Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 52, No 2, Summer 2021 (501-513)
DOI: 10.22059/ijhs.2020.294321.1750

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۲، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۴۰۰ (ص ۵۱۳-۵۰۱)

مقاله پژوهشی:

تأثیر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیکی و مقادیر پرولین پنج گونه دارویی از جنس *Allium* L.

افسون رحمانپور[۱]، آتوسا وزیری[۲*]، پروین صالحی شانجانی[۳]، مینا ربیعی[٤] و یونس عصری[۳]
۱، ۲ و ٤. دانشجوی دکتری، استادیار و دانشیار، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۳. دانشیار، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۲)

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیکی و مقادیر پرولین گیاهچه‌های پنج گونه *Allium* L.، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در شرایط گلخانه در مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور در سال ۱۳۹۸ اجرا شد. عامل اول گونه در پنج سطح (*Allium longisepalum* Bertol.، *A. rubellum* M. Bieb.، *A. giganteum* Regel، *A. stipitatum* Regel، *A. vavilovii* M. Popov et Vved.) و عامل دوم تنش خشکی در چهار سطح (۱۰۰ (شاهد)، ۷۵، ۵۵، ۳۵ درصد ظرفیت زراعی) بودند. نتایج نشان داد اثر تنش خشکی بر طول ریشه، طول و قطر سوخ، وزن خشک و درصد ماده خشک سوخ و میزان پرولین برگ معنی‌دار بود. نتایج تجزیه خوشه‌ای، *A. rubellum* و *A. vavilovii* که دارای سوخ بزرگ‌تر و سنگین‌تر در شرایط تنش خشکی بود در یک خوشه و *A. longisepalum*، *A. giganteum* و *A. stipitatum* با طول بیشتر ریشه در همین شرایط در خوشه دوم قرار داد. نتایج حاکی از واکنش متفاوت گونه‌های *Allium* به تنش خشکی بود، به‌طوریکه در گونه‌های *A. giganteum* و *A. longisepalum*، که علایم پژمردگی به ترتیب ۲٤ و ۲۰ روز پس از اعمال تنش خشکی شدید (۳۵٪ ظرفیت زراعی) ظاهر شد، متحمل‌ترین گونه‌های مورد بررسی بودند که می‌توان برای اصلاح ژنتیکی و یا کاشت در فضای سبز استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: *A. longisepalum* Bertol.، *A. rubellum* M. Bieb.، *A. giganteum* Regel، *A. stipitatum* Regel، *A. vavilovii* Popov et Vved.

The effect of drought stress on morphological traits and proline values of five medicinal species of *Allium* L. in Iran

Afsoun Rahmanpour[1], Atousa Vaziri[2*], Parvin Salehi Shanjani[3], Mina Rabie[4] and Younes Asri[3]
1, 2, 4. Ph. D. Candidate, Assistant Professor and Associate Professor, Payame Noor University, Tehran, Iran
3. Associate Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
(Received: Dec. 22, 2020 - Accepted: Apr. 21, 2020)

ABSTRACT

To investigate the effect of drought stress on morphological traits and proline values seedling establishment in five species of *Allium*, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design in greenhouse conditions at the Research Institute of Forests and Rangelands of Iran in 2019. The first factor was species in five levels (*Allium longisepalum* Bertol., *A. rubellum* M. Bieb., *A. giganteum* Regel, *A. stipitatum* Regel, *A. vavilovii* Popov & Vved.) and the second factor was drought stress at four levels (100% (control), 75%, 50% and 35% field capacity). The results showed that effect of drought stress was significant on root length, bulb length and diameter, bulb dry weight, bulb dry matter (%) and leaf proline content. The results of cluster analysis put *A. rubellum* and *A. vavilovii* with a larger and heavier bulb due to drought stress in one cluster and *A. longisepalum*, *A. giganteum* and *A. stipitatum* with longer root length in the second cluster. The results showed different responses of *Allium* species to drought stress, as in *A. giganteum* and *A. longisepalum*, which showed signs of wilting 24 and 20 days after severe drought stress (35% of field capacity), respectively, were the most tolerant species, which can be used for genetic modification or planting in green space.

Keywords: *A. longisepalum* Bertol., *A. rubellum* M. Bieb., *A. giganteum* Regel, *A. stipitatum* Regel, *A. vavilovii* Popov et Vved.

* Corresponding author E-mail: a_vaziri@pnu.ac.ir

مقدمه

دو سوم سطح کل ایران و بیش از یک سوم سطح جهان را مناطق خشک و نیمه خشک تشکیل می دهد (Ghasriani, 1993). در چنین شرایطی مهمترین عامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی، تنش‌های محیط به‌خصوص تنش خشکی می‌باشد که با محدودکردن رشد، نمو و پراکنش گیاهان در بیوسفر نقش مهمی را به‌عهده دارد (Sanchez *et al.*,1998). انتخاب و توسعه گونه‌های مقاوم و متحمل به خشکی بهترین روش برای مقابله با تنش خشکی است که با شناخت واکنش‌های زیستی گیاهان مختلف در تنش خشکی به‌دست می‌آید (Rampino *et al.*, 2006; Cicevan *et al.*, 2016). تنش خشکی به نوعی باعث کاهش پتانسیل آب خاک شده و در چنین شرایطی گیاه به منظور حفظ و ادامه جذب آب می‌تواند با تنظیم اسمزی تنش کم‌آبی را تحمل کند (Farooq *et al.*, 2012). برای اندازه گیری وضعیت آبی گیاه می‌توان از پتانسیل آبی، پتانسیل اسمزی و محتوی آب در حالت اشباع (آماس کامل) استفاده کرد. رابطه معنی‌دار قوی بین RWC و میزان فتوسنتز وجود دارد که تحت عنوان میزان آب نسبی RWC یا کمبود اشباع آب MSD نام برده می‌شود. بین RWC و پتانسیل آب برای برآورد مقاومت بافت‌ها در مقابل دهیدراسیون ارتباط و همبستگی وجود دارد، به طوری که بافت‌ها با کاهش پتانسیل آب قادر به حفظ مقادیر بالای RWC هستند و در برابر دهیدراسیون مقاومت بیشتری می‌کنند (Bajji *et al.*, 2001). همچنین با توجه به اینکه اسید آمینه پرولین منجر به حفظ فشار تورژسانس و کاهش خسارت بر غشاء گیاهان می‌شود، در تنظیم اسمزی یک عامل سازگار برای افزایش تحمل به خشکی می‌باشد (Naseri *et al.*, 2011)، اما گزارش‌های متناقضی در ارتباط با تجمع پرولین در گیاهان وجود دارد. به عنوان مثال گزارش شده است که در تنش طولانی مدت اثرات مفید پرولین بروز نخواهد کرد و تجمع آن حتی اثر منفی نیز بر رشد مطلوب گیاه خواهد گذاشت، زیرا منابع فتوسنتزی گیاه را به سمت فرایندهایی غیر از موارد دخیل در رشد مطلوب‌تر و سازگاری بالاتر منحرف می‌کند (Sanchez *et al.*,1998). با این وجود، گزارش‌های بسیاری مبنی بر نقش تجمع پرولین در تحمل به تنش خشکی گیاهان وجود دارد که می‌توان به گونه‌های *Poa* (Jin-fang *et al.*, 2007)، برخی از رقم های پیاز خوراکی (Hanci & Cebeci, 2014, 2015) و نیز به سه گونه زنبق (Wang & Dong, 2012) اشاره نمود.

در ایران ۱۲۰ گونه آلیوم رویش دارد که بیشتر بصورت وحشی در مناطق خشک، نیمه خشک و معتدل رشد می‌کنند (Fritsch & Maroofi, 2010). پیاز، سیر و موسیر مهم‌ترین اجزای رژیم غذایی روزانه مردم جهان هستند. این گیاهان از زمانهای بسیار دور برای درمان سنتی بیماری‌هایی چون سردرد، تب، گزش، کرم روده، وبا، اسهال و تومور استفاده می‌شده‌اند (Iciek *et al.*, 2009). پیاز خوراکی (*A. cepa* L.) با قرابت به گونه اندمیک *A. vavilovii* Popov et Vved (Wendelbo, 1971) و ژنوتیپ‌های متعدد بومی (تنوع ژنتیکی فراوان)، بیشترین میانگین درصد زود بالغی در روش کشت مستقیم بذر را دارد (Mobli & Aslani, 2018). در سراسر جهان ۵۰ گونه مهم از جنس آلیوم به‌طور گسترده و یا بصورت محلی کشت و کار می‌شوند (Fritsch & Abbasi, 2013; Aryakia *et al.*, 2016; Baghalian *et al.*, 2005; Naderian *et al.*, 2013). با این وجود بسیاری از گونه‌های آلیوم وحشی برای کاربردهای ادویه‌ای، سبزی، دارویی و یا زینتی توسط مردم محلی گردآوری می‌شوند. به‌طوری که در برخی مناطق شمالی ایران سیزده گونه آلیوم به عنوان سبزی، شش گونه به‌عنوان گیاه دارویی و پنج گونه به‌عنوان ادویه استفاده می‌شوند (Fritsch *et al.*, 2006). براساس آمارها در سال ۱۳۹۷ سطح تولید در هکتار محصولات گلخانه‌ای (سبزیجات) ۵۱۴/۶ با تولید ۵۷۷۱۵/۹ تن، بیش از ۱۰ هزار تولیدکننده گل و گیاهان زینتی با ۲۰۳۸/۷۷ سطح در هکتار و تولید ۱۸۰۱/۰۶ تن و گیاهان دارویی با تولید ۲۴۰۸۰۶/۷ تن در ایران فعالیت داشتند که حدود ۷۰۵۷۹/۸۷ هکتار سطح زیر کشت در ایران را به خود اختصاص داده‌اند (Statistics of Agricultural Jihad, 2018).

همانند سایر گیاهان، خشکی باعث بروز تغییرات

مورفولوژیکی در غده‌ها و پیازها می‌شود. به‌طوریکه در اثر تنش خشکی، از ارتفاع بوته، تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ و پیاز گیاه پیاز خوراکی (Samvati, 2014)، وزن غده و زیست‌توده کل گیاه سیب‌زمینی Saravia *et al.*, (2016) کاسته شد. مطالعات نشان داده‌اند وجود اندام پیاز در گیاهان جنس *Allium* برای تجمع آب و تحمل کم‌آبی اهمیت به‌سزایی دارد (Quan-lin *et al.*, 2008). رشد رویشی تره ایرانی (*A. ampeloprasum* Tareh group) نیز در اثر تنش کم‌آبی علی‌رغم سازگاری آن با انواع شرایط آب و هوایی ایران کاهش یافت (Dashti, 2003). با بررسی خصوصیات رویشگاهی موسیر ایرانی (*Allium hirtifolium* Boiss.) در گلستان کوه خوانسار استان اصفهان دریافتند که مناسبت‌ترین خاستگاه موسیر در نواحی نیمه استپی سرد تا خیلی مرطوب معتدل با ارتفاع ۲۴۰۰-۲۸۵۰ متر از سطح دریا، میانگین بارندگی ۴۰۰ میلی‌متر، بافت خاک لوم تا لوم رسی و pH خاک بین ۶/۷-۳/۷ می‌باشد (Naderian *et al.*, 2013). تنوع ژنتیکی ۲۱ تودهٔ موسیر (*A. hirtifolium* Boiss.) وحشی ایران از مناطق جنوب، جنوب غرب، غرب و مرکز ایران با استفاده از صفات مورفولوژیکی و نشانگرهای AFLP، نشان‌دهنده تطابق با پراکنش جغرافیایی بود و توده‌های مناطق سردتر تفاوت‌های ژنتیکی بارزتر و صفات مورفولوژی مناسب‌تری از منطقهٔ گرم‌تر جنوبی داشتند (Ebrahimi *et al.*, 2014). نتایج مطالعات موسیر ایرانی در استان فارس نشان داد که این گونه خاک‌های غیر شور و مرطوب را ترجیح داده و افزایش خشکی موجب کاهش رشد رویشی گیاه می‌شود (Allahmoradi *et al.*, 2013). همچنین با مقایسه خصوصیات آناتومیکی و مورفولوژیکی موسیر خراسان و لرستان، مشخص گردید عملکرد و صفات رویشی موسیر لرستان بر خراسان (با شرایط آب و هوایی نامساعد و کم‌آبی شدیدتر) برتری دارد (Sabzevari, 2015). با بررسی شرایط اقلیمی رویشگاه‌های مختلف و مزرعه دو گونه والک ایرانی (*A. akaka* S.G. Gmelin و *A. elburzense* W.) دریافتند که با افزایش ارتفاع از سطح دریا و کاهش دما، ارزش غذایی، مقدار عناصر روی، آهن و پتاسیم اندام‌های مختلف آن افزایش می‌یابد (Jafari *et al.*, 2018).

با توجه به اهمیت بررسی تنش خشکی در بخش کشاورزی، اهمیت کشت گیاهان دارویی و به دلیل تحقیقات محدود بر روی گونه‌های دارویی جنس *Allium* L.، پژوهش حاضر با هدف مطالعه تأثیر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیکی و مقادیر پرولین پنج گونه دارویی آلیوم بومی ایران انجام گردید. در این پژوهش اطلاعات مفیدی در مورد عکس‌العمل این گونه‌ها به تنش خشکی بدست آمد، بطوریکه امکان ارائه برخی استراتژی‌های مؤثر برای حفاظت، کاشت در فضای سبز و یا اهلی‌سازی و اصلاح برای افزایش تحمل به شرایط کم‌آبی و تولید پایدار این گیاهان را با استفاده از منابع ژرم‌پلاسم موجود حاصل می‌کند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در شرایط گلخانه در مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور اجرا شد. مواد گیاهی مورد استفاده در این تحقیق شامل بذرهای پنج گونه شامل سیرک گل بزرگ (*A. longisepalum* Bertol.)، پیاز صورتی (*A. rubellum* M. Bieb.)، پیاز غول‌آسا (*A. giganteum* Regel)، موسیر (*A. stipitatum* Regel)، پیاز خودروی (*A. vavilovii* Popov et Vved.) بودند. پیاز گونه‌های مورد بررسی در سال‌های ۱۳۶۰ تا ۱۳۸۰ از استان‌های مختلف جمع‌آوری و در این مجموعه نگه‌داری گردیدند و طی سالهای متمادی با اقلیم باغ گیاه‌شناسی سازش یافتند (جدول ۱).

باغ پیازی به وسعت ۲۱۱۲ مترمربع در باغ گیاه‌شناسی ملی ایران با ویژگی اکولوژیکی و مشخصات اقلیمی: طول جغرافیایی ´۱۹/°۵۱ شرقی، عرض جغرافیایی: ´۴۱/°۳۵ شمالی، ارتفاع از سطح دریا: ۱۳۲۰ متر می‌باشد. منحنی آمبروترمیک ترسیم شده نشانگر آب و هوای مدیترانه‌ای گرم و خشک است. طول فصل خشک در موقعیت جغرافیایی یاد شده هفت ماه در سال می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه ۲۳۰/۵ میلی‌متر، حداکثر نزول بارش در اسفندماه به میزان ۳۹/۹ میلی‌متر و حداقل آن در شهریور ماه به مقدار ۱/۱ میلی‌متر، حداقل دمای مطلق ۱۰- درجه سانتی گراد، حداکثر دما ۴۳ درجه سانتی گراد، حداقل مطلق رطوبت نسبی ۵۴ درصد،

تعداد روزهای یخبندان ۳۲ روز در سال، تعداد روزهای آفتابی ۱۲۴ روز در سال (استخراج شده از ایستگاه هواشناسی فرودگاه مهرآباد) است (شکل ۱). خاک مورد بررسی لوم شنی به نسبت: ماسه (۱)، کود پوسیده گاوی (۱)، خاک زراعی (۲) می‌باشد که پودر استخوان (مرغ و جوجه) به ازای هر ۱۰۰ مترمربع، یک کیلوگرم هر سال به خاک اضافه می‌گردد. pH خاک سطحی (۵ تا ۳۰ سانتی‌متری) ۸/۲۷ و خاک عمقی (۳۰ تا ۵۰ سانتی‌متری) ۸/۴۲، حداقل مطلق دمای خاک ۶- درجه سانتی گراد، حداکثر مطلق دمای خاک ۴۸ درجه سانتی گراد می‌باشد (جدول ۲).

برای انجام آزمون اثرات تنش کم‌آبی بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه، ابتدا بذرها با قارچ‌کش ویتاواکس (یک گرم در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر) به مدت ۵ دقیقه غوطه‌ور و سپس با آب مقطر کاملاً آبکشی نموده تا ویتاواکس شسته و ضدعفونی شوند. سپس ۵۰ عدد بذر در عمق ۲/۵ سانتیمتری در داخل هر گلدان (گلدان‌های پلاستیکی، به قطر ۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر) با خاکی شامل یک چهارم ماسه، دو چهارم خاک مزرعه و یک چهارم کود پوسیده کاشته شد و به ارتفاع یک سانتی‌متر خاک الک شده نرم روی آنها ریخته شد و در سرمای پنج درجه سانتی‌گراد برای رفع خفتگی بذرها (از ۱۰ روز تا ۳ ماه) قرار گرفتند. گیاهک‌های هم‌سن به گلخانه با آبیاری منظم دو روز در هفته تا زمان استقرار (به مدت ۶۰ روز) منتقل شدند. در این آزمایش، از هر گونه در مرحله سه برگی (۱۲۰ نمونه گیاهک سالم و مستقر شده) با چهار تیمار و سه تکرار (گلدان) مورد ارزیابی قرار گرفت. در روش میزان آب نسبی (RWC) (Bajji *et al.*, 2001)، ابتدا ظرفیت زراعی خاک به دست آمد و نسبت به آن تیمارهای ۳۵، ۵۵ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی (تنش کم، متوسط و شدید) با روش وزنی بر گلدان‌ها اعمال گردید (هفته‌ای دو بار تنش انجام شد) و با شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) مقایسه شد. در طول مدت آزمایش هر دو روز یکبار گلدان‌ها را وزن کرده و با مشاهده علائم اولیه پژمردگی در تنش ۳۵٪ ظرفیت زراعی، نمونه‌های برگ و پیاز برای بررسی غلظت پرولین با استفاده از روش نین‌هیدرین (Bates *et al.*, 1973) برداشت شد. صفات مورفولوژیکی شامل طول ریشه، طول و قطر پیاز، وزن تر و وزن خشک، درصد ماده خشک و درصد آب پیاز بود که با اولین مشاهده علایم پژمردگی برداشت، اندازه‌گیری و محاسبه گردید (Hanci & Cebeci, 2015). داده‌های به‌دست آمده به روش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه واریانس شدند و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن انجام گرفت. در تجزیه آماری از نرم‌افزار SAS 9 و Minitab 17 برای مقایسه و تجزیه خوشه‌ای استفاده گردید.

جدول ۱. پراکنش گونه‌های *Allium* مورد مطالعه در باغ گیاه‌شناسی ملی ایران.

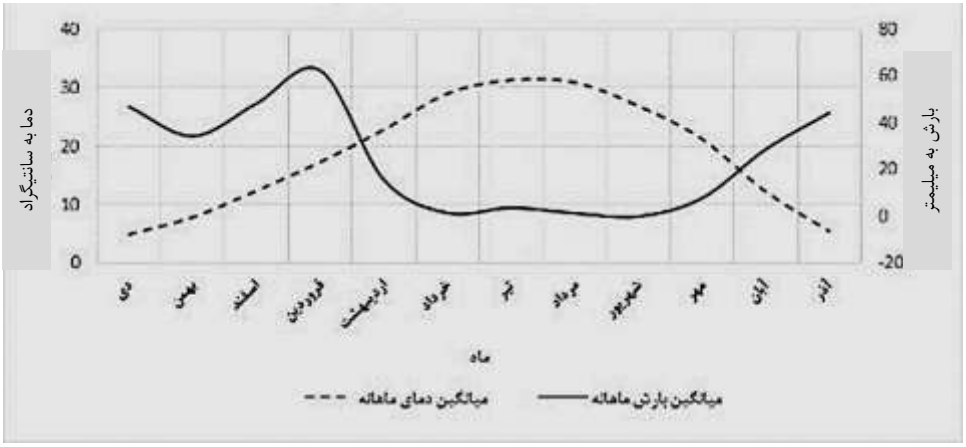
Table 1. Distribution of *Allium* species study in National Botanical Garden of Iran.

Species	Geographical distribution in Iran	Altitude of habitat (m)
A. longisepalum Bertol.	Kurdistan. Kermanshah, Khuzestan, Sistan and Baluchestan.	450-1700
A. giganteum Regel	Khorasan.	300-1800
A. stipitatum Regel	Kurdistan, Kermanshah, Hamedan, Nahavand, Fars, West Azarbaijan, Lorestan, Isfahan, Khansar, Chaharmahal and Bakhtiari, Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad, Arak, Yasouj, Borujerd.	1800-3600
A. rubellum M. Bieb.	Khorasan, Arak, Mazandaran, Qazvin, Golestan, Tehran, Azerbaijan.	900-2600
A. vavilovii Popov et Vved.	Khorasan, Central Alborz of Iran.	1200-1600

جدول ۲. ترکیب‌های خاک باغ پیازهای ایرانی.

Table 2. Soil composition of Iranian Bulb Garden.

Soil type	Type of tissue	pH	Clay (%)	Sand (%)	Silt (%)	Organic matter (%)
Surface soil	Sandy loam	8.27	8	74	18	2.48
Deep soil	Sandy loam	8.42	12	76	12	1.31



شکل ۱. منحنی آمبروترمیک در موقعیت جغرافیایی باغ گیاه‌شناسی ملی ایران.

Table 1. Ambrothermic curve in the geographical location of the National Botanical Garden of Iran.

نتایج و بحث

نتایج آنالیز واریانس بین گونه‌های *Allium* نشان داد اثر گونه بر تمامی صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر تنش خشکی، به استثنای صفات ابعاد و مقدار پرولین سوخ، بر سایر صفات معنی‌داری بود (جدول ۳). اثر متقابل گونه و تنش خشکی، به استثنای وزن تر و خشک و مقدار پرولین سوخ، بر سایر صفات مورد بررسی معنی‌دار بود (جدول ۳).

از آنجایی‌که معیار این تحقیق برای برداشت نمونه و بررسی ویژگی‌های مورفولوژی و پرولین گیاه، مشاهده علائم اولیه پژمردگی در تنش ۳۵٪ ظرفیت زراعی بود، این علائم در *A. stipitatum* شش روز، در *A. rubellum* ۱۰ روز، در *A. vavilovii* ۱۴ روز، در *A. longisepalum* ۲۰ روز و در *A. giganteum* ۲۴ روز پس از اعمال تنش شدید مشاهده گردید (شکل۲).

مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه بین گونه‌ها نشان داد بیشترین مقادیر طول ریشه در *A. giganteum*، قطر پیاز در *A. vavilovii*، طول سوخ در *A. vavilovii* و *A. rubellum*، وزن تر و خشک سوخ در *A. vavilovii*، درصد ماده خشک سوخ در *A. stipitatum*، پرولین برگ و سوخ در *A. giganteum* است (جدول ۴). مقایسه میانگین صفات مورد بررسی بین پنج گونه *Allium* در تیمارهای خشکی نشان داد بیشترین و کمترین طول ریشه به ترتیب در تنش ۷۵٪ ظرفیت زراعی و شاهد، بیشترین و کمترین قطر سوخ به ترتیب در تنش‌های ۳۵٪ و ۷۵٪ ظرفیت زراعی، بیشترین و کمترین وزن تر سوخ در تنش ۷۵٪ و ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی، بیشترین و کمترین درصد ماده خشک سوخ به ترتیب در ۳۵٪ و ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی، بیشترین و کمترین مقادیر پرولین برگ به ترتیب در تنش ۳۵٪ و ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی بدست آمد (جدول ۵). علی الرغم عدم معنی‌داری مقدار پرولین سوخ، روند افزایشی در تنش خشکی تا ۳۵٪ ظرفیت زراعی مشاهده شد (جدول ۵).

بررسی اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر مقادیر صفات مورفولوژیکی مورد مطالعه گونه‌های *Allium* نشان داد که طول ریشه و وزن سوخ *A. giganteum* با شروع تنش خشکی در شیب ملایم (۷۵٪ ظرفیت زراعی) افزایش و سپس با افزایش تنش کاهش یافت. درحالی که مقدار پرولین برگ و سوخ که یک ویژگی مهم برای تحمل کم‌آبی است حتی در تنش شدید (۳۵٪ ظرفیت زراعی) نیز افزایش قابل ملاحظه‌ای نشان داد. علایم پژمردگی ۲۴ روز پس از اعمال تنش خشکی شدید (۳۵٪ ظرفیت زراعی) در این گونه مشاهده شد که متحمل‌ترین گونه‌های مورد بررسی بود (شکل‌های ۳a-e و ۴a, b). در *A. longisepalum*، علایم پژمردگی ۲۰ روز پس از تنش شدید ظاهر گردید. در این گونه طول ریشه در اثر تنش کم‌آبی شدید (۳۵٪ ظرفیت زراعی)، کاهش و وزن سوخ افزایش یافت (شکل‌های ۳a - e). در حالی‌که مقادیر پرولین برگ و سوخ در این گونه در پاسخ به تنش کم‌آبی کاهش یافت (شکل ۴a, b).

در *A. vavilovii* که علایم پژمردگی ۱۴ روز پس از

تنش شدید مشاهده شد، مقادیر طول ریشه، ابعاد سوخ و پرولین در تنش متوسط (۵۵٪ ظرفیت زراعی) کاهش یافت، ولی با افزایش تنش (۳۵٪ ظرفیت زراعی) افزایش قابل ملاحظه‌ای نشان دادند (شکل‌های ۳a - e و ۴a, b). در *A. rubellum* طول ریشه و مقدار پرولین سوخ تا تنش متوسط افزایش یافت، ولی افزایش وزن خشک سوخ و پرولین برگ تا تنش شدید ادامه یافت (شکل‌های a, d, ۳e و ۴a, b). در حالی‌که ابعاد سوخ در هیچ یک از تنش‌ها تغییر چندانی نشان ندادند (شکل ۳b, c). در این گونه علایم پژمردگی ۱۴ روز پس از تنش شدید ظاهر گردید. طول ریشه *A. stipitatum* تا تنش خشکی متوسط (۵۵٪ ظرفیت زراعی) افزایش و سپس در تنش شدید کاهش یافت. درحالی‌که وزن سوخ در این گونه حتی در تنش شدید نیز افزایش معنی‌داری نشان داد و با توجه به اینکه علایم پژمردگی سریعتر از سایر گونه‌ها ظاهر شد، تحمل آن به تنش کم‌آبی کمتر از سایر گونه‌ها است (شکل‌های ۳a-e). به‌طورکلی گیاهان برای کاهش اثرات منفی خشکی از مکانیسم‌های متنوعی استفاده کرده و در مقابل خشکی از طریق تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی به تنش پاسخ می‌دهند (Castrillo & Calcargo, 1989). بنابراین به‌نظر می‌رسد که ویژگی سازشی در *A. giganteum* برای تحمل تنش خشکی، منجر به افزایش طول ریشه و مقدار پرولین گیاه که یک متابولیت چند منظوره بوده و در تنظیم اسمزی گیاه نقش بسزایی دارد، می‌شود (Nanjo *et al*., 1999).

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر تنش خشکی بر برخی صفات گونه‌های *Allium*

Table 3. Results of variance analysis effect of drought stress on some traits of *Allium* species.

Source of variation	df	Mean of squares								
		Root length	Bulb diameter	Bulb length	Bulb fresh weight	Bulb dry weight	Dry matter (%)	df	Bulb proline	Leaf proline
Species	4	55.39**	0.7**	0.84**	0.04**	0.004**	1800.24**	3	5571.14**	70216.24**
Drought stress	3	13.18**	0.01^{ns}	0.056^{ns}	0.005^{ns}	0.001*	222**	3	21740.89^{ns}	8737.427**
Species × drought stress	12	11.14**	0.06**	0.099**	0.004^{ns}	0.0003^{ns}	159.54**	9	13885.06^{ns}	7628.801**
Error		3.902	0.008	0.02	0.004	0.0004	64.34		1123.18	609.1369
C. .V%		31.13	23.02	28.79	109.55	88.43	18.69		86.94769	25.64273

**، * و ns: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار.

**, *, ns: Significantly difference at 1 and 5% of probability level and non-significantly differences, respectively.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر برخی صفات گونه‌های *Allium* .

Table 4. Mean comparison effect of drought stress on some characteristics of *Allium* species.

Species	Root length (cm)	Bulb diameter (cm)	Bulb length (cm)	Bulb fresh weight (g)	Bulb dry weight (g)	Dry matter (%)	Bulb proline ($\mu g.g^{-1}DW$)	Leaf proline ($\mu g.g^{-1}DW$)
A. longisepalum Bertol.	6.65^{b}	0.349^{c}	0.493^{b}	0.047^{bc}	0.019^{b}	38.729^{c}	43.5^{b}	48.65^{b}
A. giganteum Regel	7.823^{a}	0.244^{d}	0.489^{b}	0.031^{c}	0.011^{b}	37.382^{c}	231.62^{a}	208.66^{a}
A. stipitatum Regel	6.85^{b}	0.371^{c}	0.397^{c}	0.036^{c}	0.018^{b}	52.663^{a}	--	--
A. rubellum M. Bieb.	4.762^{d}	0.491^{b}	0.682^{a}	0.07^{b}	0.033^{a}	47.178^{b}	209.5^{a}	46.15^{b}
A. vavilovii Popov et Vved.	5.638^{c}	0.586^{a}	0.743^{a}	0.114^{a}	0.037^{a}	38.592^{c}	107.21^{ab}	25.96^{b}

در هر ستون میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means within a column followed by the same letter, are not significantly different at probability 5% level.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر برخی صفات گونه‌های *Allium* .

Table 5. Mean comparison effect of drought stress on some traits of *Allium* species.

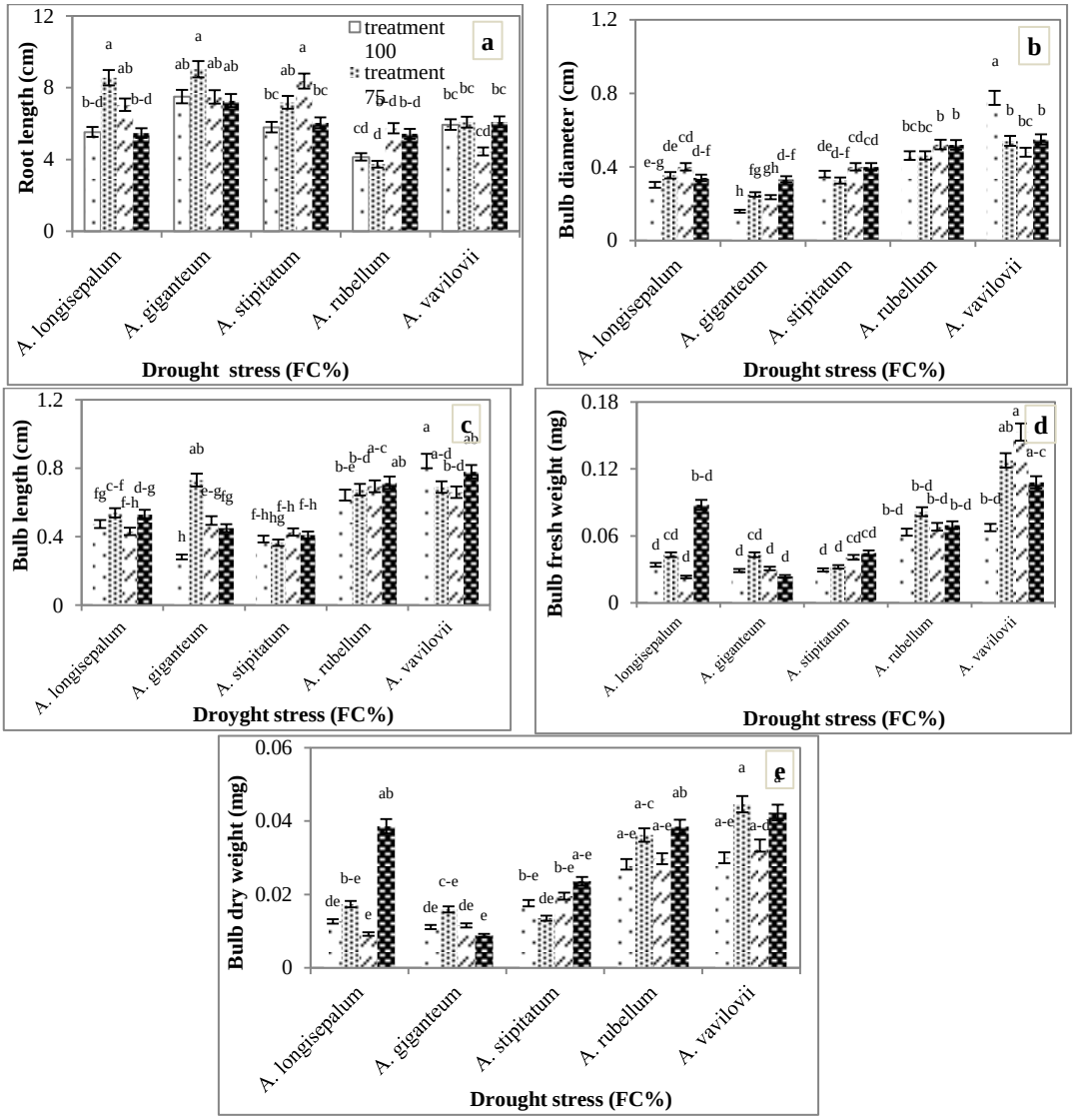
Treatment	Root length (cm)	Bulb diameter (cm)	Bulb length (cm)	Bulb fresh weight (g)	Bulb dry weight (g)	Dry matter%	Bulb Proline ($\mu g.g^{-1}DW$)	Leaf Proline ($\mu g.g^{-1}DW$)
100FC%	5.7836^{c}	0.4116^{ab}	0.5257^{b}	0.044^{a}	0.019^{b}	45.163^{a}	108.92^{a}	53.45^{c}
75FC%	6.9146^{a}	0.3866^{b}	0.6002^{a}	0.065^{a}	0.025^{ab}	40.999^{b}	78.53^{a}	101.96^{b}
55FC%	6.616^{ab}	0.4074^{ab}	0.5416^{ab}	0.063^{a}	0.02^{b}	41.231^{b}	137.03^{a}	69.18^{c}
35FC%	6.066^{bc}	0.4282^{a}	0.577^{ab}	0.066^{a}	0.03^{a}	44.242^{ab}	170.24^{a}	205.79^{a}

در هر ستون میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means within a column followed by the same letter, are not significantly different at probability 5% level.

شکل ۲. اثر تنش خشکی بر مورفولوژی سوخ گونه‌های *Allium* به روش RWC در شرایط گلخانه: شاهد (a)، ۷۵٪ FC (b)، ۵۵٪ FC (c)، ۳۵٪ FC (d).

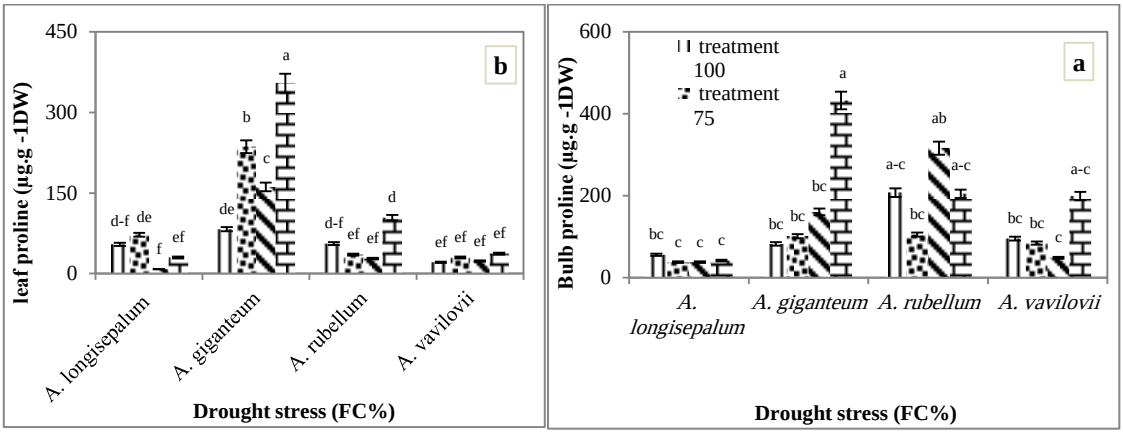
Figure 2. The effect of drought stress on bulb morphology of *Allium* species by RWC method in greenhouse conditions: control (a), 75% FC (b), 55% FC (c), 35% FC (d).



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر طول ریشه (a)، قطر سوخ (b)، طول سوخ (c)، وزن تر سوخ (d)، وزن خشک سوخ (e) گونه‌های *Allium*

Figure 3. Mean comparison effect of drought stress on root length (a), bulb diameter (b), bulb length (c), bulb fresh weight (d), bulb dry weight (e) of *Allium* species.

نتایج مشابهی در سه گونه *Poa* (Jin-fang *et al.*, 2007)، سه گونه زنبق (Wang & Dong, 2012) و رقم‌های پیاز خوراکی (Hanci & Cebeci, 2014; 2015) مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد واکنش سازگاری به کم‌آبی در گونه‌های مورد مطالعه متفاوت می‌باشد. آنچنان‌که برای *A. longisepalum* افزایش وزن خشک سوخ، برای دو گونه *A. vavilovii* و *A. rubellum* افزایش قطر و وزن خشک سوخ و برای *A. stipitatum* افزایش طول ریشه و وزن خشک سوخ می‌باشد. در توافق با نتایج حاضر، مطالعه اثر تنش کم‌آبی بر گونه‌های *Allium* (Csiszár *et al.* , 2007)، *A. mongolicum* (Quan-lin *et al.*, 2008)، سیر (Bideshki & Arvin, 2010; 2012; Akbari *et al.*, 2017; Arvin *et al.*, 2011)، تره ایرانی (Darabi *et al.*, 2011)، پنج رقم پیاز خوراکی (Estrada *et al.*, 2015)، اسپرس (Farahdost *et al.*, 2016) ، انگور پیوندی بی دانه (Madadi *et al.* 2021) نشان دادند که این گیاهان مقاوم به تنش کم‌آبی بوده و سطوح مختلف تنش خشکی تأثیر متفاوتی بر عملکرد و مورفولوژی گیاهان مورد مطالعه دارد.



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر پرولین سوخ (a) و برگ (b) گونه‌های *Allium*

Figure 4- Mean comparison effect of drought stress on bulb (a) and leaf (b) proline of *Allium* species.

بعلاوه افزایش وزن پیاز مشاهده شده در گونه‌های *A. rubellum*، *A. vavilovii*، *A. longisepalum* و *A. stipitatum* نیز یک ویژگی سازشی مهم برای تحمل تنش خشکی شدید بوده و به گیاه اجازه می‌دهد که با ذخیره‌ی آب و ماده غذایی کم‌آبی را تحمل نماید. این نتیجه در تایید با گزارش‌هایی مبنی بر تأثیر تنش کم‌آبی بر افزایش رشد و وزن تر پیاز خوراکی (Addai *et al.*, 2014) و افزایش رشد رویشی رقم های گل اطلسی (Kamali *et al.*, 2018) می‌باشد. نتایج مغایری نیز وجود دارد که می‌توان به کاهش رشد رویشی تره ایرانی (*A. ampeloprasum* Tareh group) در اثر تنش کم‌آبی علی‌رغم سازگاری آن با انواع شرایط آب و هوایی ایران (Dashti, 2003) اشاره کرد. بررسی اثر خشکی موسیر ایرانی (*A.hirtifolium* Boiss.) که غالباً رویشگاه‌های غیر شور و مرطوب را ترجیح داده، نیز حاکی از کاهش رشد در این گیاه است (Allahmoradi *et al.*, 2013). مقایسه خصوصیات آناتومیکی، مورفولوژیکی موسیر در رویشگاه‌های خراسان و لرستان نشان داد که ویژگی‌های رشدی در لرستان با شرایط آب و هوایی مساعدتر بیشتر از گیاهان خراسان (با شرایط آب و هوایی نامساعد و کم‌آبی شدیدتر) می‌باشد (Sabzevari, 2015). همچنین تأثیر کم‌آبی بر چهار رقم پیاز خوراکی (Kazemi- Abbey & Joyce, 2004; Arvin &Pour, 2003; 2004)، گیاه سیر (Mousavi *et al.*, 2018) و گل نرگس (*Narcissus tazetta* L.) (Naseri Moghadam *et al.*, 2020) نشان داد که افزایش تنش خشکی به طور معنی‌داری باعث کاهش حجم و وزن پیاز می‌شود. مطالعه شرایط اقلیمی رویشگاه‌های مختلف و مزرعه دو گونه والک ایرانی (*A. akaka* S.G. Gmelin و *A. elburzense* W.) بیانگر افزایش ارزش غذایی، مقدار عناصر روی، آهن و پتاسیم اندام‌های مختلف دو گونه با افزایش ارتفاع از سطح دریا و کاهش دما بود و به‌عبارتی مناطق گرم و خشک موجب کاهش وزن پیاز شد (Jafari *et al.*, 2018).

بررسی ضرایب همبستگی بین صفات گونه‌های مختلف نشان داد که قطر و طول سوخ با وزن تر و خشک سوخ رابطه مثبت و معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪ داشتند (جدول ۶). وزن تر با وزن خشک سوخ نیز همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح ۵٪ نشان دادند. طول ریشه با وزن خشک سوخ همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح ۵٪ داشتند (جدول ۶). به عبارت دیگر تنش خشکی موجب تغییر قطر، طول سوخ و در نهایت وزن تر و خشک سوخ شده، درحالی‌که طول ریشه تفاوت معنی‌داری در رابطه با تغییر قطر و طول سوخ نداشت (جدول ۶).

در دندروگرام بدست آمده از صفات مورفولوژی، پنج گونه *Allium* در دو خوشه گروه‌بندی شدند. گونه‌های *A. rubellum* و *A. vavilovii* که در خوشه یک قرار گرفتند، در پاسخ به کم‌آبی دارای قطر، طول، وزن تر و خشک سوخ بیشتری بودند به عبارت دیگر

دارای سوخ بزرگتری بودند (شکل ۵، جدول ۷). در حالی‌که گونه‌های *A. longisepalum*، *A. giganteum* و *A. stipitatum* با طول ریشه بیشتر به تنش خشکی پاسخ داده و در خوشه دوم قرار گرفتند (شکل ۵، جدول ۷). نتایج مطالعات به روشنی نشان داد که عکس‌العمل گونه‌های مختلف آلیوم به کم‌آبی متفاوت است. مشابه این تحقیق با تجزیه همبستگی و خوشه‌ای با هدف دستیابی به مقاوم‌ترین رقم پیاز خوراکی (Metwally, 2011)، ۱۰ گونه زنبق (Guo *et al.*, 2013)، واریته برنج (Lum *et al.*, 2014)، واریته‌های زنبق آلمانی (Bo *et al.*, 2017) به تنش خشکی در عرصه‌های طبیعی انجام شد.

با توجه به اطلاعات بدست‌آمده از گروه‌بندی گونه‌ها در شرایط کم‌آبی، می‌توان برای اجرای یک برنامه اصلاحی دراز مدت از گونه‌های مقاوم در شرایط اکولوژیکی تنش خشکی انتخاب نمود (Halluaer, 1981). موفقیت انتخاب بستگی به گزینش معیارهای مناسب برای بهبود صفت مورد نظر دارد. اجزاء عملکرد نه تنها به‌طور مستقیم بلکه به‌طور غیرمستقیم و از طریق تأثیر متقابل بر یکدیگر به‌صورت مثبت یا منفی بر عملکرد تأثیر می‌گذارند (Walton, 1980). با گزینش و ترکیب متفاوت صفات، امکان بهبود عملکرد در برابر تنش خشکی و کیفیت اندام‌های رویشی این گیاهان به‌دست می‌آید.

جدول ۶. بررسی همبستگی بین صفات مورد بررسی در گونه‌های *Allium*

Table 6. Investigating the correlation between the characteristics of *Allium* species.

Characteristics	Root length	Bulb diameter	Bulb length	Bulb fresh weight	Bulb dry weight	Dry matter %
Root length	1					
Bulb diameter	-0.86 ^{ns}					
Bulb length	-0.77 ^{ns}	0.83 ^{ns}				
Bulb fresh weight	-0.71 ^{ns}	0.93 **	0.91 *			
Bulb dry weight	-0.9 *	0.98 **	0.9 *	0.93 *		
Dry matter %	-0.26 ^{ns}	0.1 ^{ns}	-0.3 ^{ns}	-0.22 ^{ns}	0.47 ^{ns}	

**، * و ns: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار.

**, *, ns: Significantly difference at 1 and 5% of probability level and non-significantly difference, respectively.

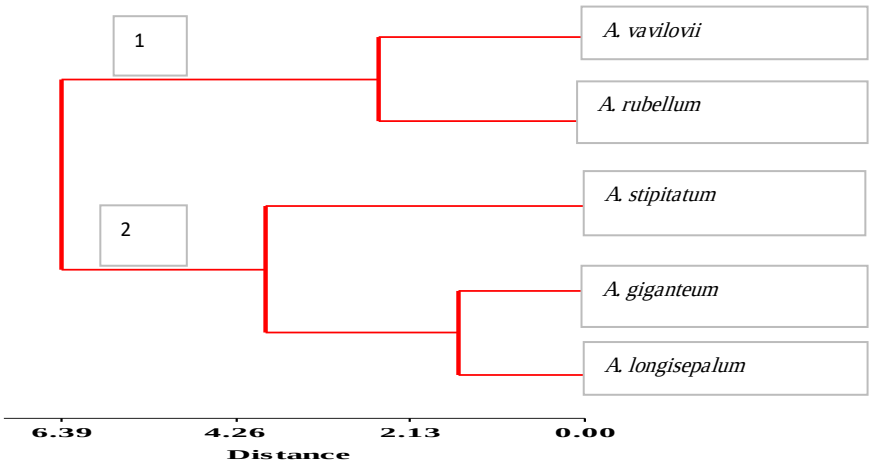
جدول ۷. مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در هر یک از خوشه‌های گروه‌بندی گونه‌های *Allium*

Table 7. Comparison of mean traits in each cluster of *Allium* species.

Cluster	Root length	Bulb diameter	Bulb length	Bulb fresh weight	Bulb dry weight	Dry matter %
1	5.2 ^{b*}	0.53 ^{a*}	0.71 ^{a*}	0.09 ^{a*}	0.035 ^{a*}	42.88 ^{b*}
2	7.1 ^{a*}	0.32 ^{b*}	0.46 ^{b*}	0.038 ^{b*}	0.016 ^{b*}	42.92 ^{a*}

* حروف مختلف در ستون، نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

* Different letters in the column indicate a significant difference at the 5% of probability level.



شکل ۵. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای میانگین داده‌ها به روش Ward در گونه‌های *Allium*

Figure 5. Dendrogram from Ward's mean data cluster analysis in *Allium* species.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش مشخص شد که گونه‌های *Allium* برای کاهش اثرات منفی خشکی از مکانیسم‌های متفاوتی استفاده می‌کنند. *A. rubellum* و *A. vavilovii* با بزرگ‌تر و سنگین‌تر شدن سوخ و *A. longisepalum*، *A. giganteum* و *A. stipitatum* با افزایش طول ریشه به تنش خشکی پاسخ دادند. بعلاوه نتایج نشان دادند پاسخ گونه‌های *Allium* به تنش خشکی متفاوت بود. علایم پژمردگی در *A. giganteum* و *A. longisepalum*، به ترتیب ۲۴ و ۲۰ روز پس از اعمال تنش خشکی شدید (۳۵٪ ظرفیت زراعی) ظاهر شد و لذا متحمل‌ترین گونه‌های مورد بررسی بودند. *A. stipitatum* و *A. rubellum* که به ترتیب شش و ۱۰ روز پس از اعمال تنش کم‌آبی شدید، علایم پژمردگی را نشان دادند کم تحمل‌ترین گونه‌ها به تنش کم‌آبی شدید می‌باشند.

بنابراین با توجه به قرابت بالای پیاز خوراکی به *A. vavilovii*، می‌توان از پتانسیل تحمل خشکی *A. vavilovii* در اصلاح رقم های زراعی مانند موسیر، سیر، تره ایرانی و پیاز خوراکی بهره برد. به دلیل پراکنش وسیع و سازگاری *A. longisepalum* با هر نوع اقلیم در ایران و نیز *A. giganteum* برای تحمل کم‌آبی، می‌توان از آنها نیز در برنامه‌های اهلی‌سازی، اصلاح ژنتیکی گونه‌های زینتی آلیوم برای کاشت در فضای سبز استفاده نمود.

سپاسگزاری

از مسئولان محترم مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور به‌سبب فراهم‌نمودن امکانات لازم برای انجام این پژوهش و همکاران محترم بانک ژن منابع طبیعی که در انجام این پژوهش با ما همکاری نموده‌اند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Abbey, L. & Joyce, D.C. (2004). Water-Deficit stress and soil type effects on spring onion growth. *Journal of Vegetable Crop Production*, 10 (2), 5-18.
2. Addai, IK., Takyi, H. & Oduro, G. (2014). Influence of bulb weight at planting and drought stress on growth and development of onion (*Allium cepa* L.) in the Northern Region of Ghana. *British Journal of Applied Science & Technology*, 4 (14), 2125-2135.
3. Akbari, Sh. Kafi, M. & Rezvan Beidokhti, Sh. (2017). The effect of drought stress and plant density on biochemical and physiological characteristics of two garlic (*Allium sativum* L.) ecotypes. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 14 (4), 665-674. (in Farsi).
4. Allahmoradi, M., Ghanbaryan G. A. & Ghasemi, F. (2013). Investigation of habitat characteristics of Persian shallot (*Allium hirtifolium* Boiss.) in Fars province, Iran. *Journal of Rangeland*, 7 (4), 282-291. (in Farsi).
5. Arvin, M., Bideshki, A., Keramat, B. & Maghsoudi, K. (2011). The study of drought stress and MJ on allicin and brix content, electrolyte leakage and changes of bulb and clove in garlic plant. In: Proceedings of *7th Iranian Horticultural Science Congress*. 5-8 Sept. Isfahan University of Technology, Isfahan, pp. 945-947. (in Farsi).
6. Arvin, M. J. & Kazemi-Pour, N. (2003). Effects of salinity and drought stresses on growth and chemical and biochemical compositions of 4 Onion (*Allium cepa*) cultivars. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science*, 5 (4), 41-51.
7. Arvin, M. J. & Kazemi-Pour, N. (2004). Effects of drought and salinity stress on growth, chemical and biochemical composition of four species of *Allium cepa* L. yield. *Journal of Agriculture Science and Techniques*, 36 (5), 22- 4. (in Farsi).
8. Aryakia, E., Karimi, HR., Naghavi, MR & Fazeli, SAS. (2016). Morphological characterization of intra-and interspecific diversity in some Iranian wild *Allium* species. *Euphytica*, 211, 185-200.
9. Baghalian, K., Ziai, S. A., Naghavi, M. R., NaghdiBadi, H. A. & Khalighi, A. (2005). Evaluation of allicin content and botanical traits in Iranian garlic (*Allium sativum* L.) ecotypes. *Scientia Horticulturae*, 103 (2), 155-166.
10. Bajji, M., Lutts, S. & Kinet, M. (2001). Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in tree durum wheat cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Science*, 160, 669-681.
11. Bates, L.S., Waldren, R.P. & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil*, 39, 205-207.

12. Bideshki, A. & Arvin, M. J. (2010). Effect of salicylic acid (SA) and drought stress on growth, bulb yield and allicin content of garlic (*Allium sativum*) in field. *Journal Plant Ecophysiology*, 2. 73-79.
13. Bideshki, A., Arvin, M. J. & Maghsoudi, K. (2012). Effect of indole-3 butyric acid (IBA) foliar application on growth, bulb yield and allicin of garlic (*Allium sativum* L.) under water deficit stress in field. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 28 (3), 567-577. (in Farsi).
14. Bo, W., Fu, B., Qin, G., Xing, G. & Wang, Y. (2017). Evaluation of drought resistance in *Iris germanica* L. based on subordination function and principal component analysis. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 29 (10), 770-778.
15. Castrillo, M. & Calcargo. A. M. (1989). Effects of water stress and rewatering on ribulose–I, 5-bis-phosphate-carboxylase activity, chlorophyll and protein contents in two cultivars of tomato. *Journal of Horticultural Science*, 64 (6), 717-724.
16. Cicevan, R., Hassan, M.H., Sestras, A.F., Prohens, J, Vicente, O., Sestras, R.E. & Boscaiu, M. (2016). Screening for drought tolerance in cultivars of the ornamental genus *Tagetes* (Asteraceae). *Peer Journal*, 4, e2133.
17. Csiszár, G., Lantos, E., Tari, I., Madoşă, E., Wodala, B., Vashegyi, A., Horváth, F., Pécsváradi, A., Szabó, M., Bartha, B., Gallé, A., Lazăr, A., Coradini, G., Staicu, M., Postelnicu, S., Mihacea, S., Nedelea, G. & Erdei, L. (2007). Antioxidant enzyme activities in *Allium* species and their cultivars under water stress. *Plant Soil Environment*, 53 (12), 517-523.
18. Darabi, M., Dashti, F., Gholami, M., Mosadeghi, M. & Mirfatah, S-M. (2011). Effect of drought stress on yield and some morphological and physiological characteristics of Iranian leek (*Allium ampeloperasum*). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 42 (1), 95-103. (in Farsi).
19. Dashti, F. (2003). *The study of genetic diversity and phylogeny of Tareh Irani in Alliums using morphological characters and molecular markers.* Ph. D. Thesis, Faculty of Agriculture, University of Tehran. (In Farsi).
20. Estrada, PradoW., Lescay Batista, E., Álvarez Fonseca, A. & Maceo Ramos, Y. (2015). Drought response of onion (*Allium cepa* L.) varieties using different selection indexes. *Cultivos Tropicales*, 36(3), 75-81.
21. Ebrahimi, R., Hassandokht, M. R. Zamani, Z., Kashi, A. K. & Roldan-Ruiz, I. (2014). Genetic study of Persian shallot (*A. hirtifolium* Boiss.) using morphological and molecular markers. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 45 (3), 267-277. (in Farsi).
22. Farahdost, R., Ashraf Jafari, A., Mansorifar, S. & Rabie, M. (2017). Effects of drought stress on forage yield and physiological traits in four native species of sainfoin (*Onobrychis* spp.). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 24 (4), 931-942. (in Farsi).
23. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. & Basra, S.M.A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 299, 185-212.
24. Fritsch, R. M. & Abbasi, M. (2013). *A Taxonomic Review of Allium subg. Melanocrommyum in Iran.* Leibniz-Institut für Pflanzen genetik und Kultur pflanzen for schung. Gatersleben, Germany.
25. Fritsch, R. M., Abbasi, M. & Keusgen, M. (2006). Useful wild *Allium* species in northern Iran. *Rostaniha*, 7 (2), 189- 206. (in Farsi).
26. Fritsch, R. M. & Maroofi, H. (2010). New species and new records of *Allium* L. (Alliaceae) from Iran. *Phyton*. 50 (1), 1-26.
27. Ghasriani, F. (1993). Comparing Medicago species for yield in rain fed conditions at Kermanshah province. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 85, 1-27. (in Farsi).
28. Guo, C.X., Zhou, Y., Dong, Y.F., Chen, F.Z., Tong, J., Tong, Z.F., Xu, H.L. & Tan, Q. (2013). Introduction and drought-resistance evaluation of ten *Iris* species. *Acta Horticulturea*, 977, 75-82.
29. Hallauer, A.R. & Miranda, J.B. (1981). *Handbook of plant breeding*. *Quantitative genetics in maize breeding*. (pp. 20-33.). Springer.
30. Hanci, F. & Cebeci, E. (2014). Investigation of proline, chlorophyll and carotenoids changes under drought stress in some onion (*Allium Cepa* L.) cultivars. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 2, 1499-1504.
31. Hanci, F. & Cebeci, E. (2015). Comparison of salinity and drought stress effects on some morphological and physiological parameters in onion (*Allium cepa* L.) during early growth phase. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 21 (6), 1204-1210.
32. Iciek, M., Kwiecień, I. & Włodek, L. (2009). Biological properties of garlic and garlic-derived organosulfur compounds. *Environmental and Molecular Mutagenesis*. 50 (3), 247-265.
33. Jafari, S., Hassandokht, M, Taheri, M. & Kashi, A. (2018). Determination of nutritive value and antioxidant capacity of various organs of two Iranian Valak species (*Allium akaka* S.G. Gmelin and *Allium elburzense* W.) in different habitates conditions and field. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 50(1), 105-118. (in Farsi).

34. Jin-fang, L., Hong-bo, Y. & Qing-ping, Z. (2007). Study on short-term drought resistance of three *Poa* species at seedling stage. *Pratacultural Science*, 05.
35. Kamali, M., Shoor, M., Neamati, S-H., Lakzian, A. & Khazaei, H-R. (2018). Effect of irrigation deficit on water relations, growth and physicochemical changes in *Petunia* (*Petunia garandiflora*) cultivars. *Iranian Journal Process and Function of Organic*, 7 (23), 283-296. (in Farsi).
36. Leo, W.D., Raamsdonk, V., Wietsma, A., Jaap, N. & Vriwes, D. (2008). Crossing experiments in *Allium* L. section *Cepa*. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 109 (2), 293-303.
37. Lum, M.S., Hanafi, M.M., Rafii, Y.M. & Akmar, A.S.N. (2014). Effect of drought stress on growth, proline and anthoxidant enzyme activities of upland Rice. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 24(5), 1487-1493.
38. Madadi, D., Ebadi, A., Dolati Baneh, B., Abdousi, V. & Hadadinejad, M. (2021). Morphological and physiological responses of grafted Sultana grapevine on Iranian and American rootstocks to drought stress. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 52 (2), 353-367. (in Farsi).
39. Metwally, A.K. (2011). Effect of water supply on vegetative growth and yield characteristics in onion (*Allium cepa* L.). *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5 (12), 3016-3023.
40. Mousavi, Z., Ahmadian, A., Kaweh, H. & Salari, A. (2018). Effect of different levels of stress and vermicompost fertilizer on yield, yield component and active compound of allicin in garlic medicinal herbs. *Journal of Water and Soil Conservation*, 25 (1), 215-227. (in Farsi).
41. Mobli, M & Aslani, L. (2018). Research review on onion (*Allium cepa* L.) in Iran. *Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 3 (2), 153 -168. (in Farsi).
42. Naderian, S., Azarniivand, H. & Zare Chahuki, M. A. (2013). Investigation of the habitat characteristics of Iranian mussel (*Allium hirtifolium* Boiss) in Golestankoh Khansar, Iran. In: Proceedings of *First National Conference on Sustainable Agriculture and Natural Resources*, 6 February, Tehran, Iran. 5 pp. (in Farsi).
43. Nanjo, T., Kobayashi, M., Yoshiba, Y., Sanada, Y., Wada, K., Tsukaya, H., Kakubari, Y., Yamaguchi-Shinozaki, K. & Shinozaki, K. (1999). Biological functions of proline in morphogenesis and osmotolerance revealed in antisense transgenic *Arabidopsis thaliana*. *Plant Journal*, 18, 185-193.
44. Naseri Moghadam, A., Bayat, H., Aminifard, M.H., & Moradinezhad, F. (2020). Effects of drought and salinity stresses on some morphological and physiological characteristics of *Narcissus tazetta* L. flower. *Iranian Journal of Horticultural Science*. 51 (1), 79-90. (in Farsi).
45. Naseri, Z., Abbassi, F. & Mahmoodzadeh, H. (2011). Effects of different water deficit levels and GA3 on the accumulation of proline and soluble and insoluble sugars in leaves of a new cultivar of barley (*Hordeum vulgar* L.). *Iranian Journal of Plant Science Researches*, 6 (2), 1-10. (In Farsi).
46. Quan-lin, M.A., Shi-zeng, L., Zi-zhu, Y. & Fang-yin, H. (2008). Drought resistant characteristics of wild *Allium mongolicum*. *Pratacultural Science*, 06, 56-61.
47. Sabzevari, S. (2015). *Comparison of two Iranian shallot species (A. altissimum* and *A. hirtifolium) based on anatomical and morphophysiological characteristics, hormonal pretreatment response and canopy formation process*. Ph.D. Thesis, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (in Farsi).
48. Samvati, H.A. (2014). Effects of drought stress on some physiological indices in three varieties of onion (*Allium cepa* L.). *First National Conference on Sustainable Agricultural Development with the Use of Crop Pattern*. 13 February, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran. (in Farsi).
49. Sanchez, F.J., Manzanares, M., De Andres, E.F., Tenorio, J.L. & Ayerbe, L. (1998). Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. *Field Crop Research*, 59, 225–235.
50. Saravia, D., Farfan-vignolo, E.R., Gutierrez, R., De Mendiburu, F., Schafleitner, R., Bonierbale, M., & Khan, M.A. (2016). Yield and physiological response of potatoes indicate different strategies to cope with drought stress and nitrogen fertilization. *The American Journal of Potato Research*, 93, 288-295.
51. Statistics of Agricultural Jihad. (2018). *Deputy of Planning and Economic Affairs. Information and Communication Technology Center*, from https://www.maj.ir
52. Rampino, P., Pataleo, S., Gerardi, C., Mita, G. & Perrotta, C. (2006). Drought stress response in wheat: physiological and molecular analysis of resistant and sensitive genotypes. *Plant Cell Environment*, 22, 2143-2153.
53. Walton, P.D. (1980). The production characteristics of *Bromus inermis* leyss and their inheritance, *Advances in Argonomy*, 33, 341-369.
54. Wendelbo, P. & Rechinger, K. H. (1971). *Flora Iranica*. Alliaceae. 76, 131. Akademisch Druk- U. Verlagsastalt, Graz. Austria.
55. Wang, B. & Dong, R. (2012). Effect of drought stress on physiological indexes in seedlings of *Iris*. *Northern Horticulture Journal*, 16 (34), 575-657.