

Morphological evaluation of *Asparagus azerbaijanensis* accessions and effect of drought stress on Iranian asparagus seedlings growth

Atefeh Namaki¹ | Zahra Ghahremani^{*2} | Mitra Aelaei³ | Taher Barzegar⁴ |
Mohamad Ebrahim Ranjbar⁵

1. M.Sc. Student, Dept. of Horticultural Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: anamakikhameneh@gmail.com
2. Corresponding Author, Assistant Prof., Dept. of Horticultural Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: z.ghahremani@znu.ac.ir
3. Assistant Prof., Dept. of Horticultural Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: maelaei@znu.ac.ir
4. Associate Prof., Dept. of Horticultural Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: tbarzegar@znu.ac.ir
5. Ph.D. Graduate, Dept. of Horticultural Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran. E-mail: jahan.r.niaki@gmail.com

Article Info	ABSTRACT
<p>Article type: Full Length Research Paper</p> <p>Article history: Received: 04.23.2021 Revised: 05.08.2021 Accepted: 05.19.2021</p> <p>Keywords: Drought stress, Germination percentage, Iranian asparagus, Polyethylene glycol</p>	<p>Background and Objectives: Drought stress is one of the most common environmental stresses in agriculture crops production process worldwide. <i>Asparagus officinalis</i> is the most economically important species of asparagus which is susceptible to some of the most common biotic and abiotic stresses. According to reports, Iranian species of asparagus can well tolerate some of unsuitable soil conditions. The purposes of current study were identification and morphological evaluation of different accessions of <i>A. azerbaijanensis</i> Iranian species, evaluation of seed germination indices and seedling growth of Iranian asparagus under drought stress condition, comparing of Iranian accessions tolerance rate with Mary Washington commercial cultivar and introducing of superior accessions for using in asparagus breeding programs with aim of producing drought resistant hybrids.</p> <p>Materials and Methods: The current study was carried out in two different sections at university of Zanjan, during 2020-2021, which the first experiment was related to collection and morphological evaluation of two wild accessions of <i>A. azerbaijanensis</i> species and the second experiment was related to evaluation of drought stress (in four levels: 0 (control), 5, 10 and 15% of <i>polyethylene glycol</i>) on seed germination indices (germination speed and percentage) and seedling growth (length of radicle and plumule, radicle length to plumule length ratio and fresh and dry weights of radicle and plumule) of Iranian asparagus in laboratory condition.</p> <p>Results: The average of spear length and diameter in Ahar and Makou accessions were 48.94 cm and 4.70 mm. The mean numbers of seed per fruit and fruit per plant were 2.37 and 159.40 numbers in evaluated accessions and average of 10.28 cladode number was evaluated in accessions of <i>A. azerbaijanensis</i> species. The highest seed germination speed and percentage and also length of radicle and plumule were recorded in Gazanak accession under stress conditions. The percentage and speed of seed germination in Gazanak accession were averagely 56.73 and 70.52% higher than those of Mary Washington commercial cultivar under drought stress conditions. The mean comparing results for fresh and dry weights of radicle and plumule traits showed that fresh and dry weights of radicle and plumule decreased by increasing of stress level in all of evaluated accessions.</p>

Conclusion: Wild accessions of *A. azerbaijanensis* species, due to their suitable morphological variation and producing of spears with desired taste and size, are suitable candidates to employ in asparagus breeding programs with the aim of producing asparagus with superior vegetative growth. Also, the superiority of Iranian asparagus different accessions over the commercial cultivar used in this study in tolerating of water deficit conditions and stress, promises the possibility of further evaluation of Iranian asparagus in asparagus breeding projects and studies with aim of producing dry resistant cultivars.

Cite this article: Namaki, Atefeh, Ghahremani, Zahra, Aelaei, Mitra, Barzegar, Taher, Ranjbar, Mohamad Ebrahim. 2022. Morphological evaluation of *Asparagus azerbaijanensis* accessions and effect of drought stress on Iranian asparagus seedlings growth. *Journal of Plant Production*, 29 (1), 209-224.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/JOPP.2022.19081.2818

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

بررسی ریخت‌شناختی توده‌های *Asparagus azerbaijanensis* و اثر تنش خشکی بر رشد گیاهچه‌های مارچوبه ایرانی

عاطفه نمکی^۱ | زهرا قهرمانی^{۲*} | میترا اعلائی^۳ | طاهر برزگر^۴ | محمدابراهیم رنجبر^۵

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: anamakikhmaneh@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، استادیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: z.gahremani@znu.ac.ir
۳. استادیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: maelaei@znu.ac.ir
۴. دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: tbarzegar@znu.ac.ir
۵. دانش‌آموخته دکتری گروه علوم باغبانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: jahan.r.niaki@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: تنش خشکی یکی از رایج‌ترین تنش‌های محیطی در فرآیند تولید محصولات کشاورزی در سراسر جهان است. مهم‌ترین گونه تجاری مارچوبه <i>Asparagus officinalis</i> است که به برخی از شایع‌ترین تنش‌های زنده و غیرزنده حساس است. بنابراین گزارش‌ها، گونه‌های ایرانی مارچوبه به خوبی می‌توانند برخی از شرایط نامساعد خاک را تحمل کنند. اهداف پژوهش حاضر، شناسایی و ارزیابی ریخت‌شناختی توده‌های مختلف گونه ایرانی <i>A. azerbaijanensis</i> ، بررسی شاخصه‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه در مارچوبه‌های ایرانی تحت شرایط تنش خشکی، مقایسه میزان مقاومت توده‌های ایرانی با رقم تجاری مری واشنگتن و معرفی توده‌های برتر به منظور بکارگیری آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی مارچوبه با هدف تولید هیبریدهای مقاوم به خشکی بودند.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۳ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۹	مواد و روش‌ها: پژوهش حاضر در طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه زنجان در دو بخش مختلف صورت پذیرفت که بخش اول مربوط به جمع‌آوری و بررسی صفات مورفولوژیکی دو توده خودرو مارچوبه از گونه <i>A. azerbaijanensis</i> و بخش دوم مربوط به بررسی اثر تنش خشکی (در چهار سطح: ۰ (شاهد)، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد پلی‌اتیلن گلابکول) بر شاخصه‌های جوانه‌زنی بذر (سرعت و درصد جوانه‌زنی بذر) و رشد گیاهچه (طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه و وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه) مارچوبه‌های ایرانی در شرایط آزمایشگاه می‌شد.
واژه‌های کلیدی: پلی‌اتیلن گلابکول، تنش خشکی، درصد جوانه‌زنی، مارچوبه ایرانی	یافته‌ها: میانگین طول و قطر اسپیر در توده‌های اهر و ماکو، ۴۸/۹۴ سانتی‌متر و ۴/۷۰ میلی‌متر بود. در توده‌های مورد بررسی به‌طور متوسط تعداد ۲/۳۷ بذر در هر میوه و تعداد

۱۵۹/۴۰ میوه در هر بوته شمارش گردید و میانگین تعداد کلادود در توده‌های گونه *A. azerbaijanensis* ۱۰/۲۸ عدد ارزیابی شد. بیش‌ترین میزان درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر و هم‌چنین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه تحت شرایط تنش در توده گزنک به‌ثبت رسید. درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر در توده گزنک تحت شرایط تنش خشکی به‌طور متوسط ۵۶/۷۳ و ۷۰/۵۲ درصد نسبت به رقم تجاری مری واشنگتن بیش‌تر بود. نتایج مقایسه میانگین‌های برای صفات وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه نشان داد که در تمامی توده‌های مورد بررسی با افزایش سطح تنش میزان وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش یافت.

نتیجه‌گیری: توده‌های خودرو گونه *A. azerbaijanensis* با توجه به برخورداری از تنوع ریخت‌شناختی مناسب و تولید اسپیرهای با طعم و اندازه مطلوب، گزینه‌ای مناسب در جهت به‌کارگیری در برنامه‌های اصلاحی مارچوبه با هدف تولید مارچوبه‌هایی با رشد رویشی برتر می‌باشند. برتری توده‌های مختلف مارچوبه ایرانی نسبت به رقم تجاری به‌کار گرفته شده در این پژوهش در تحمل شرایط کم‌آبی و تنش نیز نویدبخش امکان بررسی بیش‌تر مارچوبه‌های ایرانی در پروژها و مطالعات اصلاحی مارچوبه با هدف تولید ارقام مقاوم به تنش خشکی می‌باشد.

استناد: نمکی، عاطفه، قهرمانی، زهرا، اعلائی، میترا، برزگر، طاهر، رنجبر، محمدابراهیم (۱۴۰۱). بررسی ریخت‌شناختی توده‌های *Asparagus azerbaijanensis* و اثر تنش خشکی بر رشد گیاهچه‌های مارچوبه ایرانی. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی،

۲۹ (۱)، ۲۲۴-۲۰۹.

DOI: 10.22069/JOPP.2022.19081.2818



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

تنش خشکی یکی از رایج‌ترین تنش‌های محیطی در فرایند تولید محصولات کشاورزی در سراسر جهان است (۱۷). مهم‌ترین گونه تجاری مارچوبه *Asparagus officinalis* است که در برابر برخی از شایع‌ترین تنش‌ها مانند تنش شوری و خشکی و برخی از مهم‌ترین بیماری‌های گیاهی حساس و آسیب‌پذیر است (۲، ۳ و ۱۶). گونه‌های *A. verticillatus*، *A. persicus*، *A. officinalis*، *A. touranensis*، *A. azerbaijanensis*، *A. breslerianus* و *A. bojnurdensis* به صورت خودرو در مناطق مختلف ایران دارای رشد و پراکنش هستند (۸، ۹، ۱۰ و ۱۳). بررسی‌ها نشان داده که گونه‌های ایرانی مارچوبه قابلیت رشد در طیف وسیعی از شرایط آب و هوایی را داشته و به خوبی می‌توانند برخی از شرایط نامساعد خاک را تحمل کنند. برای مثال، موسوی‌زاده و همکاران، با توجه به پراکنش طبیعی گونه *A. breslerianus* در مناطقی با خاک‌های شور اقدام به بررسی دقیق میزان مقاومت این گونه در شرایط آزمایشگاهی کردند و نتایج حاصل از مطالعاتشان بیانگر آن بود که این گونه با توانایی رشد در بستریایی با غلظت نمک بیش از ۱۰۹/۴ میلی‌مولار یک گونه مقاوم به شوری بوده و جهت کاربرد در پروژه‌های اصلاحی مارچوبه به منظور تولید هیبریدهای مقاوم به شوری قابل پیشنهاد می‌باشد (۱۴). نتایج شناسایی رویشگاه‌های طبیعی مارچوبه‌های ایرانی و جمع‌آوری آن‌ها بیانگر آن بود که برخی از توده‌های مربوط به گونه‌های *A. officinalis* و *A. verticillatus* به خوبی می‌توانند دماهای زیر صفر را تحمل کنند. همچنین داده‌ها بیانگر آن بود که گونه *A. breslerianus* قابلیت رشد در خاک‌هایی با میزان شوری ۷/۲ دسی‌زیمنس بر متر را دارد. همچنین این گونه با سازگار شدن به شرایط بیابانی و خشک در مناطقی با میزان بارندگی تقریبی ۱۲۰ میلی‌متر در سال به خوبی رشد و گسترش یافته است (۱۳). هدف از انجام پژوهش حاضر، شناسایی و ارزیابی ریخت‌شناختی

توده‌های مختلف گونه ایرانی *A. azerbaijanensis* بررسی شاخصه‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه در برخی از مهم‌ترین گونه‌ها و توده‌های مارچوبه ایرانی تحت شرایط تنش خشکی، مقایسه میزان مقاومت توده‌های ایرانی با رقم تجاری مری واشنگتن و معرفی توده‌های برتر از نظر صفات مرتبط با مقاومت به جهت به‌کارگیری در برنامه‌های اصلاحی مارچوبه با هدف تولید هیبریدهای مقاوم به خشکی بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه زنجان در دو بخش مجزا صورت پذیرفت. بخش اول مربوط به جمع‌آوری و بررسی صفات ریخت‌شناختی دو توده خودرو مارچوبه از گونه *A. azerbaijanensis* (۸) و بخش دوم مربوط به بررسی اثر تنش خشکی بر شاخصه‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه مارچوبه‌های ایرانی در شرایط آزمایشگاه می‌شد. در آزمایش اول بر اساس پژوهش‌ها و گزارش‌های صورت گرفته در سال ۲۰۱۷ میلادی (۸) و همچنین راهنمایی افراد بومی هر منطقه، برای اولین بار دو توده از گونه *A. azerbaijanensis* در رویشگاه‌های طبیعی خود واقع در دو استان آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی شناسایی و جمع‌آوری شدند و برخی از مهم‌ترین صفات ریخت‌شناختی آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. از هر توده تعداد ۳۰ گیاه شامل پایه‌های نر و ماده با نسبت برابر انتخاب و صفات ریخت‌شناختی بر اساس پژوهش موسوی‌زاده و همکاران (۱۳) اندازه‌گیری شد. خصوصیات خاک محل رویش این دو توده با نمونه‌برداری در چهار نقطه مختلف از سطح تا عمق ۶۰ سانتی‌متری خاک و خصوصیات آب و هوایی مناطق از نزدیک‌ترین ایستگاه به محل نمونه‌برداری تهیه شد. مختصات جغرافیایی شامل طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا توسط نرم‌افزار GPS محاسبه و گزارش گردید (جدول ۱).

جدول ۱- خصوصیات آب و هوایی، موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های خاک مناطق جمع‌آوری نمونه.

Table 1. Climate characteristics, geographical location and soil properties of sample collection areas.

اقلیم Climate	هدایت الکتریکی خاک (دمی زمینس بر متر) Soil EC (dS/m)	اسیدیته خاک Soil pH	میانگین رطوبت نسبی (%) Average of relative humidity(%)	دمای متوسط سالانه (درجه سانتی‌گراد) Average of annual temperature (°C)	مجموع بارندگی سالانه (میلی‌متر) Total annual precipitation (mm)	ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude (m)	موقعیت جغرافیایی محل جمع‌آوری Geographical location of collection area		محل جمع‌آوری Sample collection area	گونه Species
							عرض (شمال) Latitude (North)	طول (شرق) Longitude (East)		
نیمه خشک سرد Semi-dry cold	1.6	8	51	12.3	164.5	1296	39° 21'	44° 24'	آذربایجان غربی-ماکو West Azarbaijan- Makou	<i>A. azerbaijanensis</i>
نیمه مرطوب سرد Semi-humid cold	1.5	7.8	62.9	9.5	295.5	1331	38° 45'	47° 32'	آذربایجان شرقی-اهر East Azarbaijan- Ahar	<i>A. azerbaijanensis</i>

مرحله آخر دو محلول آماده شده در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد با هم مخلوط و سریعاً در پتری‌دیش‌های استریل شده توزیع شدند. بذور توده‌های مورد نظر به مدت ۱۰ دقیقه با هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد ضدعفونی گردیده و سپس ۳ مرتبه و هر بار به مدت ۵ دقیقه با آب مقطر استریل آب‌کشی شدند. در هر پتری‌دیش ۵ میلی‌لیتر از محلول محیط کشت تنش تهیه شده اضافه گردید و در هر یک از آن‌ها ۱۰ عدد بذر قرار داده شد. پتری‌دیش‌ها در داخل ژریناتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رژیم نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی قرار داده شدند. در طول مدت آزمایش تعداد بذور جوانه‌زده به‌طور روزانه ثبت گردید. معیار جوانه‌زنی بذر، خروج ریشه‌چه به مقدار حداقل ۳ میلی‌متر بود (۱). صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه، وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه اندازه‌گیری شد. برای محاسبه درصد و سرعت جوانه‌زنی به ترتیب از روابط الف و ب استفاده شد:

در طی آزمایش دوم تأثیر تنش خشکی (در شرایط آزمایشگاه به کمک ماده پلی‌اتیلن گلیکول) بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه ۹ توده ایرانی مارچوبه و هم‌چنین رقم تجاری مری واشنگتن (جدول ۲) مورد بررسی قرار گرفت. چهار سطح مختلف تیمار خشکی با استفاده از پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ شامل سطح ۰٪ وزن برحجم (۰ مگاپاسکال)، ۰.۵٪ وزن برحجم (۰.۴- مگاپاسکال)، ۱.۰٪ وزن برحجم (۰.۵- مگاپاسکال) و ۱.۵٪ وزن برحجم (۰.۶- مگاپاسکال) اعمال گردید. برای تهیه محیط کشت تنش، ابتدا پلی‌اتیلن گلیکول در غلظت‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد در نصف حجم نهایی آب مقطر با استفاده از حرارت و هم‌زدن حل شده و استریل‌سازی گردید. برای نصف دیگر از حجم محلول محیط غذایی MS تهیه شد. سپس به آرامی به آن فیتاژل اضافه شده و توأم با هم‌زدن سریع روی هیتر حرارت داده شد. پس از آن محیط به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۲ بار اتوکلاو استریل گردید. در

جدول ۲- مواد گیاهی به‌کار گرفته شده و اطلاعات مربوط به سطح پلوئیدی، منشاء و خصوصیات آب و هوایی.

Table 2. Applied plant materials and ploidy level, origin and climate characteristics related information.

منطقه و شرایط آب و هوایی Area and climate characteristics	نوع Type	سطح پلوئیدی Ploidy level	کد Code	گونه Species
گلستان، چالکی - معتدل مرطوب Golestan-Chalaki- Wet temperate	گونه خودرو Wild species	2x	CH	<i>A. verticillatus</i> L.
رقم مری واشنگتن Mary Washington cultivar	رقم تجاری Commercial cultivar	2x	MW	<i>A. officinalis</i> L.
البرز، کرج - مدیترانه‌ای سرد Alborz-Karaj- Cold mediterranean	توده بومی شده Naturalized accession	2x	AL	<i>A. officinalis</i> L.
البرز، طالقان - مدیترانه‌ای سرد Alborz-Taleghan- Cold mediterranean	توده خودرو Wild accession	4x	TA	<i>A. officinalis</i> L.
مازندران، محمودآباد - گرم و مرطوب Mazandaran-Mahmudabad-Warm and wet	توده خودرو Wild accession	4x	MA	<i>A. officinalis</i> L.
مازندران، گزنک - سرد و خشک Mazandaran-Gazanak-Cold and dry	توده خودرو Wild accession	8x	GZ	<i>A. officinalis</i> L.
مازندران، بلده - معتدل کوهستانی Mazandaran-Balade- Cold temperate	توده خودرو Wild accession	8x	BL	<i>A. officinalis</i> L.
فارس، شیراز - گرم و نیمه خشک Fars-Shiraz- Warm and semi-dry	توده خودرو Wild accession	*	SH	<i>A. officinalis</i> L.
آذربایجان غربی، ماکو - سرد و نیمه خشک West Azarbaijan-Makou- Cold and semi-dry	توده خودرو Wild accession	*	MK	<i>A. azerbaijanensis</i>
آذربایجان شرقی، اهر - سرد و نیمه مرطوب East Azarbaijan-Ahar- Cold and semi-humid	توده خودرو Wild accession	*	AH	<i>A. azerbaijanensis</i>

اطلاعات مندرج در جدول بر اساس پژوهش‌های صورت پذیرفته توسط (Mousavizadeh et al., 2015, 2016; Hamdi and Assadi, 2017) گردآوری شده است

* گزارش معتبری از تعیین سطح پلوئیدی منتشر نشده است

Data in the table is based on researches conducted by (Mousavizadeh et al., 2015, 2016; Hamdi and Assadi, 2017)

* There is no valid report of ploidy level determination

$$\text{رابطه (الف)} \quad (7) \quad \text{تعداد بذرهاى جوانه‌زده تا روز } t \text{ ام} \\ \text{درصد جوانه‌زنى} = \frac{\text{تعداد كل بذور جوانه‌زده}}{\text{تعداد بذرهاى جوانه‌زده تا روز } t \text{ ام}} \times 100$$

$$\text{رابطه (ب)} \quad (7) \quad \text{تعداد بذرهاى جوانه‌زده تا روز } t \text{ ام} \\ \text{سرعت جوانه‌زنى} = \frac{\text{تعداد روز از شروع آزمایش}}{\text{تعداد بذرهاى جوانه‌زده تا روز } t \text{ ام}} \times 100$$

میوه در هر بوته شمارش گردید و میانگین تعداد کلادود در توده‌های گونه *A. azerbaijanensis* ۱۰/۲۸ عدد ارزیابی شد. نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که بین دو توده اهر و ماکو از نظر تعداد شاخه جانبی اولیه و ثانویه، طول شاخه جانبی ثانویه، طول میانگره شاخه جانبی ثانویه، تعداد فلس، تعداد کلادود، قطر برگ، طول برگ و قطر اسپیر اختلاف معناداری وجود داشت. بر این اساس، گیاهان مورد بررسی در توده ماکو قطر برگ، طول برگ و طول اسپیر بیش‌تری نسبت به گیاهان مورد بررسی در توده اهر داشتند و در مقابل تعداد کلادود و قطر اسپیر در مارچوبه‌های توده اهر بیش‌تر از مارچوبه‌های توده ماکو ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که توده اهر اسپیرهای کوتاه و ضخیم و توده ماکو اسپیرهای بلندتر و نازک‌تری تولید می‌کنند (جدول ۳). نتایج حاصل از بررسی‌های ریخت‌شناختی در چهار گونه مارچوبه ایرانی (*A. verticillatus* *A. persicus* *A. officinalis*) و *A. breslerianus* که در طی سال ۲۰۱۵ میلادی صورت پذیرفت نشان داد که در بین مارچوبه‌های ایرانی صفات ارتفاع بوته و تعداد بذر در هر میوه از ضریب تغییرات بالایی برخوردار بودند که با نتایج حاصل از این پژوهش در یک راستا قرار دارد. هم‌چنین بالاترین میزان طول و قطر اسپیر در مارچوبه‌های گونه *A. verticillatus* مشاهده گردید که به ترتیب ۵۸/۴۸ سانتی‌متر و ۶/۳۰ میلی‌متر بود (۱۳)، که این مقدار ۱۶/۳۲ درصد (برای صفت طول اسپیر) و ۲۵/۴ درصد (برای صفت قطر اسپیر) از میانگین طول و قطر اسپیر در توده‌های گونه *A. azerbaijanensis* بیش‌تر است.

مطالعه حاضر به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی صورت پذیرفت. عوامل مورد ارزیابی شامل: الف) ژنوتیپ (توده‌های ذکر شده در جدول ۲) و ب) سطوح مختلف تنش خشکی شامل: تیمارهای ۰ (شاهد)، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد (وزن/حجم) پلی اتیلن گلايکول بود. تجزیه واریانس و مقایسات میانگین به کمک آزمون t دو نمونه‌ای مستقل (برای آزمایش اول) و حداقل اختلاف معنی‌دار (برای آزمایش دوم) در سطح احتمال یک درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS, Ver 9.3 صورت پذیرفت. همبستگی بین صفات به کمک نرم‌افزار SPSS 16 برآورد شد و به منظور گروه‌بندی توده‌ها براساس صفات جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه از تجزیه خوشه‌ای با روش Ward و با تعیین ضریب فاصله اقلیدوسی به کمک نرم‌افزار SPSS 16 استفاده شد.

نتیجه‌گیری و بحث

آزمایش اول: نتایج بررسی‌های ریخت‌شناختی در دو توده از گونه *A. azerbaijanensis* نشان داد که در بین صفات مورد ارزیابی، به ترتیب صفت‌های ارتفاع بوته تا اولین شاخه جانبی، تعداد میوه در بوته و تعداد بذر در میوه بیش‌ترین میزان ضریب تغییرات را به خود اختصاص دادند (به ترتیب ۴۸/۰۹، ۴۲/۹۳ و ۴۰/۰۵ درصد) و از این‌رو می‌توانند صفات با اهمیت‌تری در ایجاد تنوع که یکی اصول مهم در برنامه‌های اصلاح نباتات است، باشند. براساس نتایج، میانگین طول و قطر اسپیر در توده‌های اهر و ماکو، ۴۸/۹۴ سانتی‌متر و ۴/۷۰ میلی‌متر بود. در توده‌های مورد بررسی به‌طور متوسط تعداد ۲/۳۷ بذر در هر میوه و تعداد ۱۵۹/۴۰

جدول ۳- صفات ریخت‌شناختی مورد ارزیابی در توده‌های اهر و ماکو و مقایسه میانگین صفات.

Table 3. Evaluated morphological traits in Ahar and Makou accessions and traits mean comparison.

توده اهر Ahar accession	توده ماکو Makou accession	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	میانگین Mean	حداقل Min	حداکثر Max	واحد Unit	صفات Traits
129.40 ^a	134.34 ^a	18.12	131.87	72.50	177	cm	ارتفاع بوته Plant height
35.87 ^a	37.14 ^a	48.09	36.51	17.80	112.60	cm	ارتفاع بوته تا اولین شاخه جانبی Plant height to the first branch
5.93 ^a	5.57 ^a	27.92	5.75	1.71	10.20	mm	قطر ساقه اصلی Diameter of main stem
117.31 ^a	105.78 ^a	21.13	111.54	68	162	cm	ارتفاع ساقه اصلی Height of main stem
46.20 ^a	28.86 ^b	30.96	37.53	20	58	-	تعداد شاخه جانبی اولیه Number of primary branches
18.15 ^a	9.89 ^b	38.42	14.02	6.33	26.66	-	تعداد شاخه جانبی ثانویه Number of secondary branches
34.47 ^a	32.37 ^a	19.22	33.42	19.23	45.76	cm	طول شاخه جانبی اولیه Length of primary branches
8.27 ^b	10.05 ^a	4.56	9.16	4.56	13.63	cm	طول شاخه جانبی ثانویه Length of secondary branches
1.84 ^a	2.17 ^a	29.52	2	0.90	3.36	cm	طول میانگره شاخه جانبی اولیه Internode length of primary branches
0.82 ^b	1.25 ^a	34.49	1.03	0.40	1.70	cm	طول میانگره شاخه جانبی ثانویه Internode length of secondary branches
1.32 ^a	1.46 ^a	21.72	1.39	0.75	1.92	mm	قطر شاخه جانبی اولیه Diameter of primary branches
1.86 ^a	0.58 ^a	28.92	0.72	0.32	1.11	mm	قطر شاخه جانبی ثانویه Diameter of secondary branches
14.86 ^a	10.93 ^b	24.46	12.90	7	18	-	تعداد فلس Scale number
11.26 ^a	9.30 ^b	25.37	10.28	6	16.33	-	تعداد کلادود Cladode number
0.18 ^b	0.29 ^a	29.92	0.24	0.12	0.36	mm	قطر برگ Diameter of leaf
0.87 ^b	1.71 ^a	39.03	1.29	0.50	2.23	cm	طول برگ Length of leaf
4.11 ^a	4.20 ^a	11.91	4.16	2.66	4.83	mm	قطر بذر Seed diameter
2.66 ^a	2.08 ^a	40.05	2.37	1	5	-	تعداد بذر در میوه Seed number per fruit
7.13 ^a	6.81 ^a	11.24	6.92	5.71	8.90	mm	قطر میوه Fruit diameter
163.23 ^a	155.59 ^a	42.93	159.4	37	362	-	تعداد میوه در بوته Fruit number per plant
46.48 ^b	50.42 ^a	26.26	48.94	26.32	60.60	cm	طول اسپیر Spear length
5.12 ^a	4.38 ^b	24.03	4.70	2.80	6.98	mm	قطر اسپیر Spear diameter

در هر ردیف میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ۱ درصد براساس آزمون مقایسه میانگین به روش t می‌باشند.

In each row having at least one common letter are not statistically different at 1% level according to t test

با صفت طول اسپیر (ضریب همبستگی: $-0/85$) از خود نشان دادند (جدول ۴). در پژوهشی که توسط حسندخت و همکاران بر روی توده‌های مارچوبه بومی شمال ایران صورت پذیرفت گزارش شد که صفت عرض فلس با صفت قطر اسپیر از همبستگی بالایی برخوردارند و همچنین همبستگی معنی‌دار و مثبتی بین تعداد فلس و طول اسپیر مشاهده گردید (۱۱)، که نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار بین صفات تعداد فلس و طول اسپیر را نشان می‌دهد. علاوه بر این، همبستگی بین صفات مرتبط با فلس با طول و قطر اسپیر در پژوهش صورت پذیرفته توسط سرابی و همکاران که بر روی توده‌های مارچوبه بومی طالقان و رقم تجاری مری واشنگتن صورت پذیرفت نیز گزارش گردید (۱۷).

بررسی همبستگی بین صفات ریخت‌شناختی و صفات اسپیر در توده‌های ماکو و اهر نشان داد که بین طول و قطر اسپیر و صفات تعداد شاخه جانبی اولیه و ثانویه، طول میانگره شاخه جانبی ثانویه، طول و قطر برگ و تعداد فلس تا اولین شاخه جانبی همبستگی معنی‌داری وجود دارد. نتایج نشان داد که با افزایش تعداد شاخه جانبی اولیه و ثانویه طول اسپیرهای تولید شده افزایش و ضخامت آن‌ها به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. اما در مقابل افزایش طول و قطر برگ موجب تولید اسپیرهای کوتاه‌تر و ضخیم‌تر می‌گردد. همچنین در بین صفات مورد بررسی، صفات تعداد شاخه جانبی اولیه و ثانویه بیش‌ترین میزان همبستگی را با صفت قطر اسپیر (ضریب همبستگی: $-0/75$) و صفت طول برگ بیش‌ترین میزان همبستگی

جدول ۴- همبستگی بین صفات ریخت‌شناختی مورد ارزیابی و صفات اسپیر در توده‌های ماکو و اهر.

Table 4. Correlation between evaluated morphological traits and spear properties in Makou and Ahar accessions.

تعداد شاخه جانبی اولیه Number of primary branches	قطر شاخه جانبی اولیه Diameter of primary branches	قطر شاخه جانبی ثانویه Diameter of secondary branches	ارتفاع ساقه Height of stem	قطر ساقه Diameter of stem	ارتفاع بوته تا اولین شاخه فرعی Plant height to the first branch	ارتفاع بوته Plant height	صفات Traits
0.64**	-0.22 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.10 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	-0.12 ^{ns}	-0.15 ^{ns}	طول اسپیر Spear length
-0.75**	-0.11 ^{ns}	-0.13 ^{ns}	-0.27 ^{ns}	-0.17 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.05 ^{ns}	قطر اسپیر Spear diameter
قطر برگ Diameter of leaf	طول برگ Length of leaf	طول شاخه جانبی اولیه Length of primary branches	طول شاخه جانبی ثانویه Length of secondary branches	طول میانگره شاخه جانبی ثانویه Internode length of secondary branches	طول میانگره شاخه جانبی اولیه Internode length of primary branches	تعداد شاخه جانبی ثانویه Number of secondary branches	صفات Traits
-0.65**	-0.85**	0.08 ^{ns}	-0.33 ^{ns}	-0.67**	-0.27 ^{ns}	0.60**	طول اسپیر Spear length
0.63**	0.74**	-0.18 ^{ns}	0.23 ^{ns}	0.55**	0.24 ^{ns}	-0.75**	قطر اسپیر Spear diameter
طول اسپیر Spear length	قطر بذر Seed diameter	تعداد بذر در میوه Seed number per fruit	قطر میوه Fruit diameter	تعداد میوه در بوته Fruit number per plant	تعداد فلس Scale number	تعداد کلادود Cladode number	صفات Traits
1**	0.12 ^{ns}	0.25 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.50**	0.24 ^{ns}	طول اسپیر Spear length
-0.69**	0.05 ^{ns}	-0.32 ^{ns}	-0.31 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	-0.60**	-0.39 ^{ns}	قطر اسپیر Spear diameter

** معنی‌دار در سطح یک درصد، * معنی‌دار در سطح پنج درصد و ^{ns} عدم تفاوت معنی‌دار

** Significant at 1% level, * Significant at 5% level and ^{ns} Non-significant

۰/۰۵-، ۰/۳- و ۰/۵- مگاپاسگال در شرایط کشت گلخانه‌ای می‌تواند به‌طور معنی‌داری از میزان وزن تر و خشک اسپیرها، تعداد جوانه‌ها و هم‌چنین عمر انباری اسپیرها بکاهد (۶). بر اساس مطالعاتی که در راستای تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات ریخت‌شناختی و فیزیولوژیکی محصولات مختلف کشاورزی صورت پذیرفته است، دو عامل کاهش سطح برگ و افزایش نسبت ریشه به ساقه را می‌توان از واکنش‌های مهم گیاه به تنش خشکی دانست. در شرایط کمبود آب، ریشه گیاه به‌منظور یافتن آب بیش‌تر دچار کشیدگی سلول شده و در عمق خاک نفوذ پیدا خواهد کرد، اما در نهایت جذب آب ناکافی و عدم انتقال آب و مواد غذایی به بخش‌های هوایی گیاه به‌میزان لازم، موجب رشد محدود و کم بخش‌های هوایی گیاه خواهد شد و سرانجام این شرایط موجب افزایش نسبت طول ریشه به ساقه در گیاهان رشد یافته تحت شرایط تنش خشکی خواهد شد. این موضوع در شرایط خفیف تنشی مشهودتر و ملموس‌تر خواهد بود چرا که اثرات شدید و مخرب تنش خشکی در سطوح بالا اجازه رشد اولیه را به ریشه گیاه نخواهد داد و در شرایط تنش در سطوح بالا هر دو بخش هوایی و زیرزمینی گیاه به‌شدت دچار کاهش رشد و گسترش خواهند شد (۱۲، ۱۵). این موضوع با یافته‌های حاصل از این پژوهش در یک راستا قرار دارد. هم‌چنین مطالعات فیزیولوژیکی نشان داده است که در شرایط تنش خشکی، هورمون آبسزیک اسید دارای تأثیرات متفاوتی در بخش زیرزمینی و اندام هوایی گیاه است، به‌طوری‌که در سطوح تنشی خفیف تا متوسط افزایش این هورمون در ریشه گیاه موجب رشد و گسترش ریشه و در بخش‌های هوایی موجب محدودیت رشد (عمدتاً به‌علت بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تبادلات گازی و

آزمایش دوم: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر معنی‌دار بودن اثرات ساده نوع توده و سطح تنش بر صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه بود. این موضوع در حالی است که اثر متقابل فاکتورهای نوع توده و سطح تنش بر صفات وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه معنی‌دار ارزیابی گردید. بیش‌ترین میزان درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر و هم‌چنین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در توده گزنک به ثبت رسید. درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر در توده گزنک تحت شرایط تنش خشکی به‌طور متوسط ۵۶/۷۳ و ۷۰/۵۲ درصد نسبت به رقم تجاری مری واشنگتن بیش‌تر بود. در بین توده‌های مورد بررسی، کم‌ترین میزان طول ریشه‌چه در توده‌های شیراز و چالکی (به‌ترتیب ۶/۱۹ و ۸/۰۱ میلی‌متر) تحت شرایط تنش ثبت گردید. هم‌چنین کم‌ترین مقدار نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه در رقم تجاری مری واشنگتن (۲/۱۴) مشاهده شد (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین صفات در سطوح مختلف تنش بیانگر آن بود که با افزایش سطح تنش خشکی به‌طور معناداری از میزان درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر و هم‌چنین رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاهچه‌ها کاسته خواهد شد. به‌طوری‌که با افزایش سطح تنش خشکی به بالاترین میزان، درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر به‌ترتیب ۷۷/۲۱ و ۸۱/۸۰ درصد نسبت به شرایط بدون تنش (شاهد) کاهش پیدا کرد. هم‌چنین، بیش‌ترین و کم‌ترین میزان نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه به‌ترتیب در سطوح تنش ۵ درصد (۲/۹۱) و ۱۵ درصد (۱/۷۵) مشاهده گردید (جدول ۶). نتایج حاصل از یکی از پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه که بر روی رقم تجاری مری واشنگتن صورت پذیرفت نشان داد که اعمال تنش خشکی در سطوح

فتوسنتز) خواهد شد. اما در تنش‌های شدید غلظت‌های بالای این هورمون به عنوان یک عامل بازدارنده رشد، با تخریب رنگیزه‌های فتوسنتزی، کاهش شدت فتوسنتز، تغییر در سوخت‌وساز نوکلئیک اسیدها و ایجاد اختلال در تولید انواع پروتئین‌ها مانع گسترش هر دو بخش در گیاهان می‌گردد (۵).

جدول ۵- مقایسات میانگین صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه در مارچوبه‌های ایرانی.

Table 5. Mean comparisons of seed germination and seedling growth related traits in Iranian asparagus.

توده‌های مارچوبه Asparagus accessions	درصد جوانه‌زنی (درصد) Germination percentage (%)	سرعت جوانه‌زنی (درصد در روز) Germination speed (percent per day)	طول ریشه‌چه (میلی‌متر) Radicle length (mm)	طول ساقچه (میلی‌متر) Plumule length (mm)	نسبت طول ریشه‌چه به ساقچه Radicle length to plumule length ratio
AL	11.50 ^f	0.64 ^d	12.46 ^b	4.85 ^{ab}	2.5 ^c
AH	22.41 ^e	1.35 ^{bc}	12.04 ^b	3020 ^b	4.16 ^a
BL	55.66 ^b	2.92 ^a	12.82 ^b	3.90 ^{ab}	3.05 ^b
CH	11.76 ^f	0.60 ^d	8.01 ^e	3.30 ^b	2.42 ^c
SH	27.52 ^d	1.87 ^b	6.19 ^e	3.68 ^{ab}	2.27 ^c
TA	12.25 ^f	0.82 ^{cd}	8.78 ^d	3.60 ^b	2.20 ^c
GZ	72.21 ^a	3.29 ^a	14.13 ^a	6.35 ^a	3.53 ^b
MK	22.45 ^e	1.00 ^c	10.40 ^c	3.35 ^b	3.10 ^b
MA	34.20 ^c	2.89 ^a	10.43 ^c	4.00 ^{ab}	2.49 ^c
MW	31.25 ^c	0.97 ^{cd}	7.32 ^d	3.66 ^b	2.14 ^c

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ۱ درصد براساس آزمون مقایسه میانگین به روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) می‌باشند (کد توده‌ها براساس جدول ۲ می‌باشد)

In each column having at least one common letter are not statistically different at 1% level according to Least Significant Difference (LSD) test (Accessions code is based on Table 2)

جدول ۶- مقایسات میانگین صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه در شرایط تنش خشکی.

Table 6. Mean comparisons of seed germination and seedling growth related traits in drought stress conditions.

تیمار Treatment	درصد جوانه‌زنی (%) Germination percentage (%)	سرعت جوانه‌زنی (درصد در روز) Germination speed (percent per day)	طول ریشه‌چه (میلی‌متر) Radicle length (mm)	طول ساقچه (میلی‌متر) Plumule length (mm)	نسبت طول ریشه‌چه به ساقچه Radicle length to plumule length ratio
شاهد Control	49.71 ^a	3.57 ^a	13.92 ^a	7.21 ^a	1.93 ^c
۵ درصد 5%	46.15 ^b	1.83 ^b	13.55 ^a	4.65 ^b	2.91 ^a
۱۰ درصد 10%	26.31 ^c	1.32 ^c	5.96 ^b	2.73 ^c	2.18 ^b
۱۵ درصد 15%	11.33 ^d	0.65 ^d	3.65 ^b	2.08 ^c	1.75 ^c

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ۱ درصد براساس آزمون مقایسه میانگین به روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) می‌باشند

In each column having at least one common letter are not statistically different at 1% level according to Least Significant Difference (LSD) test

مورد بررسی در شرایط حداکثری تنش از خود نشان داد. در شرایط اعمال بالاترین سطح تنش، بیش‌ترین میزان وزن تر ساقه‌چه (۱۰/۸۰ میلی‌گرم) و وزن خشک ریشه‌چه (۱۳/۷۳ میلی‌گرم) در توده گزنک ثبت گردید که این مقادیر به‌ترتیب ۷۱/۳۰ و ۸۸/۱۳ درصد از مقادیر ثبت شده برای رقم تجاری مری واشنگتن در شرایط مشابه بیش‌تر بود (جدول ۷).

در تمامی توده‌های مورد بررسی با افزایش سطح تنش میزان وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش یافت. بیش‌ترین میزان وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در توده گزنک و در شرایط عدم اعمال تنش خشکی (شاهد) مشاهده گردید. توده شیراز کم‌ترین میزان وزن تر (۱/۹۰ میلی‌گرم) و خشک ساقه‌چه (۰/۱۰ میلی‌گرم) را در بین توده‌های

جدول ۷- مقایسات میانگین صفات مرتبط با رشد گیاهچه در مارچوبه‌های ایرانی تحت شرایط تنش خشکی.

Table 7. Mean comparisons of seedling growth related traits in Iranian asparagus under drought stress conditions.

Plumule fresh weight (mg) (وزن تر ساقه‌چه (میلی‌گرم))										تیمار
MW	MA	MK	GZ	TA	SH	CH	BL	AH	AL	Treatment
33.2 ^{abc}	16.7 ^{bc}	16.44 ^{bc}	70.0 ^a	26.1 ^{bc}	26.00 ^{bc}	24.01 ^{bc}	23.0 ^{bc}	15.6 ^{bc}	40.2 ^{abc}	شاهد Control
18.9 ^{bc}	14.9 ^{bc}	10.23 ^{bc}	51.5 ^{ab}	24.7 ^{bc}	25.5 ^{bc}	23.5 ^{bc}	18.2 ^{bc}	11.3 ^{bc}	15.2 ^{bc}	۵ درصد 5%
3.9 ^c	10.0 ^c	7.00 ^c	16.5 ^{bc}	15.0 ^{bc}	14.3 ^{bc}	14.73 ^{bc}	9.2 ^c	6.7 ^c	8.1 ^c	۱۰ درصد 10%
3.1 ^c	9.3 ^c	6.24 ^c	10.8 ^c	8.7 ^c	1.9 ^c	9.00 ^c	6.3 ^c	5.5 ^c	4.3 ^c	۱۵ درصد 15%
Radicle fresh weight (mg) (وزن تر ریشه‌چه (میلی‌گرم))										تیمار
MW	MA	MK	GZ	TA	SH	CH	BL	AH	AL	Treatment
52.5 ^{def}	232 ^{abc}	60.2 ^{def}	283.3 ^a	138 ^{b-f}	31.4 ^{ef}	120 ^{b-f}	150 ^{a-e}	41.7 ^{ef}	186 ^{a-d}	شاهد Control
32.0 ^{ef}	106.9 ^{c-f}	32.0 ^{ef}	262.9 ^{ab}	90.7 ^{def}	11.7 ^f	101 ^{c-f}	104 ^{c-f}	25.5 ^{ef}	79.2 ^{def}	۵ درصد 5%
11.1 ^f	60 ^{def}	15.4 ^{ef}	119 ^{c-f}	18.1 ^{ef}	9.0 ^f	40.00 ^{ef}	103 ^{c-f}	13.6 ^{ef}	21.2 ^{ef}	۱۰ درصد 10%
7.4 ^f	19.0 ^{ef}	10.0 ^f	59.3 ^{def}	9.0 ^f	6.8 ^f	18.04 ^{ef}	31.9 ^{ef}	10.5 ^f	13.6 ^{ef}	۱۵ درصد 15%
Plumule dry weight (mg) (وزن خشک ساقه‌چه (میلی‌گرم))										تیمار
MW	MA	MK	GZ	TA	SH	CH	BL	AH	AL	Treatment
10.6 ^{ab}	4.2 ^{abc}	4.2 ^{abc}	13 ^a	4.7 ^{abc}	6.6 ^{abc}	4.5 ^{abc}	5.2 ^{abc}	3.1 ^{bc}	8.9 ^{abc}	شاهد Control
3.0 ^{bc}	2.7 ^{bc}	2.6 ^{bc}	9.1 ^{abc}	2.6 ^{bc}	3.6 ^{bc}	2.7 ^{bc}	4.6 ^{abc}	2.3 ^{bc}	2.7 ^{bc}	۵ درصد 5%
0.83 ^c	2 ^{bc}	1.8 ^{bc}	4.2 ^{abc}	2 ^{bc}	3.5 ^{bc}	1.6 ^{bc}	2.7 ^{bc}	1.9 ^{bc}	1.5 ^{bc}	۱۰ درصد 10%
0.2 ^c	1.8 ^{bc}	1.5 ^{bc}	2 ^{bc}	2 ^{bc}	0.1 ^c	1.5 ^{bc}	1.6 ^{bc}	1.1 ^c	0.76 ^c	۱۵ درصد 15%

ادامه جدول ۷-

Continue Table 7.

Radicle dry weight (mg) وزن خشک ریشه‌چه (میلی‌گرم)										تیمار
MW	MA	MK	GZ	TA	SH	CH	BL	AH	AL	Treatment
7.9 ^{cd}	42.1 ^{ab}	4.2 ^{d-e}	48.3 ^a	37.2 ^{abc}	4.9 ^{de}	40 ^{ab}	26.1 ^{a-e}	4.8 ^{de}	29.2 ^{a-e}	شاهد Control
7.2 ^{cd}	40.7 ^{ab}	3.2 ^e	36.6 ^{a-d}	15.6 ^{b-e}	4.8 ^{de}	22 ^{a-e}	19.6 ^{a-e}	2.5 ^e	13.8 ^{b-e}	۵ درصد 5%
2.9 ^e	3.8 ^e	1.9 ^e	23.5 ^{a-e}	3.1 ^e	2.1 ^e	4.5 ^{d-e}	15.5 ^{b-e}	1.8 ^e	3.2 ^e	۱۰ درصد 10%
1.6 ^e	1.7 ^e	1.0 ^e	13.7 ^{b-e}	1.7 ^e	1.8 ^e	2 ^e	6.9 ^{cd}	1.0 ^e	1.5 ^e	۱۵ درصد 15%

در هر ستون و ردیف میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ۱ درصد براساس آزمون مقایسه میانگین به روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) می‌باشند (کد توده‌ها براساس جدول ۲ می‌باشد)

In each column and row having at least one common letter are not statistically different at 1% level according to Least Significant Difference (LSD) test (Accessions code is based on Table 2)

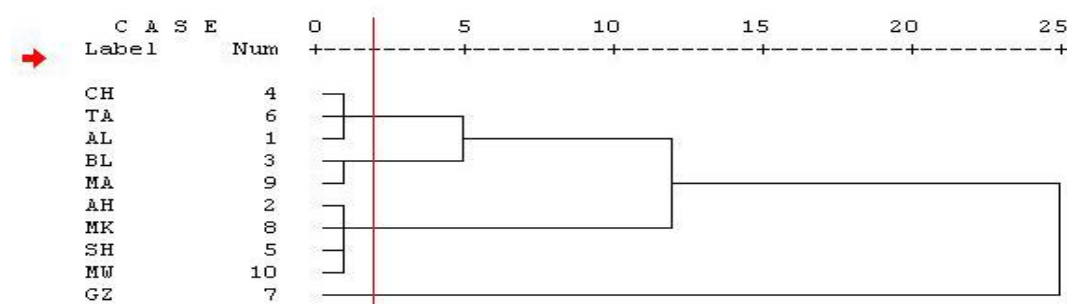
در شرایط مشابه تنش بود (۴). در پژوهش حاضر نیز مهم‌ترین علت برتری مشهود توده گزنک در سرکوب تأثیرات منفی تنش خشکی بر صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه را می‌توان سطح پلوئیدی بالای (اکتاپلوئید) این توده ایرانی دانست. هم‌چنین در تجزیه خوشه‌ای توده‌ها، دو فاکتور محل رویش و سطح پلوئیدی تأثیر قابل‌توجهی بر گروه‌بندی توده‌ها براساس صفات مورد بررسی داشتند، به‌طوری‌که عمدتاً توده‌های دارای سطح پلوئیدی یکسان و منطقه رویشی نزدیک به هم در گروه‌های مشابه قرار گرفتند. بر این اساس در فاصله دو اقلیدوسی توده‌ها به چهار گروه مختلف تقسیم شدند (شکل ۱). گروه اول شامل توده‌های چالکی، طالقان و البرز بوده که توده‌های چالکی و البرز دارای سطح پلوئیدی یکسان (دیپلوئید) و توده‌های البرز و طالقان دارای منطقه رشدی نزدیک به هم می‌باشند. گروه دوم شامل توده‌های بلده و محمودآباد بوده که هر دو توده پلی‌پلوئید بوده و دارای منطقه پراکنش نزدیک به یکدیگر می‌باشند. توده‌های اهر، ماکو و شیراز بیش‌ترین شباهت را از نظر صفات بررسی شده

مطالعات نشان داده است که به‌طور کلی گیاهان دارای سطوح پلوئیدی بالاتر در مواجهه با تنش‌های زنده و غیرزنده موفق‌تر عمل می‌کنند. افزایش در دستجات کروموزومی گیاه به‌نوبه خود موجب افزایش تولید متابولیت‌ها و آنزیم‌ها در گیاه شده و این موضوع موجب سرکوب پر قدرت تأثیرات منفی تنش خواهد شد. در نتایج پژوهشی که به بررسی اثر تنش خشکی در توده‌های مختلف گندم (دیپلوئید، تتراپلوئید و هگزاپلوئید) می‌پرداخت گزارش گردید که با افزایش سطح پلوئیدی، میزان ترکیبات زیست‌شیمیایی، آنزیم‌ها و پروتئین‌های مؤثر در سرکوب اثرات منفی تنش در گیاه به‌شدت دچار افزایش شد و این موضوع در نهایت موجب عکس‌العمل بهتر گندم‌های هگزاپلوئید نسبت به گندم‌های برخوردار از سایر سطوح پلوئیدی گردید (۱۸). هم‌چنین گزارش شده است که در شرایط تنش خشکی میزان فعالیت آنزیم گایاکول‌پراکسیداز و انباشت مالون‌دی‌آلدئید در توده‌های دیپلوئید علف هرز خورنال^۱ بیش‌تر و در مقابل محتوای پرولین گیاه کم‌تر از توده‌های تتراپلوئید

1- *Cenchrus ciliaris*

اقلیم سرد و خشک در عین برخورداری از بالاترین میزان مقاومت به خشکی، در بین توده‌های مورد بررسی در یک گروه مجزا قرار گرفت.

در شرایط تنش با رقم تجاری مری واشنگتن داشته و در یک گروه قرار گرفتند. در نهایت، توده گزنک با سطح پلوییدی اکتاپلوئید و پراکنش در منطقه‌ای با



شکل ۱- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای داده‌های مرتبط با جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه برای توده‌های مارچوبه ایرانی تحت شرایط تنش خشکی به روش وارد (کد توده‌ها براساس جدول ۲).

Fig. 1. Dendrogram of cluster analysis of seed germination and seedling growth related data for Iranian asparagus accessions under drought stress conditions using Ward method (accessions code is based on Table 2).

به تنش خشکی می‌باشد. بررسی توده‌های به‌کار گرفته شده در این پژوهش با هدف تعیین میزان مقاومتشان به سایر تنش‌های زنده و غیرزنده نیز برای مطالعات و پژوهش‌های آینده قابل پیشنهاد است.

سپاسگزاری

بدین وسیله از راهنمایی‌های علمی و مساعدت‌های عملی جناب آقای دکتر سید جواد موسوی‌زاده (استادیار گروه تولیدات گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان) در جهت تهیه بذر برخی از توده‌های ایرانی مورد استفاده در این پژوهش سپاسگزاری به‌عمل می‌آید.

نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج این پژوهش، توده‌های خودرو گونه *A. azerbaijanensis* با توجه به برخورداری از تنوع مورفولوژیکی مناسب و تولید اسپیرهای با طعم و اندازه مطلوب، گزینه‌ای مناسب در جهت بکارگیری در برنامه‌های اصلاحی مارچوبه با هدف تولید مارچوبه‌هایی با قدرت رشدی و صفات رویشی برتر می‌باشند. علاوه بر این برتری توده‌های مختلف مارچوبه ایرانی (به‌طور مشخص توده گزنک) نسبت به رقم تجاری به‌کار گرفته شده در این پژوهش در تحمل شرایط کم‌آبی و تنش نیز نویدبخش امکان بررسی بیش‌تر مارچوبه‌های ایرانی در پروژه‌ها و مطالعات اصلاحی مارچوبه با هدف تولید ارقام مقاوم

منابع

1. Agrawal, R.L. 1991. Seed Technology. Oxford & IBH Publishing, 658p.
2. Caruso, M., Federici, T. and Roose, L. 2008. EST-SSR markers for asparagus genetic diversity evaluation and cultivar identification. Mol. Breeding. 21: 195-204.
3. Castro, P., Gil, J. Cabrera, A. and Moreno, R. 2013. Assessment of genetic diversity and phylogenetic relationships in *Asparagus* species related to *Asparagus officinalis*. Genet. Resour. Crop Evol. 60: 1275-1288.
4. Chandra, A. and Dubey, A. 2010. Effect of ploidy levels on the activities of Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate synthetase, superoxide dismutase and peroxidase in *Cenchrus* species grown under water stress. Plant Physiol. Biochem. 48: 27-34.
5. Creelman, R.A., Mason, H.S., Bensen, R.J., Boyer, J.S. and Mullet, J.E. 1990. Water deficit and abscisic acid cause differential inhibition of shoot versus root growth in soybean seedlings. Plant Physiol. 92: 205-214.
6. Drost, D. and Wilcox-Lee, D. 1997. Soil water deficits and asparagus: I. Shoot, root, and bud growth during two seasons. Sci. Hort. 70: 131-143.
7. Ellis, R.H. and Roberts, E.H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Sci. Technol. 9: 377-409.
8. Hamdi, S.M.M. and Assadi, M. 2017. *Asparagus azerbaijanensis*, a new species of *Asparagus* subgen. *Asparagopsis* (Asparagaceae) from Iran. Phytotaxa. 297: 1. 93-96.
9. Hamdi, S.M.M. and Assadi, M. 2013. *Asparagus touranensis* L. (Asparagaceae), a new species from Iran. Iran. J. Bot. 19: 44-46.
10. Hamdi, S.M.M. and Assadi, M. 2009. *Asparagus khorasanensis* (Asparagaceae), a new species from Iran. Feddes Repert. 120: 419-426.
11. Hasandokht, M.R., Ahi, M.J. and Ghelichnia, H. 2017. Evaluation of genetic diversity of asparagus (*Asparagus officinalis* L.) accessions from north of Iran using morphological and molecular markers. Plant Prod. Technol. 17: 179-193 (In Persian)
12. Lobato, A.K.S., Oliveira Neto, C.F., Santos Filho, B.G., Costa, R.C.L., Cruz, F.J.R., Neves, H.K.B. and Lopes, M.J.S. 2008. Physiological and biochemical behavior in soybean (*Glycine max* cv. Sambaiba) plants under water deficit. Aust. J. Crop Sci. 2: 25-32.
13. Mousavizadeh, S.J., Hassandokht, M.R. and Kashi, A. 2015. Multivariate analysis of edible asparagus species in Iran by morphological characters. Euphytica. 206: 445-457.
14. Mousavizadeh, S.J., Mashayekhi, K. and Hassandokht, M.R. 2017. Indirect somatic embryogenesis on rare octoploid *Asparagus breslerianus* plants. Sci. Hort. 226: 184-190.
15. Osuagwu, G.G.E., Edeoga, H.O. and Osuagwu, A.N. 2010. The influence of water stress (drought) on the mineral and vitamin potential of the leaves *Ocimum gratissimum* L. Recent Res. Sci. Technol. 2: 27-33.
16. Regalado, J., Carmona, E., Castro, P., Moreno, R., Gil, J. and Encina, C. 2015. Study of the somaclonal variation produced by different methods of polyploidization in *Asparagus officinalis*. Plant Cell Tiss. Organ Cult. 122: 1. 31-44.
17. Sarabi, B., Hasandokht, M.R., Hasani, M.E. and Ramak Masoomi, T. 2010. Evaluation of morphological characteristics of Iranian edible wild asparagus (*Asparagus officinalis* L.). Iranian J. Hort. Sci. 41: 197-207. (In Persian)
18. Wang, J.Y., Turner, N.C., Liu, Y.X., Siddique, K.H.M. and Xiong, Y.C. 2017. Effects of drought stress on morphological, physiological and biochemical characteristics of wheat species differing in ploidy level. Func. Plant Biol. 44: 219-234.