دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره دهم، شماره ۱۸، بهار و تابستان ۱۴۰۴
http://arpe.gonbad.ac.ir

تاثیر محلول‌پاشی جاسمونیک اسید بر جذب عناصر غذایی، رنگدانه‌های فتوسنتزی و عملکرد ماش (*Vigna radiata* L.) تحت تنش شوری

عبدالخلیل رحیمی[۱]، معصومه نعیمی[۲*]، علی راحمی کاریزکی[۳]، علی نخزری مقدم[۴]، یاسر جعفری مفیدآبادی[۵]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس
[۲]استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس
[۴،۳]دانشیاران گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس
[۵]محقق مؤسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی گرگان
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۸

چکیده

مقدمه: رشد فزاینده جمعیت جهان و افزایش تقاضا برای مواد غذایی و همین‌طور استفاده از زمین‌های تحت تاثیر نمک و آب‌های نامناسب، موجب شده که بشر به‌دنبال راه‌حل‌هایی برای کاهش اثرات مخرب تنش شوری باشد. با توجه به نقش کلیدی تنظیم‌کننده‌های رشد نظیر جاسمونیک اسید بر بهبود فعالیت‌های متابولیکی گیاهان زراعی و با عنایت به اهمیت گیاه ماش از نظر زیست‌محیطی و نقش کلیدی آن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع غذایی، این پژوهش با هدف تاثیر محلول‌پاشی جاسمونیک اسید بر عملکرد و برخی از پارامترهای ماش تحت تنش شوری مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: این آزمایش گلخانه‌ای در سال ۱۴۰۴، به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. در این بررسی ۴ سطح شوری صفر، ۳، ۶، ۹ دسی زیمنس و کاربرد جاسمونیک اسید در سه سطح در غلظت‌های صفر، ۰/۵ و ۱ میلی مولار در نظر گرفته شد که با ورود گیاه به مرحله گلدهی، محلول‌پاشی الیستور انجام و با فاصله ۱۴ روز مجدد تکرار گردید.. صفات محتوای کلروفیل کل، عناصر مغذی سدیم، کلسیم و پتاسیم، درصد رطوبت نسبی، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و درصد شاخص برداشت ارزیابی گردید. جهت آنالیز آماری داده‌های جمع‌آوری شده، از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین آن‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) استفاده شد. برای میان‌گیری داده‌ها و همینطور رسم نمودارهای مورد نیاز نیز از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی تیمار شوری و کاربرد جاسمونیک اسید بر همه‌ی پارامترهای مورد ارزیابی، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. برهم‌کنش تیمار شوری و جاسمونیک اسید نیز بر صفات سدیم، درصد رطوبت نسبی، عملکرد دانه، عملکرد بیئلوژیکی و شاخص برداشت معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش میزان شوری از صفر به ۹ دسی‌زیمنس،

*نویسنده مسئول: naeemi_701@yahoo.com

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.22034/arpe.10.18.17]

تفاوت قابل توجهی در کلیه صفات مورد مطالعه و عملکرد ایجاد می‌شود. ولی با محلول‌پاشی جاسمونیک اسید می‌توان اثرات مخرب تنش را کاهش داد. به‌طور مثال با وجود کاهش ۴۹ درصدی عملکرد دانه، در تیمار کنترل (جاسمونیک صفر) در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس نسبت به تیمار غیرشور، محلول‌پاشی هورمون با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار، توانست ۲۱٪ خسارت ناشی از شوری را تعدیل کرده و سبب افزایش عملکرد شود.

نتیجه‌گیری کلی: دست‌آوردهای این پژوهش مؤید این موضوع است که اگرچه میزان غلظت هورمون، در صفات مختلف، متفاوت بود ولی عکس‌العمل گیاه ماش به هر دو غلظت جاسمونیک اسید مثبت بوده و سبب بهبود تمامی پارامترهای تحت آزمایش گردید.. دراین تحقیق غلظت ۰/۵ میلی‌مولار سبب افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت شد و غلظت ۱ میلی‌مولار باعث کاهش اثرات مخرب تنش در محتوای عناصر مغذی، رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی و درصد رطوبت نسبی و در نهایت موجب بهبود این صفات گردید.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، جاسمونیک اسید، شاخص برداشت، عملکرد دانه

مقدمه

از مهم‌ترین نگرانی‌های امروز بشر، استفاده بی‌رویه و غیرقابل جبران از اراضی کشاورزی، به‌دلیل رشد جمعیت و محدودیت منابع غذایی در جهان است که موجب شده است تقاضا و تولید محصولات کشاورزی افزایش یابد (Mirón *et al.*, 2023). علاوه بر این، تغییر اقلیم و کاهش بارندگی از یک سو، و مدیریت ناصحیح آب آبیاری از سوی دیگر، سبب افزایش عناصر غیرضروری خاک و در نهایت شور شدن و کاهش حاصل‌خیزی آن شده است (Farhangi-Abriz and Ghassemi-Golezani, 2018). تجمع سدیم به جز تاثیری که بر ظاهر و اندام گیاه می‌گذارد، موجب کاهش جذب پتاسیم و کلسیم، از طریق اثرات متقابل رقابتی و یا نفوذپذیری انتخابی یون‌ها در غشا می‌شود (Kurepin *et al.*, 2017). کمبود کلسیم می‌تواند آسیب جدی به ساختار دیواره و تقسیم سلولی، رشد و توسعه‌ی ریشه‌ها و تنظیم واکنش‌های فیزیولوژیکی وارد کند. همچنین فقدان پتاسیم به‌عنوان یه کاتیون درون سلولی، باعث اختلال در رشد گیاه و فعایت‌های متابولیسمی آن و همینطور کاهش مقاومت در برابر تنش‌ها می‌شود (Ghanbari *et al.*, 2019). خشکی فیزیولوژیکی حاصل از تجمع عناصر غیرضروری، موجب به حداقل رسیدن آب سلول‌های بافت گیاه، و در نتیجه کاهش محتوای نسبی آب برگ می‌گردد (Elewa *et al.*, 2017). تنش شوری از طریق کاهش ظرفیت فتوسنتزی ناشی از ممانعت روزنه‌ای برگ‌ها و کاهش رنگ‌دانه‌های سلول در طول دوره نمو گیاه (از گل‌دهی تا رسیدگی کامل دانه)، راندمان آنزیم‌های روبیسکو و سرعت فتوسنتز را محدود، و سبب کاهش میزان ماده خشک در گیاه و در نهایت کاهش میزان عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی می‌گردد (Sultana *et al.*, 2021).

یکی از راه‌های مقابله با تنش شوری، کشت گیاهان کم‌توقعی مانند حبوبات است. حبوبات از منظر زیست‌محیطی، توانایی تثبیت نیتروژن در خاک، بهبود حاصل‌خیزی زمین‌های کشاورزی و کاهش نیاز به کودهای شیمیایی را دارند، که این امر آن‌ها را به یکی از محصولات کلیدی و مهم در کشاورزی پایدار تبدیل کرده است (Li *et al.*, 2017). ماش (*Vigna radiata* L.) از مهم‌ترین گیاهان خانواده حبوبات است. کیفیت بالای پروتئین (۲۸/۵-۱۹/۵ درصد)، فیبر و مواد معدنی نظیر آهن، پتاسیم و کلسیم، این گروه از لگوم‌ها را به منبعی استراتژیک برای امنیت غذایی در شرایط بحران، مانند قحطی یا بلایای طبیعی، تبدیل کرده است (Dutta *et al.*, 2022). این گیاه دارای آمینواسیدهای ضروری، ترکیبات شیمیایی

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.22034/arpe.10.18.17]

مختلف نظیر نیاسین، تیامین، کاروتن می‌باشد. همچنین جوانه‌های آن حاوی ویتامین C و ریبوفلاوین می‌باشد که آن را جزء با ارزش‌ترین لگوم‌های دانه‌ای قرار می‌دهد (Szabolcs, 2016).

امروزه دانشمندان به این نتیجه رسیده‌اند که علاوه بر کشت گیاهانی نظیر ماش، کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد نیز می‌تواند یکی از شیوه‌های آسان، زودبازده و مقرون به‌صرفه در کشاورزی نوین باشد که با تغییر (تحریک یا بازدارندگی) در مکانیسم‌های فیزیولوژیکی گیاه، سبب افزایش تحمل آن‌ها در برابر تنش شوری گردد (Ghassemi-Golezani and Lotfi, 2015). این هورمون‌های گیاهی به ۲ دسته‌ی محرک و بازدارنده‌های رشد وجود دارند و با تغییر در واکنش‌های شیمیایی و فیزیولوژیکی گیاه سبب تحریک مقاومت طبیعی گیاهان می‌شوند (Nandhitha *et al.*, 2016). تنظیم‌کننده‌های رشد از قبیل جاسمونات-ها، نقش حفاظتی خوبی در گیاهانی که تحت شرایط تنش‌های محیطی قرار دارند ایفا می‌کنند. مطالعات بسیاری نشان داده است که جاسمونیک اسید می‌تواند اثرات زیان‌آور تنش‌های زنده و غیر زنده را تعدیل نمایند و از کاهش بیش از حد عملکرد گیاهان زراعی جلوگیری کنند (Kohli *et al.*, 2018). این هورمون گیاهی جایگزین مهمی برای نهاده‌های شیمیایی است و می‌تواند کاربرد آن‌ها را کاهش دهد. همچنین از مزایای دیگر آن، افزایش کارایی آبیاری است و گیاه را در تحمل به شرایط خشکی و شوری یاری می‌رساند (Ghassemi-Golezani and Farhangi-Abriz, 2018). این ترکیبات با تحریک تجمع پرولین، قندهای محلول و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی به مقاومت گیاه تحت تنش شوری کمک می‌کند (Keramat and Daneshmand, 2018). آزمایشات متعددی در ارتباط با محلول‌پاشی جاسمونات‌ها بر گندم (Ranjbar *et al.*, 2017) و گیاه ماش (Lotfi *et al.*, 2015) انجام گرفته که نشان داده است، کاربرد این تنظیم‌کننده‌های رشد، موجب بهبود جذب و انتقال پتاسیم و کلسیم، کاهش جذب و انتقال سدیم و افزایش تحمل گیاه در مقابله با تنش‌های محیطی به‌خصوص شوری می‌گردد و در نتیجه به بهبود عملکرد گیاهان زراعی کمک می‌کنند.

نقش کلیدی حبوبات از جمله ماش به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع غذایی و با توجه به به اینکه بخش وسیعی از کشور ما، تحت تنش شوری و کمبود آب می‌باشد، لذا شناخت بهتر تنظیم‌کننده‌های رشدی مانند جاسمونیک اسید برای اتخاذ روش‌های مناسب مقابله با اثرات مخرب شوری، ضروری به نظر می‌رسد. این پژوهش در همین راستا، با هدف ارزیابی محلول‌پاشی جاسمونیک اسید بر عملکرد و برخی از پارامترهای ماش تحت تنش شوری صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش گل‌خانه‌ای در سال ۱۴۰۴، به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. در این بررسی ۴ سطح شوری صفر، ۳، ۶، ۹ دسی زیمنس و کاربرد جاسمونیک اسید در سه سطح در غلظت‌های صفر، ۰/۵ و ۱ میلی مولار در نظر گرفته شد که با ورود گیاه به مرحله گلدهی محلول‌پاشی الیستور انجام و با فاصله ۱۴ روز مجدد تکرار گردید. در این آزمایش ابتدا از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری مزرعه، نمونه‌ای خاک تهیه و جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین گرفتن عصاره اشباع به آزمایشگاه تحقیقات خاک و آب ارسال شد.

برای تهیه غلظت های شوری از نمک کلروسدیم (شرکت Bayer) استفاده شد. با استفاده از نرم‌افزار SALT CALC مقدار نمک مورد نیاز برای ایجاد سطوح مختلف شوری (۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) مشخص گردید. بدین منظور از رابطه[۲] ($C= EC \times 640$) مقدار تقریبی نمک مورد نیاز را برآورد و برای رسیدن به شوری واقعی از دستگاه هدایت سنج

[۲] (C) غلظت نمک در محلول بر حسب میلی گرم در لیتر

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.22034/arpe.10.18.17]

الکتریکی یا همان EC متر استفاده شد (Varghese *et al.*, 1995). در مرحله بعد خاک را از الکی به قطر ۲ میلی‌متر گذرانده، سپس ۲۰ عدد بذر ماش رقم مهر (حساس به شوری) در عمق ۲ سانتی‌متری، داخل ۳۶ گلدان بزرگ (با قطر و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر) به صورت جداگانه کشت گردید. پس از این مرحله گلدان‌ها در قالب طرح کاملا تصادفی در گلخانه چیده شده و روزانه از آن‌ها بازدید به عمل آمد. به‌منظور اطمینان از سبز شدن و استقرار کامل گیاهان، آبیاری گلدان‌ها تا یک ماه با آب شهری (متعارف) صورت گرفت. پس از آن در هر گلدان ۱۰ عدد گیاه باقی گذاشته و آبیاری هر ۴ روز یک‌بار به مقدار مساوی، با تیمارهای مختلف شوری مورد نظر اعمال گردید. همچنین محلول‌پاشی جاسمونیک اسید و تیمار عدم محلول پاشی (محلول‌پاشی با آب) در دو مرحله و با فاصله ۱۵ روز از شروع گلدهی صورت گرفت. دو هفته پس از اعمال تیمارهای محلول‌پاشی، تعداد ۱۰ نمونه از برگ‌های جوان (بالغ) گیاه برداشت و درون ظرف یخ، با دقت و سرعت عمل جهت انجام ارزیابی‌های صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی به آزمایشگاه انتقال یافت.

برای سنجش غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم بافت برگ، از روش فلیم‌فتومتری (Flame Photometry) تعیین گردید. ابتدا نمونه‌های برگ خشک شده در اسید نیتریک ۶۵ درصد و پراکسید هیدروژن هضم شدند. عصاره حاصل با دستگاه فلیم فتومتر (JENWAY PFP7) اندازه‌گیری شدند. استانداردهای غلظت شناخته شده برای هر یون تهیه گردید و منحنی کالیبراسیون رسم شد و در نهایت غلظت یون‌ها بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن خشک بیان گردید (Westerman..,1990).

برای اندازه‌گیری عنصر کلسیم نیز، در مرحله‌ی اول ۱/۶ گرم از EDTA را با آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شد. در مرحله بعد ۵ میلی‌گرم از عصاره خاکستر برگ ماش ابتدا با ۱۵ میلی‌گرم آب مقطر، ۱ تا ۲ میلی‌گرم اربو کروم بلک و ۳ میلی‌گرم تامپون آمونیکال مخلوط گردید. سپس با 0.01 EDTA مولار (با روش تیتراسیون) تیتر شد و میزان محلول با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل JENWAY 6300 قرائت و در فرمول زیر جای‌گذاری گردید (Westerman..,1990).

$$PPM_{(ppm)} = N_1 V_1 = N_2 V_2 \qquad (۱)$$ محاسبه کلسیم

که در آن N_1 (نرمالیته)، V_1 (مقدار عصاره مصرفی هر آزمایش)، N_2 (حجم اضافه شده به نمونه 0.01 EDTA)، V_2 (مقدار عصاره مصرفی) می‌باشد.

برای سنجش محتوای کلروفیل ابتدا نیم گرم برگ تازه در بوته چینی هموژن شد و سپس ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به آن اضافه گشت. مخلوط حاصل به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد و یک میلی‌لیتر از عصاره شفاف بالای نمونه‌ها جدا گردید. این عصاره با اضافه کردن استون ۸۰ درصد تا حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسید. میزان جذب محلول حاصل با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل JENWAY 6300 در طول موج‌های مختلف اندازه‌گیری شد. میزان جذب با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Arnon..,1949).

$$\text{Ch.total (mg g}^{-1})^{3} = ((20.2 \times A645)^{۴} + (8.02 \times A663^{۵})) \times V / (1000 \times W) \qquad (۲)$$

که در آن V حجم نهایی نمونه (۱۰ میلی‌لیتر) و W وزن تر (۰/۵گرم) می‌باشد.

[۳] میلی‌گرم کلروفیل کل در هر گرم برگ تازه

[۴] میزان جذب در طول موج ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b

[۵] میزان جذب در طول موج ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.22034/arpe.10.18.17]

برای تعیین درصد رطوبت برگ، نمونه‌های برگ تازه از گیاهان جمع‌آوری شده و بلافاصله وزن تازه آن‌ها با استفاده از ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۶ تا ۸ ساعت، زیر نور و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد، درون آب مقطر غوطه‌ور کرده تا برگ‌ها به اندازه نیاز آب جذب کنند و به حالت آماس درآیند. آن‌گاه برگ‌های آماس شده را برداشته و با کاغذ صافی خشک نموده و وزن آماس شده برگ اندازه‌گیری شد. در مرحله‌ی بعد نمونه‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند و توزین گردیدند. محتوای نسبی رطوبت برگ با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌گردد (Yang *et al.*, 2007).

$$RWC\ (\%) = (FW - DW) / (TW - DW) \times 100 \qquad (۳)$$

که در آن FW وزن برگ تازه، TW وزن آماس برگ و DW وزن خشک برگ است.

در انتهای مراحل رشد و پس از رسیدگی فیزیولوژیکی، برای اندازه‌گیری وزن دانه و عملکرد بیولوژیکی، ۳ بوته از هر گلدان به صورت تصادفی برداشت و پس از قرار دادن آن‌ها در پاکت‌های جداگانه به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس بعد از جدا سازی دانه‌ها از بوته، با استفاده از ترازویی با دقت ۰/۰۱ گرم، وزن دانه و وزن ماده خشک اندام هوایی به‌طور جداگانه توزین شدند. شاخص برداشت نیز از طریق نسبت عملکرد دانه به عملکرد کل (ماده خشک اندام هوایی) برای هر تیمار و از رابطه زیر محاسبه گردید.

$$\text{شاخص برداشت} = (\text{عملکرد دانه} / \text{عملکرد کل}) \times ۱۰۰ \qquad (۴)$$

جهت آنالیز آماری داده‌های جمع‌آوری شده، از نرم‌افزار SAS (Ver.9.4) و مقایسه میانگین آن‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) استفاده شد. برای میان‌گیری داده‌ها و همینطور رسم نمودارهای مورد نیاز نیز از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی تیمار شوری و اثر اصلی کاربرد جاسمونیک اسید بر همه‌ی پارامترها معنی‌دار شد. برهم‌کنش تیمار شوری و جاسمونیک اسید نیز به‌جز بر صفات پتاسیم و کلسیم، بر سایر صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش شوری و جاسمونیک اسید بر محتوای سدیم معنی‌دار بود (جدول ۲). در این آزمایش، هرچه سطوح شوری افزایش یافت، غلظت سدیم نیز در برگ ماش بیشتر شد، اما کاربرد جاسمونیک اسید در سطوح مختلف شوری، میزان سدیم را در بافت‌های برگ کاهش داد در حالی‌که بر مقدار این یون در تیمار غیرشور اثری نداشت. بیشترین میزان سدیم، در برهم‌کنش شوری ۹ دسی‌زیمنس و عدم کاربرد جاسمونیک اسید مشاهده گردید (۳۳/۸۶ میلی‌گرم بر گرم) و مقدار آن ۸۱ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت، ولی با محلول‌پاشی جاسمونیک اسید ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار از اثرات تنش کاسته، و توانست به‌ترتیب ۱۸/۸ و ۱۴/۶ درصد، اثرات مخرب تنش را تعدیل نماید. کاهش سدیم در تیمارهای جاسمونیک اسید، ممکن است به‌علت تاثیر به‌سزای این الیستور در انتقال یون‌هایی مانند سدیم، پتاسیم و غیره در برگ‌های گیاهان از جمله ماش باشد.

از مهم‌ترین چالش‌های خاک شور، کمبود پتاسیم و کلسیم است. سدیم در خاک به‌دلیل جایگزینی با پتاسیم و کلسیم، باعث پایین آمدن میزان جذب آن‌ها شده و صدمات جدی به غشای سلول‌های ریشه و اندام‌های هوایی وارد می‌کند. بر اساس نتایج مقایسه میانگین، بیشترین میزان کلسیم در تیمار اصلی شوری، در سطح صفر دسی‌زیمنس وجود داشت (۱۲/۶۳ میلی‌گرم بر گرم) و شوری ۳ دسی‌زیمنس نیز تفاوت چندانی با شوری صفر نداشت. ولی با افزایش مقدار شوری از میزان

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.22034/arpe.10.18.17]

کلسیم کاسته شد تا جایی‌که در شوری ۹ دسی‌زیمنس به کمترین حد خود (۸/۶۶ میلی‌گرم بر گرم) رسید. همچنین در تیمار جاسمونیک اسید، بالاترین مقدار جذب کلسیم با ۱۱/۶۵ میلی‌گرم بر گرم در سطح ۱ میلی‌مولار و کمترین مقدار نیز به‌ترتیب با ۱۰/۵۰ و ۱۰/۲۵ میلی‌گرم برگرم در سطح صفر و ۰/۵ میلی‌مولار مشاهده شد. محتوای پتاسیم نیز از ۳۵/۲ (میلی‌گرم بر گرم) در شوری صفر به ۲۰/۸ میلی‌گرم بر گرم در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر کاهش داشت. این آزمایش نشان داد که افزایش سدیم در سطوح بالای شوری باعث مختل شدن جذب پتاسیم شده، ولی با کاربرد جاسمونیک اسید ۱ درصد (۲۹/۸ میلی‌گرم بر گرم)، افزایش مقدار پتاسیم را نسبت به تیمار کنترل (۲۶/۵ میلی‌گرم بر گرم) شاهد باشیم (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس تاثیر شوری و جاسمونیک اسید بر صفات مورد مطالعه در ماش

Table 1- Analysis of variance of the effect of salinity and jasmonic acid treatments on the studied traits of mung bean

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	سدیم Na	پتاسیم K	کلسیم Ca	کلروفیل کل T Chl
شوری Salinity	3	1045.0**	367.9**	36.9**	0.909**
جاسمونیک اسید Jasmonic acid	2	32.5**	46.1**	6.7**	0.044*
جاسمونیک اسید × شوری Jasmonic × Salinity	6	5.2**	1.5ns	0.9ns	0.006*
خطا Error	24	0.1	1.2	1.0	0.011
ضریب تغییرات CV (%)	-	5.8	3.9	9.3	3.9

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

ادامه جدول ۱- تجزیه واریانس تاثیر شوری و جاسمونیک اسید بر صفات مورد مطالعه در ماش

Table 1- Analysis of variance of the effect of salinity and jasmonic acid treatments on the studied traits of mung bean

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	رطوبت‌نسبی RWC	عملکردبیولوژیکی Bio Yield	عملکرددانه Grain Yield	شاخص‌برداشت HI
شوری Salinity	3	630.0**	36.8**	4.1**	36.1**
جاسمونیک اسید Jasmonic acid	2	87.2**	4.7**	1.3**	23.7**
جاسمونیک اسید × شوری Jasmonic × Salinity	6	17.5*	0.6*	0.1*	7.4*
خطا Error	24	6.1	0.61	0.06	10.3
ضریب تغییرات CV (%)	-	3.4	8.9	8.5	9.4

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.22034/arpe.10.18.17]

با توجه به جدول ۲، به این نتیجه رسیدیم که افزایش شوری از صفر به ۹ دسی‌زیمنس موجب افت شدید رنگ‌دانه‌ها می‌شود، تا جایی‌که در کلروفیل کل بیش از ۲۳ درصد کاهش مشاهده گردید. کاربرد هورمون جاسمونیک اسید نیز باعث افزایش محتوای رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی شد. بیشترین میانگین عددی در تیمار ۱ میلی‌مولار (۳/۰۳ میلی‌گرم بر گرم برگ) و کمترین میانگین در جاسمونیک اسید صفر (۲/۶۲ میلی‌گرم بر گرم برگ) مشاهده شد. افزایش معنی‌دار ۱۳/۴ درصدی کلروفیل کل نشانه‌ی توانایی این هورمون در افزایش کارایی فتوسنتز گیاه می‌باشد. واکنش گیاهان زراعی به شرایط تنش متفاوت است و به نوع گیاه، ژنتیک، مراحل رشدی، میزان تحمل و همچنین به فاکتورهای مختلف محیطی نظیر نوع و میزان شدت تنش بستگی دارد. با توجه به حساس بودن این رقم (مهر) به شوری، به‌نظر می‌رسد افزایش سدیم از طریق تجزیه رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، مقدار کلروفیل را در برگ کاهش داده، اما محلول‌پاشی جاسمونیک اسید توانست با کاهش میزان تجزیه، موجب افزایش محتوای این پارامتر گردید.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح شوری و غلظت‌های جاسمونیک اسید بر محتوای سدیم، پتاسیم، کلسیم، کلروفیل کل و درصد رطوبت نسبی برگ ماش

Table 2- Mean comparison for the interaction effect of salinity levels and jasmonic acid concentrations on leaf sodium, potassium, calcium, total chlorophyll content and relative water content of mung bean

تیمار Treatment (ds/m ×mmol)	سدیم Na (mg g^{-1} FW)	پتاسیم K (mg g^{-1} FW)	کلسیم Ca (mg g^{-1} FW)	کلروفیل کل Total Chl. (mg g^{-1} FW)	رطوبت نسبی RWC (%)
Non-Sal × Non-JA	6.4 ^{h}	34.4 ^{a}	12.4 ^{a}	3.0 ^{a}	81.0 ^{a}
Non-Sal × JA 0.5	5.7 ^{h}	33.9 ^{a}	12.0 ^{a}	2.9 ^{a}	83.0 ^{a}
Non-Sal × JA 1	5.3 ^{h}	37.3 ^{a}	13.5 ^{a}	3.0 ^{a}	80.3 ^{a}
Sal 3 × Non-JA	12.2 ^{f}	29.3 ^{a}	12.2 ^{a}	2.8 ^{a}	74.6 ^{b}
Sal 3 × JA 0.5	10.2 ^{g}	29.0 ^{a}	12.0 ^{a}	2.8 ^{a}	79.0 ^{a}
Sal 3 × JA 1	10.7 ^{fg}	32.2 ^{a}	13.1 ^{a}	2.9 ^{a}	79.0 ^{a}
Sal 6 × Non-JA	23.0 ^{c}	23.2 ^{a}	9.2 ^{a}	2.5 ^{a}	64.3 ^{d}
Sal 6 × JA 0.5	19.2 ^{e}	23.5 ^{a}	9.0 ^{a}	2.5 ^{a}	67.0 ^{d}
Sal 6 × JA 1	21.3 ^{d}	25.6 ^{a}	10.3 ^{a}	2.6 ^{a}	71.3 ^{bc}
Sal 9 × Non-JA	33.9 ^{a}	19.2 ^{a}	8.2 ^{a}	2.2 ^{a}	58.0 ^{e}
Sal 9 × JA 0.5	27.5 ^{b}	19.0 ^{a}	8.0 ^{a}	2.3 ^{a}	64.7 ^{d}
Sal 9 × JA 1	28.9 ^{b}	24.2 ^{a}	9.8 ^{a}	2.4 ^{a}	68.0 ^{cd}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر صفت بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند

Means with similar letters in each attribute do not differ significantly based on the LSD test

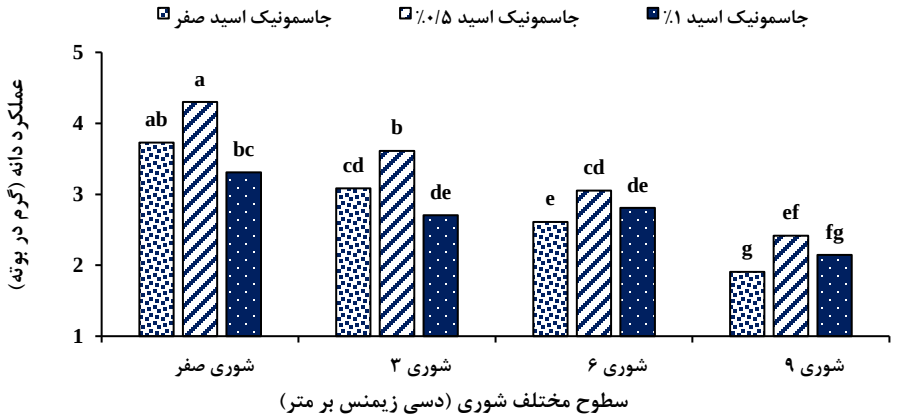
بر اساس نتایج مقایسه میانگین مشخص شد که با افزایش سطح شوری، محتوای آب نسبی برگ کاهش می‌یابد، زیرا با افزایش شوری تعادل رطوبت برگ به‌هم خورده و در نتیجه جذب آب کاهش می‌یابد ولی کاربرد جاسمونیک اسید در کلیه سطوح شوری، موجب افزایش این پارامتر گردید. تیمار هورمونی جاسمونیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار در شرایط شوری صفر (۲/۴ درصد) و ۳ دسی‌زیمنس (۵/۵ درصد) موجب افزایش آب برگ نسبت به عدم کاربرد هورمون شد. همچنین محلول‌پاشی جاسمونیک اسید ۱ میلی‌مولار نیز در سطوح بالاتر شوری ۶ و ۹ دسی‌زیمنس، به‌ترتیب منجر به افزایش ۱۱ و ۱۷ درصدی

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.22034/arpe.10.18.17]

رطوبت برگ گردید. این موضوع نشان‌دهنده این است که با افزایش سطوح شوری، تاثیر تیمار جاسمونیک اسید نیز افزایش می‌یابد و می‌تواند اثرات مخرب تنش را کاهش داده و به برگ گیاه برای جذب آب کمک شایانی کند.

نتایج نشان داد که این صفات تحت تاثیر اثرات اصلی و متقابل شوری و هورمون معنی‌دار شدند و هرچه به سطح شوری اضافه گردید، از میزان عملکرد دانه، بیوماس و شاخص برداشت کاسته شد، به‌نظر می‌رسد تنش شوری با مسدود کردن روزنه‌های برگ ماش، باعث اختلال در فرآیند فتوسنتز و دخالت منفی در زمان پر شدن دانه شده و به این ترتیب با خسارت به اجزای عملکرد و تجمع ماده خشک در غلاف گیاه، باعث کاهش عملکرد گیاه گردید. البته استفاده از جاسمونیک اسید با غلظت کمتر (۰/۵ میلی‌مولار) در کلیه سطوح شوری موجب افزایش مقدار عملکرد دانه، بیوماس و شاخص برداشت گردید ولی در سطوح پایین‌تر (صفر و ۳ دسی‌زیمنس) تاثیر بیشتری در مقایسه با سطوح بالای شوری (۶ و ۹ دسی‌زیمنس) از خود نشان داد. با توجه به شکل ۱، تیمار برهم‌کنش شوری صفر و جاسمونیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار با ۴/۳۳ گرم در هر بوته بیشترین، و اثر متقابل شوری ۹ دسی‌زیمنس و عدم کاربرد هورمون، کمترین میانگین عددی را با ۱/۹۱ گرم در بوته دارا بودند. همچنین لازم به‌ذکر است، با وجود کاهش ۴۹ درصدی عملکرد دانه، در تیمار کنترل (جاسمونیک صفر) در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس نسبت به تیمار غیرشور، محلول‌پاشی هورمون با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار، توانست ۲۱ درصد خسارت ناشی از شوری را تعدیل کرده و سبب افزایش عملکرد دانه شود.



شکل ۱- برهم‌کنش سطوح مختلف شوری و غلظت‌های جاسمونیک اسید بر عملکرد دانه ماش

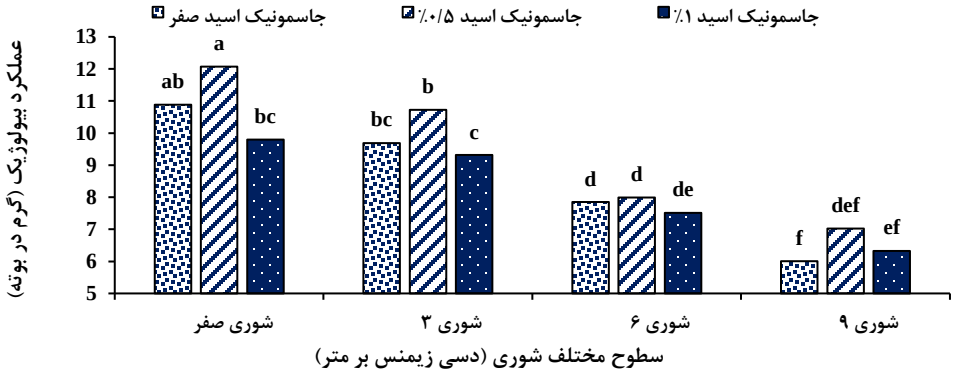
Figure 1- Interaction effect of salinity levels and jasmonic acid concentrations on grain yield of mung bean (Means with similar letters in each attribute do not differ significantly based on the LSD test)

با استناد به شکل ۲، بیشترین عملکرد بیولوژیکی در برهم‌کنش شوری صفر و جاسمونیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار (۱۲/۰۷ گرم در بوته) و کمترین میانگین عددی در اثر متقابل شوری ۹ دسی‌زیمنس و جاسمونیک صفر (۶/۰۱ گرم در بوته) مشاهده شد. کاهش ۴۵ درصدی بیوماس، بین تیمار شاهد (جاسمونیک صفر + شوری صفر) و تیمار جاسمونیک اسید صفر و شوری ۹ دسی‌زیمنس، نشان از تاثیر منفی تنش شوری، بر تجمع ماده خشک و در نتیجه عملکرد بیولوژیکی دارد، در حالی‌که محلول‌پاشی هورمون ۰/۵ میلی‌مولار در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس، در مقایسه با عدم کاربرد هورمون در همین سطح شوری، تقریباً توانست ۱۵٪ عملکرد بیولوژیکی را افزایش دهد. همچنین بیشترین شاخص برداشت نیز طبق نتایج مقایسه میانگین، در برهم‌کنش شوری ۶ دسی زیمنس و جاسمونیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار (۳۸/۱۸ درصد) مشاهده شد. با کاهش ۶

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.22034/arpe.10.18.17]

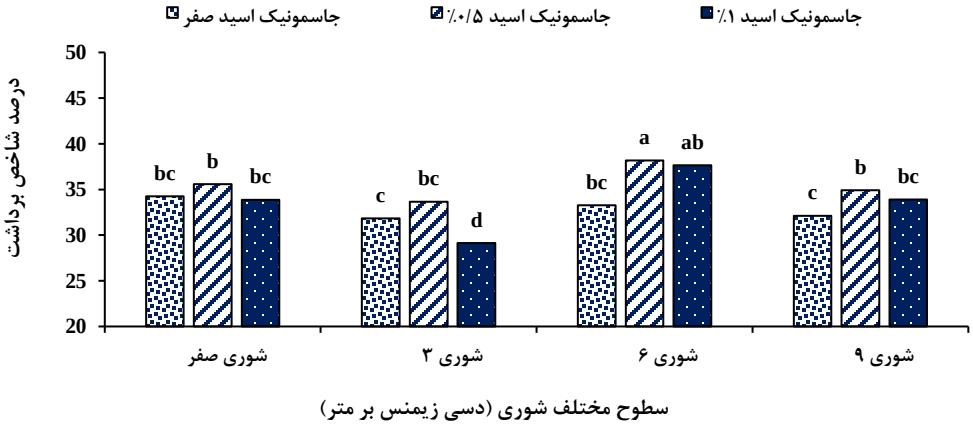
درصدی این پارامتر در اثر متقابل جاسمونیک اسید صفر با شوری صفر نسبت به ۹ دسی‌زیمنس، مشخص شد که تجمع یون‌های غیرضروری، سبب افت شاخص برداشت می‌شود. ولی افزایش به‌ترتیب ۱۰/۵ و ۳ درصدی تیمار جاسمونیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار + شوری ۶ و ۹ دسی‌زیمنس، نسبت به تیمار شاهد (جاسمونیک صفر + شوری صفر) نشان‌دهنده تاثیر مثبت هورمون، بر وزن دانه و در نهایت شاخص برداشت می‌باشد (شکل ۳). این بدین معنی‌است که جاسمونیک اسید نه‌تنها می‌تواند اثرات مخرب تنش را کاهش دهد، بلکه به‌دلیل افزایش میزان و کیفیت فتوسنتز در طول دوره رشد و نمو گیاه (به‌خصوص از گل‌دهی تا رسیدگی کامل دانه)، سبب افزایش عملکرد بیولوژیکی گیاه می‌شود. همچنین با افزایش معنی‌دار وزن دانه‌ی گیاه، موجب افزایش درصد شاخص برداشت نیز می‌گردد.



شکل ۲- برهم‌کنش سطوح شوری و غلظت‌های جاسمونیک اسید بر عملکرد بیولوژیکی ماش

Figure 2- Interaction effect of salinity levels and jasmonic acid concentrations on biological yield of mung bean

(Means with similar letters in each attribute do not differ significantly based on the LSD test)



شکل ۳- برهم‌کنش سطوح شوری و غلظت‌های جاسمونیک اسید بر شاخص برداشت ماش

Figure 3- Interaction effect of salinity levels and jasmonic acid concentrations on harvest index of mung bean

(Means with similar letters in each attribute do not differ significantly based on the LSD test)

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.22034/arpe.10.18.17]

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان‌دهنده تاثیر معنی‌دار یون‌های شوری بر میزان همه صفات مورد بررسی این آزمایش بود و بیشترین اثرات منفی در کلیه صفات، در تنش شوری ۹ دسی‌زیمنس مشاهده گردید. اثر اصلی جاسمونیک اسید نیز روی کلیه پارامترها، در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شد. همچنین برهم‌کنش شوری و تیمار هورمونی بر صفات مختلف تفاوت معنی‌داری داشت، هرچند بر محتوای پتاسیم و کلسیم معنی‌دار نشد. جاسمونیک اسید باعث شد تا با تعدیل تنش در مراحل رشد و نمو گیاه، تأثیرات منفی شوری کاهش یافته، و اکثر پارامترهای گیاه به میزان قابل توجهی بهبود یابد. به‌طور مثال تنش شوری میزان عملکرد دانه را ۴۹ درصد کاهش داد، ولی محلول‌پاشی هورمون آن‌را ۲۱ درصد جبران و به ۲۸ درصد کاهش تقلیل داد. همچنین به‌ترتیب ۱۰/۵ و ۳ درصد میزان شاخص برداشت را در شوری‌های بالاتر (۶ و ۹ دسی‌زیمنس) افزایش داد. به‌طورکلی دستاوردهای این پژوهش مؤید این موضوع است که عکس‌العمل گیاه ماش به محلول پاشی جاسمونیک اسید مثبت بوده و موجب بهبود پارامترهای تحت آزمایش گردید. غلظت ۰/۵ میلی‌مولار سبب افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت شد و غلظت ۱ میلی‌مولار باعث کاهش اثرات مخرب تنش در محتوای عناصر مغذی، رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی و درصد رطوبت نسبی و در نهایت موجب بهبود این صفات گردید. لذا کاربرد این تنظیم‌کننده رشد در مقابله با تنش‌های محیطی از جمله شوری توصیه می‌گردد.

منابع

Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in Beta vulgaris. Journal of Plan Physiology, 24: 1-5.

Dutta, A., Trivedi, A., Nath, C.P., Gupta, D.S. and Hazra, K.K. 2022. A comprehensive review on grain legumes as climate-smart crops: challenges and prospects. Environmental Challenges, 7: 100479.

Elewa T.A.A., Sadak, M., Saad, A. 2017. Proline treatment improves physiological responces in quinoa plants under drought stress. Biosience Research, 14, 21-33.

Farhangi-Abriz, S., Ghassemi-Golezani, K. 2018. How can salicylic acid and jasmonic acid mitigate salt toxicity in soybean plants?. Ecotoxicology and Environmental Safety, 147: 1010-1016.

Ghanbari, M., Mokhtassi-Bidgoli, A., Talebi-Siah Saran, P., Pirani, H. 2019. Effect of deterioration on germination and enzymes activity in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.), under salinity stress condition. Environmental Stresses in Crop Sciences, 12(2): 585-594. (In Persian with English Summary).

Ghassemi-Golezani, K., Farhangi-Abriz, S. 2018. Changes in oil accumulation and fatty acid composition of soybean seeds under salt stress in response to salicylic acid and jasmunic acid. Russian Journal of Plant Physiology, 2: 229-236.

Ghassemi-Golezani, K., Lotfi R. 2015. The impact of salicylic acid and silicon on chlorophyll a fluorescence in mung bean under salt stress. Russian Journal of Plant Physiology, 62: 611-616.

Keramat, B., Daneshmand, F. 2015. Dual role of methyl jasmonate in physiological responses of soybean (*Glycine max* L.) plant. Journal of Plant Process and Function, 1(1): 25-37.

Kohli, S.K., Handa, N., Sharma, A., Gautam, V., Arora, S., Bhardwaj, R., Alyemeni, M.N., Wijaya, L., Ahmad, P. 2018. Combined effect of 24-epibrassinolide and salicylic acid mitigates lead (Pb) toxicity by modulating various metabolites in *Brassica juncea* L. seedlings. Protoplasma, 255: 11-24.

Kurepin, L.V., Ivanov, A.G., Zaman, M., Pharis, R.P., Hurry, V., Hüner N.P. 2017. Interaction of glycine betaine and plant hormones: protection of the photosynthetic apparatus during abiotic

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.22034/arpe.10.18.17]

stress. In Photosynthesis: Structures, Mechanisms, and Applications (pp. 185-202). Springer International Publishing.

Li, L.I., Dong, Y., Ren, H., Xue, Y., Meng, H., Li, M. 2017. Increased antioxidant activity and polyphenol metabolites in methyl jasmonate treated mung bean (*Vigna radiata*) sprouts. Food Science and Technology, 37(3): 411-417.

Lotfi R. and Ghassemi-Golezani K. 2015. Influence of salicylic acid and silicon on seed development and quality of mung bean under salt stress. Seed Science and Technology, 43: 52-61.

Mirón I.J. Linares C., Díaz J. 2023. The influence of climate change on food production and food safety. Environmental Research, 216: 114674.

Nandhitha, G.K., Sivakumar, R., Vishnuveni, M. 2016. Impact of seed treatment with plant growth regulators and nutrients on alleviation of salinity stress in tomato under in vitro conditions. Applied Biological Research, 18: 203-207.

Ranjbar, G., Pirasteh-Anosheh H., Besharat, N. 2017. Determination of the optimum concentration an time of salicylic acid foliar application for improving barley growth under non-saline and saline conditions J. Crop Prod. Proces, 22: 61-72. (In Persian with English abstract).

Sultana, R., Kunusoth, K., Amineni, L., Dahal, P., Bradford, K.J. 2021. Desiccant drying prior to hermetic storage extends viability and reduces bruchid (*Callosobruchus chinensis* L.) infestation of mung bean (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) seeds. Journal of Stored Products Research, 94: 101888.

Szabolcs, M. 2016. The physiological, biochemical and molecular roles of brassinosteroids and salicylic acid in plant processes and salt tolerance. Crit. Rev. Plant Sci. 29: 162-190.

Varghese, S., Patel, K., Gohil, M., Bhatt, P., Patel. U. 1995. Response of Gcott 11 levent to salinity at germination of plants stage. Indian Journal of Agricultural Sci. 65, 825-833.

Westerman, L.Z. 1990. Soil Testing and Plant Analysis. Soil Science Society of America Journal, INC. Madison, Wisconsin USA.

Yang, Y., Liu, Q., Han, C., Qiao. Y.Z., Yao, X.Q., Yin, H.J. (2007). Influence of water stress and low irradiance on morphological and physiological characteristics of *Picea asperata* seedlings. Photosynthetica, 45(4): 613 –619.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.22034/arpe.10.18.17]