

بررسی تحمل به سرما در تعدادی از اکوتیپ‌های یونجه (*Medicago sativa* L.) تحت شرایط مزرعه

حسن منیری فر*، محمد ابراهیم صادق‌زاده

محققین مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۲/۰۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۹/۱۰

چکیده

بقاء و سودمندی مزارع یونجه در مناطق سرد متأثر از صدمات سرمای زمستانی است و همه ساله بخش‌هایی از مزارع یونجه بدلیل شرایط زمستانی در معرض خسارت و یا نابودی هستند. در این پژوهش یازده اکوتیپ یونجه به همراه دو رقم شاهد بین‌المللی در ایستگاه تحقیقاتی تیکمه‌داش با اقلیم فراسرد از سال ۱۳۸۷ لغایت ۱۳۹۰ مورد ارزیابی قرار گرفتند. بذور ابتدا در گلدان‌های انفرادی کشت و سپس بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تکرار به مزرعه منتقل شدند. کشت گیاهچه‌ها در مزرعه با فاصله صورت گرفت و صفات مختلف در آنها یادداشت برداری شد. پس از هر بارش برف، سطح مزرعه کاملاً پارو گردید تا اثر پوشندگی برف از سطح مزرعه حذف و بوته‌ها در معرض سرمای زمستانه قرار بگیرند. سال اول بعنوان سال استقرار در نظر گرفته شد و یادداشت‌برداری از سال دوم صورت گرفت. تجزیه واریانس صفت درصد زنده مانی نشان داد که بین اکوتیپ‌ها و ارقام آزمایش در صفت درصد زنده مانی بوته‌ها در سال دوم و سوم نسبت به سال اول اختلاف معنی‌دار وجود دارد ولی این صفت در سال سوم نسبت به سال دوم معنی‌دار نبود. این نتیجه نشان داد که بیشترین تلفات بوته‌ها و از بین رفتن آنها در اثر سرما در همان سال اول اتفاق می‌افتد. ارقام رنجر و مائوپا بیشترین تلفات را نشان دادند و بیش از نیمی از بوته آن دو رقم در سال دوم نسبت به سال اول کاهش یافت و بیشترین درصد زنده مانی را اکوتیپ جوشین نشان داد. برای نتیجه‌گیری بهتر، میانگین عملکرد تصحیح شده طی سه سال محاسبه شد و بر اساس نتایج حاصله اکوتیپ‌های بهرمان، جوشین، هوراند، دیج صفرعلی و الهرد به عنوان برترین اکوتیپ‌های این پژوهش مشخص شدند.

واژه‌های کلیدی: بقای زمستانه، صدمات زمستانه، عملکرد تصحیح شده.

مقدمه

گزارش نمودند که وزن ریشه با بقای زمستانی همبستگی منفی و معنی‌دار دارد، به طوری که گیاهان با ریشه‌های سنگین‌تر بقای زمستانی کمتری داشتند. لارسون و اسمیت (Larson and Smith, 1963) گزارش کردند که وزن غلاف با صدمه سرمای زمستانی رابطه مثبت و معنی‌دار دارد. گیاهان با غلاف سنگین‌تر صدمه زمستانی بیشتری نشان دادند. آنها گزارش کردند که وزن ریشه و قطر غلاف (طوقه) که در قسمت غلاف در سطح خاک اندازه‌گیری شده بود با سختی زمستانی همبستگی نشان نداد. پیچیدگی اثر متقابل گیاهان و خاک و سایر عوامل محیطی توسعه

صدمات سرمای زمستانی مهم‌ترین فاکتور محدود کننده دوام مزارع یونجه در عرض‌های شمالی است. سختی زمستانی در یونجه صفت پیچیده‌ای است که از عوامل متعددی مانند مقاومت به بیماری‌ها، مدیریت برداشت و چین برداری (Sheaffer et al., 1992) و شرایط محیطی همچون رطوبت خاک و سردی دما متأثر می‌گردد (Brouwer, 2000; McKenzie et al., 1988). گزارش گردیده است که صفات مورفولوژیکی با سختی زمستانی ارتباط دارند ولی این ارتباطات به خوبی روشن نشده است (Musial et al., 2005). هین‌ریچ و همکاران (Heinriches et al., 1960) با مطالعه ۱۳ رقم یونجه

McKenzie et al., 2007). مک‌کنزی و همکاران (et al., 2007) توانایی گیاهان برای دوام آوردن در دماهای یخ زدگی را به عنوان تحمل سرما تعریف کردند.

یک روش مرسوم برای ارزیابی صدمات سرمای زمستانی بر اساس روش «آزمون زمستانی» است. یک «آزمون زمستانی» به عنوان شرایط زمستانی تعریف می‌شود که به حد کافی برای از بین بردن ارقام غیر سخت شدید باشد و موجب ایجاد اختلاف در میزان صدمات در ارقام با سختی متوسط گردد.

برای کاهش احتیاج به زمستان برای بدست آوردن داده‌های مربوطه و کوتاه کردن مدت زمان مورد نیاز برای ارزیابی ارقام جدید، سایر روش‌های مزرعه‌ای برای پیشگویی سختی زمستانی پیشنهاد شده است (Barnes et al., 2003; Cosgrove and Undersander, 1991). مک‌کنزی و مک‌لین (McKenzie and McLean, 1984) یک روش آزمون تنش را برای تعیین سختی زمستانی در شمال غربی کانادا توصیف کرده‌اند. به منظور تخلیه ذخایر کربوهیدرات‌های ریشه، واحدهای آزمایشی تحت برنامه شدید چین‌برداری قرار می‌گیرند و به منظور قرار دادن گیاهان در شرایط یکسان انجماد، در اولین روزی که دما به زیر ۳۰- درجه سانتی‌گراد نزول پیدا می‌کند، واحدهای آزمایشی برف‌روبی می‌گردند. رتبه‌بندی ارقام با این روش با میانگین بقاء آنها در ۵ مکان بدون برف رویی، ۹۴٪ همبستگی نشان داد. شفر و همکاران (Sheaffer et al., 1992) اثرات برنامه‌های مختلف چین‌برداری را در سال کشت بر میزان صدمات زمستانی در نواحی مختلف ایالت مینه‌سوتا نشان داده‌اند. چین برداری متعدد در سال کشت، موجب تفاوت‌هایی در صدمات زمستانی ارقام می‌گردد. ویشار و همکاران (Weishaar et al., 2005) امکان استفاده از گزینش دوره‌ای را به منظور کاهش اثرات صدمات سرمای زمستانی در جمعیت‌های یونجه بدون دوره خواب در فصل سرد بررسی و گزارش نمودند با استفاده از این روش امکان معرفی ارقام متحمل وجود دارد.

همه ساله بخش‌هایی از مزارع یونجه به دلیل وجود سرمای زمستانی در معرض خسارت یا از بین رفتن هستند و لازم است که ارقام مناسب معرفی و توصیه گردند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که تاکنون چنین اقدامی، بسیار اندک صورت گرفته است. هدف از این پژوهش معرفی اکوتیپ یا اکوتیپ‌های متحمل به سرما است که علاوه بر توصیه برای

روش‌های آزمون سختی یونجه به سرمای زمستانی را مشکل ساخته است.

یونجه نمی‌تواند دماهای ۵- تا ۲- درجه سانتی‌گراد را در طی تابستان تحمل نماید، اما مطابق دوره سخت شدن زمستانه برخی از ارقام می‌توانند دماهای زیر ۲۰- درجه سانتی‌گراد را نیز تحمل نمایند. دماهای پایین اگر چه ممکن است به طور مستقیم موجب از بین رفتن گیاهان نشوند، اما ممکن است آن را نسبت به سایر تنش‌ها و بیماری‌ها حساس‌تر نماید، بنابراین تحمل به سرما بسیار مهم است (McKenzie et al., 1988; Stauffer, 2009). شواب و همکاران (Schwab et al., 1996) تاثیر تنش سرما و زمان نگهداری را در یونجه مطالعه نمودند. در اواسط نوامبر گیاهان از مزرعه خارج و در دمای ۲- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند و سپس در معرض تنش سرمایی صفر تا ۲۴- درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. اختلاف بین ژنوتیپ‌ها در تیمارهای ۱۲- و ۱۶- سانتی‌گراد بیشتر بود. میزان صدمه به طوقه با میزان رشد پاییزه و نمره صدمات پاییزه همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. نمرات صدمات ریشه با میزان رشد پاییزه مزرعه و نمرات صدمات زمستانی همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. گیاهان بزرگ (با قطر ریشه بزرگتر از ۱۰ میلی‌متر) نسبت به گیاهان کوچک (قطر ریشه ۱ تا ۵ میلی‌متر) صدمات سرمای زمستانی کمتری داشتند.

بقاء و سودمندی مزارع یونجه در مناطق سرد متأثر از صدمات سرمای زمستانی است (National Agricultural Statistical Service, 2006). در این مناطق، ترکیبی از فاکتورهای محیطی مانند پوشش برف (McKenzie and McLean, 1984)، چرخه‌های ذوب یخ و میزان رطوبت طی دوره سخت شدن پائیزی (Palta and Mehuys, 1980) ممکن است موجب صدمات سرمای زمستانی به گیاهان یونجه شود. صفات گیاهی همچون مقاومت به بیماری‌ها و زمینه ژنتیکی ممکن است بر میزان تأثیر صدمات سرمای زمستانی موثر باشند (McKenzie et al., 1988).

مطمئن‌ترین روش آزمون تطابق با سرمای زمستانه در یونجه از آزمایشات مزرعه‌ای زمستانه حاصل می‌شود. از آنجایی که مهمترین جزء تحمل سرما، سختی زمستانی است، گزینش برای تحمل بیشتر به سرما می‌بایست از طریق اصلاح سختی زمستانی باشد (Brummer, 2000; Robins).

کشت در مناطق سرد، جمعیت یا جمعیت‌های پایه را برای عملیات‌های اصلاحی آتی معرفی می‌کند.

مواد و روش‌ها

این پروژه از سال ۱۳۸۷ لغایت ۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقاتی تیمکمه‌دش به اجرا در آمد. این ایستگاه در ۷۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان تبریز واقع شده است و در موقعیت جغرافیائی ۳۷,۴۵ درجه عرض شمالی و ۴۵,۵۵ درجه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار دارد. ارتفاع اراضی آن از سطح دریا ۱۸۰۰ الی ۲۰۰۰ متر است. از نظر آب و هوایی دارای تابستان‌های متعادل و زمستان‌های سرد می‌باشد. میانگین حداقل مطلق دما در زمستان ۲۵- درجه سانتی‌گراد و حداکثر مطلق در تابستان تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد ثبت شده است. متوسط بارندگی بر اساس آمار ده ساله، ۳۸۶ میلی‌متر می‌باشد. همچنین بیشتر از ۵ ماه از سال، منطقه پوشیده از برف و یخبندان است و از نظر تیپ بندی اقلیمی استان، جزو اقلیم فراسرد می‌باشد.

لیست ارقام مورد بررسی در این پروژه به همراه دو رقم خارجی به عنوان شاهد در جدول یک ارائه شده است. در سوم فروردین ماه بذور اکوتیپ‌های مورد نظر در گلخانه و در گلدان‌های انفرادی کشت شدند. در هر گلدان ۲ الی ۳ بذر کاشته و پس از سبز کردن با تنک نمودن آنها تنها یک گیاهچه در هر گلدان نگهداری شد. گیاهچه‌ها در حدود ۲ ماهگی به مزرعه منتقل شدند. بافت خاک مزرعه لومی-رسی بود و pH خاک ۷/۶ و EC آن ۱/۲ میلی‌زیمنس بر سانتیمتر بود. قبل از کشت تجزیه خاک به عمل آمده و از میزان مواد معدنی (فسفر، ازت و پتاس) اطلاع حاصل گردید و بر اساس ۲۵۰ کیلوگرم فسفات، ۱۵۰ کیلوگرم پتاس و ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار، کمبود خاک برطرف گردید. بر اساس آزمون خاک، میزان آهک موجود در خاک ۱۱ درصد، فسفر ۹/۷ میلی‌گرم، پتاسیم ۲۹۶ میلی‌گرم، آهن ۱۲ میلی‌گرم، روی ۰/۶۱ میلی‌گرم و منگنز ۸/۸ میلی‌گرم بود.

جدول ۱. خصوصیات ارقام و اکوتیپ‌های یونجه مورد استفاده در آزمایش.

Table 1. Characteristics of alfalfa ecotypes used in experiment.

Ecotype	نام اکوتیپ	Origin City	منطقه	ارتفاع (متر) Altitude (m)
Horand	هوراند	Ahar	اهر	1630
Sivan	سیوان	Marand	مرند	2000
Khosroshahr	خسروشهر	Tabriz	تبریز	1300
Gara-Chay	قره‌چای	Bostan- Abad	بستان‌آباد	2000
Bahraman	بهرمان	Sarab	سراب	1700
Nir	نیر	Ardabil	اردبیل	1800
Khaje	خواجه	Heris	هریس	1650
Dizaj-Safarali	دیزج صفرعلی	Varzegan	ورزقان	1700
Joshin	جوشین	Varzegan	ورزقان	1450
Alhord	الهرد	Varzegan	ورزقان	1900
Gara-Yonje	قره‌یونجه	Improved Varity		
Ranger	رنجر	Improved Varity		
Moapa	مانوپا	Improved Varity		

یکدیگر ۴۰ و فاصله ردیف‌های کشت ۶۰ سانتی‌متر تنظیم شد. پس از استقرار بوته‌ها در کرت‌ها بلافاصله آبیاری اول صورت پذیرفت و آبیاری‌های بعدی هر ۷ تا ۱۰ روز یکبار انجام یافت. وجین علف‌های هرز در طول دوره رشد بصورت

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با پنج تکرار اجرا شد. اندازه کرت‌های آزمایشی ۲۴۰ × ۲۴۰ سانتی‌متر و در هر کرت آزمایشی ۲۴ بوته گنجانده شد. به منظور افزایش دقت در شمارش بوته‌ها فاصله بوته‌ها از

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها به منظور تثبیت خطای نوع اول، ابتدا تجزیه واریانس چند متغیره برای داده‌های کلیه صفات انجام گرفت (Manly, 2004). و سپس با توجه به معنی‌دار بودن اثر ژنوتیپ از تجزیه واریانس تک متغیره استفاده شد. قبل از انجام این تجزیه‌ها، فرض‌های یکنواختی واریانس‌ها، نرمال بودن خطاها و اثر افزایشی بلوک با تیمار با استفاده از نرم افزار آماری SPSS مورد بررسی و مورد تأیید قرار گرفت.

نتایج و بحث

داده‌های هواشناسی ایستگاه و منطقه نشان داد تعداد روزهای یخبندان در طول سال تا ۱۴۳ روز بوده است و همچنین در طول آزمایش حداقل مطلق دما تا ۲۵/۶- سانتی‌گراد کاهش یافته است، بنابراین برودت کافی برای تأثیر بر بوته‌ها وجود داشت و امکان بروز تنوع یا اختلاف ارقام یا اکوتیپ‌ها از نظر زمستان‌گذرانی فراهم بود (جدول ۲).

نتایج تجزیه واریانس چند متغیره نشان داد که حداقل از نظر یکی از صفات مورد ارزیابی اختلاف معنی‌داری بین اکوتیپ‌های مورد بررسی وجود داشت (جدول ۳) که با توجه به نتایج حاصل، مجدداً از نظر تک تک صفات مورد نظر تجزیه گردید.

دستی انجام پذیرفت. مزرعه به طور مرتب در طول سال‌های زراعی چین‌برداری شد. پس از هر بارش برف در زمستان، سطح مزرعه کاملاً پارو گردید تا اثر پوشندگی برف از سطح مزرعه حذف و بوته‌ها در معرض سرمای زمستانه قرار بگیرند. تعداد دفعات بارش برف در سال‌های آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است.

تعداد بوته‌ها در شروع بهار هر سال شمارش و بدین ترتیب تعداد بوته‌های از بین رفته در اثر سرما محاسبه شد. سال اول بعنوان سال استقرار در نظر گرفته شد و یادداشت‌برداری از سال دوم صورت گرفت. در سال استقرار دو بار و در بقیه سال‌ها سه بار چین‌برداری صورت گرفت. با ضرب درصد زنده‌مانی یا بقای زمستانه بوته‌ها در میزان عملکرد، مقدار عملکرد تصحیح شده در هر واحد آزمایشی برای هر اکوتیپ بدست آمد (Hendrickson and Berdahl, 2003). نتیجه کلی از درصد بقای زمستانه با محاسبه درصد بوته‌های زنده مانده در سال سوم نسبت به سال اول بدست آمد. تاریخ گلدهی، ارتفاع بوته، تعداد ساقه، نسبت برگ به ساقه در حالت تر و خشک، عملکرد علوفه تک بوته به صورت تر و خشک برحسب گرم تعیین شد. تاریخ گلدهی براساس تعداد روز تا زمانی که ۱۰٪ بوته‌ها به گل می‌نشینند، یادداشت برداری شد.

جدول ۲. تعداد روزهای یخبندان و حداقل مطلق دما در ایستگاه هواشناسی بستان آباد در سال‌های زراعی ۱۳۸۷ لغایت ۱۳۹۰.

Table 2. Summary of monthly meteorological data for Bostanabad weather station in 2008 to 2011 growing seasons.

Month	ماه	تعداد روزهای یخبندان				حداقل دما (درجه سانتی‌گراد)			
		No. frost days				Minimum temperature (°C)			
		۱۳۸۷ 2008	۱۳۸۸ 2009	۱۳۸۹ 2010	۱۳۹۰ 2011	۱۳۸۷ 2008	۱۳۸۸ 2009	۱۳۸۹ 2010	۱۳۹۰ 2011
Oct.	مهر	0	5	22	1	1.0	-1.8	1.4	-4
Nov.	آبان	14	5	28	18	-5.6	-1.6	-7.8	-17.6
Dec.	آذر	27	26	30	30	-15.8	-11.0	-10.6	-23.6
Jan.	دی	27	15	28	27	-17.6	-7.4	-24.8	-11.6
Feb.	بهمن	24	22	22	29	-13.2	-15.2	-23	-25.6
Mar.	اسفند	23	10	22	27	-9.0	-5.8	-13	-18.3
تعداد دفعات ریزش برف Snow events		16	14	12	20				

از بوته‌های آن دو رقم در سال دوم نسبت به سال اول کاهش یافت. بیشترین درصد بقای زمستانه را اکوتیپ جوشین از منطقه ورزقان از خود نشان داد. درصد بقای زمستانه اکوتیپ‌های هوراند و الهرد نیز بیش از ۹۰٪ بود. از نظر درصد بقای زمستانه اکوتیپ‌ها در سال سوم نسبت به سال دوم اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. از نظر نتیجه کلی درصد بقای زمستانه بین ارقام و اکوتیپ‌ها اختلاف معنی‌دار وجود داشت و بیشترین درصد بقای زمستانه مربوط به اکوتیپ جوشین بود (جدول ۵).

تجزیه واریانس صفت درصد زنده‌مانی نشان داد که بین اکوتیپ‌ها و ارقام یونجه مورد بررسی از نظر صفت درصد زنده‌مانی بوته‌ها در سال دوم و سوم نسبت به سال اول اختلاف معنی‌دار وجود داشت، ولی این صفت در سال سوم نسبت به سال دوم معنی‌دار نبود (جدول ۴). میانگین درصد زنده‌مانی اکوتیپ‌های یونجه در سه سال مورد بررسی به ترتیب ۸۳/۳۲، ۷۰/۶۵ و ۵۸/۹۶ درصد بود. این نتایج نشان داد که بیشترین تلفات بوته‌ها و از بین رفتن آنها در اثر سرما در همان سال اول اتفاق می‌افتد. ارقام رنجر و مائوپا بیشترین تلفات را نشان دادند و بیش از نیمی

جدول ۳. تجزیه واریانس چند متغیره برای صفات مرتبط با زمستان‌گذرانی اکوتیپ‌های یونجه

Table 3. Multivariate analysis of variance for traits associated with cold tolerance in barley genotypes.

S.O.V.	منابع تغییر	مقدار آماره		
		Statistic value	F	
Ecotype	اکوتیپ	Pillai's Trace	4.976	1.302*
		Wilk's Lambda	0.001	1.645**
		Hotelling's Trace	19.265	1.988**
		Roy's Largest Root	8.984	8.659**

**, * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

***, **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۴. تجزیه واریانس برای صفت درصد بقای زمستانه اکوتیپ‌های یونجه در طی سه سال.

Table 4. Analysis of variance for winter survival of alfalfa ecotypes in three years

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	میانگین مربعات		
			Mean Squares	S1†	S2
Block	بلوک	4	69.90 ^{ns}	259.84 ^{ns}	286.94 ^{ns}
Ecotype	اکوتیپ	12	498.62**	194.73 ^{ns}	582.26**
Error	اشتباه	44	83.50	294.75	247.59
C.V.%	ضریب تغییرات %		13.2	14.1	12.7

n.s., **, * به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

ns and **: Non significant and significant 1% probability levels, respectively

†

S1= درصد زنده مانگی بوته‌ها در سال دوم نسبت به سال اول = $100 \times (\text{تعداد بوته در سال اول (پاییز)}) / (\text{تعداد بوته در سال دوم (بهار)})$

S2= درصد زنده مانگی بوته‌ها در سال سوم نسبت به سال دوم = $100 \times (\text{تعداد بوته در سال دوم (پاییز)}) / (\text{تعداد بوته در سال سوم (بهار)})$

S3= درصد زنده مانگی بوته‌ها در سال سوم نسبت به سال اول = $100 \times (\text{تعداد بوته در سال اول (پاییز)}) / (\text{تعداد بوته در سال سوم (بهار)})$

S1= Winter survival in the second year than the first year= (No. plants in the second year (Spring)) / (No. plants in the first year (Fall)) \times 100

S2= Winter survival in the third year than the second year= (No. plants in the third year (Spring)) / (No. plants in the second year (Fall)) \times 100

S3= Winter survival in the third year than the first year= (No. plants in the third year (Spring)) / (No. plants in the first year (Fall)) \times 100

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که تفاوت بین اکوتیپ‌ها و همچنین اثر متقابل اکوتیپ با سال معنی‌دار است (نتایج در متن ارائه نشده است)، لذا برای نتیجه‌گیری بهتر، داده‌های هر سال به طور جداگانه تجزیه گردید (جدول ۶).

با مقایسه نتایج در سال ۱۳۸۸ مشاهده شد اگرچه چندین اکوتیپ از نظر میانگین ارتفاع در گروه برتر قرار گرفتند، ولی بیشترین ارتفاع با ۱۰۵ سانتی‌متر مربوط به اکوتیپ الهرد بود و کمترین ارتفاع در آزمایش متعلق به ارقام خارجی رنجر و مائوپا بود. اکوتیپ خواجه بیشترین تعداد ساقه را نشان داد، ولی با اکوتیپ الهرد اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۷).

هندریکسون و برداه (Hendrickson and Berdahl, 2003) و برداه (Berdahl et al., 1989) گزارش کردند ارقام یونجه‌ای که از مناطق سرد و با زمستان سخت کانادا معرفی شده‌اند نسبت به ارقام معرفی شده از مناطق با سرمای کمتر، سختی زمستانی بیشتری دارند. در این آزمایش نیز به نظر می‌رسد که خاستگاه اکوتیپ‌های برتر، از مناطق سردسیر باشد و از آنجائیکه زمستان گذرانی و تحمل به سرما صفات کمی هستند، بنابراین گزینش طبیعی و همچنین اعمال انتخاب طی سالیان متمادی توسط زارعین، فراوانی ژن‌های مطلوب را در آنها از نظر صفات مورد نظر افزایش داده است و این اکوتیپ‌ها می‌توانند مخزن مناسبی برای ژن‌های مورد نظر باشند.

جدول ۵. میانگین درصد بقای زمستانه اکوتیپ‌ها و ارقام در زمستان در سه سال

Table 5. Survival percentage of alfalfa ecotypes and cultivars during three years

Ecotype	اکوتیپ	S1†	S2	S3
Horand	هوراند	90.9ab	70.1	61.1ab
Sivan	سیوان	78.1abc	74.9	63.9ab
Khosroshahr	خسروشهر	86.4abc	60.3	46.9abc
Gara-Chay	قره‌چای	89.6abc	65.4	47.2abc
Bahraman	بهرمان	83.3abc	66.2	50.0abc
Nir	نیر	73.5c	78.3	55.5abc
Khaje	خواجه	77.1bc	60.1	40.3bc
Dizaj-Safarali	دیزج صفرعلی	83.3abc	67.8	58.3abc
Joshin	جوشین	93.9a	77.1	71.7a
Alhord	الهرد	91.6ab	56.3	51.4abc
Gara-Yonje	قره یونجه	86.5abc	69.6	59.7abc
Ranger	رنجر	48.8d	70.0	31.2c
Moapa	مائوپا	45.8d	77.3	34.7bc
Total Mean	میانگین کل	83.32	70.65	58.96

†

S1= درصد زنده مانی بوته‌ها در سال دوم نسبت به سال اول = $100 \times (\text{تعداد بوته در سال اول (پاییز)} / \text{تعداد بوته در سال دوم (بهار)})$

S2= درصد زنده مانی بوته‌ها در سال سوم نسبت به سال دوم = $100 \times (\text{تعداد بوته در سال دوم (پاییز)} / \text{تعداد بوته در سال سوم (بهار)})$

S3= درصد زنده مانی بوته‌ها در سال سوم نسبت به سال اول = $100 \times (\text{تعداد بوته در سال اول (پاییز)} / \text{تعداد بوته در سال سوم (بهار)})$

S1= Winter survival in the second year than the first year= (No. plants in the second year (Spring)) / (No. plants in the first year (Fall)) $\times 100$

S2= Winter survival in the third year than the second year= (No. plants in the third year (Spring)) / (No. plants in the second year (Fall)) $\times 100$

S3= Winter survival in the third year than the first year= (No. plants in the third year (Spring)) / (No. plants in the first year (Fall)) $\times 100$

جدول ۶. خلاصه تجزیه واریانس برای صفات مختلف اکوتیپ‌های مورد بررسی یونجه در سال ۱۳۸۸.

Table 6. Summary of analysis of variance for different traits of alfalfa ecotypes in 2009.

S.O.V.	منابع تغییر	درجه آزادی df	ارتفاع		وزن تر		وزن خشک	
			Shoot No.	Shoot Fresh Weight (SFW)	Leaf Fresh Weight (LFW)	Shoot Dry Weight (SFW)	Leaf Dry Weight (LDW)	
Block	بلوک	4	423.88*	288.43 ^{ns}	381.21 ^{ns}	56.19 ^{ns}	101.04 ^{ns}	32.99 ^{ns}
Ecotype	اکوتیپ	12	610.06**	396.84**	12375.58**	9733.94**	1268.88**	899.16**
Error	اشتباه	48	120.08	97.74	2250.68	1918.10	256.38	220.66
C.V.%	ضریب تغییرات %		11.3	12.6	14.1	13.7	12.8	14.1

Table 6- Continued

جدول ۶ ادامه

S.O.V.	منابع تغییر	درجه آزادی df	عملکرد		نسبت برگ به ساقه در حالت خشک		
			Fresh Plant Weight	Dry Plant Weight	Days until 10% Flowering	(LFW/SFW)	(LDW/SDW)
Block	بلوک	4	601.59 ^{ns}	248.22 ^{ns}	32.26 ^{ns}	0.058 ^{ns}	0.035 ^{ns}
Ecotype	اکوتیپ	12	43501.05**	4258.73**	4.12 ^{ns}	0.042 ^{ns}	0.043 ^{ns}
Error	اشتباه	48	7750.22	892.11	2.76	0.031	0.036
C.V.%	ضریب تغییرات %		13.7	13.3	7.7	7.1	6.8

ns, **, * و %: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪

ns, ** and *: Non significant and significant at 1% and 5% probability levels, respectively.

سایر اکوتیپ‌ها نسبتاً زودرس بودند. اکوتیپ‌های بهرمان و خواجه در سال ۱۳۸۸ بیشترین عملکرد تر در واحد بوته را نشان دادند و به همراه اکوتیپ‌های هوراند، خواجه، دیزج صفرعلی و الهرد نیز در گروه برتر قرار گرفتند.

با ضرب درصد بقای زمستانه بوته‌ها (S1) در میزان عملکرد، مقدار عملکرد تصحیح شده بدست آمد و با اعمال ضریب بقای زمستانه اکوتیپ‌های بهرمان، هوراند، خواجه، الهرد، دیزج صفرعلی و قره‌یونجه از نظر عملکرد تر برتر بودند و میانگین عملکرد آنها از ۳۵۹/۷ تا ۲۲۱/۲ گرم در هر بوته بود. این ترتیب برتری در مورد عملکرد خشک نیز حفظ شد و اکوتیپ‌های بهرمان، هوراند، الهرد، خواجه، دیزج صفرعلی و قره‌یونجه به عنوان اکوتیپ‌های برتر شناخته شدند (جدول ۷). در سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ نیز از نظر عملکرد و ارتفاع در بین اکوتیپ‌ها و ارقام مورد بررسی اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید (جدول ۸). از نظر عملکرد تر در سال ۱۳۸۹، اکوتیپ‌های بهرمان و خواجه به همراه

وزن تر ساقه در هر بوته در اکوتیپ‌ها و ارقام مورد بررسی از ۶۱/۵ گرم در رقم رنجر تا ۲۲۲/۶ گرم در رقم بهرمان متفاوت بود. همچنین اکوتیپ‌های خواجه، هوراند، دیزج صفرعلی و الهرد نیز در گروه برتر قرار گرفتند. میانگین وزن تر برگ در اکوتیپ‌ها و ارقام مورد بررسی در هر بوته برابر با ۱۳۱/۶ گرم بود. اکوتیپ بهرمان بیشترین مقدار این صفت را نشان داد و به همراه اکوتیپ‌های هوراند، خواجه، دیزج صفرعلی و الهرد نسبت به سایرین در گروه برتر قرار گرفتند (جدول ۷).

همبستگی عملکرد تر برگ و ساقه با عملکرد خشک مثبت و معنی‌دار بود، لذا ترتیب و گروه‌بندی اکوتیپ‌ها و ارقام از نظر عملکرد خشک صفات مربوطه حفظ گردید و اکوتیپ‌های برتر از نظر عملکرد تر برگ و ساقه از نظر عملکرد خشک برگ و ساقه نیز برتر بودند. از نظر مدت زمان گلدهی بین اکوتیپ‌ها و ارقام مورد بررسی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و ارقام رنجر و مائوپا نسبت به

اکوتیپ‌های هوراند، دیزج صفرعلی و الورد در گروه برتر قرار گرفتند. با اعمال ضریب درصد بقای زمستانه و مقایسه میانگین‌های تصحیح شده مشخص شد که اکوتیپ‌های بهرمان، هوراند، خواجه، دیزج صفرعلی، مائوپا و جوشین برتر هستند.

جدول ۷. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در اکوتیپ‌های یونجه در سال ۱۳۸۸.

Table 7. Means of measured traits of alfalfa ecotypes in 2009.

اکوتیپ	ارتفاع	تعداد	وزن تر	وزن تر	وزن خشک	وزن خشک
	اکوتیپ	ساقه	ساقه	برگ	ساقه	برگ
Ecotype	Height	Number of Shoot	Shoot Fresh Weight(SFW)	Leaf Fresh Weight(LFW)	Shoot Dry Weight(SDW)	Leaf Dry Weight(LDW)
	(cm)		------(g.pl ⁻¹)-----			
Horand	104.5ab	28.5bc	198.2ab	174.7abc	72.5a	53.0abc
Sivan	93.6de	19.4c	83.8d	84.5ef	30.7e	23.5ef
Khosroshahr	94.0cde	30.2ab	105.4cd	97.4ef	36.2de	28.8def
Gara-Chay	99.8abcd	32.8ab	114.0cd	103.7def	39.5cde	31.5c-f
Bahraman	103.9abc	38.4a	222.6a	209.1a	75.6a	63.6a
Nir	86.7ef	26.6bc	76.6d	77.8ef	32.2de	23.0ef
Khaje	92.9de	39.1a	213.5a	191.2ab	66.2ab	56.0ab
Dizaj-Safarali	104.7ab	28.2bc	176.5abc	145.7a-e	62.5abc	44.0a-e
Joshin	99.6abcd	28.0bc	104.6cd	106.4c-f	35.8de	27.2def
Alhord	105.6a	33.9ab	168.2abc	170.4a-d	57.0a-d	47.8a-d
Gara-Yonje	95.3bcde	27.2bc	138.2bcd	117.6c-e	42.6b-e	33.4b-f
Ranger	86.1ef	35.8ab	61.5d	45.5f	22.0e	17.0f
Moapa	81.8f	28.7b	114.5cd	127.6b-e	42.7b-e	37.5b-f
Total Mean	96.8	30.4	140.8	131.6	48.6	38.5

Table 7- Continued

جدول ۷. ادامه

اکوتیپ	روزهای تا ۱۰٪ گلدهی	عملکرد تر	عملکرد تر تصحیح شده*	عملکرد خشک	عملکرد خشک تصحیح شده*	نسبت برگ به ساقه در حالت تر	نسبت برگ به ساقه در حالت خشک	
	اکوتیپ	عملکرد تر	عملکرد تر تصحیح شده*	عملکرد خشک	عملکرد خشک تصحیح شده*	نسبت برگ به ساقه در حالت تر	نسبت برگ به ساقه در حالت خشک	
Ecotype	Days to 10% flowering-	Fresh Plant Weight	Adjusted Fresh Plant Weight*	Dry Plant Weight	Adjusted Dry Plant Weight*	(LFW/SFW)	(LDW/SDW)	
		------(g.pl ⁻¹)-----						
Horand	98.0	373.0ab	339.1	125.5ab	114.1	0.88	0.73	
Sivan	97.0	168.3de	131.5	54.2e	42.3	0.97	0.74	
Khosroshahr	96.0	202.8cde	175.3	65.0de	56.2	0.91	0.80	
Gara-Chay	96.0	217.7cde	195.1	71.0de	6.6	0.94	0.82	
Bahraman	97.6	431.8a	359.7	139.3a	116.1	0.95	0.83	
Nir	96.0	154.4de	113.5	55.2e	40.6	1.04	0.76	
Khaje	96.6	404.7a	312.0	122.2abc	94.2	0.89	0.82	
Dizaj-Safarali	95.5	322.2abc	268.5	106.5a-d	88.7	0.84	0.70	
Joshin	96.6	211.0cde	198.1	63.0de	59.2	1.04	0.73	
Alhord	95.6	338.6abc	310.4	104.8a-d	96.1	1.00	0.83	
Gara-Yonje	97.5	255.8bcd	221.2	76.0cde	65.7	0.87	0.79	
Ranger	93.0	107.0e	52.3	39.0e	19.1	0.73	0.75	
Moapa	93.0	242.1b-e	110.9	80.2b-e	36.7	1.12	0.87	
Total Mean	96.2	272.4	222.9	87.2	71.3	0.95	0.79	

*.Adjusted yield for winter survival

*. عملکرد تصحیح شده از نظر میزان بقای زمستانی

جدول ۸. خلاصه تجزیه واریانس برای صفات مختلف اکوتیپ‌های مورد بررسی یونجه در سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰.

Table 8. Summary of analysis of variance or different traits of alfalfa ecotypes in 2010 and 2011

S.O.V.	منابع تغییر	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)			
			ارتفاع Height		عملکرد تر Fresh Weight	
			۱۳۸۹ 2010	۱۳۹۰ 2011	۱۳۸۹ 2010	۱۳۹۰ 2011
Block	بلوک	4	93.91 ^{ns}	67.75 ^{ns}	90050*	87123*
Ecotype	اکوتیپ	12	177.34**	163.25**	87125**	79413**
Error	اشتباه	48	39.25	28.56	20837	19675
CV (%)	ضریب تغییرات (%)		11.3	12.0	13.2	12.4

ns, ** و * به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪

ns, ** and *: Non significant and significant at 1% and 5% probability levels, respectively.

جدول ۹- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده در اکوتیپ‌های یونجه در سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰

Table 9- Means of measured traits of alfalfa ecotypes in 2010 and 2011

اکوتیپ	میانگین ارتفاع سال ۱۳۸۹	عملکرد تر در سال ۱۳۸۹	عملکرد تصحیح شده سال ۱۳۸۹	میانگین ارتفاع در سال ۱۳۹۰	عملکرد تر سال ۱۳۹۰	عملکرد تصحیح شده سال ۱۳۹۰	میانگین کل عملکرد تصحیح شده
ECOTYPE	Height Mean 2010	Fresh Plant Weight in 2010	Adjusted Fresh Plant Weight in 2010 *	Mean of Height in 2011	Fresh Plant Weight in 2011 (g/plant)	Adjusted Fresh Plant Weight in 2011 *	Total adjusted mean
	(cm)	----- (g.plant ⁻¹) -----		(cm)	----- (g.plant ⁻¹) -----		
Horand	77.3abc	453.0ab	317.5	79.2abc	604.5bcd	369.3	341.9
Sivan	81.3ab	269.3de	201.7	80.1ab	710.3ab	453.9	262.3
Khosroshahr	68.0cd	316.8cde	191.0	70.1cd	470.9cde	267.9	211.4
Gara-Chay	71.0bc	319.7cde	209.0	72.1bc	736.6ab	347.6	250.5
Bahraman	75.9abc	526.8a	348.7	77.1abc	777.6ab	388.8	365.7
Nir	74.9abc	259.4de	203.1	76.1abc	633.4bc	351.5	222.7
Khaje	79.3ab	514.7a	309.3	81.1ab	704.2ab	283.8	301.7
Dizaj-Safarali	77.0abc	420.2abc	284.8	79.1abc	727.7ab	424.3	325.8
Joshin	83.0ab	319.0cde	245.9	84.1a	866.5a	621.3	355.1
Alhord	79.8ab	426.6abc	240.1	80.5ab	713.8ab	366.9	305.8
Gara-Yonje	71.3bc	349.8bcd	243.4	72.5bc	590.5bcd	352.5	272.3
Ranger	63.1e	211.0e	147.7	62.6de	328.8e	102.5	100.8
Moapa	60.6e	323.1b-e	249.7	58.9e	398.8de	138.4	166.3
Total Mean		363.4	245.0	75.8639	653.5396	343.7	267.9

*. عملکرد تصحیح شده از نظر میزان بقای زمستانی

*. Adjusted yield for winter survival

گرفت و اکوتیپ‌های جوشین، سیوان، دیزج صفرعلی، بهرمان، هوراند و الهرد برتری خود را نشان دادند. برای نتیجه‌گیری بهتر، میانگین عملکرد تصحیح شده طی سه سال نیز محاسبه شد و بر اساس نتایج حاصله

در سال ۱۳۹۰ نیز مجدداً اکوتیپ جوشین به همراه اکوتیپ‌های الهرد، دیزج صفرعلی، خواجه، بهرمان، قره‌چای و سیوان جزو برترین‌ها بودند. مجدداً بر اساس درصد سرمازدگی، برای صفت عملکرد علوفه تصحیح صورت

زمستانی می‌تواند موجب اصلاح برای تحمل سختی زمستانی گردد. گزارشات فوق در موافقت با نتایج حاصل از این تحقیق هستند. اکوتیپ‌های برتر از نظر تحمل سرما و زمستان‌گذرانی، از نظر میزان عملکرد برتر نیز بودند، لذا گزینش اکوتیپ‌های متحمل به سرما منافاتی با گزینش برای عملکرد نشان ندادند و می‌توان اکوتیپ‌های بهرمان، جوشین، هوراند، دیزج صفرعلی و الهرد را به عنوان اکوتیپ‌های برتر معرفی کرد.

اکوتیپ‌های بهرمان، جوشین، هوراند، دیزج صفرعلی و الهرد به عنوان برترین اکوتیپ‌های این پژوهش مشخص شدند (جدول ۹).

ویشار و همکاران (Weishaar et al., 2005) نشان دادند که گزینش برای بقای زمستانی علاوه بر اینکه موجب کم شدن عملکرد نمی‌گردد، حتی ممکن است موجب افزایش عملکرد در اول فصل زراعی نیز شود. آنها اگر چه صفات متعدد آزمایشگاهی را اندازه‌گیری نمودند، ولی گزارش کردند که گزینش تنها بر اساس میزان صدمات

منابع

- Barnes, D.K., Smith, D.M., Tuber L.R., Peterson, M.A., 1991. Fall Dormancy. In: Fox, C.C., Berbert, R., Gray, F.A., Grau, C.R., Jessen, D.L., Peterson, M.A., (eds.), *Standard Tests to Characterize Alfalfa Cultivars*. North American Alfalfa Improvement Conf., Beltsville, MD.
- Berdahl, J.D., Wilton, A.C., Frank, A.B., 1989. Survival and agronomic performance of 25 alfalfa cultivars and strains interseeded into rangeland. *Journal of Range Management*. 42, 312-316.
- Brouwer, D.J., Duke, S.H., 2000. Mapping genetic factors associated with winter hardiness, fall growth and freezing injury in autotetraploid alfalfa. *Crop Science*. 40, 1387-1396.
- Brummer, E.C., Shah, M., Luth, M., 2000. Reexamining the relationship between fall dormancy and winter hardiness in alfalfa. *Crop Science*. 40, 971-977.
- Cosgrove, D., Undersander, D., 2003. Evaluating and managing alfalfa stands for winter injury. University of Wisconsin Extension Focus on Forage bulletin, Madison, WI. Available at: <http://www.uwex.edu/ces/crops/uwforage/StandEvaluationFOF.htm> (verified 17 July 2012).
- Heinriches, D.H., Troelsen, J.E., Clark, K.W., 1960. Winter hardiness evaluation in alfalfa. *Canadian Journal of Plant Science*. 40, 638-644.
- Hendrickson, J.R., Berdahl, J., 2003. Survival of 16 alfalfa populations' space planted into a grassland. *Journal of Range Management*. 56, 260-265.
- Larson, K.L., Smith, D., 1963. Association of various morphological characters and seed germination with the winter hardiness of alfalfa. *Crop Science*. 3, 234-237.
- Manly, B.F.J., 2004. *Multivariate statistical methods: A primer* (3rd ed). Chapman & Hall, CRC Press.
- McKenzie, J.S., McLean, G.E., 1984. A field test for assessing the winter hardiness of alfalfa in northwestern Canada. *Canadian Journal of Plant Science*. 64, 917-924.
- McKenzie, J.S., Paquin, R., Duke, S.H., 1988. Cold and heat tolerance. pp.259-302. In Hanson, A.A. (Ed.) *Alfalfa and alfalfa improvement*. Agronomy Monograph. 29. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Musial, J.M., Basford, K.E., Irwin, J.A.G., 2005. Analysis of genetic diversity within Australian lucerne cultivars and implications for future genetic improvement. *Australian Journal of Agricultural Research*. 53, 629-636.
- National Agricultural Statistical Service. 2006. National statistics: Hay alfalfa (dry). Available at <http://www.nass.usda.gov/QuickStats/index2.jsp>; accessed 15 Aug. 2006; verified 31 Aug. 2007). USDA, National Agricultural Statistical Service, Washington, DC.

- Palta, J.P., Mehuys, G.R., 1980. Influence of soil moisture on cold tolerance of alfalfa. *Canadian Journal of Plant Science*. 60, 139-147.
- Robins, J.G., Luth, D., Campbell, T.A., Bauman, G.R., He, C., Viands, D.R., Hansen, J.L., Brummer, E.C., 2007. Genetic mapping of biomass production in tetraploid alfalfa. *Crop Science*. 47, 1-10.
- Schwab, P.M., Barnes, D.K., Sheaffer, C.C., Li, P.H., 1996. Factors affecting a laboratory evaluation of alfalfa cold tolerance. *Crop Science*. 36, 318-324.
- Sheaffer, C.C., Barnes, D.K., Warnes, D.D., Leuschen, W.E., Ford, H.J., Swanson, D.R., 1992. Seeding-year cutting affects winter survival and its association with fall growth score in alfalfa. *Crop Science*. 32, 225-231.
- Stauffer, G., 2009. Assessing and reacting to alfalfa winterkill. University of Nebraska Extension Alfalfa/Pasture News. Lincoln, NE. Available at: http://holt-boyd.unl.edu/c/document_library/get_file?folderId=349724&name=DLFE-7926.pdf (verified 17 July 2012).
- Weishaar, M.A., Brummer, E.C., Volence, J.J., Moore, K.J., Cunningham, S., 2005. Improving winter hardiness in nondormant alfalfa germplasm. *Crop Science*. 45, 60-65.