Research Article

Iranian Journal of Forest and Poplar Research Vol. 32 No. 1, 2024
Vol. 32, No. 1, Page 16-28 (2024)

DOI: 10.22092/ijfpr.2023.363550.2118

Investigating the adaptive behavior of the wild almond (*Prunus scoparia* Schneider) in the humid climate of the Hyrcanian forests, Iran

V. Karimi

Assistant Prof., Botanical Garden of Nowshahr, Botany Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Nowshahr, Iran. Email: v.karimi@rifr-ac.ir

Received: 19.09.2023 Accepted: 28.10.2023

Abstract

Background and objectives: Different plants from different climates are collected according to the objectives of botanical gardens. Climate is one of the important ecological factors that has the greatest impact on the longevity of plants. Changing the location of the plant from a dry to a humid climate may cause stress and change in vegetative behavior. Therefore, the selection of plants for each region should be based on climate knowledge. The objectives of this research included investigating the effect of climate and nutritional treatments on the growth of wild almond (*Prunus scoparia* Schneider).

Methodology: This research was conducted by two related experimental methods. One of which included investigating the effect of climate on the growth of wild almond in Nowshahr Botanical Garden in Nowshahr county in north of Iran and the other one was the nutritional treatments on the seedlings of the wild almond in the Garden. The investigated factors in the climate effect test included the species of wild almond, environmental indicators and soil. The nutritional treatments were carried out as a completely randomized factorial design in three replications in the nursery section that the test factors were three levels of calcium nitrate as foliar spraying with a concentration of zero (control), 5 and 7.5 mM and two levels of potassium sulfate as foliar spraying with a concentration of zero (control) and 6 mM. The time of conducting this research was from 2017 to 2022. The seeds of the wild almond species were collected from the heights of Ghatour valley from Rahal village to Ghatour district located in Khoy county, Iran with an altitude range of 1492 to 1873 meters above sea level. Some parameters related to soil, plant and climate were evaluated at the same time as the experiment started in Nowshahr and Khoy counties. After the seeds germinated and the seedlings emerged from the soil, nutrition treatments were carried out by spraying potassium sulfate and calcium nitrite.

Results: The results of the experiments showed that Nowshahr's climate had a significant effect on the growth indicators of almond species from temperature, humidity, evaporation, sunny hours and ice days. The highest photosynthesis rate of 2.45 mg/fresh weight and the highest plant transpiration rate of 1.35 mmol/square meter per second were observed in Khoy climate. The lowest root length in Nowshahr Botanical Garden was 63.32 cm with the highest share of leafless branches at 60.98%. Correlation relationships of root length in the soil and the intensity of leaf fall (leafless branches) show a significant positive correlation at the 1% level with the amount of plant transpiration. The results of the test data showed that the use of potassium sulfate compared to the control seedlings, led to an increase in the amount of plant growth and, as a result, expanded the canopy width. In this research, the relationship between calcium absorption and transport in the plant showed that the reduction of calcium in the leaf tissues in the control seedlings decreased the resistance of the plant to maintain the leaves. Calcium foliar application increased the amount of calcium in leaf tissue in almonds. One of the effects of this phenomenon is the increase in the durability of almond seedlings to about 30%.

Conclusion: Foliar treatments of potassium and calcium nutrients, although to some extent increased the durability of almond seedlings during the experiment, but the growth disorders caused by the effect of climatic factors prevailed over the nutritional treatment. Therefore, the seedlings could not successfully adapt to the new environment even with the help of nutritional behavior.

Keywords: Almond, botanical garden, climate change, collection of fruit trees, Nowshahr.

Copyright: © 2024 by the authors. This is an open access, peer-reviewed article published by Research Institute of Forests and Rangelands (https://ijfpr.areeo.ac.ir/) and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

بررسی رفتار سازشی بادام کوهی (*Prunus scoparia* Schneider) در اقلیم مرطوب جنگل‌های هیرکانی

ولی کریمی

استادیار، باغ گیاه‌شناسی نوشهر، بخش تحقیقات گیاه‌شناسی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، نوشهر، ایران

پست الکترونیک: v.karimi@rifr-ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۰۶

چکیده

سابقه و هدف: باتوجه‌به اهداف باغ‌های گیاه‌شناسی، گیاهان مختلفی از اقلیم‌های متفاوت در آن‌ها جمع‌آوری می‌شود. اقلیم ازجمله عوامل مهم بوم‌شناختی است که بیشترین تأثیر را بر کمیت و کیفیت پوشش گیاهی دارد. تغییر مکان گیاه از اقلیم خشک به مرطوب ممکن است سبب ایجاد تنش و تغییر رفتار رویشی شود، بنابراین انتخاب گیاهان برای هر منطقه باید براساس شناخت اقلیمی انجام شود. اهداف پژوهش پیش‌رو شامل بررسی اثر اقلیم و تیمارهای تغذیه‌ای بر رشد بادام کوهی (*Prunus scoparia* Schneider) بود.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش از دو روش آزمایشی مرتبط به همدیگر استفاده شد. روش اول شامل بررسی اثر اقلیم بر رشد بادام کوهی در باغ گیاه‌شناسی نوشهر و روش دوم، اعمال تیمارهای تغذیه‌ای بر روی نهال‌های بذری بادام کوهی در این باغ بود. عوامل مورد بررسی در آزمایش اثر اقلیم شامل گونه بادام کوهی، شاخص‌های محیطی و خاک بودند. آزمایش تیمار تغذیه‌ای به‌صورت طرح فاکتوریل کامل تصادفی در سه تکرار در قطعه خزانه‌ای انجام گرفت. فاکتورهای آزمایش شامل سه سطح نیترات‌کلسیم به‌صورت محلول‌پاشی به غلظت صفر (شاهد)، پنج و ۷/۵ میلی‌مولار و دو سطح سولفات‌پتاسیم به‌صورت محلول‌پاشی به غلظت صفر (شاهد) و شش میلی‌مولار تشکیل داد. زمان انجام این پژوهش از پاییز ۱۳۹۶ تا آخر زمستان ۱۴۰۰ بود. بذر گونه بادام کوهی از ارتفاعات دره قطور از دهستان رهال تا بخش قطور واقع در شهرستان خوی با دامنه ارتفاعی ۱۴۹۲ تا ۱۸۷۳ متر از سطح دریا جمع‌آوری شد. برخی پارامترهای مربوط به خاک، گیاه و اقلیم هم‌زمان با شروع آزمایش در نوشهر و در رویشگاه مادری گونه (خوی) ارزیابی شدند. پس از جوانه زدن بذر و بیرون آمدن گیاه‌چه از خاک، تیمارهای تغذیه‌ای به‌صورت محلول‌پاشی سولفات‌پتاسیم و نیترات کلسیم انجام گرفتند.

نتایج: براساس نتایج به‌دست‌آمده، اقلیم نوشهر ازنظر دما، رطوبت، تبخیر، ساعت‌های آفتابی و روزهای یخبندان، اثر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد بادام کوهی داشت. بیشینه فتوسنتز و تعرق گیاه به‌ترتیب با ۲/۴۵ میلی‌گرم بر وزن تر و ۱/۳۵ میلی‌مول بر متر مربع در ثانیه در اقلیم خوی مشاهده شد. کمترین طول ریشه (۶۳/۳۲ سانتی‌متر) و بیشترین سهم سرشاخه‌های بدون برگ (۶۰/۹۸ درصد) به باغ گیاه‌شناسی نوشهر تعلق داشت. طول ریشه در خاک و شدت ریزش برگ (سرشاخه‌های بدون برگ)، همبستگی مثبت معنی‌داری با مقدار تعرق گیاهی نشان دادند ($p<0/01$). استفاده از سولفات‌پتاسیم نسبت به نهال‌های شاهد سبب افزایش معنی‌دار رشد گیاه و درنتیجه، باعث گسترش عرض تاج‌پوشش شد. ارتباط نحوه جذب و انتقال کلسیم در گیاه نشان داد که کاهش کلسیم در بافت‌های برگ در نهال‌های شاهد سبب کاهش مقاومت گیاه به حفظ و نگهداری برگ می‌شود. محلول‌پاشی کلسیم به افزایش مقدار کلسیم بافت برگ در بادام کوهی منجر شد. از آثار این پدیده می‌توان به افزایش ماندگاری نهال‌های بادام کوهی به‌حدود ۳۰ درصد اشاره کرد.

نتیجه‌گیری کلی: هرچند که تیمارهای محلول‌پاشی عناصر غذایی پتاسیم و کلسیم تاحدودی سبب افزایش ماندگاری نهال‌های بذری بادام کوهی در مدت اجرای آزمایش شد، اما اختلالات رشد ناشی از اثر عوامل اقلیمی بر تیمار تغذیه‌ای چیره شد، بنابراین نهال‌ها حتی با کمک گرفتن از رفتار تغذیه‌ای نتوانستند سازش موفقی به محیط جدید داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: بادام، باغ گیاه‌شناسی، تغییر اقلیم، کلکسیون درختان میوه، نوشهر.

مقدمه

گونه بادام کوهی (*Prunus scoparia* Schneider) که به قره‌باغی معروف است، در ترکیه، شمال‌غرب ایران و ناحیه قفقاز پراکنش دارد (Khatamsaz, 1992). این گیاه، درختچه‌ای به ارتفاع تا پنج متر از تیره گل‌سرخ که متعلق به ناحیه ایران- تورانی (به‌خصوص رشته‌کوه‌های زاگرس) است. گونه‌های وحشی بادام در ایران به‌طور معمول در عرض جغرافیایی ۲۸ تا ۳۸ درجه شمالی و طول ۴۱ تا ۵۴ درجه شرقی به ارتفاع ۱۱۰۰ تا ۲۷۰۰ متر از سطح دریا رشد می‌کنند (Denisov, 1988). برخی از گونه‌ها مانند بادام خاکستری (*Amygdalus eburnea* Spach) بوم‌ویژه ایران و سازگار به محیط‌های خشک و نیمه‌خشک هستند که اغلب در ناحیه ایران- تورانی حضور دارند. این گونه در دامنه‌ای از شرایط محیطی، شیب‌های صخره‌ای و سنگی، دره‌های خشک، مناطق جنگلی یا مناطق استپی جنگلی در کشور یافت می‌شود (Vafadar, 2009).

اقلیم ازجمله عوامل مهم بوم‌شناختی است که بیشترین تأثیر را بر کمیت و کیفیت پوشش گیاهی دارد (Mesdaghi, 2001). گونه‌های گیاهی باتوجه‌به مؤلفه‌های محیط‌های طبیعی مانند عوامل اقلیمی، خاک و توپوگرافی پراکنش دارند. این مؤلفه‌ها بر نحوه شکل‌گیری و توزیع پوشش گیاهی تأثیر دارند (Wang *et al*., 2001). تغییر ارتفاع از سطح دریا بر میزان بارندگی، شدت تابش، تبخیر و تعرق اثرگذار است که این عوامل به‌نوبه خود بر نوع و تراکم پوشش گیاهی مؤثر هستند (Roupioz *et al*., 2016). ویژگی‌های فنولوژیکی بسیاری از گیاهان چوبی متأثر از تغییر تدریجی در عوامل زیستی غیرزنده به‌ویژه مربوط به ارتفاع است (Hultine & Marshall, 2000). چنانچه تأثیر تنش خشکی حاصل از ارتفاع از سطح دریا بر چهار گونه بادام وحشی از طریق جمع‌آوری بذر آن‌ها از سه کلاسه ارتفاعی ۱۶۰۰ تا ۱۸۰۰، ۱۸۰۰ تا ۲۰۰۰ و بالاتر از ۲۰۰۰ متر از سطح دریا در رویشگاه کره‌بس از توابع استان چهارمحال و بختیاری بررسی شد (Jahanbazy Goujani *et al*., 2013). نتایج پژوهش مذکور حاکی از رویش بیشتر نهال‌های کلاسه ارتفاعی پایین بود، درحالی‌که نهال‌های حاصل از بذر پایه‌های مادری ارتفاعات بالاتر، کمترین رویش را داشتند. تغییر مکان گیاه از اقلیم خشک به مرطوب ممکن است سبب تنش و تغییر رفتار رویشی شود. برای مثال، خطر غرقاب شدن نهال‌ها، یکی از مهم‌ترین عوامل غیرزیستی تعیین‌کننده تنوع گونه‌ها در مناطق جلگه‌ای پرباران است (Higa *et al*., 2012). بررسی صفات ریخت‌شناسی و رشد ۱۴ کلون صنوبر (*Populus* spp.) در یک آزمایش ۳۷ روزه تحت دو سطح غرقابی ۱۰ و ۱۲۰ سانتی‌متر نشان داد که توسعه و نرخ برگ‌زایی، ارتفاع و رشد قطری و تعداد برگ در همه ۱۴ کلون کاهش یافتند (Gong *et al*., 2007). در پژوهشی دیگر، سطح برگ، نرخ فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و میزان تعرق نهال‌های بید سیاه (*Salix nigra* Marshall) در اثر شرایط غرقابی کاهش یافت، اما این کاهش در سطح غرقابی دائمی، بیشتر از غرقابی تناوبی بود (Pezeshki *et al*., 1998).

یکی از عوامل محیطی تأثیرگذار بر سیستم تعرق گیاهی، رطوبت نسبی است (Ashkavand *et al*., 2016) که برای گیاهان بومی اقلیم‌های خشکِ منتقل‌شده به اقلیم‌های مرطوب مسئله‌ساز است. در همین راستا، یکی از عناصر مهم و تأثیرگذار بر پایداری دیواره سلولی، کلسیم است که ارتباط مستقیم با تعرق گیاهی دارد، بنابراین اختلال در سیستم تعرق به کمبود کلسیم منجر خواهد شد (Dole & Wilkins, 1999). بررسی اثر محلول‌پاشی نیترات‌کلسیم بر کیفیت پرتقال در شرایط اقلیم هیرکانی در استان مازندران نشان داد که تیمارهای محلول‌پاشی‌شده نسبت به نهال‌های شاهد (بدون محلول‌پاشی) بیشترین کیفیت، عملکرد، قطر میوه و ضخامت پوست را داشتند (Asadi Kangarshahi & Akhlaghi Amiri, 2018). ترکیب و مشارکت تنش‌های محیطی (عوامل غیرزنده) و اندامگان‌های بیماری‌زا (عوامل زنده) باعث تضعیف و سرانجام، خشکیدگی درختان می‌شوند. درنتیجه، درختانی که در اثر تغییرات محیطی دچار استرس شده‌اند، به‌راحتی مورد هجوم آفات و عوامل بیماری‌زا قرار می‌گیرند و از بین می‌روند (Manion, 1991).

پتاسیم ازجمله عناصر مهم در فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه است (hosseini *et al*., 2024) که در فعالیت آنزیمی، تثبیت کربن در فتوسنتز، انتقال مواد غذایی فراوری‌شده (تثبیت‌شده)، روابط آبی بین گیاه و محیط نقش اساسی ایفا می‌کند، بنابراین یکی از کودهای ضروری در همه اقلیم‌ها برای رشد بهینه و مقاومت گیاه به تنش‌ها به‌شمار می‌رود (Murrell *et al*., 2021). پتاسیم در خاک زیرین (عمیق) ممکن است برای گیاه قابل‌دسترسی نباشد. به‌خصوص اگر ریشه در شرایط فیزیکوشیمیایی نامناسبی (محدودیت رشد ریشه) قرار گرفته باشد (Sparks *et al*., 1980). ارزیابی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مانند عناصر مغذی (ازت کل، فسفر و پتاسیم)، مقدار آهک، بافت، عمق لایه هوموسی و اسیدیته بر استقرار درختچه پیرو (*Juniperus communis* L.) نشان داد که تراکم گونه با درصد پتاسیم قابل‌جذب موجود در خاک زیرسطحی و ارتفاع از سطح دریا، همبستگی مثبت دارد (Zolfeghari *et al*., 2014).

انتخاب گیاهان برای هر منطقه باید براساس شناخت اقلیمی انجام شود (Ardakani, 2003). یکی از اهداف باغ‌های گیاه‌شناسی، جمع‌آوری گیاهان بومی، غیربومی و نمایش آن‌ها در قالب کلکسیون‌های زنده گیاهی است. برای این منظور، گیاهان مختلفی از اقلیم‌های متفاوت در باغ گیاه‌شناسی نوشهر جمع‌آوری شده است. باغ گیاه‌شناسی نوشهر در ناحیه جلگه‌ای هیرکانی با ارتفاع منفی ۲۴ متر از سطح دریاهای آزاد قرار دارد، بنابراین برخی از گیاهان غیربومی (خارج از اقلیم هیرکانی) کاشته‌شده در این باغ ممکن است واکنش‌های متفاوتی از رفتار رویشی را نشان دهند. پژوهش پیش‌رو با هدف بررسی اثر اقلیم و تیمار تغذیه‌ای بر رشد بادام کوهی و در راستای اهداف پروژه ایجاد کلکسیون ارقام محلی درختان میوه در باغ گیاه‌شناسی نوشهر انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش از پاییز ۱۳۹۶ تا آخر زمستان ۱۴۰۰ در باغ گیاه‌شناسی نوشهر با مختصات ۳۶ درجه و ۳۹ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی به ارتفاع منفی ۲۴ متر از سطح دریاهای آزاد و با میانگین بارش سالانه حدود ۱۳۰۰ میلی‌متر انجام شد. دو روش آزمایشی مرتبط به همدیگر در این پژوهش استفاده شد. یکی شامل بررسی اثر اقلیم بر رشد بادام کوهی و دیگری، ارزیابی تیمار تغذیه‌ای بر روی نهال‌های بذری این گونه در باغ گیاه‌شناسی نوشهر بود. عوامل مورد بررسی در آزمایش اول شامل اثر اقلیم بر بادام کوهی، شاخص‌های محیطی و خاک بودند. آزمایش تیمار تغذیه‌ای به‌صورت طرح فاکتوریل کامل تصادفی در سه تکرار در قطعه خزانه‌ای انجام گرفت. فاکتورهای آزمایش را سه سطح نیترات‌کلسیم به‌صورت محلول‌پاشی به غلظت‌های صفر (شاهد)، پنج و ۷/۵ میلی‌مولار و دو سطح سولفات‌پتاسیم به‌صورت محلول‌پاشی به غلظت‌های صفر (شاهد) و شش میلی‌مولار تشکیل داد. برای انجام آزمایش، بذر بادام کوهی قره‌باغی از ارتفاعات دره قطور از دهستان رهال تا بخش قطور شهرستان خوی واقع در استان آذربایجان غربی با دامنه ارتفاعی ۱۴۹۲ تا ۱۸۷۳ متر از سطح دریا در شهریور ۱۳۹۵ جمع‌آوری شدند. مشخصات جغرافیایی مکان جمع‌آوری بذرها، دره قطور واقع در رشته‌کوه‌های زاگرس شمالی به عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۴۹ دقیقه شمالی و طول ۴۴ درجه و ۸۴ دقیقه شرقی به ارتفاع متوسط ۱۷۵۳ متر از سطح دریاهای آزاد و با میانگین بارش سالانه حدود ۲۵۰ میلی‌متر بود. بذرها پس از جمع‌آوری از پوسته گوشتی جدا شدند. سپس، آن‌ها به‌منظور خشک شدن در مقابل آفتاب قرار گرفتند. برخی پارامترهای مربوط به خاک، گیاه و اقلیم هم‌زمان با شروع آزمایش در نوشهر و در رویشگاه مادری گونه (شهرستان خوی) ارزیابی شدند (جدول‌های ۱ و ۲). بافت بسترهای کشت در قطعه خزانه‌ای باغ گیاه‌شناسی نوشهر از نوع لوم شنی بود. بذرها در قطعه خزانه‌ای به فاصله هر بذر در روی

ردیف ۵۰ و بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر کاشته شدند. بذرها پیش از کشت با قارچ‌کش بنومیل ضدعفونی شدند. برای هر تکرار، هشت بذر در نظر گرفته شد. پس از جوانه‌زنی بذر و بیرون آمدن گیاهچه از خاک، عملیات مراقبت شامل آبیاری، تغذیه به‌صورت محلول‌پاشی و مبارزه با علف‌های هرز انجام گرفت. پیش از کاشت بذرها در قطعه خزانه‌ای باغ گیاه‌شناسی نوشهر، برخی پارامترهای مربوط به خاک شامل اسیدیته، هدایت الکتریکی، درصد اشباع و مقدار ماده آلی اندازه‌گیری شدند. اسیدیته خاک (pH) با pH متر، هدایت الکتریکی (EC) با EC متر، درصد اشباع خاک به‌روش گل اشباع (Sp) و درصد ماده آلی (OM) با استفاده از روش والکلی- بالک انجام گرفت. پس از رشد نهال‌های بذری، صفات فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، تعرق، کلسیم و پتاسیم اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری فتوسنتز و تعرق از دستگاه فتوسنتزمتر استفاده شد. اندازه‌گیری کلسیم به‌روش جذب اتمی و پتاسیم به‌روش فلیم فوتومتری انجام گرفت. صفات ریخت‌شناختی مورد اندازه‌گیری شامل قطر یقه، ارتفاع نهال بذری (تاج)، عرض تاج، طول و عرض برگ و طول ریشه بودند. قطر یقه با کولیس و صفات دیگر توسط خطکش اندازه‌گیری شدند. براساس طبقه‌بندی دومارتن، اقلیم نوشهر، مرطوب و اقلیم خوی، خشک و نیمه‌خشک است. داده‌های اقلیمی برای پنج سال اجرای آزمایش از سازمان هواشناسی استان‌های آذربایجان غربی و مازندران به‌دست آمد. تجزیه اثر اقلیم به‌صورت توصیفی و با نرم‌افزار SAS و آزمایش تغذیه به‌صورت فاکتوریل کامل تصادفی دوعاملی و با نرم‌افزار MSTAT-C انجام گرفت. از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) برای مقایسه میانگین‌ها و از نرم‌افزار Excel برای رسم نمودارها استفاده شد.

نتایج

اثر اقلیم بر رشد بادام

نتایج تجزیه واریانس اثر اقلیم بر رشد بادام حاکی از اختلاف معنی‌دار بین نوشهر و خوی ازنظر همه صفت‌های مورد نظر شامل میانگین دمای بیشینه و کمینه، بارندگی، رطوبت نسبی، تبخیر، ساعت‌های آفتابی و روزهای یخبندان بود ($p<۰/۰۱$).

نتایج مقایسه میانگین شاخص‌های مورد بررسی در دو اقلیم نوشهر (باغ گیاه‌شناسی نوشهر) و خوی (دره قطور) در جدول ۲ آمده است.

جدول ۱- تجزیه واریانس عوامل مربوط به اقلیم، گونه و خاک در رشد بادام

Table 1. Variance analysis of factors related to climate, species and soil in almond growth

Source of variation	d.f	Means of square						
		Maximum temperature	Minimum temperature	Rainfall	Relative humidity	Evaporation	Sunny hours	Ice days
Climate	1	47.524**	665.856**	235317.1**	2380.84**	45497.72**	13123993.6**	28196.1**
Error	8	1.342	0.165	1298.4	1.926	1651.21	274.6	3.05
CV (%)	-	5.15	6.35	4.64	2.16	13.17	1.04	3.26

Source of variation	d.f	Means of square			
		Photosynthesis	Transpiration	Root length	Branch without leaves
Species	1	3.856**	2.862**	2732.739**	8264.82**
Error	8	0.003	0.003	2.764	2.265
CV (%)	-	3.21	6.7	2.08	5.55

Source of variation	d.f	Means of square			
		pH	Electrical conductivity	Soil saturation	Organic matter
Soil	1	0.852**	2.57**	2042.326**	36.71**
Error	8	0.006	0.0076	3.191	0.032
CV (%)	-	1.08	5.61	3.09	6.44

** : Significant at p<0.01

هرچند که اقلیم دو منطقه مذکور ازنظر میانگین دمای بیشینه تاحدودی به یکدیگر نزدیک بودند، اما در بقیه شاخص‌های مورد ارزیابی، اختلاف بسیار معنی‌داری داشتند. اقلیم نوشهر ازنظر دمای کمینه، بارندگی و رطوبت نسبی به‌طور معنی‌داری بیشتر از اقلیم خوی بود، اما بیشترین میانگین دمای بیشینه، تبخیر، ساعت‌های آفتابی و تعداد روزهای یخبندان به اقلیم خوی تعلق داشت. بیشترین فتوسنتز به‌مقدار ۲/۴۵ میلی‌گرم بر وزن تر و نیز بیشترین تعرق گیاه به‌مقدار ۱/۳۵ میلی‌مول بر متر مربع در ثانیه در اقلیم خوی مشاهده شد. کمترین طول ریشه در باغ گیاه‌شناسی نوشهر به مقدار ۶۳/۳۲ سانتی‌متر با بیشترین سهم سرشاخه‌های بدون برگ (بی‌برگ) به‌اندازه ۶۰/۹۸ درصد به‌دست آمد. اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک منطقه دره قطور در شهرستان خوی به‌طور معنی‌داری بیشتر از باغ گیاه‌شناسی در شهرستان نوشهر بود، درحالی‌که بیشینه درصد رطوبت اشباع خاک و ماده آلی خاک در نوشهر مشاهده شد.

نتایج همبستگی صفت‌های مورد بررسی در اقلیم نشان می‌دهد که به‌غیر از میانگین دمای بیشینه، همه صفت‌های مورد مطالعه، اثرات معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد بر رشد بادام کوهی داشتند (جدول ۳). طول ریشه (نفوذ ریشه) در خاک و شدت ریزش برگ (سرشاخه‌های بدون برگ) همبستگی مثبت معنی‌داری با مقدار تعرق گیاهی نشان دادند ($p<0/01$). همچنین، بررسی همبستگی عوامل خاک‌شناسی و رشد بادام کوهی نشان داد که درصد ماده آلی، هدایت الکتریکی و درصد رطوبت اشباع خاک در عمق ۶۰ سانتی‌متری، همبستگی مثبت معنی‌داری دارند.

جدول ۲- مقایسه میانگین شاخص‌های مربوط به اقلیم، گونه و خاک در رشد بادام

Table 2. Comparison of average indicators related to climate, species and soil in almond growth

Factor	County	Climatology indicators						
		Maximum temperature (°C)	Minimum temperature (°C)	Rainfall (mm)	Relative humidity (%)	Evaporation (mm/day)	Sunny hours	Ice days
Climate	Nowshahr	20.28 [b]	14.56 [a]	1263.2 [a]	79.4 [a]	240.96 [b]	503 [b]	0.4 [b]
	Khoy	24.64 [a]	-1.76 [b]	292.98 [b]	48.54 [b]	375.86 [a]	2794.2 [a]	106.6 [a]
Factor	County	Plant growth indicators						
		Photosynthesis (mg. wet weight $^{-1}$)		Transpiration ($Mm.m^{-2}.s^{-1}$)		Root length (cm)		Branch without leaves (%)
Species	Nowshahr	1.212 [b]		0.288 [b]		63.32 [b]		60.98 [a]
	Khoy	2.454 [a]		1.35 [a]		96.388 [a]		3.73 [b]
Factor	County	Soil indicators						
		pH		Electrical conductivity (mS/cm)		Soil saturation (%)		Organic matter (%)
Soil	Nowshahr	7.01 [b]		1.04 [b]		71.96 [a]		4.69 [a]
	Khoy	7.59 [a]		2.06 [a]		43.38 [b]		0.86 [b]

Means followed by similar letters in each column and each factor do not differ significantly in the LSD multi-domain test (P<0.05).

جدول ۳- ضریب همبستگی شاخص‌های اقلیمی

Table 3. Correlation coefficient of climatic indicators

	Maximum temperature	Minimum temperature	Rainfall	Relative humidity	Evaporation	Sunny hours	Ice days
Maximum temperature	1						
Minimum temperature	0.000 [ns]	1					
Rainfall	-0.216 [ns]	0.903**	1				
Relative humidity	-0.01 [ns]	-0.999**	0.909**	1			
Evaporation	-0.03 [ns]	-0.997**	-0.891**	0.996**	1		
Sunny hours	-0.025 [ns]	-0.996**	-0.899**	0.994**	0.997**	1	
Ice days	-0.236 [ns]	0.88**	0.797**	-0.872**	-0.881**	-0.877**	1

**: Significant at p<0.01; ns: non-significant

ادامه جدول ۳- ضریب همبستگی شاخص‌های گونه و خاک

Continuation of Table 3. Correlation coefficient of species and soil indicators

	Photosynthesis	Transpiration	Root length	Branch without leaves	pH	Electrical conductivity	Soil saturation	Organic matter
Photosynthesis	1							
Transpiration	0.000 ns	1						
Root length	0.029 ns	0.0996**	1					
Branch without leaves	-0.011 ns	0.995**	0.995**	1				
pH					1			
Electrical conductivity					0.000 ns	1		
Soil saturation					-0.098 ns	0.971**	1	
Organic matter					-0.93 ns	0.988**	0.955**	1

**: Significant at p<0.01; ns: non-significant

اثر محلول‌پاشی سولفات‌پتاسیم و نیترات‌کلسیم بر رشد بادام

نتایج تجزیه واریانس اثر سولفات‌پتاسیم بر برخی از شاخص‌های رشد در بادام نشان داد که صفت‌های قطر یقه، ارتفاع و عرض تاج، ماندگاری و مقدار پتاسیم برگ در سطح اطمینان ۹۹ درصد و فتوسنتز برگ در سطح ۹۵ درصد، تحت تأثیر سولفات‌پتاسیم قرار گرفتند (جدول ۴). اثر نیترات‌کلسیم فقط بر مقدار کلسیم برگ، معنی‌دار به‌دست آمد (p<۰/۰۱). اثرات متقابل سولفات‌پتاسیم و نیترات‌کلسیم نیز فقط بر مقدار پتاسیم برگ معنی‌دار شد (p<۰/۰۱).

بررسی مقایسه میانگین‌های اثرات سولفات‌پتاسیم و نیترات‌کلسیم بر رشد بادام در جدول ۵ نشان داد که میانگین قطر یقه در تیمار شش میلی‌مولار سولفات‌پتاسیم با نهال‌های شاهد، اختلاف معنی‌دار داشت. کمترین ارتفاع تاج (۷۶/۰۲ سانتی‌متر) در نهال‌های شاهدی مشاهده شد که با سولفات‌پتاسیم تغذیه نشده بودند. بیشترین عرض تاج (۷۱/۵۳ سانتی‌متر) نیز به تیمار شش میلی‌مولار سولفات‌پتاسیم اختصاص یافت. اثرات تیمارهای سولفات‌پتاسیم و نیترات‌کلسیم بر طول و عرض برگ، درصد سرشاخه‌های بدون برگ و تعرق غیرمعنی‌دار بودند. کمترین مقدار فتوسنتز (۱/۰۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و تعرق برگ (۰/۲۶ میلی‌مول بر متر مربع در ثانیه) در نهال‌های شاهد سولفات‌پتاسیم مشاهده شد. بیشترین غلظت پتاسیم و کلسیم برگ (به‌ترتیب ۱/۲۷ و ۱/۳۵ درصد) به‌ترتیب متعلق به تیمارهای شش میلی‌مولار سولفات‌پتاسیم و ۷/۵ میلی‌مولار نیترات‌کلسیم بودند.

جدول ۴- تجزیه واریانس اثرات سولفات‌پتاسیم و نیترات‌کلسیم بر شاخص‌های ارزیابی‌شده در بادام

Table 4. Analysis of variance of the effects of potassium sulfate and calcium nitrate on evaluation indicators in almond

Source of variation	d.f	Means of square									
		Trunk diameter	Crown height	Crown width	Leaf length	Leaf width	Durability	Photosynthesis	Transpiration	Potassium of leaves	Calcium of leaves
Potassium sulfate	1	0.013**	17.622**	136.235**	0.296 ns	0.003 ns	36.889**	0.14 *	0.005 ns	0.493**	0.001 ns
Calcium nitrate	2	0.001 ns	0.048 ns	0.09 ns	0.03 ns	0.001 ns	0.045 ns	0.001 ns	0.001 ns	0.005 ns	0.113 **
Potassium sulfate × Calcium nitrate	2	0.001ns	0.276 ns	0.378 ns	0.06 ns	0.001 ns	0.359 ns	0.008 ns	0.001 ns	0.027**	0.001 ns
Error	12	0.004	0.282	0.355	0.105	0.001	1.169	0.028	0.001	0.002	0.005
CV (%)	-	2.5	0.69	0.87	6.74	2.53	1.79	14.18	11.55	4.4	5.58

**: Significant at p<0.01; *: Significant at p<0.05; ns: non-significant

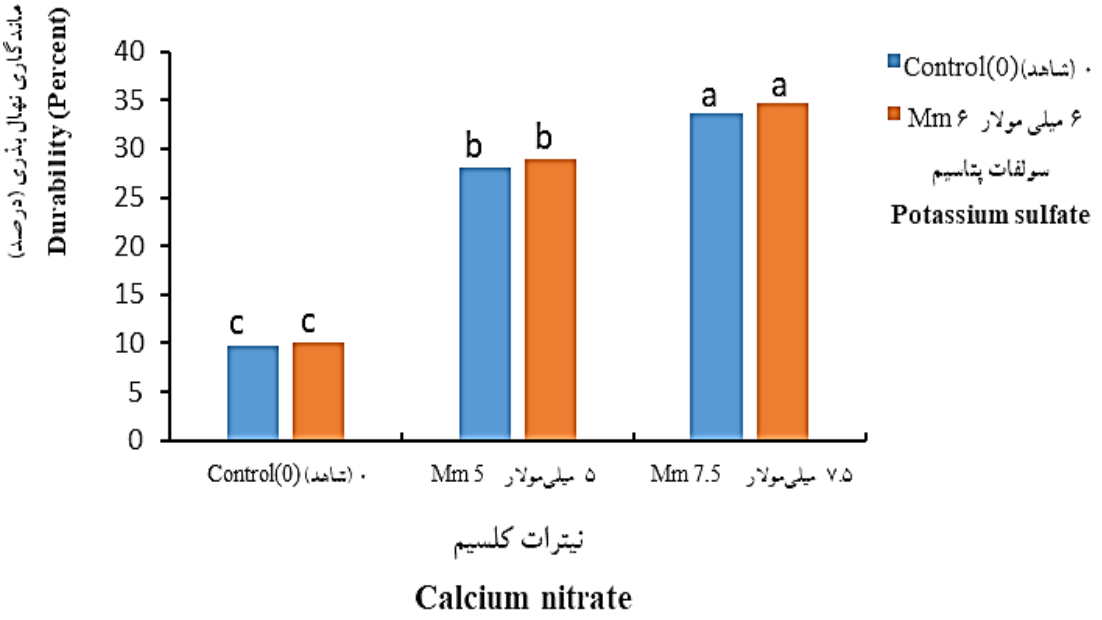
جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات سولفات‌پتاسیم و نیترات‌کلسیم بر شاخص‌های ارزیابی‌شده در بادام

Table 5. Comparison of the average effects of potassium sulfate and calcium nitrate on evaluation indicators in almond

Treatment	Treatment level	Trunk diameter (cm)	Crown height (cm)	Crown width (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Durability (%)	Photosynthesis (mg. wet weight $^{-1}$)	Transpiration ($Mm.m^{-2}.s^{-1}$)	Potassium of leaves (%)	Calcium of leaves (%)
Potassium sulfate	0 (Control)	0.577 ^{b}	76.02 ^{b}	66.03 ^{b}	4.93 ^{a}	1.52 ^{a}	10.75 ^{c}	1.08 ^{b}	0.277 ^{a}	0.94 ^{b}	1.21 ^{a}
	6 Mm	0.732 ^{a}	78 ^{a}	71.53 ^{a}	4.67 ^{a}	1.49 ^{a}	34.3 ^{a}	1.26 ^{a}	0.291 ^{a}	1.27 ^{a}	1.2 ^{a}
Calcium nitrate	0 (Control)	0.681 ^{a}	76.92 ^{a}	68.81 ^{a}	4.72 ^{a}	1.51 ^{a}	11.32 ^{c}	1.17 ^{a}	0.282 ^{a}	1.08 ^{b}	1 ^{c}
	5 Mm	0.7 ^{a}	77.02 ^{a}	68.64 ^{a}	4.86 ^{a}	1.52 ^{a}	28.12 ^{b}	1.18 ^{a}	0.286 ^{a}	1.11 ^{ab}	1.19 ^{b}
	7.5 Mm	0.713 ^{a}	77.09 ^{a}	68.88 ^{a}	4.82 ^{a}	1.5 ^{a}	32.19 ^{a}	1.18 ^{a}	0.279 ^{a}	1.14 ^{a}	1.35 ^{a}

Means followed by similar letters in each column do not differ significantly in the LSD multi-domain test (P<0.05).

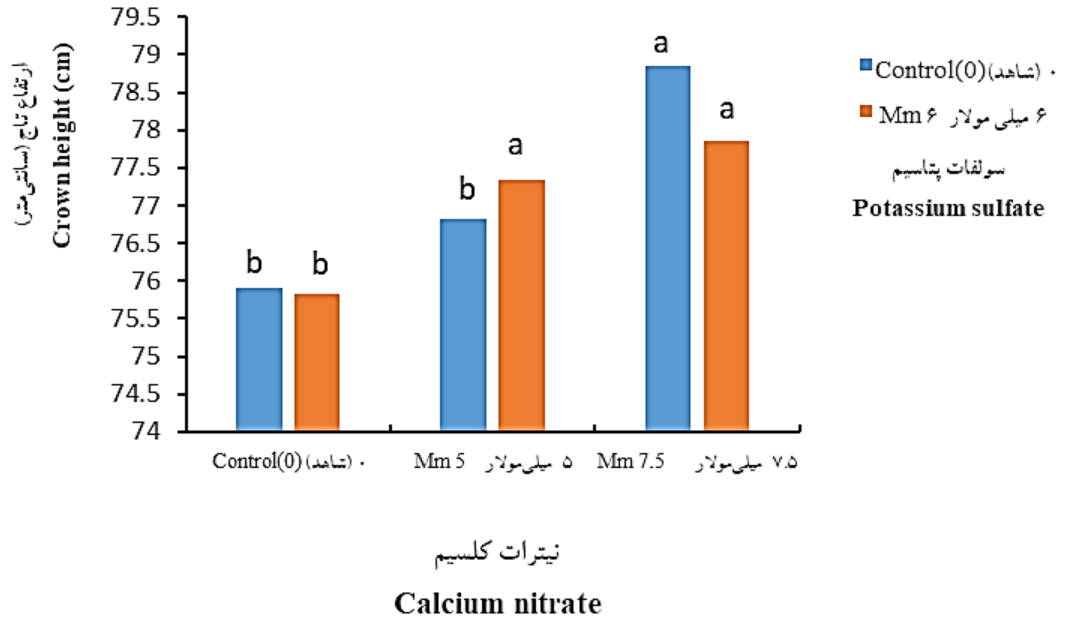
اثرات متقابل سولفات‌پتاسیم و نیترات‌کلسیم نشان داد که بیشترین ماندگاری (۳۴/۷۶ درصد) به نهال‌های بذری تیمارشده با شش میلی‌مول سولفات‌پتاسیم و ۷/۵ میلی‌مول نیترات‌کلسیم تعلق دارد، درحالی‌که کمترین ماندگاری (۹/۶۵ درصد) در نهال‌های شاهد مشاهده شد (شکل ۱). بیشترین ارتفاع تاج (۷۸/۸۶ سانتی‌متر) در نوشهر متعلق به نهال‌های تیمارشده با ۷/۵ میلی‌مولار نیترات‌کلسیم بود (شکل ۲)، درحالی‌که در رویشگاه مادری (خوی)، ارتفاع متوسط تاج نهال بذری پنج‌ساله به ۱۷۶/۳۷ سانتی‌متر رسید (شکل ۳).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل سولفات‌پتاسیم و نیترات‌کلسیم بر ماندگاری نهال بذری بادام

Figure 1. Comparison of the average interaction effects of potassium sulfate and calcium nitrate on the durability of almond seedlings

Means followed by similar letters in each column do not differ significantly in the LSD multi-domain test (P<0.05).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل سولفات‌پتاسیم و نیترات‌کلسیم بر ارتفاع تاج‌پوششی بادام

Figure 2. Comparison of the average interaction effects of potassium sulfate and calcium nitrate on the crown height of almond

Means followed by similar letters do not differ significantly in the LSD multi-domain test (P<0.05).

شهرستان نوشهر (باغ گیاه‌شناسی)

Nowshahr county (Botanical Garden)

شهرستان خوی (دره قطور)

Khoy county (Ghatour valley)

شکل ۳- مقایسه رشد گونه بادام کوهی در خوی و نوشهر

Figure 3. Comparison of almond growth in Khoy and Nowshahr counties

بحث

اثر اقلیم بر رفتار سازشی بادام کوهی

تفاوت‌های معنی‌دار در عوامل اقلیمی نوشهر و خوی می‌توانند سبب تأثیر معنی‌دار بر شاخص‌های رشد در بادام قره‌باغی در دو موقعیت مکانی جداگانه شده باشند. دما ازجمله عوامل محیطی مؤثر بر رشد گونه است که باتوجه‌به ارتفاع از سطح دریا به‌طور معنی‌داری تغییر می‌کند. بادام کوهی، بومی اقلیم با زمستان سرد و خشک است، بنابراین ساختار فیزیولوژیکی گیاه به آن دما سازگار شده است. تفاوت حدود ۱۶ درجه سانتی‌گراد بین میانگین کمینه دمایی در دو منطقه مورد مطالعه سبب ایجاد اختلال در دوره خواب و بیداری جوانه‌ها می‌شود. در اقلیم خوی، شروع خواب جوانه‌ها و ریزش برگ از اواخر مهر انجام می‌شود، درحالی‌که در اقلیم نوشهر، فصل خزان از اواخر آذر شروع می‌شود. همچنین، شروع فصل رویش و باز شدن جوانه‌های برگ در خوی از اواسط فروردین و در نوشهر در اواسط اسفند انجام می‌شود (داده‌های نشان‌داده‌نشده). یکی از عوامل مؤثر بر شکستن خواب جوانه، مدت قرارگیری در دمای کمتر از هفت درجه سانتی‌گراد است. نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که میانگین کمینه دمای سالانه در نوشهر حدود ۱۴ درجه سانتی‌گراد است. در مدت پنج‌ساله اجرای پژوهش پیش‌رو، گیاهان ضمن کوتاه ماندن در اندازه با نمو ضعیف شاخه و تنه اصلی مواجه شدند، بنابراین اولین اختلال در فرایند رشد از تفاوت دمایی شروع شد. درختان به‌منظور خارج شدن از حالت خواب باید در معرض مقدار ازپیش‌تعیین‌شده دماهای سرد قرار بگیرند. سرمای ناکافی می‌تواند موجب رشد نامنظم و جوانه‌زنی اندک، نمو ضعیف میوه، کوچک ماندن اندازه گیاه و زمان‌های رسیدگی غیریکنواخت میوه شود (Oukabli *et al.*, 2003). با توجه به اثرات تغییر اقلیم بر بوم سازگان‌های ایران (Attarod, 2023)، بررسی اثر بالقوه تغییر آن بر روند تأمین نیاز سرمایی گیاهان خزان‌دار مانند گردو، انگور، سیب، هلو و شلیل در استان همدان نشان داد که کاهش سرما موجب عدم تأمین سرمای کافی برای شکسته شدن خواب گیاه در انتهای فصل زمستان می‌شود، بنابراین کمتر شدن ساعت‌های سرمایشی مورد نیاز برای خارج شدن از رکود، به‌عنوان یکی از پیامدهای تغییر اقلیم می‌تواند گل‌دهی درختان خزان‌دار با نیاز سرمایی زیادتر از مقدار موجود را به تأخیر بیندازد (Sabziparvar & Norooz Valashedi, 2015).

نتایج دیگر پژوهش پیش‌رو نشان داد که در اقلیم نوشهر به‌دلیل رطوبت نسبی زیاد، مقدار تبخیر و نیز تعرق گیاهی به‌طور معنی‌داری کمتر از اقلیم خوی بودند. همچنین، تعداد ساعت‌های آفتابی با مقدار رطوبت نسبی، ارتباط معکوس نشان دادند. این عوامل به‌نوبه‌خود بر برخی از شاخص‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی بادام قره‌باغی، تأثیر معنی‌دار داشتند. یکی از عوامل مؤثر اقلیمی بر رفتار سازشی بادام در نوشهر، تعرق گیاهی است. به‌طوری‌که، طول ریشه (قدرت نفوذ) در خاک و شدت ریزش برگ (سرشاخه‌های بدون برگ) همبستگی مثبت معنی‌داری با مقدار تعرق گیاهی نشان دادند ($p<۰/۰۱$). مناطق جلگه‌ای و کنار رودخانه‌ای همواره در معرض غرقاب تناوبی و دائمی قرار دارند. در واقع، مسئله آب‌شناسی در این مناطق، یکی از اصلی‌ترین عوامل پراکنش گونه‌ها است (Higa *et al.*, 2012).

درصد اشباع خاک با بارندگی و درنتیجه با رطوبت نسبی، رابطه مستقیم نشان داد (جدول ۲). به‌طوری‌که در اقلیم نوشهر، رطوبت نسبی زیاد سبب افزایش درصد رطوبت اشباع خاک شد. زیاد بودن این عامل در نوشهر نشان از غرقابی بودن محیط ریشه و تأثیر منفی بر رشد و تنفس دارد، بنابراین آثار خفگی ریشه سبب رشد کمتر ریشه و اندام هوایی بادام قره‌باغی در نوشهر نسبت به خوی شد. حتی گیاه برای مقابله با محیط نامناسب، شروع به کاستن از نرخ فتوسنتزی به‌شیوه ریزش برگ‌های سرشاخه‌ها کرد. تنزل بازده فتوسنتز به‌نوبه‌خود باعث کاهش رشد اندام هوایی، به‌خصوص کوتاهی گیاه و به‌دنبال آن، کاهش رشد قطری ناحیه یقه شد. تحت شرایط غرقابی، اکسیژن هوا در خاک کاهش می‌یابد، بنابراین گیاه، اکسیژن کافی برای رشد ریشه در اختیار نخواهد داشت. درنتیجه، با اختلال در سیستم ریشه‌ای، گیاه نمی‌تواند آب را به‌خوبی جذب کند که باعث

پژمردگی و کاهش نرخ فتوسنتز می‌شود (Hasanzadeh Gorttapeh & Ghiyasi, 2008). بررسی شرایط غرقابی بر رشد نهال‌های صنوبر (*P. deltoides* W.Bartram ex Marshall) نشان داد که شرایط غرقابی سبب کاهش رشد در بیشتر صفات اندازه‌گیری‌شده در نهال‌های مورد مطالعه می‌شود (Ghanbary *et al.*, 2011). پاسخ نهال‌های صنوبر به غرقابی سطحی و عمقی شامل کاهش نرخ برگ‌زایی و افزایش ریزش و زرد شدن برگ، کاهش رشد قطری و سطح برگ، عدم توسعه سیستم ریشه‌ای، تولید ریشه‌های نابجا و خزان زودرس آن‌ها بود. شادابی نیز در نهال‌های تحت شرایط غرقابی کاهش یافت. یکی از دلایل آن به زرد شدن و خزان زودرس برگ‌ها و کاهش کلروفیل برگ در سطح غرقابی مربوط است. مقدار ماده خشک کل نهال‌های شاهد از نهال‌های غرقابی بیشتر بود که می‌تواند به دلیل تأثیر غرقابی بر کاهش رشد قطری، تعداد برگ و تولید ریشه باشد. ماده خشک ریشه در نهال‌های شاهد نیز بیشتر از غرقابی بود. زیرا در سطح غرقابی به‌علت شرایط کمبود اکسیژن، رشد ریشه کاهش می‌یابد و تولید ریشه‌های جدید متوقف شد (Ghanbary *et al.*, 2011).

خاک اقلیم نوشهر در برخی از شاخص‌ها مانند درصد ماده آلی، اسدیته و هدایت الکتریکی در دامنه مناسبی برای رشد گیاه قرار داشت. بیشتر از ۹۵ درصد بذرهای بادام قره‌باغی نیز جوانه زدند و از خاک بیرون آمدند (داده‌های نشان‌داده‌نشده). همچنین تا زمانی که ریشه‌ها به عمق بیشتر از ۳۰ سانتی‌متر نرسیده بودند، تقریباً آثاری از ریزش برگ ظاهر نشد (تقریباً در سال اول)، اما با گذشت زمان و نفوذ ریشه به عمق خاک و به‌دلیل درصد زیاد رطوبت اشباع خاک، ایجاد محیط ماندابی و شرایط غرقابی، رشد و توسعه مطلوب ریشه فراهم نشد. این عامل سبب عدم توسعه ساقه، ریزش برگ‌ها و خشکیدگی سرشاخه‌ها و درنهایت از بین رفتن درصد زیادی از نهال‌های بادام شد. شرایط غرقابی به‌سرعت، جذب مواد غذایی و تعرق را کاهش می‌دهد. مقدار این کاهش بین گونه‌های مختلف متفاوت است. همچنین، این شرایط سبب جلوگیری از طویل شدن ساقه و توسعه برگ و نیز پیری و ریزش برگ‌ها و کاهش فعالیت فتوسنتز می‌شوند (Kozlowski *et al.*, 1991).

اثر محلول‌پاشی سولفات‌پتاسیم و نیترات‌کلسیم بر رشد بادام کوهی

تأثیر اقلیم بر خصوصیت رویشی بادام در نهال‌های شاهد (بدون هیچ‌گونه تیمار تغذیه‌ای) نشان داد که عوامل محیطی همراه با شاخص‌های خاک‌شناسی سبب کاهش بازده فتوسنتزی، پیری زودرس برگ و درنتیجه، ریزش برگ در سرشاخه‌ها می‌شوند. آزمایش تغذیه‌ای به‌صورت محلول‌پاشی به‌منظور کمک به کاهش اثرات نامطلوب اقلیم انجام گرفت. از عناصر مهم و حیاتی برای تقویت گیاه در شرایط تنش می‌توان به نیتروژن، پتاسیم و کلسیم اشاره کرد. نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که استفاده از سولفات‌پتاسیم نسبت به نهال‌های شاهد سبب افزایش معنی‌دار مقدار رشد و درنتیجه، گسترش عرض تاج می‌شود. پتاسیم، یکی از عناصر مهم برای تغذیه و درنتیجه، افزایش مقاومت گیاه به شرایط تنش است. همچنین، بنیان سولفاتی کود پتاسیمی، به‌دلیل وجود عنصر گوگرد، باعث می‌شود که خطر حمله بیمارگرهای قارچی به گیاه کاهش یابد. براساس پژوهش‌های گزارش‌شده، شدت بیماری خشکیدگی سرشاخه‌های درختان بادام آلوده به قارچ‌های *Verticillium dahlia* Kleb. و *Acremonium* (*Cephalosporium*) با استفاده از کودها و ترکیبات حاوی پتاسیم کاهش می‌یابد (Amanifar, 2018). پتاسیم، یکی از عناصر غذایی کلیدی در بادام برای افزایش گل‌دهی، میوه‌دهی، جلوگیری از شکافتگی پوست میوه، توسعه گوشت میوه و بذر است (Yu, 2022). در گیاهان، پتاسیم بیشترین کاتیون و مهم‌ترین ماده مؤثر در سلول‌های برگ و بافت‌ها و به‌عنوان ماده مؤثر در انتقال مواد غذایی از برگ‌ها به بخش‌های دیگر است (Marschner, 2012). برخی عوامل فیزیولوژیکی مانند جذب برخی از عناصر غذایی به سیستم تعرق گیاهی وابسته است. همچنین، تعرق گیاهی نیز به مقدار رطوبت نسبی هوا بستگی دارد، بنابراین با کمتر

شدن سیستم تعریق در نوشهر به‌دلیل رطوبت نسبی زیاد هوا، جریان پیوسته حرکت آب و مواد غذایی به‌خصوص کلسیم با محدودیت مواجه می‌شود. درنتیجه، مقدار کلسیم در نهال‌های شاهد در نوشهر، کمتر از خوی بود. کمبود کلسیم در بافت‌هایی رخ می‌دهد که عمل تعریق در آن‌ها در حد کم باشد (Bangerth, 1979). محلول‌پاشی کلسیم سبب افزایش معنی‌دار مقدار کلسیم بافت برگ در بادام قره‌باغی شد. از آثار این پدیده می‌توان به افزایش ماندگاری نهال‌های بادام به‌حدود ۳۰ درصد اشاره کرد. در پژوهش پیش‌رو، بررسی ارتباط نحوه جذب و انتقال کلسیم در گیاه نشان داد که کاهش کلسیم در بافت‌های برگ سبب کاهش مقاومت گیاه‌به حفظ و نگهداری برگ می‌شود. عنصر کلسیم به افزایش رشد، تجمع مواد فتوسنتزی (زی‌توده) و تحریک جذب عناصر غذایی دیگر منجر می‌شود (Bass *et al.*, 2000). همچنین، کلسیم سبب افزایش در پایداری دیواره سلولی، استحکام غشای سلول، مقاومت به نفوذ ریزلندامگان بیماری‌زا و تحمل‌به تنش‌های زنده می‌شود (Campanella *et al.*, 2002). نبود شاخه و برگ کافی در گیاه به‌منزله کاهش توان فتوسنتزی و درنتیجه، مواجه شدن با خطر مرگ است. در نهال‌های شاهد که هیچ‌گونه تغذیه تکمیلی نداشتند، حدود ۱۰ درصد نهال‌ها تا پایان آزمایش زنده ماندند. با این وجود، تغذیه کمکی نیز نتوانست موفقت چندانی برای ماندگاری نهال‌ها داشته باشد. دو سال پس از پایان زمان آزمایش، همه نهال‌ها در اثر ناسازگاری به شرایط اقلیمی به‌تدریج از بین رفتند (داده‌های نشان‌داده‌نشده). در اقلیم نوشهر، بیشترین ارتفاع تاج نهال بذری بادام حدود ۷۸ سانتی‌متر بود، درحالی‌که همان گونه در اقلیم خوی به‌طور متوسط به ارتفاع تاج ۱۷۶ سانتی‌متر در مدت پنج سال اجرای آزمایش رسید، بنابراین مجموعه عوامل اقلیمی و خاک همراه با بالا بودن سفره آب زیرزمینی، شرایط غرقابی ریشه را در نوشهر ایجاد می‌کند. خطر غرقاب شدن نهال‌ها، یکی از مهم‌ترین عامل‌های غیرزیستی تعیین‌کننده تنوع گونه‌ها در مناطق جلگه‌ای پرباران است (Higa *et al.*, 2012).

تیمارهای محلول‌پاشی عناصر غذایی پتاسیم و کلسیم تاحدودی سبب افزایش ماندگاری نهال‌های بادام قره‌باغی در مدت اجرای آزمایش شدند، اما اختلالات رشد ناشی از اثر عوامل اقلیمی بر تیمار تغذیه‌ای چیره شد. بادام قره‌باغی، بومی اقلیم خشک با ارتفاع بالاتر از ۱۴۰۰ متر از سطح دریا است، بنابراین در اقلیم مرطوب جنگل‌های هیرکانی به‌خصوص در مناطق جلگه‌ای، عوامل ایجاد تنش مانند ساعت‌های کم آفتابی، رطوبت نسبی و بارندگی زیاد، کاهش تعرق از سطح برگ و بالا بودن سفره آب زیرزمینی توانست تأثیر منفی بر ماندگاری نهال‌های این گونه داشته باشد، بنابراین نهال‌های بادام قره‌باغی حتی با کمک گرفتن از رفتار تغذیه‌ای نتوانستند سازش موفقی به محیط جدید داشته باشد.

منابع مورد استفاده

- Amanifar, N., 2018. Handbook of bacterial and fungal diseases of almond. Iranian Research Institute of Plant Protecti, Tehran, Iran, 77p (In Persian).
- Ardakani, M.R., 2003. Ecology. Tehran University Publications, Tehran, Iran, 340p (In Persian).
- Asadi Kangarshahi, A. and Akhlaghi Amiri, N., 2018. Trend of calcium concentration changes in fruit peel and effect of calcium nitrate spray on yield and quality of Thomson Navel orange. Iranian Journal of Soil Research (Soil and Water Sciences), 32(1): 57-72 (In Persian with English summary).
- Ashkavand, peyman, Tabari, M., & zrafshar, mehrdad. (2016). The growth and physiology characteristics of mahaleb (Prunus mahaleb l.) and hawthorn (Crataegus aronia l.) seedlings to drought stress. Iranian Journal of Forest, 8(3), 277–289 (In Persian with English summary).
- Attarod, P. (2023). Long-term trends of net primary production and evapotranspiration in Iran's forest vegetation zones. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 30(4), 383–387 (In Persian with English summary).
- Bangerth, F., 1979. Calcium-related physiological disorders of plants. Annual Review of Phytopathology, 17: 97-122.
- Bass, R., Marissen N. and Dik, A., 2000. Cut rose quality as affected by calcium supply and translocation. Acta Horticulturae, 518: 45-54.
- Campanella, V., Ippolito A. and Nigro, F., 2002. Activity of calcium salts in controlling phytophthora root rot of citrus. Crop Protection, 21: 751-756.
- Denisov, V.P., 1988. Almond genetic resources in the USSR and their use in production and breeding. Acta Horticulturae, 224: 299-306.
- Dole, J.M. and Wilkins, H.F., 1999. Floriculture: Principles and Species. Prentice Hall, Upper Saddle River, 567p.

- Ghanbary, A., Tabari, M. and Sadati, A., 2011. Growth characteristics of *Populus deltoides* seedlings under flood stress. Journal of Plant Biology, 3(10): 47-58 (In Persian with English summary).
- Gong, J.R., Zhang, X.S., Huang, Y.M. and Zhang, C.L., 2007. The effects of flooding on several hybrid poplar clones in Northern China. Agroforestry Systems, 69: 77-88.
- Hasanzadeh Gorttapeh, A. and Ghiyasi, M., 2008. Waterlogging Stress and its Effect on Plant Ecophysiology. Publications of Urmia University Jahad, Urmia, Iran, 113p (In Persian).
- Higa, M., Moriyama, T. and Ishikawa, S., 2012. Effects of complete submergence on seedling growth and survival of five riparian tree species in the warm-temperate regions of Japan. Journal of Forestry Research, 17: 129-136.
- Hosseini, ahmad, matinizadeh, mohamad, soleimani, reza, & asgari, shamsolah. (2024). Three-year results of monitoring the leaf nutrients of Persian oak trees in declining forests. Iranian Journal of Forest (In Persian with English summary).
- Hultine, K.R. and Marshall, J.D., 2000. Altitude trends in conifer leaf morphology and stable carbon isotope composition. Oecologia, 123: 32-40.
- Jahanbazy Goujani, H., Hosseini Nasr, S.M., Sagheb-Talebi, Kh. and Hojjati, S.M., 2013. Effect of drought stress induced by altitude, on four wild almond species. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21(2): 373-386 (In Persian with English summary).
- Khatamsaz, M., 1992. Flora of Iran, No. 6: Rose family (Rosaceae). Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran, 352p (In Persian).
- Kozlowski, T.T., Kramer, P.J. and Pallardy, S.G., 1991. The Physiological Ecology of Woody Plants. Academic Press, San Diego, California, USA, 657p.
- Manion, P.D., 1991. Tree Disease Concepts, Second Edition. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 402p.
- Marschner, P., 2012. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, Third Edition. Academic Press, London, UK, 651p.
- Mesdaghi, M., 2001. Characterization and Description of Vegetation Cover (translation). Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, 287p (In Persian).
- Murrell, T.S., Mikkelsen, R.L., Sulewski, G., Norton, R. and Thompson, M.L., 2021. Improving Potassium Recommendations for Agricultural Crops. Springer, Cham, Switzerland, 466p.
- Oukabli, A., Bartolini, S. and Viti, R., 2003. Anatomical and morphological study of apple (*Malus* × *domestica* Borkh.) flower buds growing under inadequate winter chilling. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 78: 580-585.
- Pezeshki, S.R., Anderson, P.H. and Shields Jr, F.D., 1998. Effects of soil moisture regimes on growth and survival of black willow (*Salix nigra*) posts (cuttings). Wetlands, 18: 460-470.
- Roupioz, L., Jia, L., Nerry, F. and Menenti, M., 2016. Estimation of daily solar radiation budget at kilometer resolution over the Tibetan Plateau by integrating MODIS data products and a DEM. Remote Sensing, 8: 504.
- Sabziparvar, A.A. and Norooz Valashedi, R., 2015. Impact of climate change on winter chilling trend for deciduous fruit trees (case study: Hamadan). Journal of Horticultural Sciences, 29(3): 358-367 (In Persian with English summary).
- Sparks, D.L., Martens, D.C. and Zelazny, L.W., 1980. Plant uptake and leaching of applied and indigenous potassium in Dothan soils. Agronomy Journal, 72: 551-555.
- Vafadar, M., 2009. Biosystematic study of *Amygdalus* genus from Rosaceae family in Iran. Ph.D. thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, 241p (In Persian with English summary).
- Wang, J., Fu, B., Qiu, Y. and Chen, L., 2001. Soil nutrients in relation to land use and landscape position in the semi-arid small catchment on the loess plateau in China. Journal of Arid Environments, 48: 537-550.
- Yu, C., 2022. A study of three potassium fertilizers in Californian almond production soils. M.Sc. thesis, Department of Land, Air, and Water Resources, University of California, Davis, California, USA, 84p.
- Zolfeghari, A., Zahedi Amiri, Gh., Mozaffarian, V. and Naghdi, F., 2014. Investigation on most effective environmental factors influencing Juniperus communis establishment (Case Study: Arasbaran Forest, Mardanaghomchay Water catchment area). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21(3): 495-505 (In Persian).