نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد نوزدهم، شماره ۲(۷۴)، تابستان ۱۴۰۴، صفحه ۲۳۸-۲۱۹

مقاله پژوهشی DOI:

بررسی عملکرد و برخی صفات زراعی اکوتیپ‌های محلی یونجه در منطقه آذربایجان

یونس رامشک‌نیا[۱]، ورهرام رشیدی[۲]، حسن منیری فر[۳]* و الناز صباغ‌تازه[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۲۷ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۴/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۱۵

چکیده

به منظور بررسی عملکرد و برخی صفات زراعی ۳۰ اکوتیپ محلی یونجه منطقه آذربایجان آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، طی دو سال به اجرا درآمد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر اکوتیپ‌ها بر ارتفاع بوته، تعداد گره در ساقه، عملکرد علوفه تر، عملکرد علوفه خشک، تعداد ساقه در بوته، نسبت وزن برگ به وزن ساقه تر و نسبت وزن برگ به وزن ساقه خشک معنی‌دار شد. اثر سال به غیر از تعداد گره در ساقه بر سایر صفات معنی‌دار گردید. برهم‌کنش اکوتیپ در سال بر روی تعداد گره در ساقه غیرمعنی‌دار ولی بر سایر صفات معنی‌دار گردید. اکوتیپ‌های ساتلو و قره‌یونجه بالاترین عملکرد تر و خشک و اکوتیپ بافتان سراب بهترین کیفیت علوفه تر و خشک را داشتند. نتایج تجزیه همبستگی نشان داد با افزایش ارتفاع بوته و تعداد ساقه در بوته عملکرد تر و خشک بیشتر شد و با توجه به همبستگی منفی و معنی‌دار نسبت برگ به ساقه خشک با ارتفاع بوته و تعداد گره در ساقه می‌توان گفت خوش خوراکی علوفه خشک با کاهش ارتفاع و تعداد گره در ساقه بیشتر می‌شود. بر اساس ضرایب رگرسیون گام به گام محاسبه شده برای عملکرد تر اکوتیپ‌ها، به‌ترتیب متغیرهای تعداد ساقه در بوته، ارتفاع بوته، تعداد گره در ساقه که بیشترین تاثیرمعنی‌دار را داشته در مدل مربوطه قرار گرفتند و برای عملکرد خشک اکوتیپ‌ها، به‌ترتیب متغیرهای تعداد ساقه در بوته، ارتفاع بوته، نسبت برگ به ساقه خشک و تعداد گره در ساقه با داشتن بیشترین تاثیر معنی‌دار در مدل مربوطه قرار گرفتند. تعداد ساقه در بوته دارای بیشترین اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد تر و خشک بود و بیشترین اثر غیر مستقیم بر عملکرد تر و خشک را ارتفاع بوته از طریق تعداد ساقه در بوته داشت. نتایج تجزیه به عامل‌ها نشان داد دو عامل اصلی حدود ۷۹ درصد از تغییرات کل را تبیین نمودند. اکوتیپ‌ها بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای انجام شده به روش ward در چهار خوشه مجزا طبقه‌بندی شدند.

واژگان کلیدی: تنوع ژنتیکی، تجزیه عاملی، خوشه‌بندی، یونجه، تجزیه علیت، عملکرد

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

۳- دانشیار، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران.

۴- استادیار گروه علوم خاک، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی و مرکز تحقیقات مدیریت توسعه پایدار حوضه آبریز دریاچه ارومیه و رودخانه ارس، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

نگارنده مسئول monirifar@yahoo.com

مقدمه

یونجه یکی از اولین گیاهان زراعی اهلی شده با تاریخچه طولانی و غنی در جهان می‌باشد، به‌طوری که قدیمی‌ترین سند مکتوب در مورد یونجه با قدمت ۱۳۰۰ سال قبل از میلاد در ترکیه و قدیمی‌ترین شواهد باستان‌شناسی یونجه با قدمت بیش از ۶۰۰۰ سال قبل در ایران یافت شده است (Putnam *et al.*, 2001). یونجه زراعی (*Medicago sativa* L.) از تیره بقولات و مهم‌ترین گیاه علوفه‌ای دنیا برای تغذیه دام است و از آن با عنوان ملکهٔ نباتات علوفه‌ای یاد می‌شود. این گیاه پس از غلات، مهم‌ترین محصول اقتصادی در دنیا بوده سطح زیر کشتی معادل ۳۵ میلیون هکتار را به خود اختصاص داده است (Rastgar, 2006) و مرکز تنوع آن قفقاز، شمال غربی ایران و شمال غرب ترکیه می‌باشد (Ghanizadeh *et al.*,2014).

یونجه به‌عنوان یک عامل مهم در سیستم‌های زراعی به کنترل فرسایش خاک، بهبود کیفیت خاک و کاهش شیوع آفات کمک کرده، با تثبیت نیتروژن موجب حاصلخیزی خاک شده و ساختار خاک را برای تولید محصولات بعدی بهبود می‌بخشد (Lopez *et al.* 2015; Monteros *et al.*, 2014). این گیاه با داشتن مواد غذایی ضروری مانند پروتئین‌ها، مواد معدنی، ویتامین‌ها و برخی متابولیت‌های ثانویه نظیر ساپونین، همچنین کیفیت خوش‌خوراکی بالا، نسبت به سایر گیاهان علوفه ای برتری داشته و به‌عنوان مهم‌ترین گیاه علوفه‌ای دنیا محسوب می‌شود (Tucak *et al.*, 2011). در جهان امروز تامین مواد غذایی با مشکلات و تهدیداتی روبرو است (Fernandez *et al*,. 2019) و یونجه با بهبود شرایط زیست محیطی، نقش مهمی در تغذیه و خودکفایی پروتئین جوامع دارد (Pilorge and Muel, 2016) لذا نیاز به معرفی ارقام جدید با عملکرد بالاتر و کیفیت خوراکی بهتر برای این محصول ضروری به نظر می‌رسد (Capstaff and Miller, 2018). در مقایسه با غلات و حتی سایر لگوم‌های چندساله میزان بهبود ژنتیکی عملکرد این گیاه پایین است (Annicchiarico *et al.*, 2015) بنابراین مطالعه جنبه‌های زیستی آن (به‌زراعی وبه‌نژادی) ضروری به‌نظر می‌رسد (Tucak *et al.*, 2011). هدف اصلی از به‌نژادی یونجه، بدست آوردن رقمی با عملکرد علوفه سبز، علوفه خشک و پروتئین بالا است (Mofidian *et al.*, 2013) و رسیدن به آن تا حد زیادی به در دسترس بودن ژرم پلاسم‌های متنوع و به‌کارگیری آنها در برنامه‌های اصلاحی بستگی دارد (Moaeir, 2003; Rezaei, 1994). تنوع و انتخاب دو رکن اصلی هر برنامه اصلاحی می‌باشد، انتخاب درست منوط به وجود تنوع مطلوب از حیث هدف و صفت مورد بررسی است (Gill *et al.*, 2006). یونجه از نظر خصوصیات زراعی و مورفولوژیکی دارای تنوع زیادی بوده و از این تنوع در برنامه های اصلاحی برای تولید ارقام با علوفه زیاد و کیفیت بالا استفاده می شود (Capstaff and Miller, 2018). آگاهی از تنوع ژنتیکی و ساختار جمعیت ژرم پلاسم به منظور استفاده موثر از منابع ژنتیکی در برنامه‌های به‌نژادی برای اصلاح گیاهان زراعی بسیار مهم و ضروری است (Nielsen *et al.*, 2014). بنابراین، بررسی تنوع ژنتیکی یونجه می‌تواند در پیشبرد اهداف فوق-الذکر، مهم باشد. تنوع فنوتیپی وجود تفاوت قابل مشاهده، در بین صفات کمی و کیفی یک جمعیت را نشان می‌دهد و شامل اجزای ژنتیکی و محیطی می‌باشد، به‌عبارت دیگر اساس فنوتیپ بر پایه ترکیب ژنوتیپ و عکس العمل آن با محیط

می‌باشد (Schneider *et al.*, 2008). یکی از مهم‌ترین برنامه‌های اصلاح نباتات، شناخت تنوع ژنتیکی جهت ارزیابی اولیه توده‌های گیاهی است. وجود تنوع مورفوژنتیکی، متخصصین اصلاح نباتات را قادر می‌سازد تا با انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب و استفاده از آنها در برنامه‌های اصلاحی، ارقام با عملکرد بالا و سازگاری بیشتر را شناسایی و معرفی کنند (Basbag and Gencer, 2007). همچنین مطالعه تنوع ژنتیکی و آگاهی از روابط ژنتیکی صفات، امکان برنامه‌ریزی و اصلاح هم‌زمان چند صفت و افزایش کارآیی برنامه‌های به‌نژادی را از طریق انتخاب شاخص های مناسب فراهم می‌سازد (Joshi and Patil, 2018).

سطح زیرکشت یونجه در ایران به‌عنوان یکی از مراکز تنوع این محصول زراعی، بیش از ۵۶۵ هزار هکتار و تولید آن سالانه بیش از ۶/۱ میلیون تن است و از نظر میزان تولید در بین محصولات زراعی دارای رتبه پنجم است. بیش از ۲۱ درصد محصول یونجه کشور در استان‌های آذربایجان شرقی و غربی تولید می‌شود (Ghanizadeh *et al.*,2014). درک تنوع ژنوتیپ‌های محلی و مشخص نمودن خصوصیات مهم زراعی آن ژنوتیپ‌ها فرصتی ایجاد خواهد کرد که اصلاح‌گران یونجه با توجه به شاخص‌های موردنظر به اصلاح این محصول مهم بپردازند. تنوع ژنتیکی، به‌نژادگران را قادر می‌سازد تا به کمک انتخاب و اصلاح، بتوانند گیاهان جدید و با عملکرد بیشتر را که به آفات و بیماری‌ها مقاوم و به تغییرات محیطی سازگارترند، تولید نمایند (Faraghei *et al.*, 2007). ولی این اطلاعات برای شناسایی و طبقه بندی توده‌های بومی کافی نبوده و لازم است بررسی‌های دقیق‌تر و جامع‌تری برای شناسایی و طبقه‌بندی جمعیت‌های مورد کشت یونجه انجام گیرد (Zamanian *et al.*, 2001). بررسی روابط بین صفات در ارقام مختلف نقش مهمی در برنامه‌های اصلاحی دارد چون اطلاعات زیادی در مورد تنوع ژنتیکی آنها برای اصلاح جمعیت‌ها در دسترس قرار می دهد (Assefa *et al.*, 2015). بنابراین، استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره می‌تواند برای مطالعه تنوع ژنوتیپی ضروری و مفید باشد.

در برنامه‌های اصلاحی باید به همبستگی بین صفات توجه شود تعیین همبستگی بین صفات مختلف به اصلاح‌گر در انتخاب مناسب‌ترین ترکیب اجزاء جهت رسیدن به عملکرد بالاتر کمک می نماید. اما به‌دلیل این‌که در این روش تغییرات یک متغیر با متغیر دیگر بدون محاسبه اثرات متغیرهای دیگر صورت می‌گیرد انتخاب براساس همبستگی‌های ساده نمی‌تواند نتایج مطلوبی داشته باشد. لذا ضروری است که اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات مؤثر بر عملکرد از طریق تجزیه علیت نیز مشخص شود (Mahdavi *et al.*, 2013). متخصصان به‌نژادی برای تعیین فاصله ژنوتیپ‌ها (دوری و نزدیکی)، خویشاوندی یاعدم خویشاوندی و همچنین وجود یا عدم وجود تشابه ژنتیکی ژنوتیپ‌ها از تجزیه خوشه‌ای استفاده می‌کنند (Sharma *et al.*, 2002) و به‌منظور تفسیر روابط موجود میان صفات و گروه‌بندی آنها بر مبنای این روابط تجزیه به عامل‌ها به‌کار می‌رود تا از این طریق مهم‌ترین صفات موثر بر عملکرد و همچنین عوامل پنهان ایجاد کننده ساختار خاص ماتریس کواریانس (همبستگی) میان صفات، شناسایی شوند و گروه‌هایی از متغیرها که بیشترین همبستگی درون گروهی را داشته ولی با گروه‌های دیگر کمترین همبستگی را دارند، مشخص گردند. در نتیجه می‌توان صفات مختلف را که تحت تاثیر

عوامل مختلف قرار دارد به‌طور هم‌زمان بهبود بخشید و برای رسیدن به عملکرد و کیفیت بهتر امید داشت (Tadesse and Bekele, 2001). چنین بررسی‌هایی مخصوصاً در ایران که به‌عنوان یکی از مراکز اولیه یونجه می‌باشد و توده‌های محلی متنوعی دارد ضروری به‌نظر می‌رسد. برای شناسایی ارقام پرمحصول و باکیفیت، لازم است صفاتی که رابطه معنی‌داری با عملکرد علوفه و همچنین کیفیت علوفه دارند مورد شناسایی قرارگیرند تا با گزینش آنها نسبت به تجمیع ژن‌های مطلوب در ارقام اصلاح شده یونجه اقدام گردد. تعیین مشخصات و گروه‌بندی ژرم‌پلاسم به اصلاح‌گران امکان می‌دهد تا در نمونه‌گیری از جمعیت‌ها، از دوباره‌کاری‌ها جلوگیری شود.

منطقه آذربایجان خاستگاه اصلی و یکی از مراکز تنوع یونجه است و ژرم پلاسمی بسیار غنی از این گیاه در این ناحیه وجود دارد که اهمیت بررسی اکوتیپ‌های محلی و معرفی ارقام اصلاح شده را در منطقه دو چندان می‌کند. هدف از این تحقیق بررسی عملکرد و برخی صفات ارقام و اکوتیپ‌های یونجه جمع آوری شده از مناطق مختلف شمال‌غرب کشور با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره، تجزیه خوشه‌ای و تجزیه علیت بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقاتی خسروشاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان‌شرقی واقع در ۲۵ کیلومتری جنوب غرب تبریز طی دو سال زراعی اجرا گردید. ایستگاه مذکور در ارتفاع ۱۳۵۹ متر از سطح دریا و مختصات جغرافیایی ۴۷ درجه و ۵۲ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۲۵ دقیقه عرض شمالی در یک اقلیم نیمه خشک و سرد با میانگین بارندگی سالانه ۲۷۱/۳ میلی‌متر قرار گرفته است. مواد گیاهی مورد ارزیابی در این آزمایش شامل ۲۹ اکوتیپ محلی یونجه به‌همراه رقم قره‌یونجه بود که از بخش نهال و بذر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی تهیه گردید. مشخصات ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در جدول شماره ۱ آورده شده است. طرح آزمایشی مورد استفاده در این تحقیق طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. هر اکوتیپ در یک کرت شامل ۳ ردیف به فاصله نیم متر به طول ۵ متر قرار گرفت و فاصله کرت‌ها از هم یک متر در نظر گرفته شد. ارزیابی اکوتیپ‌ها به‌مدت دو سال با اندازه‌گیری صفات ارتفاع بوته، تعداد گره در ساقه، عملکرد علوفه تر، عملکرد علوفه خشک، تعداد ساقه در بوته، نسبت وزن برگ به وزن ساقه تر ونسبت وزن برگ به وزن ساقه خشک در چین‌های مختلف انجام گرفت و میانگین صفات اندازه‌گیری شده چین‌ها در دو سال به‌عنوان داده‌های آزمایشی برای تجزیه مرکب و مقایسات میانگین در نظر گرفته شدند. مقایسه میانگین‌ها به‌روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. برای انجام تجزیه همبستگی بین صفات، تجزیه ضرایب رگرسیون گام به گام، تجزیه علیت صفات مرتبط با عملکرد تر و خشک، تجزیه عامل‌ها با چرخش وریماکس و تجزیه خوشه‌ای اکوتیپ‌ها به روش WARD از نرم افزارهای آماری SAS، SPSS وEXCEL استفاده گردید.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب با استفاده از امید ریاضی میانگین مربعات برای انجام آزمونF منابع تغییر صورت گرفت، توضیح این‌که سال به‌عنوان

فاکتور تصادفی و بلوک و اکوتیپ‌ها به‌عنوان فاکتور ثابت در نظر گرفته شدند. نتایج تجزیه واریانس مرکب انجام یافته برای صفات مورد ارزیابی اکوتیپ‌های یونجه در دو سال (جدول ۲)، نشان داد بلوک‌بندی تاثیری بر صفات بررسی شده نداشته و فقط اثر آن بر ارتفاع بوته در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شده است. تغییرسال بر روی تعداد گره در ساقه تاثیری نداشت ولی بر روی سایر صفات از قبیل ارتفاع بوته، عملکرد تر، عملکرد خشک، تعداد ساقه در بوته، نسبت برگ به ساقه تر و نسبت برگ به ساقه خشک در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید. تجریشی و همکاران (Tajrishi *et al.*, 2019) با ارزیابی ۱۲ رقم یونجه به نتایج مشابهی در مورد اثر ساده بلوک و اثر ساده سال دست یافتند. بر اساس جدول ذکر شده اثر اکوتیپ‌ها برای همه صفات ارزیابی شده در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد، این تفاوت بیان‌گر وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر صفات مذکور می‌باشد، از تنوع موجود می‌توان برای تولید جمعیت‌های در حال تفکیک و ارقام جدید استفاده کرد. در آزمایشی بر روی ۴۹ اکوتیپ یونجه اثر ارقام بر ارتفاع گیاه، عملکرد علوفه، تعداد ساقه در بوته و نسبت برگ به ساقه معنی دار گزارش گردید (Noormand Moaied *et al.*, 2017). برهم‌کنش اکوتیپ در سال بر روی تعداد گره در ساقه غیرمعنی‌دار ولی بر ارتفاع بوته و عملکرد تر در سطح احتمال ۵٪ و عملکرد خشک، تعداد ساقه در بوته، نسبت برگ به ساقه تر و نسبت برگ به ساقه خشک در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید که نشان‌دهنده واکنش متفاوت اکوتیپ‌ها در سال‌های متفاوت می‌باشد. دلیل این معنی‌داری می‌تواند ناشی از استقرار بهتر و بیشتر اکوتیپ‌ها در سال سوم نسبت به سال دوم باشد. در تحقیقی وجود اثر متقابل اکوتیپ در سال بر روی ارتفاع گیاه و عملکرد خشک توسط تجریشی و همکاران (Tajrishi *et al.*, 2019) و در تحقیقی دیگر وجود این برهم‌کنش بر نسبت برگ به ساقه توسط مفیدیان و همکاران (Mofidian *et al.*, 2013) تایید شد. مروات و همکاران (Mervat *et al.*, 2022) با بررسی اجزای عملکرد، عملکرد و صفات کیفی ۲۱ ژنوتیپ یونجه گزارش کردند بین ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صفات اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌دار وجود دارد و اثر متقابل سال در ژنوتیپ هم برای همه صفات معنی‌دار می‌باشد. جدول ۳ مقایسه میانگین صفات ارزیابی شده برای ۳۰ اکوتیپ یونجه طی دو سال را به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد نشان می‌دهد. بر اساس این جدول بیشترین ارتفاع بوته به‌ترتیب مربوط به اکوتیپ‌های ساتلوی خسروشاه (۸۱/۵۲ سانتی-متر)، قره‌یونجه (۷۸/۳۸ سانتی‌متر) و المرد ورزقان (۷۸/۲۸ سانتی‌متر) و کمترین ارتفاع بوته متعلق به اکوتیپ اکرم‌آباد هشترود (۷۰/۵۳ سانتی‌متر) بود. بیشترین مقدار تعداد گره در ساقه برای اکوتیپ چلناب ورزقان (۱۲/۳۵) و کمترین مقدار آن برای اکوتیپ ساتلو (۹/۰۶۷) گزارش شد. اکوتیپ‌های ساتلو و قره‌یونجه به‌ترتیب با داشتن ۲۴/۴۵ و ۲۳/۱۲ تن در هکتار بیشترین عملکرد تر و اکوتیپ اکرم‌آباد با داشتن ۱۵/۴۱ تن در هکتار کمترین عملکرد تر را نشان دادند. عملکرد خشک تابعی از عملکرد تر بوده و مطابق انتظار اکوتیپ‌های ساتلو و قره‌یونجه به‌ترتیب با داشتن ۱۲/۲۲ و ۱۱/۳۹ تن در هکتار بیشترین عملکرد خشک و اکوتیپ اکرم‌آباد با داشتن ۷/۶۵ تن در هکتار کمترین عملکرد خشک را نشان دادند. مطابق نتایج مقایسه میانگین تعداد ساقه در بوته،

بیشترین تعداد به‌ترتیب در اکوتیپ‌های ساتلو (۳۱/۳) و قره‌یونجه (۲۹/۸۶) و کمترین تعداد در اکوتیپ اکرم‌آباد هشترود (۲۲/۵۵) دیده شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده اکوتیپ‌هایی که دارای ارتفاع بیشتری بودند عملکرد تر و خشک بیشتری داشتند، این روند برای صفت تعداد ساقه در بوته ارقام مطالعه شده نیز مشاهده شد. تجریشی و همکاران (Tajrishi *et al.*, 2019) نتایج مشابهی را گزارش کردند. چنین به‌نظر می‌رسد با توجه به یکسان بودن شرایط اقلیم، خـاک و محیط برای همه اکوتیپ‌هـا، تفاوت عملکرد را می‌توان بـه تنوع ارقام مرتبط دانست.

یکی از اهداف اصلی در پرورش یونجه بهبود کیفیت علوفه از طریق افزایش نسبت وزن برگ به وزن ساقه است، این نسبت جزو شاخص‌های کیفیت و خوش‌خوراکی علوفه بوده و هر چه این مقدار بیشتر باشد خوش‌خوراکی علوفه بهتر خواهد بود (Jungers *et al.*, 2020). بر اساس نتایج مقایسه میانگین نسبت وزن برگ به وزن ساقه تر اکوتیپ‌ها، اکوتیپ بافتان سراب با داشتن بیشترین مقدار این نسبت (۰/۵۱۴۵) به‌عنوان خوش‌خوراک‌ترین علوفه تر انتخاب شد و اکوتیپ‌های مارزاد سیه‌رود و گل‌تپه مراغه به‌ترتیب با مقادیر (۰/۴۹۸۰) و (۰/۴۹۸۳)، دارای کمترین مقدار نسبت وزن برگ به وزن ساقه تر بوده و پایین‌ترین درجه خوش‌خوراکی علوفه تر را داشتند. اکوتیپ‌های ساتلو و بافتان به‌ترتیب با داشتن بیشترین مقدار نسبت برگ به ساقه خشک (۰/۴۵۴۰ و ۰/۴۵۵۵) به‌عنوان خوش‌خوراک‌ترین علوفه خشک معرفی شدند در صورتی‌که کمترین مقدار این نسبت در بین اکوتیپ‌های ارزیابی شده به اکوتیپ گل‌تپه (۰/۴۳۴۸) اختصاص یافت.

نتایج تجزیه همبستگی بین صفات ارزیابی شده اکوتیپ‌های یونجه در طی دو سال (جدول ۴)، نشان داد عملکرد تر با ارتفاع بوته، عملکرد خشک و تعداد ساقه در بوته دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بوده ولی همبستگی آن با تعداد گره در ساقه و نسبت برگ به ساقه تر منفی و معنی‌دار می‌باشد، همچنین عملکرد خشک با ارتفاع بوته، عملکرد تر و تعداد ساقه در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری داشته ولی با تعداد گره در ساقه و نسبت برگ به ساقه تر دارای همبستگی منفی و معنی‌دار می‌باشد، پس چنین به نظر می‌رسد با افزایش ارتفاع بوته و تعداد ساقه در بوته عملکرد تر و خشک بیشتر و با افزایش تعداد گره در ساقه و نسبت برگ به ساقه عملکرد با کاهش روبرو می‌شود. جعفری و همکاران (Jafari and Goodarzi, 2007) و نورمند مؤید و همکاران (Noormand Moaied *et al.*, 2017) در بررسی‌های خود به همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد با ارتفاع بوته و تعداد ساقه در بوته اشاره کردند. ارتفاع گیاه با عملکرد و تعداد ساقه در بوته همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت ولی ارتباط آن با نسبت برگ به ساقه تر و خشک منفی و معنی‌دار بود. بیشترین همبستگی معنی‌دار در بین صفات، مربوط به همبستگی ارتفاع بوته با عملکرد تر و خشک بود. در بررسی نسبت برگ به ساقه ملاحظه گردید همبستگی نسبت برگ به ساقه تر با ارتفاع بوته، عملکرد تر و خشک و تعداد ساقه در بوته منفی و معنی‌دار بود. پس می‌توان نتیجه گرفت خوش‌خوراکی علوفه تر با افزایش ارتفاع بوته، عملکرد و تعداد ساقه کاهش می‌یابد، ولی نسبت برگ به ساقه خشک با ارتفاع بوته و تعداد گره در ساقه همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد که نشان‌دهنده افزایش خوش‌خوراکی علوفه

خشک با کاهش ارتفاع و تعداد گره در ساقه است. پس اگر هدف تولید علوفه خشک با کیفیت بالا باشد بایستی از ارقامی با تعداد گره در ساقه و ارتفاع کمتر استفاده شود. علاوه براین، ارتباطی بین نسبت برگ به ساقه خشک با صفات تعداد ساقه در بوته و عملکرد علوفه خشک مشاهده نگردید که اسفندیاری و همکاران (Esfandiary *et al.*, 2012) نیز در بررسی ۵ گونه یک‌ساله یونجه به نتایج مشابهی اشاره داشتند.

به‌دلیل وجود همبستگی بین متغیرها، برای بررسی رابطه متغیرهای مستقل با عملکرد، از رگرسیون گام به گام جهت تشکیل مدل رگرسیونی استفاده گردید. جدول ۵ ضرایب رگرسیون گام به گام محاسبه شده را برای عملکرد تر اکوتیپ‌های یونجه نشان می‌دهد، بر اساس این جدول به‌ترتیب متغیرهای تعداد ساقه در بوته با ضریب (۰/۷۰۸)، ارتفاع بوته با ضریب (۰/۱۹۱) تعداد گره در ساقه با ضریب (۰/۱۰۸-) بیشترین تاثیرمعنی‌دار را در مدل داشته و عملکرد تر را تحت تاثیر قرار دادند. حاذق جعفری و همکاران (Hazegh jafari *et al.*, 2014) نیز تاثیر مثبت و معنی‌دار ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیکی را تایید کردند. ضرایب رگرسیون گام به گام محاسبه شده برای عملکرد خشک اکوتیپ‌های یونجه (جدول۶)، نشان می‌دهد متغیرهای تعداد ساقه در بوته با ضریب (۰/۷۷۹)، ارتفاع بوته با ضریب (۰/۱۸۱)، نسبت برگ به ساقه خشک با ضریب (۰/۰۷۸) و تعداد گره در ساقه با ضریب (۰/۰۷۴-) در مدل قرار گرفتند. تعداد بوته در ساقه بیشترین تاثیر مثبت معنی‌دار و تعداد گره در ساقه نیز تاثیر منفی و معنی‌دار را در هر دو مدل داشتند.

نتایج تجزیه علیت صفات به‌طور جداگانه در جداول ۷ و ۸، برای عملکرد تر و خشک قابل استخراج است. بر اساس جدول ۷ ارتفاع بوته دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد تر شد و اثر مستقیم آن بر عملکرد تر برابر ۰/۱۹۱۲۴۶ به‌دست آمد ولی باید به این نکته توجه شود که بیشترین تاثیر ارتفاع بوته بر عملکرد تر به‌صورت غیرمستقیم و از طریق تعداد ساقه در بوته (۰/۴۱۵۱۹۱) می‌باشد. همبستگی تعداد گره در ساقه با عملکرد تر در حالی منفی و معنی‌دار شد که اثر مستقیم آن بر عملکرد تر برابر ۰/۱۰۸۰۰۶- بود ولی بیشترین تاثیر تعداد گره در ساقه بر عملکرد تر به‌صورت غیرمستقیم و از طریق تعداد ساقه در بوته (۰/۱۱۹۶۸۳-) به‌دست آمد. تعداد ساقه در بوته مانند ارتفاع دارای همبستگی مثبت و معنی دار با عملکرد تر شد ولی برخلاف ارتفاع بیشترین اثر آن (۰/۷۰۸۴۲۸) بر عملکرد تر به‌صورت مستقیم بود. بیشترین اثر نسبت برگ به ساقه بر عملکرد تر نیز به‌صورت مستقیم گزارش شد.

بر اساس جدول ۸ ارتفاع بوته دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد خشک بوده و اثر مستقیم آن بر عملکرد خشک برابر ۰/۱۸۱۲۹۱ به‌دست آمد این در حالی است که بیشترین تاثیر ارتفاع بوته بر عملکرد خشک به‌صورت غیرمستقیم و از طریق تعداد ساقه در بوته (۰/۴۵۶۷۶۴) بود. همبستگی تعداد گره در ساقه با عملکرد خشک در حالی منفی و معنی‌دار شد که اثر مستقیم آن بر عملکرد خشک برابر ۰/۰۷۳۷۷۱- بود ولی بیشترین تاثیر تعداد گره در ساقه بر عملکرد خشک به‌صورت غیرمستقیم و از طریق تعداد ساقه در بوته (۰/۱۳۱۶۶۸-) به‌دست آمد. تعداد ساقه در بوته مانند ارتفاع همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد خشک داشت ولی بر خلاف ارتفاع بیشترین اثر آن بر عملکرد خشک به

صورت مستقیم بود (۰/۷۷۹۳۶۳). بیشترین اثر نسبت برگ به ساقه بر عملکرد خشک نیز به‌صورت مستقیم گزارش شد. به‌طور کلی می‌توان گفت تعداد ساقه در بوته دارای بیشترین اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد تر و خشک بود و بیشترین اثر غیر مستقیم بر عملکرد تر و خشک را ارتفاع بوته از طریق تعداد ساقه در بوته داشت. در بین صفات ارزیابی شده تعداد گره در ساقه اثر منفی بر عملکرد داشت. قسمتی از این اثرات مستقیم و قسمتی دیگر غیرمستقیم و از طریق تعداد ساقه در بوته بود. نتیجه تحقیق انجام یافته توسط جاورسینه و همکاران (Javarsineh *et al.*, 2014) در مورد ارتباط بین صفات با عملکرد علوفه نشان داد ارتفاع بوته و وزن برگ بیشترین اثر مستقیم مثبت و نسبت برگ به ساقه بیشترین اثر مستقیم منفی را بر عملکرد علوفه داشتند.

برای بررسی تنوع در ژرم پلاسم گونه‌ها از روش‌های آماری چند متغیره مانند تجزیه و تحلیل خوشه‌ای جهت تعیین درجه تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها و همچنین تجزیه به عامل‌ها برای تفسیر روابط موجود میان صفات و گروه‌بندی آنها بر مبنای این روابط استفاده می‌شود (Brejea *et al.*, 2021). نتایج تجزیه به عامل‌ها براساس صفات ارزیابی شده نشان داد که بر مبنای مقادیر ویژه بالاتر از یک، دو عامل اصلی تعیین گردید. این دو عامل در مجموع حدود ۷۹ درصد از تغییرات کل را تبیین نمودند (جدول۹). از ضرایب عاملی چرخش یافته به‌روش وریماکس جدول یاد شده، می‌توان به منظور دستیابی به ساختاری مناسب و قابل تفسیر استفاده کرد و گزینش اکوتیپ‌ها را به نفع یا بر علیه یک یا چند صفت انجام داد. عامل اصلی اول ۴۹/۷۵ درصد از تغییرات کل را تبیین نمود، در تشکیل این عامل عملکرد تر، عملکرد خشک و تعداد ساقه در بوته بیشترین مقادیر بالا و مثبت را داشتند و با توجه به ماهیت صفات مذکور می‌توان تاثیر این عامل را در گزینش اکوتیپ‌هایی با عملکرد بالا توجیه کرد. عامل اصلی دوم ۲۹/۲۵ درصد از تغییرات کل را تبیین کرد، در شکل‌گیری این عامل بیشترین مقادیر بالا و مثبت را نسبت برگ به ساقه تر و نسبت برگ به ساقه خشک داشتند، صفت نسبت برگ به ساقه یکی از شاخص‌های خوش‌خوراکی علوفه است بنابراین گزینش بر اساس این عامل منجر به گزینش اکوتیپ‌هایی با کیفیت بالای علوفه خواهد شد. اهمیت‌عامل‌ها از نظرمقادیر ویژه در شکل ۱ نشان داده شده است. با بررسی گروه‌بندی ژنوتیپ‌های یونجه با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره مشخص گردید با انجام تجزیه به عامل‌ها برمبنای مقادیر ویژه بزرگتر از یک ۷۷/۰۲ درصد از تغییرات کل توسط پنج عامل تبیین شد (Hazegh jafari *et al.*, 2014). ریاسات و همکاران (Riasat *et al.*, 2021) در ارزیابی تنوع ژنتیکی ده ژنوتیپ‌های یونجه با اساس صفات بررسی شده گزارش کردند، پنج عامل اول ۹۰/۱۹ درصد از تغییرات از کل را تبیین کردند. در تحقیقی دیگر پورفرهاد و همکاران (PourFarhad *et al.*,2008) با بررسی نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی صفات ۴۹ اکوتیپ یونجه گزارش کردند ۷۴/۶۷ درصد از تغییرات کل توسط دو مؤلفه‌ی اصلی توجیه گردید. فروغی و همکاران (Frooghi *et al.*, 2018) هم به تبیین حدود ۹۶٪ از تغییرات کل توسط دو مؤلفه‌ی اصلی اشاره کردند.

برای گروه‌بندی اکوتیپ‌ها بر اساس صفات مطالعه شده، از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward استفاده شد (شکل ۲) و روش K-MEANS برای

تایید گروه‌بندی اکوتیپ‌های یونجه بر اساس سطح احتمال معنی‌دار بودن صفات به‌کار رفت (جدول ۱۰)، چون با این روش همه صفات در سطح احتمال ۵٪ فقط در تعداد گروه ۴ معنی‌دار شدند پس برش دندوگرام باید به شکلی باشد که تعداد خوشه‌ها برابر ۴ عدد شود.

خوشه اول شامل ۱۱ اکوتیپ (۳، ۲۱، ۵، ۲۹، ۳۰، ۲۳، ۲۷، ۱۳، ۲۲، ۲۵ و ۱۲)، خوشه دوم شامل فقط یک اکوتیپ (۷)، خوشه سوم شامل ۸ اکوتیپ (۸، ۱۰، ۱، ۲، ۶، ۱۱، ۹ و ۱۶) و خوشه چهارم شامل ۱۰ اکوتیپ (۱۵، ۲۰، ۲۴، ۴، ۱۴، ۱۹، ۱۸، ۲۶، ۲۸ و ۱۷) شدند. تجزیه خوشه‌ای این امکان را فراهم می‌سازد که افراد براساس صفات مختلف طوری گروه‌بندی شوند که افراد با شباهت بیشتر در گروه‌های نزدیک به هم و افراد با شباهت کمتر در گروه‌های دور از هم قرار گیرند تا امکان انتخاب افراد مناسب جهت دورگ‌گیری و دیگر کارهای اصلاحی فراهم گردد. با بررسی ویژگی عملکردی اکوتیپ‌های داخل خوشه‌ها، اکوتیپ‌ها به‌ترتیب درخوشه دوم، اول، سوم و چهارم قرار گرفتند. بنابراین، با تلاقی بین توده‌های این خوشه‌ها و آزمون نتاج می‌توان ویژگی‌های مطلوب را در یک رقم جمع کرد و نسبت به تولید واریته سنتتیک اقدام کرد.

طی تحقیقات جداگانه حاذق وهمکاران (Hazegh *et al.*, 2014)، خدارحم‌پور و معتمدی (Khodarahmpour and Motamadi, 2016) و نورمند و همکاران (Noormand *et al.*, 2017) گزارش نمودند با استفاده از تجزیه خوشه‌ای، ارقام و ژنوتیپ‌های ارزیابی شده در سه خوشه گروه‌بندی شدند. در تحقیقی دیگر تجزیه خوشه ای تنوع ژنتیکی قابل توجهی را در بین ژنوتیپ‌ها نشان داد و ۲۱ ژنوتیپ از یونجه در پنج زیر خوشه طبقه بندی گردید (Mervat *et al.*, 2022).

نتیجه‌گیری کلی

در تحقیق حاضر برخی صفات اکوتیپ‌های محلی یونجه آذربایجان از قبیل ارتفاع بوته، تعداد گره در ساقه، عملکرد علوفه تر، عملکرد علوفه خشک، تعداد ساقه در بوته، نسبت وزن برگ به وزن ساقه تر و نسبت وزن برگ به وزن ساقه خشک بررسی شدند. بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر سال به غیر از تعداد گره در ساقه بر سایر صفات معنی‌دار گردید ولی اثر اکوتیپ‌ها برروی همه صفات ارزیابی شده معنی‌دار شد که این تفاوت بیان‌گر وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر صفات مذکور می‌باشد. برهم‌کنش اکوتیپ در سال بر روی تعداد گره در ساقه غیر معنی‌دار ولی بر سایر صفات معنی‌دار گردید که نشان‌دهنده واکنش متفاوت اکوتیپ‌ها در سال‌های متفاوت می‌باشد. بر اساس مقایسه میانگین صفات بیشترین ارتفاع بوته مربوط به اکوتیپ ساتلوی خسروشاه و کمترین ارتفاع بوته متعلق به اکوتیپ اکرم‌آباد هشترود بود. بیشترین مقدار تعداد گره در ساقه برای رقم چلناب ورزقان و کمترین مقدار آن برای اکوتیپ ساتلو گزارش شد. اکوتیپ‌های ساتلو و قره‌یونجه بیشترین عملکرد تر و خشک و تعداد ساقه در بوته و اکوتیپ اکرم‌آباد کمترین عملکرد تر و خشک و تعداد ساقه در بوته را نشان دادند، چنین به‌نظر می‌رسد با توجه به یکسان بودن شرایط اقلیم، خاک و محیط برای همه اکوتیپ‌ها، تفاوت عملکرد را می‌توان به تنوع ارقام مرتبط دانست. بر اساس مقایسه میانگین نسبت وزن برگ به وزن ساقه تر اکوتیپ‌ها، اکوتیپ بافتان سراب به‌عنوان

خوش‌خوراک‌ترین علوفه تر و خشک انتخاب شد. نتایج تجزیه همبستگی بین صفات ارزیابی شده نشان داد با افزایش ارتفاع بوته و تعداد ساقه در بوته عملکرد تر و خشک بیشتر و با افزایش تعداد گره در ساقه و نسبت برگ به ساقه عملکرد با کاهش روبرو می‌شود. با توجه به همبستگی منفی و معنی‌دار نسبت برگ به ساقه خشک با ارتفاع بوته و تعداد گره در ساقه می‌توان گفت خوش خوراکی علوفه خشک با کاهش ارتفاع و تعداد گره در ساقه بیشتر می‌شود. پس اگر هدف تولید علوفه خشک با کیفیت بالا باشد بایستی از ارقامی با تعداد گره در ساقه و ارتفاع کمتر استفاده شود. بر اساس ضرایب رگرسیون گام به گام محاسبه شده برای عملکرد تر اکوتیپ‌ها، به‌ترتیب متغیرهای تعداد ساقه در بوته، ارتفاع بوته و تعداد گره در ساقه و برای عملکرد خشک اکوتیپ‌ها به‌ترتیب متغیرهای تعداد ساقه در بوته، ارتفاع بوته، نسبت برگ به ساقه خشک و تعداد گره در ساقه بیشترین تاثیر معنی‌دار را در مدل داشته و عملکرد را تحت تاثیر قرار دادند و به‌طور جداگانه در مدل قرار گرفتند. تجزیه علیت صفات برای تفکیک ضرایب همبستگی متغیرها به اثرات مستقیم و غیر مستقیم نشان داد، تعداد ساقه در بوته دارای بیشترین اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد تر و خشک بود و بیشترین اثر غیر مستقیم بر عملکرد تر و خشک را ارتفاع بوته از طریق تعداد ساقه در بوته داشت. در بین صفات ارزیابی شده تعداد گره در ساقه اثر منفی بر عملکرد داشت، قسمتی از این اثرات مستقیم و قسمتی دیگر غیر مستقیم و از طریق تعداد ساقه در بوته بود. با در نظر گرفتن نتایج تجزیه به عامل‌ها برای صفات ارزیابی شده دو عامل اصلی تعیین گردید، این دو عامل در مجموع حدود ۷۹ درصد از تغییرات کل را تبیین نمودند. در تشکیل عامل اصلی اول که ۴۹/۷۵ درصداز تغییرات کل را تبیین کرد، عملکرد تر، عملکرد خشک و تعداد ساقه در بوته بیشترین مقادیر بالا و مثبت را داشتند و با توجه به ماهیت صفات مذکور می‌توان تاثیر این عامل را در گزینش اکوتیپ‌هایی با عملکرد بالا توجیه کرد. عامل اصلی دوم ۲۹/۲۵ درصد از تغییرات کل را تبیین کرد، در شکل‌گیری این عامل بیشترین مقادیر بالا و مثبت را نسبت برگ به ساقه تر و نسبت برگ به ساقه خشک داشتند، بنابراین گزینش بر اساس این عامل منجر به گزینش اکوتیپ‌هایی با کیفیت بالای علوفه خواهد شد. اکوتیپ‌ها با توجه به نتایج تجزیه خوشه‌ای، در چهار خوشه مجزا طبقه‌بندی شدند. با بررسی ویژگی عملکردی اکوتیپ‌های خوشه‌ها، اکوتیپ‌ها به‌ترتیب درخوشه دوم، اول، سوم و چهارم قرار گرفتند. بنابراین با تلاقی بین توده‌های این خوشه‌ها و آزمون نتاج می‌توان ویژگی‌های مطلوب را در یک رقم جمع کرده نسبت به تولید واریته سنتتیک اقدام کرد.

به‌طورکلی، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که بین اکوتیپ‌های مورد مطالعه تنوع ژنتیکی معنی‌داری وجود دارد که حاکی از ارزشمند بودن این ذخایر و لزوم توجه بیشتر در حفظ، نگهداری، ارزیابی و شناسایی آنهاست و همچنین برخی از اکوتیپ‌ها با داشتن توان تولید بالا و یا صفات مطلوب دیگر می توانند در برنامه های به‌نژادی نیز مورد استفاده قرار بگیرند و منشأ تولید ارقام اصلاح شده باشند. صفات مؤثر شناسایی شده در تنوع بین اکوتیپ‌ها شامل ارتفاع بوته، تعداد گره در ساقه، عملکرد علوفه تر، عملکرد علوفه خشک، تعداد ساقه در بوته، نسبت وزن برگ به وزن ساقه تر و نسبت وزن برگ به وزن ساقه خشک می‌باشند.

تشخیص تنوع این صفات بین جمعیت های یونجه زراعی به اصلاحگران این امکان را می‌دهد تا با استفاده از نشانگرهای ملکولی بر صفاتی که باعث تنوع شده‌اند تمرکز بیشتری داشته باشند. مسلماً به کمک این نشانگرها می‌توان نسبت به شناسایی تنوع در ژرم‌پلاسم‌های یونجه و نگهداری و ذخیره این ژرم‌پلاسم‌ها اقدام نمود.

جدول۱- نام و محل جمع‌آوری ۳۰ اکوتیپ یونجه

Table 1. Name and collection sites of 30 alfalfa ecotypes

شماره NO.	نام اکوتیپ Ecotype	محل جمع‌آوری Place of collection	شماره NO.	نام اکوتیپ Ecotype	محل جمع‌آوری Place of collection
1	مارزاد Marzad	سیه رود Siahrud	16	سیویار Siviar	هشترود Hashtrud
2	قرآن چای Qeran-Chay	کلیبر Kaleibar	17	اکرم آباد Akramabad	هشترود Hashtrud
3	لقلان Leqlan	هوراند Horand	18	بالسین Balsin	میانه Mianeh
4	زنوزق Zonuzaq	زنوز Zonuz	19	باش کند Bash-Kand	تیکمه داش Tikmah-Dash
5	سیوان Saivan	مرند Marand	20	عین الدین Ein-Ol-Din	تیکمه داش Tikmah-Dash
6	خورخور Khor-Khor	ایلخچی Ilkhichi	21	بافتان Baftan	سراب Sarab
7	ساتلو Satellu	خسروشاه Khosrowshah	22	ایلان جوق Ilanjoq	اردبیل Ardabil
8	اسماعیل آباد Ismailabad	ملکان Malekan	23	خواجه Khajeh	هریس Heris
9	گل تپه Gol-Tappeh	مراغه Maragheh	24	گوراوان Goravan	هریس Heris
10	آلمالو Almalu	عجب شیر Ajabshir	25	دیزج صفرعلی Dizaj-Safarali	ورزقان Varzaqan
11	کرده ده Kordeh-Deh	مراغه Maragheh	26	کردلو Kordlou	اهر Ahar
12	اسپرخون Isperakhoun	تبریز Tabriz	27	جوشین Jushin	ورزقان Varzaqan
13	قره بابا Qara_baba	بستان آباد Bostanabad	28	چلناب Chaltab	ورزقان Varzaqan
14	ذوالبین Zu-Ol-Bin	هشترود Hashtrud	29	المرد Almord	ورزقان Varzaqan
15	زاویه Zavieh	هشترود Hashtrud	30	قره یونجه Qara- Yonjeh	

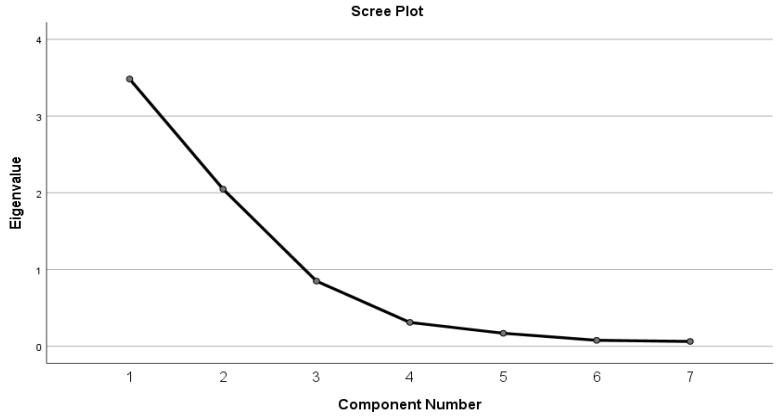
جدول ۲ - تجزیه واریانس مرکب عملکرد و صفات زراعی اکوتیپ‌های یونجه در دو سال

Table 2- Combined analysis of variance for yield and agronomical traits of alfalfa ecotypes in two years

منبع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean squares)						
		ارتفاع بوته plant Height	تعداد گره در ساقه Number of nod	عملکرد Freshتر yield	عملکرد خشک Dry yield	تعداد ساقه در بوته Number of stem	نسبت برگ به ساقه تر Fresh Leaf:Stem	نسبت برگ به ساقه خشک Dry Leaf:Stem
بلوک Block	2	10.58*	0.56 ns	7.592 ns	0.051 ns	8.832 ns	0.0000018 ns	0.0000062 ns
سال Year	1	4264**	0.23 ns	104.6**	28.14**	120.3**	0.011**	0.006**
سال × بلوک (خطای a) Year × Block (Ea)	2	0.11	0.35	4.387	0.013	0.524	0.00000061	0.00000029
اکوتیپ Ecotype	29	37.08**	2.51**	39.94**	8.28**	33.08**	0.0000911**	0.000154**
اکوتیپ × سال Ecotype × Year	29	8.33*	0.06 ns	2.562*	0.57**	3.33**	0.000038**	0.000094**
خطای b (Eb)	116	4.59	0.21	1.618	0.19	1.57	0.000017	0.000036
ضریب تغییرات (٪) C.V.		2.88	4.41	6.62	4.71	4.81	0.26	0.44

ns، * و ** : به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns, **& *: respectively non significant and significant at the 1% and 5%probability level.



شکل ۱- نمودار scree plot بدست آمده از تجزیه عاملی اکوتیپ‌های یونجه

Figure 1- Scree plot obtained from the factor analysis of alfalfa ecotypes

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و صفات زراعی اکوتیپ‌های یونجه در دو سال

Table 3- Mean comparison of yield and agronomical traits of alfalfa ecotypes in two years

شماره اکوتیپ Ecotype No.	ارتفاع گیاه plant height(cm)	تعداد گره در ساقه Number of Nod	عملکرد تر Fresh yield (T. ha^{-1})	عملکرد Dryخشک yield (T. ha^{-1})	تعداد ساقه در بوته Number of Stem	نسبت برگ به ساقه تر Fresh Leaf:Stem	نسبت برگ به ساقه Dryخشک Leaf:Stem
1	72.55e-i	10.200g-m	18.64g-j	9.02k-n	25.46g-k	0.4980m	0.4357g-j
2	73.02d-i	10.317f-l	18.81g-j	9.47i-k	26.08f-i	0.5001h-j	0.4395c-e
3	75.92bd	10.417f-l	22.25bc	10.79c-e	28.89b-d	0.4988k-m	0.4372e-j
4	72.53e-i	9.783l-m	16.78k-m	8.22o-q	23.62lm	0.5002h-l	0.4385d-f
5	76.63bc	10.367f-l	22.05b-d	10.85b-e	28.89b-d	0.4992i-m	0.4358g-j
6	73.88c-h	10.667d-i	17.40j-l	8.59m-q	24.44j-l	0.5037de	0.4388c-f
7	81.52a	9.067n	24.45a	12.22a	31.30a	0.5082c	0.4540a
8	74.73c-f	10.083i-m	19.18f-i	9.21j-l	26.10f-i	0.5013g-h	0.4380e-h
9	73.90c-h	10.533c-k	18.81g-j	9.22j-l	25.68g-j	0.4983m	0.4348j
10	74.98c-f	9.617mn	19.52e-h	9.70h-j	26.25f-h	0.5042de	0.4397c-e
11	74.12c-h	10.500f-k	17.79i-l	8.81l-o	24.55i-l	0.5042de	0.4397c-e
12	76.07bc	10.550e-k	20.04e-g	9.80g-i	27.01e-g	0.4990j-m	0.4358g-j
13	75.30c-e	9.617mn	20.67c-f	10.19f-h	27.36d-f	0.5042de	0.4407cd
14	71.35hi	10.800d-g	16.82k-m	8.38o-q	23.68lm	0.5030e-g	0.4397c-e
15	72.67e-i	10.00j-m	17.54i-l	8.70l-p	23.94k-m	0.5038de	0.4385d0f
16	74.48c-g	10.133h-m	18.26h-k	9.08k-m	24.94h-l	0.5027e-g	0.4390c-f
17	70.53i	11.417bc	15.41m	7.65r	22.55m	0.5037de	0.4388c-f
18	71.43hi	11.133b-e	16.6k-m	8.23o-q	23.57lm	0.5030e-g	0.4397c-e
19	71.45hi	10.900c-f	16.87k-m	8.36o-q	24.00k-m	0.4993i-m	0.4353ij
20	73.03d-i	10.017j-m	17.25i-l	8.55m-q	24.13j-m	0.5043de	0.4397c-e
21	75.95bd	10.400f-l	22.13b-d	10.90b-d	28.92b-d	0.5145a	0.4555a
22	76.32bc	10.383f-l	20.54d-f	10.28e-g	27.57d-f	0.5127b	0.4510b
23	75.40c-e	10.050i-m	21.16c-e	10.56c-f	28.11c-e	0.5017f-h	0.4378e-i
24	72.27f-i	10.483f-k	17.22j-l	8.45n-q	24.01k-m	0.5052d	0.4413c
25	76.62bc	10.633d-j	20.93c-e	10.33d-g	27.90c-e	0.5032ef	0.4382d-g
26	71.57g-i	10.767d-h	16.29lm	8.07qr	23.36lm	0.5002h-l	0.4367f-j
27	74.90c-f	9.917k-m	20.93c-e	10.41c-f	27.86c-e	0.5008hi	0.4378e-i
28	72.07f-i	12.350a	16.51lm	8.10p-r	23.59lm	0.4985lm	0.4358g-j
29	78.28b	11.183b-d	22.30bc	10.93bc	29.41bc	0.4990g-m	0.4355h-j
30	78.38b	11.533b	23.12ab	11.39b	29.86b	0.5003h-k	0.4378e-i

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, the means with at least one common Latin letter are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's test.

جدول ۴- ضرایب همبستگی ساده بین صفات ارزیابی شده اکوتیپ‌های یونجه در طی دو سال

Table 4- Simple correlation coefficients between studied traits of alfalfa ecotypes in two years

صفات Traits	ارتفاع بوته Plant height (1)	تعداد گره در ساقه Number of nod (2)	عملکرد تر Fresh yield (3)	عملکرد خشک Dry yield (4)	تعداد ساقه در بوته Number of stem (5)	نسبت برگ به ساقه تر Fresh leaf:stem (6)	نسبت برگ به ساقه خشک Dry leaf:stem(7)
(1)	1						
(2)	- 0.08 ns	1					
(3)	0.570**	-0.252**	1				
(4)	0.609**	-0.236**	0.904**	1			
(5)	0.586**	-0.169*	0.829**	0.895**	1		
(6)	-0.658**	-0.137 ns	-0.181*	-0.175*	-0.196**	1	
(7	-0.444**	-0.204**	-0.028 ns	-0.015 ns	-0.034 ns	0.893**	1

ns ، * و **:به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns, **, *: respectively non significant and significant at the 1% and 5%probability level.

جدول ۵- ضرایب رگرسیون گام به گام عملکرد تر اکوتیپ‌های یونجه

Table 5- Stepwise regression coefficients of fresh yield of alfalfa ecotypes

متغیرهای باقی مانده در مدل Residual variables in the model		ضرایب رگرسیون استانداردشده Standardized regression coefficients	ضرایب رگرسیون غیر استاندارد Unstandardized regression coefficients
عرض از مبدا Y-intercept		-----	-12.308^{ns}
ارتفاع بوته Plant height		0.191	0.091**
تعداد گره در ساقه No. Nod		-0.108	-0.397*
تعداد ساقه در بوته No. Stem		0.708	0.708**
نسبت برگ به ساقه تر F. Leaf:Steam		0.068	20.840^{ns}

ns، * و **:به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns, *&**respectively non significant and significant at the 5% and 1%probability level:

DW= 1.829 و Residual = 0.540 باقی مانده مدل

Adjustedتصحیح شدهR^2=0.702 R^2 =0.709

جدول ۶- ضرایب رگرسیون گام به گام عملکرد خشک اکوتیپ‌های یونجه

Table 6- Stepwise regression coefficients of dry yield of alfalfa ecotypes

متغیرهای باقی مانده در مدل Residual variables in the model		ضرایب رگرسیون استانداردشده Standardized regression coefficients	ضرایب رگرسیون غیر استاندارد Unstandardized regression coefficients
عرض از مبدا Y-intercept		-----	-6.905*
ارتفاع بوته Plant height		0.181	0.041**
تعداد گره در ساقه Number of Nod		-0.074	-0.128*
تعداد ساقه در بوته Number of Stem		0.779	0.369**
نسبت برگ به ساقه خشک Dry Leaf:Steam		0.078	11.582*

ns، * و **:به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns, *&**respectively non significant and significant at the 5% and 1%probability level:

DW= 1.829 و Residual = 0.540 باقی مانده مدل

Adjustedتصحیح شدهR^2=0.702 R^2 =0.709

جدول ۷- تجزیه علیت صفات مرتبط با عملکرد تر اکوتیپ‌های یونجه در دو سال

Table 7- Path analysis of traits related to fresh yield of alfalfa in two years

		اثر غیر مستقیم از طریق صفات Indirect effect				
صفات Traits	اثر مستقیم Direct effect	ارتفاع بوته Plant height	تعداد گره در ساقه Number of Nod	تعداد ساقه در بوته Number of Stem	نسبت برگ به ساقه تر Fresh Leaf:Steam	همبستگی ساده متغیرهای مستقل باعملکرد تر r
ارتفاع بوته Plant height	0.191246	-	0.008659	0.415191	-0.045048	0.570**
تعداد گره در ساقه Number of Nod	-0.108006	-0.015333	-	-0.119683	-0.009356	-0.252**
تعداد ساقه در بوته Number of Stem	0.708428	0.112084	0.018247	-	-0.013395	0.825**
نسبت برگ به ساقه تر Fresh Leaf:Steam	0.068442	-0.125876	0.014764	-0.138650	-	-0.181*

جدول ۸- تجزیه علیت صفات مرتبط با عملکرد خشک اکوتیپ‌های یونجه در دو سال

Table 8- Path analysis of traits related to dry yield of alfalfa in two years

اثر غیر مستقیم از طریق صفات Indirect effect						
صفات Traits	اثر مستقیم Direct effect	ارتفاع بوته Plant height	تعداد گره در ساقه No. Nod	تعداد ساقه در بوته No. Stem	نسبت برگ به ساقه تر D. Leaf:Steam	همبستگی ساده متغیرهای مستقل با عملکرد خشک r
ارتفاع بوته Plant Height	0.181291	-	0.005915	0.456764	-0.034488	0.609**
تعداد گره در ساقه No. Nod	-0.073771	-0.014535	-	-0.131668	-0.015848	-0.236**
تعداد ساقه در بوته No. Stem	0.779363	0.106250	0.012463	-	-0.002678	0.895**
نسبت برگ به ساقه خشک D. Leaf:Steam	0.077640	-0.080529	0.015058	-0.026890	-	-0.015^{ns}

جدول ۹- نتایج تجزیه به عامل‌های اصلی صفات مورد مطالعه در اکوتیپ‌های یونجه

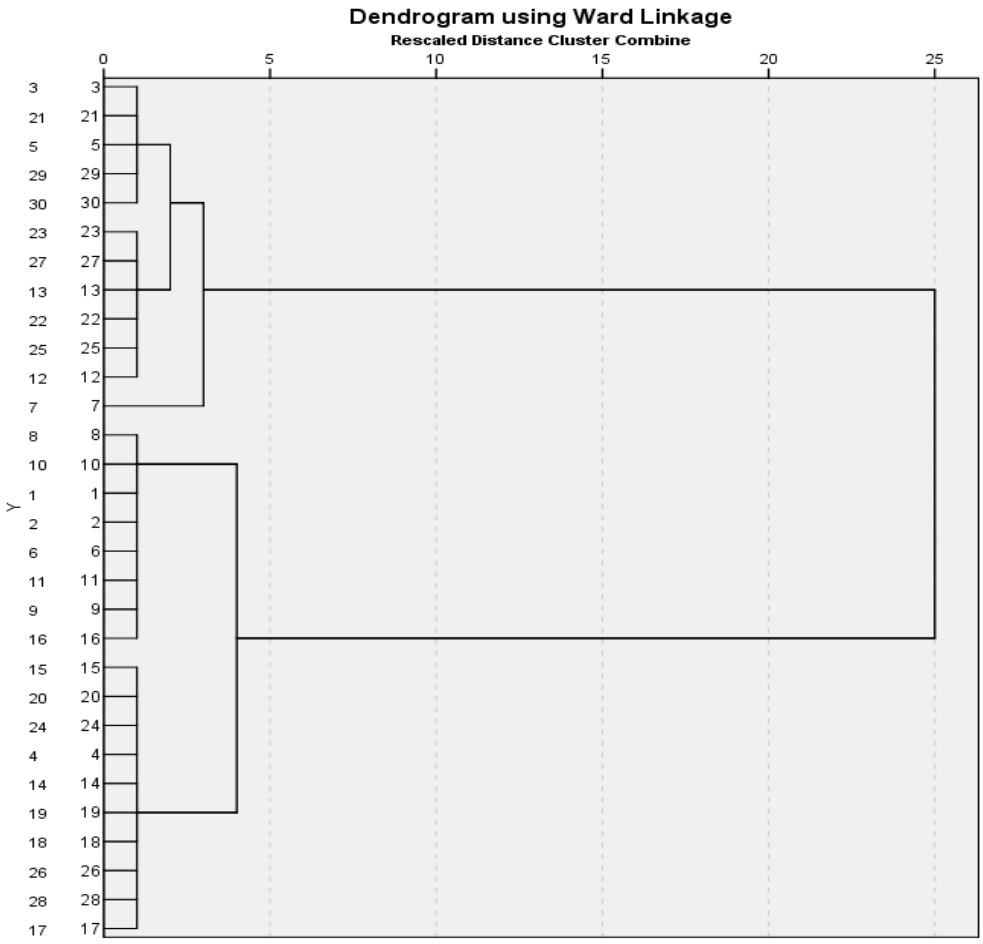
Table 9-The results of analyzing the main factors of studied traits in alfalfa ecotypes

صفات Traits		عامل اول F1	عامل دوم F2
ارتفاع بوته	Plant height	0.652	-0.579
تعداد گره در ساقه	No. Nod	-0.374	-0.343
عملکرد تر	Fresh yield	0.936	-0.043
عملکرد خشک	Dry yield	0.963	-0.044
تعداد ساقه در بوته	No. Stem	0.922	-0.074
نسبت برگ به ساقه	F. leaf:stem	-0.159	0.955
نسبت برگ به ساقه	D. leaf:stem	0.033	0.943
مقادیر ویژه	Eigen value	3.482	2.048
واریانس نسبی	Percent of Variance	49.746	29.253
واریانس تجمعی	Cumulative Percentage	49.746	78.999

جدول ۱۰- روش K-MEANS برای تایید گروه‌بندی اکوتیپ‌های یونجه بر اساس سطح احتمال معنی‌دار بودن صفات

Table 10- K-MEANS method to confirm the grouping of alfalfa ecotypes based on the probability level of significance of traits

تعداد گروه No. group	ارتفاع بوته P. height	تعداد گره در ساقه No. nod	عملکرد تر Fresh yield	عملکرد خشک D. yield	تعداد ساقه در بوته No. stem	نسبت برگ به ساقه تر F. leaf:stem	نسبت برگ به ساقه خشک D. leaf:stem
3	0.00	0.284**	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.025	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



شکل ۲- دندوگرام حاصل از تجزیه کلاستر اکوتیپ‌های یونجه بر اساس صفات مطالعه شده

Figure 2- Dendogram resulting from the cluster analysis of alfalfa ecotypes based on the studied traits

References منابع مورد استفاده

•Annicchiarico, P., B. Barrett, E.C. Brummer, B. Julier, and A.H. Marshall. 2015. Achievements and challenges in improving temperate perennial forage legumes. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 34(13): 327-380.

•Assefa, K., G. Cannarozzi, D. Girma, R. Kamies, S. Chanyalew, S. Plaza-Wüthrich, R. Blösch, A. Rindisbacher, S. Rafudeen, and Z. Tadele. 2015. Genetic diversity in tef [Eragrostistef (Zucc.) Trotter]. *Front. Plant Science.* 6: 177.

•Basbag, S., and O. Gencer. 2007. Investigation of some yield and fibre quality characteristics of interspecific hybrid (*Gossypium hirsutum* L. × *G. Barbadense* L.) cotton varieties. *Hereditas*. 144(1): 33 –42.

•Brejea, R.; S. Rosca, F.D. Taut, S. Bilas, C. Domut, and I.M. Borza. 2021. Quantitative GIS model for evaluating the favorability of alfalfa (*Medicago sativa* L.) culture for suitable varieties in Romania. *Applied Science*. 11: 4205.

•Capstaff, N.M.; and A.J. Miller. 2018. Improving the yield and nutritional quality of forage crops. *Front. Plant Science.* 9: 535–547.

•Esfandiary, S., A.M. Hasanli, and H. Safari. 2012. Study of physiologic traits and forage yield of five annual medic species in irrigation conditions. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*. 19(2): 201-210. (In Persian).

•Faraghei, Sh., M. Farshadfar, and E. Farshadfar. 2007. Study of chemical composition and nutritionvalue of perennial lucerne (*Medicago sativa* L.) and genetic diversity based on SDS-PAGE marker. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*. 15: 196-210. (In Persian).

•Fernandez, A., C. Sheaffer, N. Tautges, D. Putnam, and M. Hunter. 2019. Alfalfa, wildlife, and the environment. National Alfalfa and Forage Alliance.

•Frooghi, A., A. Biyabani, A. Rahemi, and G.A. Rasam. 2018. Investigating yield and its related traits by using components analysis of different varieties of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*. 12(2): 317-336. (In Persian).

•Ghanizadeh, N., A. Moghaddam, and N. Khodabandeh. 2014. Comparing the yield of alfalfa cultivars indifferent harvests under limited irrigation condition. *International Journal of Biosciences*. 4: 131-138. (In Persian).

•Gill, B.S., B. Friebe, W.J. Raupp, D.L. Wilson, T.S. Cox, and R.G. Sears. 2006. Wheat genetics resource center: the first 25 years. *Advances in Agronomy*. 89: 73-136.

•Hazegh Jafari, H., S. Aharizad, S.A. Mohammadi, F. Noormand Moayyed, and P. Behrooz. 2014. Grouping of alfalfa genotypes based on different characteristics using multi variate statistical analysis. *Journal of Crop Breeding*. 6: 107-121. (In Persian).

•Jafari, A.A., and A. Goodarzi. 2007. Genetic variation for yield and its relationships with quality and agronomic traits in 72 accessions of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*. 14(4): 215-299. (In Persian).

•Javarsineh, A., M. Barari, and R. Karimi. 2014. Path analysis of traits related the yield and quality inalfalfa. Master Thesis, Ilam University, Ilam, Iran. (In Persian).

•Joshi, V., and B.R. Patil. 2018. Correlation and path coefficient analysis in segregating population of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Internatioal Journal of Current Microbiology Applied Science*. 7(8): 125 –135.

•Jungers, J., J. Cherney, K. Martinson, A. Jaqueth, and C. Sheaffer. 2020. Forage nutritive value of modern alfalfa cultivars. *Crop Forage*. 6: 45–58.
•Khodarahmpour, Z., and M. Motamedi. 2016. Study of genetic diversity of alfalfa (*Medicago sativa* L.) genotypes via multivariate analysis. *Journal of Crop Breeding*. 8(19): 163-169. (In Persian).
•Lopes, A.R., D. Bello, A. Prieto-Fernández, C. Trasar-Cepeda, C.M. Manaia, and O.C. Nunes. 2015. Relationships among bulk soil physicochemical, biochemical, and microbiological parameters in an organic alfalfa-rice rotation system. *Environmental Science and Pollution Research*. 22(15): 11690-11699.
•Mahdavi, A.M., A.H. Ghorji, and M. Rafiey. 2013. Analysis of correlation coefficients between grain yield and its other components in advanced barley genotypes. *Crop Physiology Journal.* 13(3):88-104. (In Persian).
•Mervat R., I.S. Khalid, S. Alshallash, F. Ahmed Safhi, A. Alatawi, S. Mesfer, S. El Dessoky, T. Ashwaq, M. Mohammed, S. Gharib, W. Wafaa, M. Shafie, M.A. Mamdouh, and M. Fadia. 2022. Genetic diversity, analysis of some agro-morphological and quality traits and utilization of plant resources of alfalfa. *Genes*. 13: 1521.
•Moaeir, A.H. 2003. Variation of alfalfa nutrition value from harvest to consumption in animal nutrition. MSc. Thesis, College of Animal Science, Abu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. (In Persian).
•Mofidian, S.M.A., A.R. Agha Shahi, and A. Moghadam. 2013. Quantitative and qualitative farage yield of cold-region alfalfa ecotypes of Iran. *Seed and Plant Production Journal*. 29(4): 729-745. (In Persian).
•Monteros, M.J., Y. Han, and E.C. Brummer. 2014. Alfalfa. In: Kole, C., Genetics, genomics and breeding of forage crops. 187-219.
•Nielsen, N.H., G. Backes, J. Stougaard, S.U. Andersen, and A. Jahoor. 2014. Genetic diversity and population structure analysis of European hexaploid bread wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. *PloS One.* 9: 4:e94000.
•Noormand Moaied, F., A. Jafari, A. Razban Haghighi, and F. Seyyedi Sahebari. 2017. Evaluationforage yield and quality of alfalfa (*Medicago sativa*) accessions in dryland conditions of Eastern Azerbaijan. *Journal of Plant Ecophysiology*. 10(32): 164-182. (In Persian).
•Pilorgé, E., and F. Muel. 2016. What vegetable oils and proteins for 2030? Would the protein fractionbe the future of oil and protein crops? *OCL*. 23(4):402.
•Poor-Fahad, A. 2008. Genetic diversity and grouping the genotypes of midicago sativa throughanalizing multivariate statistical methods. M.Sc. Thesis on Plant Breeding. Islamic Azad University. Tabriz Branch, 82 pp. (In Persian).
•Putnam, D.H., M. Russelle, S. Orloff, J. Kuhn, L. Fitzhugh, L. Godfrey, A. Kiess, and R. Long. 2001.Alfalfa wildlife and the environment-the importance and benefits of alfalfa in the 21st century. California Alfalfa and Forage Association, Novato, CA. http://alfalfa.ucdavis.edu.
•Rastghar, M.A. 2006. Cultivation of fodder plants. Barahmand Publications. Tehran. Iran. 540 pp. (In Persian).
•Rezaei, A. 1994. Alfalfa breeding. University Publication. Center Markaze Nashr Daneshghahi. Tehran, 120 pp (In Persian).

•Riasat, S., H.M.N. Cheema, I.U. Haq, M.A. Munir, M.Z. Mushtaq, and A. Ghani. 2021. Genetic diversity estimation in alfalfa (*Medicago sativa* L.) genotypes using SSR markers, morphological and yield related traits. *Journal of Agricultural Research*. 59: 133–139.

•Schneider, A., I. Molnár, and M. Molnár-Láng. 2008. Utilisation of aegilops (goatgrass) species to widen the genetic diversity of cultivated wheat. *Euphytica*. 163(1): 1-19.

•Sharma, K.K., J.H. Crouch, and C.T. Hash. 2002. Application of biotechnology for crop improvement: prospect and constraints. *Journal of Plant Scicence*. 163: 381 - 395.

•Tadesse, W., and E. Bekele. 2001. Factor analysis of yield in grasspea (*Lathyrus sativus* L.). *Newsletter*. 2: 416-421.

•Tajrishi, S.A.M.H., K. Mostafavi, and V. Ghotbi. 2019. Evaluation of some cultivars and ecotypes of alfalfa (*Medicago sativa* L.) for agronomic, morphological and qualitative traits. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*. 15(2)46-62. (In Persian).

•Tucak, M., S. Popovic, T. Cupic, V. Spanic, and I. Jug. 2011. Phenotypic diversity of alfalfa (*Medicago sativa* L.) germplasm. *Poljoprivreda*. 17: 36-41.

•Zamanian, M., A. Hashemi-Dezfoli, and A. Majidi. 2001. Morphological and agronomic evaluation of forage yield in alfalfa cultivars of seven Iranian and foreign. *Seed and Plant Journal*.16: 1-14. (In Persian).

Research Article DOI:

Investigating the Yield and some Agronomic Traits of Alfalfa Local Ecotypes in Azerbaijan Region

Younes Rameshknia[1], Varahram Rashidi[2], Hasan Monirifar[3*], and Elnaz Sabbaghtazeh[4]

Received: February 2024, Revised: 5 July 2024, Accepted: 5 August 2024

Abstract

In order to investigate the yield and some agronomic traits of 30 local alfalfa ecotypes in Azerbaijan region, an experiment was carried out in completely randomized block design with three replications over two years. Based on the results of combined variance analysis, the effect of ecotypes on plant height, number of nodes per stem, yield of fresh fodder, yield of dry fodder, number of stems per plant, ratio of leaf to fresh stem and ratio of leaf to dry stem were significant. The effect of year was significant on other traits except the number of nodes in the stem. The interaction of ecotype in the year was significant on all traits except number of nodes in the stem. The ecotypes of Satellu and Qara yonja had the highest wet and dry yield, and Baftan ecotype had the best quality of wet and dry fodder. The results of correlation analysis showed that with the increase in the plant height and the number of stems, the wet and dry yield increased, and according to the negative and significant correlation of the ratio of leaves to dry stems with the plant height and the number of nodes in the stem, it can be concluded that dry fodder is more edible with a decrease in height and the number of nodes in the stem. Based on the step-by-step regression coefficients calculated for the yield of wet ecotypes, respectively, the variables of the number of stems, plant height, number of nodes, and for the dry yield of ecotypes, respectively, the number of stems, plant height, leaf to dry stem ratio and the number of nodes with the most significant effect were included in the corresponding model. The number of stems had the most direct and positive effect on wet and dry yields, and the most indirect effect on wet and dry yields was plant height through the number of stems per plant. Results of factor analysis showed two main factors explained about 79% of the total changes. Ecotypes were classified into four separate clusters based on the results of cluster analysis performed by ward method.

Key words: Genetic Diversity, Factor Analysis, Clustering, Alfalfa, Path Analysis, Yield.

1- Department of Agronomy and Plant Breeding, Ta.C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
2-Assoc. Prof. Department of Agronomy and Plant Breeding, Ta.C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran
3-Assoc. Prof., Horticulture and Crops Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran.
4-Department of Soil Science, Ta.C., Islamic Azad University, and Sustainable Development Management Research Center of Urmia Lake basin and Aras River, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
* *Corresponding author: monirifar@yahoo.com*