

## The effect of habitat altitude on the diversity of yield and morphological traits and ploidy levels in *Elymus tauri* in northwest Iran

A. Abdi Ghazi Jahani<sup>\*1</sup> and N. Khaliq Oghlu Aminov<sup>2</sup>

1\* Corresponding author, Research Division of Natural Resources, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Tabriz, Iran. E-mail: aabdigazijahani@gmail.com

2 Scientific board of the faculty of the National Academy of Sciences of the Republic of Azerbaijan, Faculty of Genetic Resources, Baku, Azerbaijan.

Received: 27.04.2023

Accepted: 20.09.2023

### Extended Abstract

#### Background and purpose:

Wheatgrass *Elymus tauri* (Boiss & Balansa) is a drought- and cold-resistant species that grows on rocky, stony slopes with steep slopes in Azerbaijan, Alborz and some parts of Zagros, Iran. It is a perennial plant. It has a strong root and is resistant to excessive livestock grazing. It is one of the delicious species of pasture for livestock grazing. The genetic diversity of grasses is affected by various factors such as human activities, the environment, pollination system, genetic drift, and population size. Therefore, ecogeographical factors are also important influencing factors in the populations' structure and genetic diversity. The aim of this study was to investigate the effect of habitat height and ploidy level on the diversity of structural and functional traits of *Elymus tauri* populations in the northwest of Iran.

#### Methodology:

The experimental materials included the seeds of 12 native populations of *E. tauri*, which were mainly collected from the pastures of East Azerbaijan and Ardabil provinces. At the time of collection, the altitude and geographical coordinates of locations were recorded using GPS. The collected seeds were sown in a research farm using a randomized complete block design in four replications in the northwest of Tabriz city, Iran, at 1350 m above sea level and on the edge of the Aji Chai River. The region's climate is semi-arid, the texture of the station's soil is light loamy and sandy, and the amount of soil organic matter and chemical elements (NPK) was weak to moderate. The electrical conductivity was measured as EC=6.2 millimos per square centimeter. Soil pH (pH=7.55) was alkaline. Each plot contains four 6m lines. The distance between lines was 40 cm, and the distance between plants on each line was 40 cm. Irrigation was made during the plant growth period. The number of 10 plants from the two middle rows of each plot was randomly selected, and yield and morphological traits were measured and recorded. Genotypes were grouped based on habitat altitude and ploidy levels. A statistical analysis (T-test method) was made between two groups for habitat altitude.

#### Results:

The results of the T-test analysis between the two altitude ranges showed there were significant differences between the two altitudes in terms of the tillers number, the length of the second leaf, the fresh and dry weight of the plant, the number of fertile tillers, the number of infertile tillers, the length of the spike, the length of the flag leaf and number of spikelets ( $P<0.05$ ). The means of populations in the upper areas were higher than those in the lower areas. Grouping based on altitude showed that populations at altitudes less than 1600 m above sea level were diploid, while populations at altitudes higher than 1700 m were tetraploid. The cluster analysis and principal component analysis (PCA) results confirmed the grouping of populations based on habitat altitude and ploidy levels. Also, the biplot of PC1 vs. PC2 confirmed the grouping of

cluster analysis.

**Conclusion:**

This plant had better adaptation in high altitude habitats, so it has grown better in cold conditions than in mild temperate and plain areas. The higher mean values of many traits in the tetraploid populations confirmed the correction of the grouping. Considering that this species grows more in cold regions, it was suggested to use polyploid populations from higher altitude areas to improve breeding varieties.

**Keywords:** Functional traits, structural traits, grouping, habitat height, diploid, tetraploid.

## بررسی تأثیر ارتفاع رویشگاه بر تنوع صفات ساختاری و عملکردی و سطوح پلوئیدی در گونه چمن گندمی (*Elymus tauri* (Boiss. & Balansa) در شمال غرب کشور

اکبر عبدی قاضی جهانی\*<sup>۱</sup> و نایب خالق اوغلو امینو<sup>۲</sup>

\* نویسنده مسئول مکاتبات، عضو هیئت علمی بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران. پست الکترونیک: a.abdi@areeo.ac.ir

<sup>۲</sup> عضو هیئت علمی آکادمی ملی علوم جمهوری آذربایجان، دانشکده منابع ژنتیکی، باکو، آذربایجان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۲۹

### چکیده

سابقه و هدف: چمن گندمی (*Elymus tauri* (Boiss. & Balansa) از گونه‌های مقاوم به خشکی و سرما است که در دامنه‌های صخره‌ای، سنگلاخی با شیب تند آذربایجان، البرز و بخشی از زاگرس می‌روید. گیاهی چندساله است. ریشه‌ای قوی و مقاوم در برابر چرای مفراط دام‌ها دارد. از گونه‌های خوش‌خوراک مرتعی برای چرای دام می‌باشد. تنوع ژنتیکی گراس‌ها تحت تأثیر عوامل مختلف مانند فعالیت‌های بشری، محیطی، سیستم گرده‌افشانی، رانش ژنتیکی و اندازه جمعیت قرار می‌گیرد. از این رو، عوامل اکوجغرافیایی نیز از فاکتورهای مهم تأثیرگذار در ساختار و تنوع ژنتیکی جمعیت‌ها هستند. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر ارتفاع رویشگاهی و سطح پلوئیدی بر تنوع صفات ساختاری و عملکردی جمعیت‌های گونه *Elymus tauri* در شمال غرب ایران بود.

مواد و روش‌ها: مواد آزمایشی شامل بذر ۱۲ جمعیت بومی گونه *E. tauri* بود که عمدتاً از مراتع استان‌های آذربایجان شرقی و اردبیل جمع‌آوری شد. در زمان جمع‌آوری، ارتفاع از سطح دریا موقعیت جغرافیایی با GPS ثبت شد. بذرها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار در مزرعه تحقیقاتی در شمال غربی شهر تبریز در ارتفاع ۱۳۵۰ متری و در حاشیه رودخانه آجی‌چای کاشته شدند. آب و هوای منطقه نیمه‌خشک، بافت خاک ایستگاه از نوع لومی سبک و شنی، میزان مواد آلی و عناصر شیمیایی خاک (NPK) ضعیف تا متوسط بود. هدایت الکتریکی ۶/۲ میلی‌موس بر سانتی‌متر مربع بود. pH خاک مزرعه (pH=۷/۵۵) قلیایی بود. برای جلوگیری از اثرهای سوء رقابت بین گیاهان، از هر تیمار ۴ لاین کشت شد. فاصله بین خطوط ۴۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها هم در هر خط ۴۰ سانتی‌متر بود. آبیاری و وجین علف‌های هرز در طول دوره کاشت انجام شد. تعداد ۱۰ بوته از دو ردیف میانی هر کرت به طور تصادفی انتخاب و صفات عملکردی و ساختاری اندازه‌گیری و ثبت گردید. ژنوتیپ‌ها بر اساس ارتفاع رویشگاهی و سطوح پلوئیدی گروه‌بندی شدند. تجزیه داده‌های دو دامنه ارتفاعی (منشأ جمع‌آوری بذر) بر اساس آزمون T تست مقایسه شدند.

یافته‌ها: نتایج تجزیه آزمون T تست نشان داد که بین دو دامنه ارتفاعی از لحاظ میانگین کل صفات تعداد کل پنجه، طول برگ دوم، وزن بوته، وزن خشک بوته، عملکرد علوفه خشک، تعداد پنجه بارور، تعداد پنجه غیربارور، طول سنبله، طول برگ پرچم و تعداد سنبله‌چه در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار وجود داشت. در بیشتر صفات مورد بررسی بین جمعیت‌های واقع در دو دامنه ارتفاعی تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به طوری که میانگین صفات ساختاری و عملکردی در نواحی مرتفع نسبت به نواحی کم ارتفاع کاملاً برتری داشت. گروه‌بندی بر اساس ارتفاع رویشگاهی نشان داد که جمعیت‌های واقع در ارتفاعات کمتر از ۱۶۰۰ متر از سطح دریا عمدتاً دیپلوئید بودند، در صورتی که جمعیت‌های واقع شده در ارتفاعات بالاتر از ۱۷۰۰ متر تتراپلوئید بودند. نتایج تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صفات مورد مطالعه، گروه‌بندی جمعیت‌ها را بر اساس ارتفاع رویشگاهی و سطوح پلوئیدی تأیید کرد. همچنین نمودار بای‌پلات، ضمن تأیید گروه‌بندی تجزیه خوشه‌ای، طبقات ارتفاعی و سطوح پلوئیدی را بخوبی از همدیگر متمایز نمود. "داده‌ها دو دامنه ارتفاعی (منشأ جمع‌آوری بذر) بر اساس آزمون T تست مقایسه شدند"

نتیجه‌گیری: این گیاه در رویشگاه‌های مرتفع سازگاری بهتری دارد، به طوری که شرایط سردسیر را به مناطق معتدل ترجیح می‌دهد. میانگین بالای بیشتر صفات عملکردی و ساختاری در جمعیت‌های تتراپلوئید صحت گروه‌بندی را تأیید کرد. با توجه به اینکه این گونه در مناطق سردسیری رشد بیشتری دارد، برای ادامه فرایند، بهتر است گزینش و اصلاح از جمعیت‌های پلی‌پلوئید در مناطق مرتفع استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: صفات عملکردی، صفات ساختاری، گروه‌بندی، ارتفاع زیستگاه، دیپلوئید، تتراپلوئید

## مقدمه

جنس *Elymus* یکی از مهمترین جنس‌های خانواده گندمیان و گراس‌های نواحی نیمه‌خشک سرد و معتدل است. این جنس در مناطق استپی سرد و معتدل می‌روید. گراس‌ها بعلت تأمین کمی و کیفی علوفه در مراتع و جلوگیری از فرسایش آبی و بادی و ذخیره رطوبت خاک ارزش مرتعی قابل توجهی دارند (Asghari et al., 2007). گونه‌های چندساله این جنس، مقاوم به خشکی بوده و از دامنه تحمل تغییرات اکولوژیکی بسیار بالایی برخوردار هستند (Abdi Ghazijahani & Razban Haghghi, 2009). گراس‌ها برای ایجاد چراگاه‌ها، اصلاح مراتع و حفظ آب و خاک در رویشگاه‌های مرتعی، با ارزش هستند (Broomandan & Motamadi, 2007).

چمن گندمی (*Elymus tauri* (Boiss & Balansa) از گونه‌های مقاوم به خشکی و سرما است که در دامنه‌های صخره‌ای، سنگلاخی با شیب تند آذربایجان، البرز و بخشی از زاگرس می‌روید و در برخی از سرایش‌ها مانند شمال البرز، شرق سندج، دشت قزوین، دره کرج و غرب شهرکرد جوامعی تشکیل داده است (Karimi, 2012). گیاهی چندساله است، ریشه‌ای قوی و مقاوم در برابر چرای مفرط دام‌ها دارد (Moqaddam, 1998).

تحقیقات در مورد تعیین حدود عواملی که تنوع ژنتیکی درون جمعیت‌های یک گونه را تحت تأثیر قرار می‌دهد در سال‌های اخیر تشدید شده است (De Koret et al., 2021). همچنین اثرهای متقابل توپوگرافی و آب و هوا بر الگوهای تنوع ژنتیکی تأثیر می‌گذارد (Li et al., 2019). الگوی تنوع ژنتیکی در جمعیت‌های طبیعی شدت تحت تأثیر عوامل مختلف مانند فعالیت‌های بشری، اکولوژیکی از جمله عوامل

اقلیمی، محیطی، فعالیت‌های درونی زمین، سیستم گرده‌افشانی، رانش ژنتیکی و اندازه جمعیت قرار می‌گیرد. فرایندهای درون زمینی، کوه‌های مرتفع و دره‌های رودخانه‌ای عمیق را ایجاد می‌کنند (Badgley et al., 2017) که برهم‌کنش آنها با عوامل آب و هوایی، در نهایت بر الگوهای محلی تنوع ژنتیکی درون گونه‌ای تأثیر می‌گذارد (Tian et al., 2018). عوامل اکوجغرافیایی نیز از فاکتورهای مهم تأثیرگذار در ساختار و تنوع ژنتیکی جمعیت‌هاست. نوسانهای تصادفی شرایط محیطی، تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر بقاء و تکثیر جمعیت‌ها دارند (Blanco-Pastor et al., 2019). کاهش تنوع ژنتیکی یا کم بودن آن، ویژگی بسیاری از گونه‌های گیاهیست؛ اما باید در نظر داشت که محدودیت پراکنش در درون جمعیت‌های گیاهی نیز سبب ایجاد محدودیت در اندازه جمعیت‌ها و ساختار ژنتیکی درون آنها می‌گردد (Slatkin, 1987).

وجود تفاوت ژنتیکی زیاد در بین جمعیت‌ها برای تعدادی از گونه‌های گیاهی کمیاب گزارش شده است که نشان‌دهنده سازگاری بومی در این گونه‌هاست. تنوع گیاهی همبستگی مثبتی با پراکنش جغرافیایی دارد. هرچه تنوع ژنتیکی بیشتر باشد، سازگاری و مقاومت گیاهان به تغییرات بیشتر شده، حفظ و بقای آنها را در محیط جدید افزایش می‌دهد (Jump & Penuelas, 2005).

افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌ها و سازش به تغییرات زیست محیطی در حفظ و بقاء جمعیت گیاهی، گونه و اکوسیستم نقش مؤثری دارد (Read & Frankham, 2003). هرچند سیستم تولیدمثلی، نوع و نحوه گرده‌افشانی (خودگشنی و دگرگشنی، حشرات و حیوانات) و فعالیت‌های بشری از عوامل مؤثر بر تنوع ژنتیکی هستند، اما نقش

صفات ساختاری و عملکردی و جمعیت‌های گونه *E. tauri* در شمال غرب ایران بود.

### مواد و روش‌ها

مواد آزمایشی مشتمل بر بذرهاى ۱۲ جمعیت بومی از گونه چمن گندمی *E. tauri* بود که از استان‌های آذربایجان شرقی، اردبیل، کردستان و البرز (جدول ۱) طی فصل رویش سال‌های ۱۳۹۰ جمع‌آوری شد. به هنگام جمع‌آوری، ارتفاع از سطح دریا و مختصات رویشگاهی با GPS ثبت گردید. بذرهاى جمع‌آوری شده در ایستگاه تحقیقاتی در شمال غرب تبریز و در حاشیه تلخه‌رود کاشته شدند. ارتفاع محل آزمایش ۱۳۵۰ متر و دامنه بارندگی سالیانه ۲۸۰ - ۲۵۰ میلی‌متر بود. اقلیم منطقه نیمه‌خشک و بافت خاک منطقه سبک و از نوع لومی شنی بود. آب‌های سطح زمین منطقه تا حدودی شور و قلیایی بوده و مواد آلی و عناصر حاصلخیز در حد فقیر تا متوسط بود. به طوری که میزان فسفر ۴/۵-۷، پتاس ۱۸۰-۲۳۲ و ازت ۰/۱۳-۰/۰۹ بود. هدایت الکتریکی ۲/۶ میلی‌موس بر سانتی‌متر مربع اندازه‌گیری شد. pH خاک منطقه قلیایی (pH=۷/۵۵) بود.

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در فصل پاییز سال ۱۳۹۱ انجام شد. در اوایل شهریورماه بذرها در گلدان‌های پلاستیکی کاشته شدند. در اواخر مهرماه به زمین انتقال داده شدند. بذر هر جمعیت در هر تکرار در کرت‌هایی به تعداد ۴ خط به طول ۶ متر کاشته شدند. فاصله خطوط از همدیگر ۴۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته در هر خط نیز ۴۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد در واقع در هر هکتار، تعداد ۶۲۵۰۰ بوته کشت گردید. در طول دوره کاشت وجین علف‌های هرز انجام شد. در زمان اندازه‌گیری صفات، منظور جلوگیری از اثرهای سوء حاشیه، تعداد ۱۰ بوته از دو ردیف وسط هر کرت به تصادف انتخاب گردید. پس از انتخاب بوته‌ها، صفات عملکردی شامل تعداد کل پنجه (شمارش)، تعداد پنجه بارور (شمارش)، تعداد پنجه غیربارور (شمارش)، ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، طول سنبله (سانتی‌متر)، سطح تاج پوشش (سانتی‌متر مربع)، طول پدانکل

عوامل اکوجغرافیایی (ارتفاع، شیب، جهت جغرافیایی و عرض جغرافیایی)، عوامل زیست محیطی و تغییرات ناگهانی آب و هوایی (باد، درجه حرارت، سرد و گرم شدن ناگهانی، یخبندان، نزولات آسمانی، میزان رطوبت هوا و بارش باران اسیدی) نباید نادیده گرفته شود، چون عوامل اکوجغرافیایی و بیولوژیکی باهم در ارتباط هستند (Rao & Hodgkin, 2002).

بررسی تعیین عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش رویشگاه‌های مرتعی جنوب شرقی سیلان نشان داد که به ترتیب ارتفاع، جهت، درجه حرارت (حداقل، حداکثر و متوسط)، بارندگی و کربن آلی عمق اول و دوم از عوامل مهم در انتشار گونه‌های گیاهی این مراتع هستند (Bahrami & Ghorbani, 2017). از سوی دیگر عوامل کاهش تنوع ژنتیکی، اثر هم‌افزایی بر هم دارند، یعنی با تشدید اثر هم باعث کاهش بیشتر تنوع می‌شوند (Bawa & Dayanandan, 1998).

کاهش تنوع ژنتیکی سبب کاهش قدرت زیستایی، قابلیت سازگاری به تغییرات محیطی و بقاء افراد شده و در نهایت به انقراض گونه‌ها منجر می‌شود (Cotti & Conte, 2008). تغییرات آب و هوا نیز سبب ایجاد تغییر در فنولوژی، سیستم تولیدمثل، گرده‌افشانی، انتشار گرده و بذر می‌شود (Bawa & Dayanandan, 1998). سیستم تولیدمثل نیز در کوتاه‌مدت به طور مستقیم بر روی الگوهای تنوع اثر می‌گذارد (Charlesworth, 2003). خودگشنی به طور مستقیم و غیرمستقیم سبب کاهش تنوع ژنتیکی شده و در کوتاه‌مدت، فراوانی هموزیگوت را افزایش می‌دهد، اما در طولانی‌مدت سبب کاهش اندازه مؤثر جمعیت می‌گردد. این عمل به افزایش هموزیگوتی، کاهش اندازه مؤثر نوترکیبی و افزایش جدایی جمعیت‌ها منجر می‌شود که می‌تواند به شدت بر مقدار تنوع تأثیر بگذارد. به همین دلیل گیاهان خودبارور نسبت به دگربارور دارای سطح پایینی از تنوع هستند، به طوری که تنوع بین جمعیت‌ها از تنوع درون جمعیت‌ها بیشتر است. بر همین اساس، هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر سطوح پلوئیدی و ارتفاع رویشگاهی بر تنوع ژنتیکی

ارزیابی گردید (شکل ۲).

### تجزیه آماری

ژنوتیپ‌ها بر اساس منشأ جغرافیایی (ارتفاع رویشگاهی و سطوح پلوئیدی) در دو گروه کم ارتفاع (۱۶۰۰-۹۵۰ متر) و مرتفع (۲۵۰۰-۱۷۰۰ متر) دسته‌بندی شدند و تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS9 انجام شد و مقایسه میانگین گروه‌ها با استفاده از آزمون T در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید. به منظور کاهش حجم داده‌ها، از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. همچنین از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward برای گروه‌بندی جمعیت‌ها استفاده شد (Moghaddam et al., 1998). در تجزیه آماری چند متغیره و رسم نمودارهای خوشه‌ای و Biplot از نرم‌افزارهای MINITAB19 و SPSS19 استفاده شد.

(سانتی‌متر)، عرض برگ پرچم (میلی‌متر)، تعداد برگ در پنجه (شمارش)، طول برگ پرچم (سانتی‌متر)، طول برگ دوم (سانتی‌متر)، تعداد سنبلچه، وزن تر تک بوته (گرم) و وزن خشک تک بوته (گرم) در ۱۰ بوته منتخب شمارش و اندازه‌گیری گردید. برای برآورد عملکرد تر و خشک علوفه (کل بوته‌های دو ردیف وسط پس از حذف نیم متر از حاشیه ابتدا و انتهای هر کرت برداشت شده) توزین و به‌عنوان عملکرد تر منظور شد. پس از خشک شدن کامل دوباره نمونه‌ها توزین شدند و به‌عنوان عملکرد خشک برحسب کیلوگرم در هکتار منظور شدند. نمایی از مزرعه تحقیقاتی در مرحله برداشت در شکل ۱ آمده است. همچنین صفات ساختاری شامل سطوح پلوئیدی و تعداد کروموزوم جمعیت‌ها براساس روش اسکواش پیشرفته (Asghari et al., 2007) با استفاده از نرم‌افزار میکرومیتر شمارش و

جدول ۱- اطلاعات جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا مربوط به رویشگاه‌های طبیعی و سطح پلوئیدی جمعیت‌های جمع‌آوری شده در گونه

### *Elymus tauri*

Table 1: Geographic information, altitude and ploidy levels of the collected populations of *E. tauri* in some province of Iran

Row	Province	County	Location	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Ploidy levels
1	East Azarbaijan	Marand	Goljar	38°20'11.44"N	46°19'51.98"E	1600	2n=14
2	Ardabil	Meshkinshahr	Guychukhr	38°20'16.42"N	47°18'44.92"E	2000	2n=28
3	East Azarbaijan	Marand	Seyvan	38°19'32.99"N	45°52'44.57"E	1700	2n=28
4	East Azarbaijan	Sofyan	Sfed kamar	38°17'48.39"N	45°51'55.72"E	1600	2n=14
5	East Azarbaijan	Ahar	Ahar	38°22'0.47"N	47°15'37.67"E	1600	2n=14
6	Ardabil	Meshkinshahr	Qeynarja	38°19'5.13"N	47°23'8.31"E	2030	2n=28
7	East Azarbaijan	Marand	Payam	38°19'57.49"N	45°48'1.94"E	1800	2n=28
8	East Azarbaijan	Zonuz	Zonuz	38°35'20.27"N	45°44'46.14"E	1400	2n=14
9	East Azarbaijan	Jolfa	Jolfa	38°45'53.45"N	45°36'20.15"E	1200	2n=14
10	East Azarbaijan	Horand	Horand	38°51'58.52"N	47°22'54.33"E	950	2n=14
11	Alborz	Karaj	Dizin	36° 3'40.88"N	51°24'23.02"E	2500	2n=28
12	Kurdistan	Qurvea	Qurvea	35°11'19.20"N	47°51'45.33"E	1800	2n=28



Figure 1a *Elymus tauri* accession from Sivan



Figure 1b- *Elymus tauri* from zenouz

شکل ۱- تصویر دو نمونه از ژنوتیپ‌های برتر *Elymus tauri* در مزرعه تحقیقاتی

Figure 1. The picture of two genotypes of *Elymus tauri* in the research farm

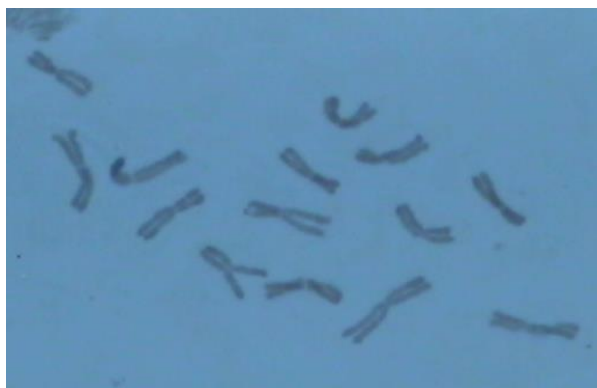


Figure 2a: Zenose metaphase ( $2n=14$ )

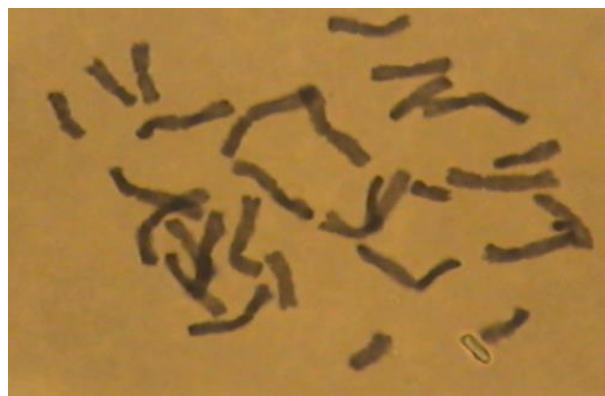


Figure 2b: Qainirjeh Metaphase ( $2n=28$ )

شکل ۲- کاریوتیپ کروموزوم‌های متافاز در دو نمونه از ژنوتیپ‌های دیپلوئید و تتراپلوئید *Elymus tauri*

Figure 2. Images of metaphase mitosis of two diploid and tetraploid genotypes of *Elymus tauri*

## نتایج

مقایسه میانگین طبقات ارتفاعی و سطوح پلوئیدی

نتایج تجزیه آزمون T بین داده‌های دو طبقه ارتفاعی نشان داد که در بین میانگین طبقات ارتفاعی و سطح پلوئیدی، تفاوت معنی‌داری در بیشتر صفات مورد بررسی وجود داشت (جدول ۲). تعداد کل پنجه، طول برگ دوم، وزن تر بوته، وزن خشک بوته، عملکرد علوفه خشک در سطح احتمال ۱٪ و تعداد پنجه بارور، تعداد پنجه‌های غیر بارور، طول سنبله، طول برگ پرچم و تعداد سنبله در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری داشتند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میانگین صفات مورفولوژیکی در مناطق مرتفع نسبت به مناطق کم ارتفاع بیشتر بود.

به طوری که میانگین صفات مختلف در طبقات ارتفاعی مرتفع و کم ارتفاع به ترتیب برای صفات تعداد کل پنجه (۱۳۰/۲۱ و ۷۸/۹ عدد)، تعداد پنجه بارور (۱۰۳/۴ و ۶۴ عدد)، تعداد پنجه غیر بارور (۲۶/۸۱ و ۱۴/۸ عدد)، ارتفاع بوته (۸۸/۹۷ و ۸۳/۳۷ سانتی‌متر)، تاج پوشش (۷۰/۵۸ و ۶۹/۱۳ سانتی‌مترمربع)، طول پدانکل (۳۵/۰۷ و ۳۲/۲۶ سانتی‌متر)، عرض برگ پرچم (۵/۸۹ و ۵/۱۱ میلی‌متر)، تعداد برگ در پنجه (۴/۵ و ۴/۰۴ عدد)، طول سنبله (۱۸/۳۸ و ۱۴/۲۴ سانتی‌متر)، طول برگ پرچم (۱۶/۳ و ۱۱/۸ سانتی‌متر)، طول برگ دوم (۱۳/۱۶ و ۱۰/۷۶ سانتی‌متر)، تعداد سنبله (۲۲/۲۳ و ۱۰/۵۸ عدد)، وزن تر بوته (۱۹۴/۸۲ و ۱۵۷/۱۲ گرم)، وزن خشک بوته

کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۲). ۶۴۳۴ و ۷۵۵۳) عملکرد تر (۷۹/۸۹ و ۱۰۳/۱۱) کیلوگرم در هکتار) و عملکرد خشک (۴۳۲۱ و ۳۴۲۴

جدول ۲- تجزیه آزمون (T) و مقایسه میانگین دو طبقه ارتفاعی برای عملکرد علوفه و صفات مورفولوژیکی در ۱۲ ژنوتیپ از گونه

*Elymus tauri*  
Table 2: Analysis of T test between means of two altitudes for yield and morphological traits in 12 genotypes of *Elymus tauri*

Morphological traits	Mean of Square (MS)		Mean of traits in altitude/ ploidy	
	Altitude/Ploidy	Error	950-1700 m asl	1800-2500 m asl
	Df=1	Df=10	Diploid/lowland	Tetraploid/upland
Tiller number	7709.26**	453.03	78.79 b	130.21 a
Fertile tiller number	4528.37*	533.22	64.00 b	103.40 a
Non-fertile tiller number	420.63*	60.50	14.80 b	26.81 a
Plant height (cm)	91.01 <sup>ns</sup>	27.05	83.37	88.97
Spike length (cm)	49.98*	8.45	14.24 b	18.38 a
Canopy cover (cm <sup>2</sup> )	6.10 <sup>ns</sup>	10.46	69.13	70.58
Peduncle length (cm)	22.93 <sup>ns</sup>	17.38	32.26	35.07
Width of flag leaf (mm)	22.58 <sup>ns</sup>	33.69	5.11	5.89
Leaf no. per tiller	0.717 <sup>ns</sup>	0.242	4.04	4.50
Flag leaf length (cm)	58.879*	8.543	11.8 b	16.30 a
Length of second leaf (cm)	16.8**	0.849	10.76 b	13.16 a
Spikes number	129.03*	19.09	15.58 b	22.23 a
Forage Fresh yield (g/plant)	4145.51**	362.27	157.12 b	194.82 a
Forage dry yield (g/plant)	1572.87**	127.44	79.89 b	103.11 a
Forage Fresh yield (Kg/h)	3548780 *	1533777	6434.71 b	7553.20 a
Forage dry yield (Kg/h)	2343133**	196898	3424.45 b	4320.75 a

\*, \*\* are, respectively significant at 5 and 1 % probability levels

\* و \*\*: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

میانگین صفات در هر ردیف که دارای حروف متفاوت هستند تفاوت معنی دار دارند.

The mean of traits in each row that have different letters have a significant difference

میشو (۱۷۰۰ متر)، سفیدکمرصوفیان (۱۶۰۰ متر)، پیام مرند (۱۸۰۰ متر)، اهر (۱۶۰۰ متر)، زنوز (۱۴۰۰ متر)، هوراند (۹۵۰ متر) و جلفا (۱۲۰۰ متر) در گروه ۱ قرار گرفتند. گروه دوم نیز شامل جمعیت‌های قینرجه (۲۰۳۰ متر) و گوی‌چوخور مشکین‌شهر (۲۰۰۰ متر)، قروه کردستان (۱۸۰۰ متر) و دیزین کرج (۲۵۰۰ متر) بود. چنین گروه‌بندی بیانگر الگویپذیری و تطابق صفات مورفولوژیکی جمعیت‌ها از ارتفاع از سطح دریا مبدأ جمع‌آوری بذرها می‌باشد.

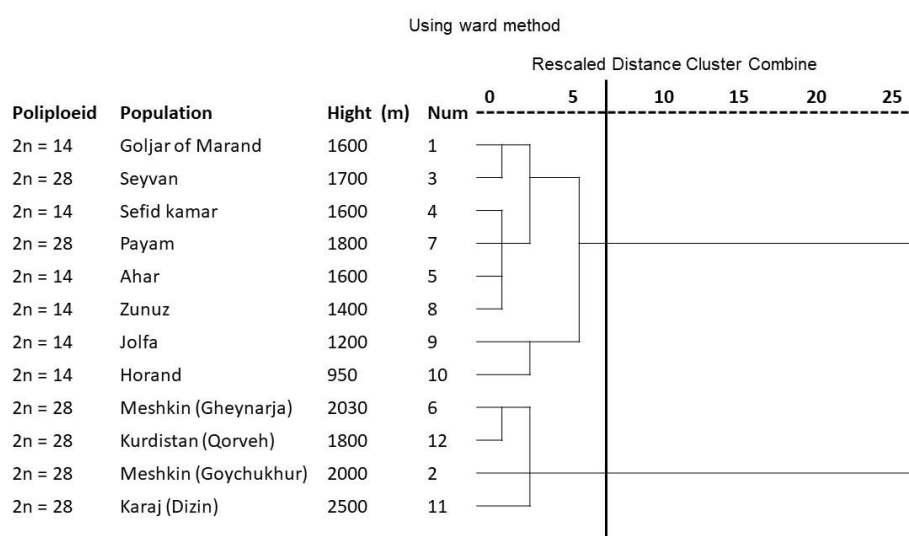
### تجزیه خوشه‌ای

به منظور گروه‌بندی ۱۲ جمعیت گونه *E. tauri* بر اساس میانگین صفات مورفولوژیکی، تجزیه خوشه‌ای به روش Ward با استفاده از داده‌های استاندارد شده انجام شد. بر اساس نتایج این تجزیه و با لحاظ کردن فواصل ادغام و در نظر گرفتن منطق بیولوژیکی، بهترین محل برش دندروگرام در حوالی ۶ واحد توان دو فاصله اقلیدسی با ۸۵٪ تشابه تعیین گردید. جمعیت‌ها در دو خوشه گروه‌بندی شدند (شکل ۳). جمعیت‌های گلجار مرند (۱۶۰۰ متر)، سیوان



تتراپلوئید بودند. گروه‌بندی بر اساس ارتفاع از سطح دریا نشان داد که جمعیت‌های واقع شده در ارتفاعات پایین‌تر از ۱۶۰۰ متر بیشتر دیپلوئید بودند. در صورتی که بیشتر جمعیت‌های واقع شده در ارتفاعات بالاتر از ۱۷۰۰ متر تتراپلوئید بودند (شکل ۳). در بیشتر مناطق در لایه ارتفاعی بین ۱۶۰۰ - ۱۷۰۰ متر هر دو نوع سیتوتیپ دیپلوئید و تتراپلوئید مشاهده شد.

بررسی سطوح پلوئیدی (ژنوم یا تعداد کروموزوم پایه) ۲ گروه دیپلوئید ( $2n=14$ ) و تتراپلوئید ( $2n=28$ ) در جمعیت‌ها تشخیص داده شد. جمعیت‌های گلجار مرند (۱۶۰۰ متر)، زنوز (۱۴۰۰ متر)، اهر (۱۶۰۰ متر)، جلفا (۱۲۰۰ متر)، هوراند (۹۵۰ متر) و سفیدکمر صوفیان (۱۶۰۰ متر) دیپلوئید و جمعیت‌های سیوان (۱۷۰۰ متر)، پیام (۱۸۰۰ متر)، قینرجه مشکین شهر (۲۰۳۰ متر)، گوی‌چوخور مشکین شهر (۲۰۰۰ متر)، قروه کردستان (۱۸۰۰ متر) و دیزین کرخ (۲۵۰۰ متر)



شکل ۳- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward روی ۱۲ ژنوتیپ گونه *Elymus tauri* بر مبنای میانگین صفت مورد مطالعه

Figure 3: Dendrogram obtained from cluster analysis of 12 genotypes of *Elymus tauri* based on means of morphological traits using the Ward method.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی  
 در این روش مؤلفه‌های اصلی شناسایی شدند تا به جای اینکه تمامی ویژگی‌ها مورد بررسی قرار گیرند، یک مجموعه ویژگی‌هایی که ارزش بیشتری دارند، تحلیل شوند. در واقع تجزیه به مؤلفه‌های اصلی آن ویژگی‌هایی را که ارزش بیشتری دارند برای ما استخراج می‌کند. با تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای میانگین صفات، سه مؤلفه اول به ترتیب با ۵۸، ۱۵ و ۹ درصد و در مجموع ۸۳ درصد از کل واریانس متغیرها را توجیه کردند. مقادیر نسبی ضرایب بردارهای ویژه در مؤلفه اول نشان داد که صفات تعداد کل پنجه، تعداد پنجه بارور، طول سنبله، طول برگ پرچم، تعداد سنبله و عملکرد علوفه با ضرایب مثبت عمده‌ترین نقش را در تبیین مؤلفه اول داشتند، بنابراین مؤلفه اول بنام مؤلفه عملکرد نامگذاری شد. در مؤلفه دوم مقادیر نسبی ضرایب بردارهای ویژه در صفات طول پدانکل، عرض برگ پرچم و تعداد برگ در پنجه دارای اهمیت بیشتری بودند، از این رو،

مطالعه

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی  
 در این روش مؤلفه‌های اصلی شناسایی شدند تا به جای اینکه تمامی ویژگی‌ها مورد بررسی قرار گیرند، یک مجموعه ویژگی‌هایی که ارزش بیشتری دارند، تحلیل شوند. در واقع تجزیه به مؤلفه‌های اصلی آن ویژگی‌هایی را که ارزش بیشتری دارند برای ما استخراج می‌کند. با تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای میانگین صفات، سه مؤلفه اول به ترتیب با ۵۸، ۱۵ و ۹ درصد و در مجموع ۸۳ درصد از کل

ارتفاعی و سطوح پلوئیدی را از همدیگر متمایز نمود. به طوری که خوشه ۲ که ژنوتیپ‌های استان‌های اردبیل، البرز و کردستان بودند علاوه بر دارا بودن رویشگاه مرتفع و تترابلوئید بودن دارای میانگین بیشتری از لحاظ صفات مولفه اول (تعداد کل پنجه، تعداد پنجه بارور، طول سنبله، طول برگ پرچم، تعداد سنبله، عملکرد علوفه) بودند.

این مؤلفه به نام مؤلفه برگ نام‌گذاری گردید. در مؤلفه سوم تعداد پنجه غیربارور، طول برگ دوم، ارتفاع بوته و سطح تاج پوشش بیشترین اهمیت را داشتند، بنابراین، این مؤلفه به نام سطح تاج پوشش نام‌گذاری شد (جدول ۳). همچنین گروه‌بندی انجام شده به وسیله نمودار بای پلات (شکل‌های ۴ و ۵) همانند تجزیه خوشه‌ای بخوبی طبقات

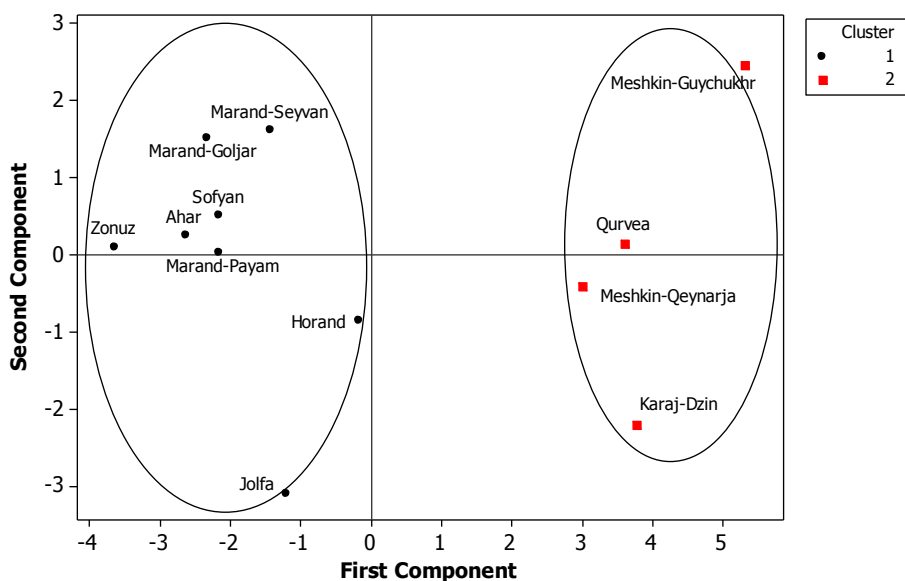
جدول ۳ بردارهای ویژه و واریانس‌های نسبی و تجمعی مؤلفه‌های اصلی برای صفات اندازه‌گیری شده در ۱۲ ژنوتیپ گونه *Elymus tauri*

**Table 3. Eigenvalues, percentage of variance and cumulative variances of the three PCA using means of all traits in 12 genotypes of *Elymus tauri***

Variable	PC1	PC2	PC3
Tiller number	<b><u>0.32</u></b>	-0.04	0.10
Fertile tiller number	<b><u>0.30</u></b>	0.04	0.03
Spike length (cm)	<b><u>0.30</u></b>	0.12	-0.05
Flag leaf length (cm)	<b><u>0.28</u></b>	-0.26	0.04
Spikes number	<b><u>0.27</u></b>	0.15	0.10
Forage Fresh yield (g/plant)	<b><u>0.28</u></b>	-0.04	-0.01
Forage dry yield (g/plant)	<b><u>0.28</u></b>	-0.09	0.05
Forage Fresh yield (Kg/h)	<b><u>0.27</u></b>	-0.14	-0.26
Forage dry yield (Kg/h)	<b><u>0.31</u></b>	-0.12	-0.07
Peduncle length (cm)	0.10	<b><u>0.51</u></b>	0.36
Width of flag leaf (mm)	0.11	<b><u>0.44</u></b>	0.15
Leaf no. per tiller	0.24	<b><u>-0.35</u></b>	-0.10
Non-fertile tiller number	0.17	-0.23	<b><u>0.26</u></b>
Plant height (cm)	0.26	0.26	<b><u>-0.33</u></b>
Canopy cover (cm <sup>2</sup> )	0.10	0.30	<b><u>-0.59</u></b>
Length of second leaf (cm)	0.26	0.08	<b><u>0.40</u></b>
Eigenvalue	9.35	2.42	1.45
Proportion	0.58	0.15	0.09
Cumulative	0.58	0.74	0.83

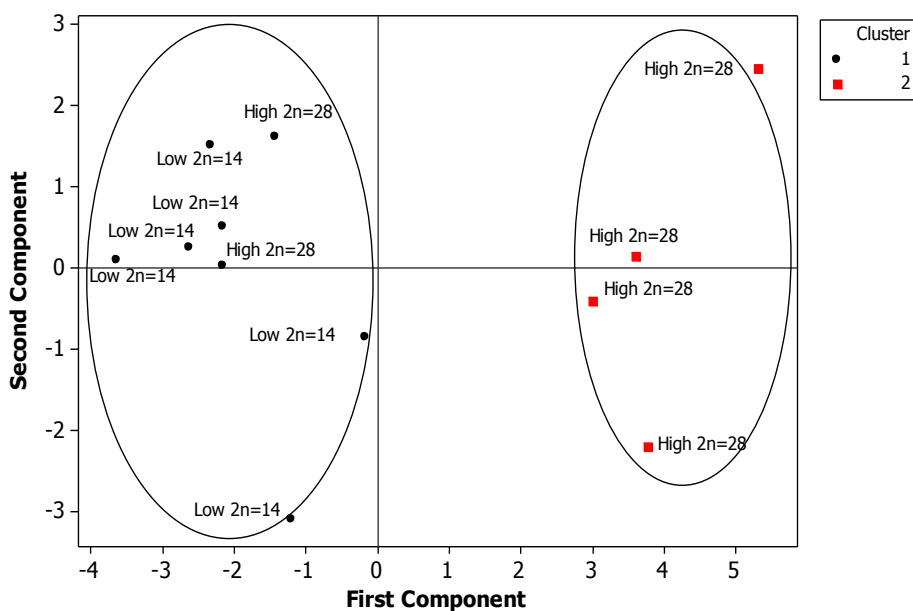
اعداد با قلم پر رنگ که زیر آنها خط کشیده شده دارای ضرایب بردارهای ویژه بزرگتری در مؤلفه مورد نظر هستند.

The underlined values in bold font have larger eigenvector coefficients in the desired component.



شکل ۴- دیاگرام پراکنش ۱۲ ژنوتیپ گونه *Elymus tauri* براساس دو مؤلفه اول و دوم

Figure 4: Distribution diagram of names of 12 genotypes of *Elymus tauri* based on the first and second components



شکل ۵- دیاگرام پراکنش طبقات ارتفاعی و سطح پلوئیدی ۱۲ ژنوتیپ گونه *Elymus tauri* براساس دو مؤلفه اول و دوم

Figure 5: Distribution diagram of altitude and ploidy levels of 12 genotypes of *Elymus tauri* based on the first and second components

## بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تجزیه آزمون T نشان داد که ارتفاع از سطح دریا بر بیشتر صفات مورفولوژیکی جمعیت‌های موجود در گروه مناطق پست و مناطق مرتفع در گونه *E. tauri* تأثیر گذاشته است، به طوری که میانگین صفات مورفولوژیکی در جمعیت‌های گروه مرتفع (۱۷۰۰-۲۵۰۰ متر شامل گوی چوخور، قیترجه، سیوان مرند، پیام مرند، دیزین کرج و قروه کردستان) نسبت به میانگین صفات گروه با ارتفاع کم (۹۵۰-۱۶۰۰ متر شامل جمعیت‌های گلجار مرند، سفید کمر صوفیان، اهر، زنوز، جلفا و هوراند) برتری داشت. در واقع جمعیت‌های موجود در ارتفاعات بالاتر از نظر ویژگی‌های مورفولوژیکی متفاوت از جمعیت‌های موجود در ارتفاعات پایین‌تر هستند، چنین گروه‌بندی الگوپذیری و تطابق صفات مورفولوژیکی جمعیت‌ها را از ارتفاع مبدأ رویشگاهی نشان می‌دهد. Frankham و همکاران (۲۰۰۲) نتایج مشابهی را از بررسی‌های خود در مورد تأثیر ارتفاع محل بر تنوع ژنتیکی گونه‌های مختلف جنس *Agropyron*, *Elymus* و سایر گونه‌های گندمیان گزارش کرده‌اند. Abdi Ghazijahani و Razban و Haghghi (۲۰۱۵) در تجزیه مؤلفه‌های اصلی در گونه *E. tauri* نتیجه گرفتند که گروه‌بندی براساس دو مؤلفه اول و دوم مشابه گروه‌بندی حاصل از تجزیه خوشه‌ای بود. در این تحقیق نیز نمودار بای‌پلات، گروه‌بندی تجزیه خوشه‌ای را کاملاً تأیید نموده و طبقات ارتفاعی و سطوح پلوئیدی را از همدیگر متمایز کرد (شکل‌های ۴ و ۵). به طوری که ژنوتیپ-های استان‌های اردبیل، البرز و کردستان در خوشه دو ضمن داشتن رویشگاه مرتفع و تتراپلوئید بودن، دارای میانگین بیشتری از لحاظ صفات مؤلفه اول (تعداد کل پنجه، تعداد پنجه بارور، طول سنبله، طول برگ پرچم، تعداد سنبله، عملکرد علوفه) بودند. در واقع می‌توان بیان کرد که در این گونه تنوع و تغییرات در صفات مورفولوژیکی تحت تأثیر ارتفاع محل، شرایط اکولوژیکی و جغرافیایی قرار گرفته است. Karimzadeh و همکاران (۲۰۱۲) نیز در بررسی‌های خود در جمعیت‌های *E. tauri* به نتایج مشابهی دست یافتند.

Abdi Ghazijahani و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی تأثیر شرایط اقلیمی مناطق اکوجغرافیایی بر سطح تنوع ژنتیکی و چندشکلی جمعیت‌های *E. tauri* با نشانگر RAPD در میشو و سبلان اقدام کردند و علل وجود تفاوت در تنوع ژنتیکی دو منطقه را به وجود ظرفیت‌های تکاملی در این دو منطقه به‌ویژه سبلان نسبت دادند. همچنین تفاوت ژنتیکی کم در بین جمعیت‌های مطالعه شده در منطقه میشو نسبت به سبلان نشان داد که بروز تغییرات در جمعیت‌ها در سال‌های اخیر اتفاق افتاده و سبب به هم خوردن تعادل طبیعی شده و جمعیت‌ها را با خطر انقراض مواجه نموده است. به‌علاوه بیشتر بودن تنوع بین جمعیت‌ها نسبت به درون جمعیت‌ها و متوسط بودن میانگین درصد چندشکلی در جمعیت‌ها اشاره کرده‌اند که شواهدی بر تمایل این گیاه به خودگشنی بود. کنترل گرده‌افشانی در مزرعه که در این پژوهش انجام شد وجود ۵۰٪ خودگشنی در این گیاه را تأیید کرد. از این رو، چنین شرایطی کاهش تنوع ژنتیکی را در جمعیت‌های این گونه را تشدید می‌کند. محققان نیز به خودگشنی در تعدادی از گونه‌های جنس آگروپیرون مانند علف گندمی‌های باریک اشاره کرده‌اند (Broomandan & Motamedi, 2007; Mohammadi et al., 2006).

Garcia و همکاران (۲۰۰۲) نیز تشابه ژنتیکی میان ۴۸ جمعیت اسپانیایی از گونه‌های *Agropyron cristatum*, *Thinopyrum*, *Elymus caninus*, *Elymus hispanicus*, *Thinopyrum junceum*, *Thinopyrum curvifolium* و *Internedium* را گزارش کرده‌اند. آنان زیادی واریانس بین جمعیت‌ها در بین گونه‌های هگزاپلوئید را به دگرگشتن بودن (آلوگام بودن) گونه‌های *Elymus repens* و *Thinopyrum intermedium* مرتبط دانستند. کمترین مقدار واریانس را در *Thinopyrum junceum*, *Thinopyrum hispanicus* و *Thinopyrum carrifolium* تتراپلوئید گرده‌افشان و آن را به اتوگامی بودن *Elymus hispanicus* نسبت دادند. از سویی، گرده‌افشانی در گونه‌های چمن گندمی توسط باد انجام می‌شود. از این رو، به دلیل ارتفاع کم منطقه میشو و سهولت دسترسی دامداران،

Hegazy و همکاران (۱۹۹۸) و Lee و همکاران (۲۰۰۵)، در مطالعات خود بر روی پوشش گیاهی در لایه‌های طبقاتی، بیشترین غنا و تنوع گونه‌ای طبقه میانی را گزارش کردند. Heidari و همکاران (۱۳۸۶)، تنوع گونه‌ای گیاهان علفی را در رابطه با عوامل فیزیوگرافیک در اکوسیستم جنگلی زاگرس میانی بررسی و بیان کردند که ارتفاع از سطح دریا بر تنوع گونه‌های مرتعی تأثیر معنی‌داری داشته و در دامنه ارتفاعی (پایین‌تر از ۱۶۳۰ متر) بالاترین مقدار تنوع مشاهده شد. سایر محققان نیز بر تأثیر ارتفاع از سطح دریا بر صفات مورفولوژیکی گونه‌های گیاهی نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند. در کل می‌توان نتیجه گرفت که مجموعه عوامل اکوجغرافیایی، بیولوژیکی و دخالت‌های بشری می‌تواند به کاهش تعداد بذر و اندازه جمعیت منتج شده و سبب کاهش تنوع ژنتیکی در جمعیت‌ها گردد (Foose et al., 1986). هرچند که تنوع ژنتیکی درون گونه‌ای جزء اساسی تنوع زیستی و کلید سازگاری و تداوم گونه‌هاست. ولی هنوز شکاف‌های قابل توجهی در دانش و درک ما از الگوهای تنوع ژنتیکی و عوامل کلیدی تعیین کننده آن وجود دارد (Wambulwa, 2022). از این رو، این پژوهش با بررسی مطالعه الگوی تنوع ژنتیکی، تأثیر عوامل اکوجغرافیایی و منطقه‌ای در جمعیت‌ها توانست درک کاملی از وضعیت موجود گونه *E. tauri* را در مراتع نشان دهد و رهنمودی اساسی را برای محققان و مدیران اجرایی منابع طبیعی به منظور حفاظت از ذخایر ژنتیکی در مراتع و چراگاه‌ها ارائه کرده و نگرش جدیدی بر بهبود کیفیت مدیریت و نحوه بهره‌برداری از آنها ارائه نماید. به علاوه، به پژوهشگران توصیه می‌شود در انتخاب ژنوتیپ‌ها در گونه‌های مرتعی و ادامه فرایند این پژوهش، بهتر است گزینش و اصلاح از جمعیت‌های واقع در هر منطقه ارتفاعی به‌طور جداگانه همراه با انجام مطالعات سیتوژنتیکی انجام شود. با انجام این پژوهش ضمن اطلاع از قابلیت‌های ژنتیکی گونه *E. tauri* و بهره‌برداری‌های بهینه از آن در راستای بهبود کمی و کیفی تولید علوفه در چراگاه‌ها و مراتع، به تلاش‌های مدیریتی در حفاظت از رویشگاه‌های آن و جلوگیری از آسیب‌پذیری و فرسایش ژنتیکی کمک کنند.

چرای زودرس، چرای مفراط و توسعه فعالیت‌های بشری منجر به کاهش اندازه جمعیت، تولید بذر، تنوع ژنتیکی و چندشکلی این گیاهان شده است. از سوی دیگر، رانش ژنتیکی و خویش‌آمیزی ناشی از خودگشنی در جمعیت‌های کوچک این گونه، کاهش چندشکلی را تشدید کرده، در نتیجه سبب حذف نوترکیبی و تکثیر جنسی شده و توسعه جمعیت‌ها را در منطقه می‌شود محدود نموده است.

مطالعات سیتوژنتیکی جمعیت‌ها نشان داد (شکل ۲) که جمعیت‌های گلجار مرنده، سفید کمر صوفیان، اهر، زنوز، جلفا و هوراند دیپلوئید بوده و دارای ۱۴ کروموزوم ( $2n=14$ ) هستند ولی جمعیت‌های گوی چوخور مشکین‌شهر، سیوان مرنده، قینرجه مشکین‌شهر، پیام مرنده، دیزین کرج و قروه کردستان تتراپلوئید بوده و دارای ۲۸ کروموزوم می‌باشند ( $2n=28$ ). به علاوه بررسی ارتفاع محل جمع‌آوری نمونه‌ها نشان داد که جمعیت‌های موجود در ارتفاعات پایین‌تر از ۱۶۰۰ متر دیپلوئید و جمعیت‌های موجود در ارتفاعات بالاتر از ۱۷۰۰ متر تتراپلوئید هستند و به دلیل سازگاری و مقاومت به شرایط نامساعد آب و هوایی در مناطق مرتفع به‌طور طبیعی به دو برابر شدن کروموزوم‌ها در این گونه منجر شده است. یادآوری می‌شود که در طبقات میانی ۱۶۰۰-۱۷۰۰ هر دو نوع جمعیت دیپلوئید و تتراپلوئید مشاهده شد که نشان از وقوع تغییرات و جهش در لایه میانی دارد (Abdi Ghazijahani et al., 2006). وجود سیتوتیپ‌های مختلف (دیپلوئید و تتراپلوئید) در محدوده ارتفاعی ۱۶۰۰-۱۷۰۰ بیانگر وجود شرایط لازم به ایجاد تنوع کروموزومی در منطقه است که با نتایج سایر محققان مبنی بر تأثیر ارتفاع بر تنوع درون گونه‌ای و بین گونه‌ای را تأیید می‌کند. Bahrami و Ghorbani (۲۰۱۷) نیز به نقش عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش گونه‌های گیاهی در مراتع جنوب‌شرقی سبلان به ترتیب بر تأثیر بیشتر ارتفاع از سطح دریا، جهت، درجه حرارت (حداقل، حداکثر و متوسط)، بارندگی و کربن آلی عمق اول و دوم در انتشار گونه‌های گیاهی تأکید کردند که بیانگر تأثیر ارتفاع محل بر جمعیت‌های یک گونه می‌باشد.

## منابع مورد استفاده

- Cotti, C. and Conte L., 2008. Molecular markers for the assessment of genetic variability in threatened plant species. *Alma Mater Studiorum Universita degli Studi di Bologna*, 1-127.
- De Kort, H., Prunier, J. G., Ducatez, S., Honnay, O., Baguette, M., Stevens, V. M., Blanchet, S. 2021. Life history, climate and biogeography interactively affect worldwide genetic diversity of plant and animal populations. *Nature Communications*. 12:1-11.
- Foose, T.J., Land, E.R., Flesness, N.R., Rabb, G., Read, B. 1986. Propagation plants. *Zoo biology*, 5:139-146.
- Frankham, R., Ballou, J. and Briscoe, D. 2002. Introduction to conservation genetics. In Frankham, R.(eds.), Introduction. Cambridge University Press. 1-60.
- Garcia P, Monte J.V, Casanova, C. and Soler, C. 2002. Genetic similarities among Spanish populations of *Agropyron*, *Elymus* and *Thinopyrum* using PCR – based markers. *Genet, Resources and Crop Evaluation*, 49: 103-109.
- Hegazy, A. K., EL-Demedesh, M, A., and Hosni, H. A. 1998. Vegetation, Species Diversity and floristic relations along and altitudinal gradient in south-west Saudi Arabia. *Journal of Arid Environment*, 3: 3-13. (In Persian).
- Heidari. M., Attar Roshan, S. and Hatami. Kh. 2010. The evaluation of herb Layer biodiversity in relation to physiographical factors in south of Zagros forest ecosystem (case study: Dalab protected area). *Journal of Renewable Natural Resources Research*, (1)2: 28-42. (In Persian).
- Jump A.S. and Penuelas, J. 2005. Running to stand still: adaptation and the response of plants to rapid climate. *Ecology. Letters*, 8: 1010- 1020.
- Karimi, H, 2012. Pasture. 476 P (In Persian).
- Karimzadeh, J., Monirifar, H.A, Abdi Ghazijahani, A. and Razban Haghghi, A. 2012. Grouping of *Agropyron tauri* populations based on morphological traits. *Iranian Journal of Range and Desert Research* 19: 693-702. (In Persian).
- Lee, T. H. 2005. Ecological patterns of distribution on gradients of elevation and species diversity of Snakes in southern Taiwan, *Amphibia-Reptilia*, 26: 325-332.
- Li Y., Zhang X., Fang Y. 2019. Landscape features and climatic forces shape the genetic structure and evolutionary history of an oak species (*Quercus chenii*) in East China. *Front. Plant Sci.* 10:1-17.
- Moghaddam, M., Mohammadi, M. and Agayi, M.S. 1992. Multivariate statistical methods. Pyshtaz Elm Press. (In Persian).
- Mohammadi, R., Khayyam nekouei, M., Mirlohi, A.F. and Razmjoo, KH. 2006. Investigation of genetic
- Abdi Ghazijahani, A. and Razban Haghghi. A., 2015. Evaluation of Genetic Diversity of Morphological Traits in *Elymus tauri* Populations. *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, 36 (7): 79-91.
- Abdi Gazijahani, A., Aminov N.K.H., Razban haghghi, A. and Majidazar, M., 2014. Effects of eco-geographical factors on genetic diversity in *Elymus tauri* (Boiss and Balansa) populations using RAPD markers. *University of Bucharest. Romanian biotechnological letters*, 19(6): 9811-9816.
- Abdi Ghazijahani, A. and Razban Haghghi A., 2009. Evaluation of genetic diversity populations of *Elymus tauri* species and selection breeding methods. *Journal of scientific Aqrar, Azerbaijan*, 1(2): 138-140.
- Abdi Ghazijahani, A., Razban Haghghi A., Kasebi, N. and Khanbabaei, M., 2006. Cytogenetic study of native populations in Sicilian wheat grass species (*Elymus tauri*). *Iran National Biology Seminar, Marand Islamic Azad University. Abstract of the articles*, P: 346. (In Persian).
- Abdi Ghazijahani, A., Razbn Haghghi, A., Mirzaei Nadoushan, H. and Talebpur, A., 2003. Evaluation of genetic diversity in native populations of *Elymus tauri* species at north-west of Iran. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 11: 235-247. (In Persian).
- Asghari, A., Agayev, Y. and Fathi, S.A.A., 2007. Karyological study of four species of wheatgrass (*Agropyron* sp.). *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10(7):1093-7. (In Persian).
- Badgley C., Smiley T. M., Terry R., Davis E. B., DeSantis L. R., Fox D. L., et al.. 2017. Biodiversity and topographic complexity: modern and geohistorical perspectives. *Journal of Trends in Ecology Evolution*. 32:211–226.
- Bahrami, B. and Ghorbani, B. 2017. The Influence Environmental Factors on the Distribution of Plant Species in the Southeast Rangelands of Sabalan. *Journal of Watershed Research, Publications of Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center*. 30 (2): 15-29 (In Persian).
- Bawa, K.S. and Dayanandan, S. 1998. Global Climate change and tropical forest genetic resources. *Climatic Change*. 39: 473-485.
- Broomandan, P. and Motamadi, J. 2007. Forage Crop Production, Forage Grasses. University of Razi Press, 270p. (In Persian).
- Charlesworth, D., 2003. Effect of inbreeding on the genetic diversity of population. *Philos. Trans. R. Soc. Land., B, Biol. Sci.* 358: 1051-1070.

- structure of natural populations. *Science*, 236: 787–792.
- Tian S., Kou Y., Zhang Z., Yuan L., Li D., Lopez-Pujol, J., Fan, D., Zhang, Z., 2018. Phylogeography of *eomecon chionantha* in subtropical China: the dual roles of the Nanling Mountains as a glacial refugium and a dispersal corridor. *BMC Evol. Biol.* 18:1-12.
  - Wambulwa, M. C., Luo, Y.H., Zhu, G. F., Milne, R., Wachira, F. N., Wu, Z. Y., Wang. Gao, L. M., Li, D. Z., and Liu, J. 2022. Determinants of Genetic Structure in a Highly Heterogeneous Landscape in Southwest China. *Plant Science. Systematics and Evolution*, 13: 1-14.
  - variation in tall wheatgrass (*Agropyron elongatum* (Host) Beauv. populations. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 23:15 -24. (In Persian).
  - Moqaddam, M.R., 1998. Pastures and pastures. University of Tehran Press, p 470. (In Persian).
  - Rao, V.R. and Hodgkin, T., 2002. Genetic diversity and conservation and utilization of plant genetic resources. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 68: 1-19.
  - Read, D. H. and Frankham, R. 2003. Correlation between fitness and genetic diversity. *Society for Conservation Biology*, 17: 230-237.
  - Slatkin, M., 1987. Gene flow and the geographic