisions for winter cereals on the Canadian prairies. Prairie Soils and Crops Journal 6: 87-98.

Li, W., Wang, R., Li, M., Li, L., Wang, C., Welti, R., and Wang, X. 2008. Differential degradation of extraplastidic and plastidic lipids during freezing and post-freezing recovery in *Arabidopsis thaliana*. Biological Chemistry 283: 461–468.

Majidi, M.M. 2010. Evaluation of seed yield and yield components in Iranian landraces and foreign varieties of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). Iranian Journal of Field Crop Science 41(1): 32-47. (In Persian with English Summary)

Maletic, R., and Jevdjovic, R. 2007. Sowing date- the factor of yield and quality of fenugreek seed (*Trigonella foenum-gracum* L.). Journal of Agricultural Sciences, Belgrade 52(1): 1-8.

Nayyar, H., Bains, T.S., and Kumar, S. 2005. Chilling stressed chickpea seedlings: effect of cold acclimation, calcium and abscisic acid on cryoprotective solutes and oxidative damage. Environmental and Experimental Botany 54: 275-285.

Nezami, A., and Bagheri, A.R. 2005. Responsiveness of cold tolerant chickpea characteristics in fall and spring planting: I- Phenology and morphology. Iranian Journal of Field Crops Research 3(1): 43-55. (In Persian with English Summary)

Nezami, A., Bandara, M., and Gusta, L. 2012. An evaluation of freezing tolerance of winter chickpea (*Cicer arietinum* L.) using controlled freeze tests. Canadian Journal of Plant Science 92: 155-161.

Seghatoleslami, M.J., and Ahmadi Bonakdar, K. 2010. The effect of sowing date and plant density on yield and yield components of fenugreek (*Trigonella foenum-gracum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 26(2): 265-274. (In Persian with English Summary)

Siddique, A.B., Wright, D., and Mahbub Ali, S.M., 2002. Effects of sowing dates on the phenology, seed yield and yield components of peas. Journal of Biological Science 2(5): 300-303.

Soheyli, R., Nezami, A., Khazaie, H.R., and Nassiri Mahallati, M., 2010. Effects of planting dates on yield and yield components of four cumin (*Cuminum cyminum* L.) landraces. Iranian Journal of Field Crops Research 8(5): 772-783. (In Persian with English Summary)

Thapa, B., Arora, R., Knapp, A., and Brummer, E.C. 2008. Applying freezing test to quantify cold acclimation in *Medicago truncatula*. Horticultural Science 133(5): 684–691.

Xuan, J., Liu, J., Gao, H., Huaguabghu, H., and Cheng, X. 2009. Evaluation of low-temperature tolerance of Zoysia grass. Tropical Grasslands 43: 118–124.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 349-364

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۳۶۴-۳۴۹

Study on cold tolerance of tall fescue (*Festuca arundinacea* L.) ecotypes under field and controlled conditions

A. Soltan Ahmadi[1], A. Nezami[2]*, M. Kafi[2] and H. R. Khazae[2]

Submitted: 01-06-2018
Accepted: 28-08-2018

Soltan Ahmadi, A., Nezami, A., Kafi, M and Khazae, H.R. 2019 **.** Study on cold tolerance of tall fescue (*Festuca arundinacea* L.) ecotypes under field and controlled conditions. Journal of Agroecology. 11(1):349-364.

Introduction

Tall festuca (*Festuca arundinacea*) belongs to Poaceae family and is a cool-season perennial plant native to Europe. Festuca species are broadly adapted to different climate conditions. To date, 9 different species of Festuca have been identified in Iran. These species are growing naturally in different regions of Iran such as Golestan, Mazandaran, Lorestan, Khorasan, Fars, Isfahan, Karaj, Dorood, Damaneh, Alvand and Firoozkooh. Festuca reduces soil erosion due to its fibrous, thick and deep roots. Such roots reduce soil density and improve soil structure and reduce soil erosion, and thus, this plant plays a crucial role in reducing water and wind erosion. Tall fescue is a long-lived perennial species with medium to large leaves. The plant is grown as turf and is considered as an important animal fodder, thus is widely grown in pastures and grasslands. Tall festuca is among the 27 identified species of festuca in Iran. The species is well spread across Iran and has a high potential for growth and production in pastures or mountainous areas, especially in the central, western and northern regions of the country. Tall festuca is a perennial plant, so it is often exposed to cold and freezing stress. Therefore, the successful production of this plant requires the use of cold-tolerant varieties. According to previous studies, although tall festuca has good tolerance to a wide range of environmental stresses (cold and drought), different ecotypes show different cold tolerance, accordingly further studies on growth characteristics and cold tolerance of this plant is necessary, especially in winter type varieties.

Materials and methods

The field experiment was carried out in Parks and Green Space Organization, Mashhad Municipality located in the Islamic Republic of Iran Blvd., and Crop Physiology Laboratory, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran in 2013- 2014. The experimental design was a randomized complete block design arranged in a split plot with three replicates. In order to expose the tall festuca plants to winter cold stress, 23 ecotypes were sown on the 7th of October and 6th of November. Dimensions of each plot were 100 × 150 cm and after seed sowing, seeds were covered with composted cattle manure and then irrigated. After emerging the seedlings, the plots were thinned to reach final plant density of 400 plants per square meter. Weeds were manually controlled and irrigation was carried out according to the need of the plants. The data were analyzed using MSTAT-C. The comparison of means was performed through the LSD test at 5% probability level.

Results and discussion

The results showed that the effects of sowing date and ecotype were significant on a number of days until emergence, survival percentage, plant dry weight, seed yield, and total dry weight. The phenological investigations and plant height measurement indicated that there was a genetic difference between the ecotypes. In all studied ecotypes, the survival percentage in the second sowing date was higher than that in the first sowing date. However, a number of days until emergence, plant dry weight, seed yield and total dry weight in the first sowing date were found to be higher in comparison to tens second sowing date. In addition, among the studied ecotypes, the highest traits stability with an emphasis on survival percentage and yield components were observed in Isfahan, Boroujen, Daran, Daran-Damaneh, Gandoman, Sanaajan, Mashhad, Sari, Golestan, and Quchan-Seyyed Abad ecotypes. Therefore, these ecotypes were selected as genetic reserves for future studies.

1 and 2- PhD Student in Plant Physiology and Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

Conclusion

In general, the effect of sowing date and ecotype was significant on most of the studied traits such as a number of days until seedling emergence, survival percentage, plant dry weight, seed yield, and total dry weight. In addition, in phenology related traits such as a number of days from flowering to maturity, total growing period length and plant height genetic difference between ecotypes was investigated. Although in most of the traits such as a number of days until seedlings emergence, plant dry weight, seed yield, and total dry weight, the obtained values were higher in the first sowing date compared with the second sowing date, survival percentage showed unlike results so that late sowing increased this index.

Keywords: Plant height, Sowing date, Survival Percentage, Seed yield, Phenological Stages.