Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Plant Production Research

Print ISSN: 2322-2050
Online ISSN: 2322-2778

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

Atefeh Namaki[1], Zahra Ghahremani[*2], Mitra Aelaei[3], Taher Barzegar[4], Mohamad Ebrahim Ranjbar[5]

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

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 04.23.2021
Revised: 05.08.2021
Accepted: 05.19.2021

Keywords:
Drought stress,
Germination percentage,
Iranian asparagus,
Polyethylene glycol

ABSTRACT

Background and Objectives: Drought stress is one of the most common environmental stresses in agriculture crops production process worldwide. *Asparagus officinalis* 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 *A. azerbaijanensis* 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.

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 *A. azerbaijanensis* species and the second experiment was related to evaluation of drought stress (in four levels: 0 (control), 5, 10 and 15% of *polyethylene glycol*) 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.

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 *A. azerbaijanensis* 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.

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 Research*, 29 (1), 209-224.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/JOPP.2022.19081.2818
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۵۰
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۷۸

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

عاطفه نمکی[۱]، زهرا قهرمانی*[۲]، میترا اعلایی[۳]، طاهر برزگر[۴]، محمدابراهیم رنجبر[۵]

۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه علوم باغبانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: anamakikhameneh@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، استادیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: z.ghahremani@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

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۳
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۹

واژه‌های کلیدی:
پلی‌اتیلن گلایکول،
تنش خشکی،
درصد جوانه‌زنی،
مارچوبه ایرانی

چکیده

سابقه و هدف: تنش خشکی یکی از رایج‌ترین تنش‌های محیطی در فرآیند تولید محصولات کشاورزی در سراسر جهان است. مهم‌ترین گونه تجاری مارچوبه *Asparagus officinalis* است که به برخی از شایع‌ترین تنش‌های زنده و غیرزنده حساس است. بنابر گزارش‌ها، گونه‌های ایرانی مارچوبه به‌خوبی می‌توانند برخی از شرایط نامساعد خاک را تحمل کنند. اهداف پژوهش حاضر، شناسایی و ارزیابی ریخت‌شناختی توده‌های مختلف گونه ایرانی *A. azerbaijanensis*، 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 به‌منظور بکارگیری آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی مارچوبه با هدف تولید هیبریدهای مقاوم به خشکی بودند.

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 *A. azerbaijanensis* و بخش دوم مربوط به بررسی اثر تنش خشکی (در چهار سطح: ۰ (شاهد)، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد پلی‌اتیلن گلایکول) 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) مارچوبه های ایرانی در شرایط آزمایشگاه می‌شد.

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 اسپیرهایی 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، اعلایی، 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

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

تنش خشکی یکی از رایج‌ترین تنش‌های محیطی در فرایند تولید محصولات کشاورزی در سراسر جهان است (۱). 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 ۴). گونه‌های *A. verticillatus*، *A. persicus*، *A. officinalis*، *A. touranensis*، *A. azerbaijanensis*، *A. breslerianus*، *A. bojnurdensis* و *A. khorasanensis* به‌صورت خودرو در مناطق مختلف ایران دارای رشد و پراکنش هستند (۵، ۶، ۷ و ۸). بررسی‌ها نشان داده که گونه‌های ایرانی مارچوبه قابلیت رشد در طیف وسیعی از شرایط آب و هوایی را داشته و به‌خوبی 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 به‌بررسی دقیق میزان مقاومت این گونه در شرایط آزمایشگاهی کردند و نتایج حاصل از مطالعاتشان بیانگر آن بود که این گونه با توانایی رشد در بسترهایی با غلظت نمک بیش از ۱۰۹/۴ میلی‌مولار یک گونه مقاوم به شوری بوده و جهت کاربرد در پروژه‌های اصلاحی مارچوبه به‌منظور تولید هیبریدهای مقاوم به شوری قابل پیشنهاد می‌باشد (۹). نتایج شناسایی رویشگاه‌های طبیعی مارچوبه‌های ایرانی و جمع‌آوری آن‌ها بیانگر آن بود که برخی از توده‌های مربوط به گونه‌های *A. officinalis* و *A. verticillatus* به‌خوبی 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 به‌خوبی رشد و گسترش یافته است (۸). 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* (۵) 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 (۵) 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 (۸) 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.

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

در طی آزمایش دوم تأثیر تنش خشکی (در شرایط آزمایشگاه به‌کمک ماده پلی‌اتیلن گلایکول) 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 گلایکول ۶۰۰۰ شامل سطح ۰٪ وزن برحجم (۰ مگاپاسگال)، ۵٪ وزن برحجم (۰/۴- مگاپاسکال)، ۱۰٪ وزن بر حجم (۰/۵- مگاپاسکال) و ۱۵٪ وزن بر حجم (۰/۶- مگاپاسکال) اعمال گردید. برای تهیه محیط کشت تنش، ابتدا پلی‌اتیلن گلایکول در غلظت‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد در نصف حجم نهایی آب مقطر با استفاده از حرارت و هم زدن حل شده و استرلیزه گردید. برای نصف دیگر از حجم محلول محیط غذایی MS تهیه شد. سپس به‌آرامی به آن فیتاژل اضافه شده و توأم با هم زدن سریع روی هیتر حرارت داده شد. پس از آن محیط به‌مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۲ بار اتوکلاو استریل گردید. در 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 به‌مدت 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 ژرمیناتور 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 (۱۰). 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 به‌ترتیب از روابط الف و ب استفاده شد:

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.

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

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

رابطه (الف) (۱۱)

$$\text{درصد جوانه‌زنی} = \frac{\text{تعداد بذرهای جوانه‌زده تا روز } i \text{ ام}}{\text{تعداد کل بذور جوانه‌زده}} \times 100$$

رابطه (ب) (۱۱)

$$\text{سرعت جوانه‌زنی} = \frac{\text{تعداد بذرهای جوانه‌زده تا روز } i \text{ ام}}{\text{تعداد روز از شروع آزمایش}} \times 100$$

مطالعه حاضر به‌صورت 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) پلی‌اتیلن گلایکول بود. تجزیه واریانس و مقایسات میانگین به‌کمک 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 به‌منظور گروه‌بندی توده‌ها براساس صفات جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه از تجزیه خوشه‌ای با روش Ward و با تعیین ضریب فاصله اقلیدوسی به‌کمک 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، به‌ترتیب صفت‌های ارتفاع بوته تا اولین شاخه جانبی، تعداد میوه در بوته و تعداد بذر در میوه بیش‌ترین میزان ضریب تغییرات را به‌خود اختصاص دادند (به‌ترتیب 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 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 طول 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. officinalis*، *A. persicus*، *A. verticillatus* 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 به‌ترتیب ۵۸/۴۸ سانتی‌متر و ۶/۳۰ میلی‌متر بود (۸)، 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.

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

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، صفت‌های تعداد شاخه جانبی اولیه و ثانویه بیش‌ترین میزان همبستگی را با صفت قطر اسپیر (ضریب همبستگی: ۰/۷۵-) و صفت طول برگ بیش‌ترین میزان همبستگی با صفت طول اسپیر (ضریب همبستگی: ۰/۸۵-) 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 (۱۲)، 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 (۱).

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.

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

** 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

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 بذور و هم‌چنین رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاهچه‌ها کاسته خواهد شد. به‌طوری که با افزایش سطح تنش خشکی به بالاترین میزان، درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور 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 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 (۱۳). 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 (۱۴، 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

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 (۱۶).

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

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

تودهای 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 ساقه‌چه (میلی‌متر) Plumule length (mm)	نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه 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 بذرو 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 ساقه‌چه (میلی‌متر) Plumule length (mm)	نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه 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

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 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).

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.

تیمار Treatment	وزن تر ساقه‌چه (میلی‌گرم) Plumule fresh weight (mg)									
	AL	AH	BL	CH	SH	TA	GZ	MK	MA	MW
شاهد Control	40.2^{abc}	15.6^{bc}	23.0^{bc}	24.01^{bc}	26.00^{bc}	26.1^{bc}	70.0^{a}	16.44^{bc}	16.7^{bc}	33.2^{abc}
۵ درصد 5%	15.2^{bc}	11.3^{bc}	18.2^{bc}	23.5^{bc}	25.5^{bc}	24.7^{bc}	51.5^{ab}	10.23^{bc}	14.9^{bc}	18.9^{bc}
۱۰ درصد 10%	8.1^{c}	6.7^{c}	9.2^{c}	14.73^{bc}	14.3^{bc}	15.0^{bc}	16.5^{bc}	7.00^{c}	10.0^{c}	3.9^{c}
۱۵ درصد 15%	4.3^{c}	5.5^{c}	6.3^{c}	9.00^{c}	1.9^{c}	8.7^{c}	10.8^{c}	6.24^{c}	9.3^{c}	3.1^{c}
تیمار Treatment	وزن تر ریشه‌چه (میلی‌گرم) Radicle fresh weight (mg)									
	AL	AH	BL	CH	SH	TA	GZ	MK	MA	MW
شاهد Control	186^{a-d}	41.7^{ef}	150^{a-e}	120^{b-f}	31.4^{ef}	138^{b-f}	283.3^{a}	60.2^{def}	232^{abc}	52.5^{def}
۵ درصد 5%	79.2^{def}	25.5^{ef}	104^{c-f}	101^{c-f}	11.7^{f}	90.7^{def}	262.9^{ab}	32.0^{ef}	$106.^{9c-f}$	32.0^{ef}
۱۰ درصد 10%	21.2^{ef}	13.6^{ef}	103^{c-f}	40.00^{ef}	9.0^{f}	18.1^{ef}	119^{c-f}	15.4^{ef}	60^{def}	11.1^{f}
۱۵ درصد 15%	13.6^{ef}	10.5^{f}	31.9^{ef}	18.04^{ef}	6.8^{f}	9.0^{f}	59.3^{def}	10.0^{f}	19.0^{ef}	7.4^{f}
تیمار Treatment	وزن خشک ساقه‌چه (میلی‌گرم) Plumule dry weight (mg)									
	AL	AH	BL	CH	SH	TA	GZ	MK	MA	MW
شاهد Control	8.9^{abc}	3.1^{bc}	5.2^{abc}	4.5^{abc}	6.6^{abc}	4.7^{abc}	13^{a}	4.2^{abc}	4.2^{abc}	10.6^{ab}
۵ درصد 5%	2.7^{bc}	2.3^{bc}	4.6^{abc}	2.7^{bc}	3.6^{bc}	2.6^{bc}	9.1^{abc}	2.6^{bc}	2.7^{bc}	3.0^{bc}
۱۰ درصد 10%	1.5^{bc}	1.9^{bc}	2.7^{bc}	1.6^{bc}	3.5^{bc}	2^{bc}	4.2^{abc}	1.8^{bc}	2^{bc}	0.83^{c}
۱۵ درصد 15%	0.76^{c}	1.1^{c}	1.6^{bc}	1.5^{bc}	0.1^{c}	2^{bc}	2^{bc}	1.5^{bc}	1.8^{bc}	0.2^{c}

ادامه جدول ۷-

Continue Table 7.

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

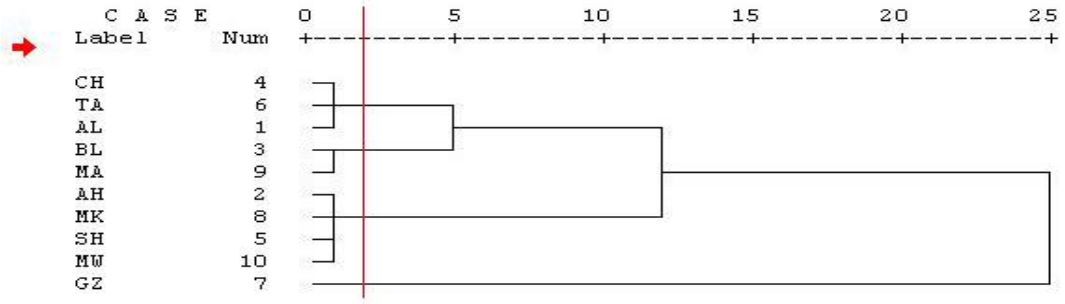
در هر ستون و ردیف میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ۱ درصد براساس آزمون مقایسه میانگین به روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) می‌باشند (کد توده‌ها براساس جدول ۲ می‌باشد)

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)

مطالعات نشان داده است که به‌طور کلی گیاهان دارای سطوح پلوئیدی بالاتر در مواجه 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 پرقدرت 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 زیست شیمیایی، آنزیم‌ها و پروتئین‌های مؤثر در سرکوب اثرات منفی تنش در گیاه به‌شدت دچار افزایش شد و این موضوع درنهایت موجب عکس‌العمل بهتر گندم‌های هگزاپلوئید نسبت به گندم‌های برخوردار از سایر سطوح پلوئیدی گردید (۱۷). هم‌چنین گزارش شده است که در شرایط تنش خشکی میزان فعالیت آنزیم گایاکول‌پراکسیداز و انباشت مالون‌دی‌آلدهید در توده‌های دیپلوئید علف هرز خورنال[1] بیش‌تر و در مقابل محتوای پرولین گیاه کم‌تر از توده‌های تتراپلوئید در شرایط مشابه تنش بود (۱۸). 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 به‌هم 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 به‌هم 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

1- *Cenchrus ciliaris*

در شرایط تنش با رقم تجاری مری واشنگتن داشته و در یک گروه قرار گرفتند. در نهایت، توده گزنک با سطح پلوئیدی اکتاپلوئید و پراکنش در منطقه‌ای با اقلیم سرد و خشک در عین برخورداری از بالاترین میزان مقاومت به خشکی، در بین توده‌های مورد بررسی در یک گروه مجزا قرار گرفت.



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).

نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج این پژوهش، توده‌های خودرو گونه *A. azerbaijanensis* با توجه به برخورداری از تنوع مورفولوژیکی مناسب و تولید اسپیرهایی 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 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

بدین‌وسیله 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 بذور برخی از توده‌های ایرانی مورد استفاده در این پژوهش سپاسگزاری به‌عمل می‌آید.

منابع

1.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)

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.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.

5.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.

6.Hamdi, S.M.M. and Assadi, M. 2013. *Asparagus touranensis* L. (Asparagaceae), a new species from Iran. Iran. J. Bot. 19: 44-46.

7.Hamdi, S.M.M. and Assadi, M. 2009. *Asparagus khorasanensis* (Asparagaceae), a new species from Iran. Feddes Repert. 120: 419-426.

8.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.

9.Mousavizadeh, S.J., Mashayekhi, K. and Hassandokht, M.R. 2017. Indirect somatic embryogenesis on rare octoploid *Asparagus breslerianus* plants. Sci. Hort. 226: 184-190.

10.Agrawal, R.L. 1991. Seed Technology. Oxford & IBH Publishing, 658p.

11.Ellis, R.H. and Roberts, E.H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Sci. Technol. 9: 377-409.

12.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)

13.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.

14.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.

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.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.

17.Wang, J.Y., Turner, N.C., Liu, Y.X., Siddique, K.H.M. and Xiong, Y.C. 2017. Effects of drought stress on morphological, physiologicaland biochemical characteristics of wheat species differing in ploidy level. Func. Plant Biol. 44: 219-234.

18.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.