تاریخ چاپ: تابستان ۱۳۹۰

اثر زیادی سولفات منیزیم خاک بر محتوای عناصر کلسیم، منیزیم، پتاسیم و شدت تشکیل اندومیکوریز در پستهٔ[1] رقم بادامی

مینو بهرامپور، علی احمدی مقدم: دانشگاه شهید باهنر کرمان
سلمان محمودی: مرکز تحقیقات پسته کشور در رفسنجان

چکیده

بر اساس گزارش‌های منتشر نشده از مرکز تحقیقات پستهٔ کشور در رفسنجان در حال حاضر بسیاری از مناطق پسته کاری با افزایش میزان منیزیم در خاك مواجه هستند. در تحقیق انجام شده تأثیر زیادی عنصر منیزیم از طریق اعمال غلظت‌های متفاوت نمک سولفات منیزیم که به ترتیب حاوی ۲.۴۱،۱.۲۱،۰.۶۰۸ و۴.۸۴گرم/کیلوگرم سولفات منیزیم بود، بر گیاه پستهٔ رقم بادامی در بستر خاک در یك آزمایش گلدانی و بر اساس طرح بلوك‌های کامل تصادفی بررسی شد. پس از برداشت گیاهان، مجموع طول ریشه، وزن خشک اندام‌های گیاه، تعداد اسپور حاصل از فعالیت قارچ‌های میکوریزی[2] VAMدر خاك، میزان آغشتگی ریشهٔ گیاهان به میکوریز و محتوای یون‌های Ca ، Mg ،K در ریشه و ساقه اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از آنالیز داده‌ها نشان داد که با افزایش نمک سولفات منیزیم در خاك، اسپور قارچ‌های VAM ، وزن خشک ساقه، ریشه و میزان آغشتگی ریشه به میکوریز و همچنین محتوای یون‌های کلسیم، منیزیم، پتاسیم گیاه افزایش یافت. افزایش یون‌های منیزیم در ریشه بیش از ساقه بود.

مقدمه

نقش تغذیه‌ای عناصر، خصوصاً عناصر منیزیم و کلسیم در گیاه پسته بسیار مهم است. با توجه به این‌که بسیاری از خاک‌های استان کرمان و خصوصاً شهرستان رفسنجان بستر مناسبی برای کاشت این گیاه است و همگی به خوبی بر ارزش غذایی و اقتصادی این محصول واقفند. در این تحقیق به بررسی یکی از مشکلات موجود، یعنی همان افزایش تدریجی منیزیم در خاک‌ها از طریق آب‌های زیرزمینی پرداخته شده است. بر اساس گزارش‌های منتشر نشده از مرکز تحقیقات پسته کشور در رفسنجان پایین رفتن سطح آب‌های زیرزمینی و برداشت از آب‌های عمیق‌تر

واژه‌های کلیدی: منیزیم، خاک، VAM، پستهٔ رقم بادامی
دریافت ۸۷/۵/۱۷ پذیرش ۸۹/۵/۲۵

۱. Pistacia vera L. ۲. Vesicular Arbascular mycorrhizae

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

باعث افزایش برخی عناصر، از جمله منیزیم در آب شده است. با توجه به مشاهدهٔ علایم کمبود کلسیم در باغات پسته و نیز شباهت‌ها و روابطی که دو عنصر کلسیم و منیزیم با هم دارند، همچنین با توجه به نقش و اهمیت قارچ‌های میکوریزی خصوصاً سیستم‌های میکوریزی VAM در جذب عناصر و مقابله با شرایط تنش‌زای محیطی [۵]،[۸] و با توجه به این‌که ریشه گیاه پسته نیز با این قارچ‌ها همزیست است، برآن شدیم که به بررسی این موضوع بپردازیم که آیا زیادی منیزیم باعث ایجاد مشکلات کمبود کلسیم و پتاسیم در پسته است؟ یا مشکلات دیگری از جمله خشکی و کم‌آبی توانسته است موجب کاهش کلسیم در درختان شود؟ بر این اساس، آزمایش‌هایی مبتنی بر طرح بلوک‌های کامل تصادفی در شرایط گل‌خانه‌ای در بستر خاک در حالت غیراستریل (میکوریزی) انجام شد. در این بررسی گیاهان پسته رقم بادامی در معرض مقادیر متفاوت منیزیم رشد داده شدند و سپس وزن خشك، مجموع طول ریشهٔ، و نیز مقادیر Ca ، Mg ،K در ساقه و ریشه آن‌ها و نیز میزان آغشتگی ریشه به قارچ‌های میکوریزی و تعداد اسپور قارچ‌های میکوریزی VAM در خاك قبل و پس از آزمایش‌ها اندازه‌گیری و نتایج با استفاده از برنامهٔ SPSS تجزیه و تحلیل شد.

موادوروش‌ها

خاك لوم كاملاً يك‌نواخت از باغ پسته در کرمان تهیه شد. و در گلدان‌های PVC به ارتفاع ۵۰ و قطر ۲۰ سانتی متر تا ارتفاع يك سوم خاك بدون سولفات منیزیم ریخته شد. دو سوم بقیهٔ گلدان‌ها با خاك محتوی سولفات منیزیم پر شد. مقادیر سولفات منیزیم اضافه شده به صورت جامد و بر طبق محلول هوگلند با نسبت ۱/۲[۲] و مخلوط با دو سوم خاک سطح گلدان محاسبه و به خاك در قالب گروه‌های آزمایشی به ترتیب آتی اضافه شدند. گروه‌های آزمایشی به ترتیب هر کدام مقادیر زیر از سولفات منیزیم را دریافت کرده‌اند:

گروه۱. برابر با خاکی که به آن سولفات منیزیم اضافه نشد و به عنوان شاهد در نظر گرفته شد.

گروه۲. برابر با مقدار سولفات منیزیم محلول هوگلند۱/۲

گروه۳. دو برابر مقدار سولفات منیزیم محلول هوگلند۱/۲

گروه۴. چهار برابر مقدار سولفات منیزیم محلول هوگلند۱/۲

گروه۵. هشت برابر مقدار سولفات منیزیم محلول هوگلند۱/۲

در ضمن محتوای اولیهٔ منیزیم خاک صفر در نظر گرفته شد در این گروه آزمایشی فقط فاکتورهای آغشتگی، اسپور و مجموع طول ریشه اندازه‌گیری شد (برای گروه ۱ = گروه شاهد). بذر پسته رقم بادامی پس از ضد عفونی شدن در گلدا ن‌ها کاشته شد. مقدار آب مورد نیاز برای آبیاری گلدان‌ها از طریق محاسبهٔ تفاوت وزن حالت اشباع و

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

ظرفیت مزرعه‌ای تعیین و بر این اساس گلدان‌ها با ۱۵۰۰ سی سی که هر ۲ هفته یک‌بار به هر گلدان داده می‌شد، آبیاری شدند. از هر تیمارحداقل ۳ تکرار تهیه و گلدا ن‌ها در شرایط گلخانه با ۲۵-۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۱۴ هفته (سه ماه و نیم) از ۱۵ اردیبهشت تا آخر مرداد ماه قرار داده شدند. پس از آن گیاهان برداشت و فاکتورهای زیر در آن‌ها اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری مجموع طول ریشه‌ها

ریشه‌ها جمع‌آوری، شسته و روی سطح شیشه‌ای که در زیر آن کاغذ شطرنجی قرار داشت پخش شدند. نقاط برخورد ریشه‌ها با خطوط اصلی کاغذ شطرنجی شمارش و عدد به‌دست آمده بر ۱/۲۵ تقسیم شد. عدد به‌دست آمده طول ریشه را بر حسب سانتی‌متر نشان می‌دهد[۶].

تشخیص وجود میکوریزای وزیکولار- آرباسکولار در ریشه و تعیین میزان آغشتگی ریشه‌ها به آن

برای رنگ‌آمیزی ریشه‌های واجد میکوریزوزیکولار- آرباسکولار از روش راجاپاکزومیلر[۱] استفاده شد[۶].

مراحل رنگ‌آمیزی به این ترتیب بود:

- ابتدا ریشه‌ها با آب جاری شستشو داده شده و در لوله‌های آزمایش قرارداده شدند.
- محلول آبی ۱۰ درصد هیدروکسید پتاسیم (KOH) را بر روی آن‌ها ریخته و لوله‌ها در حمام آب گرم در دمای ۹۰ درجه قرار داده شدند تا نمونه‌ها بی‌رنگ شوند. مدت زمان لازم بسته به نوع ریشه مورد نظر بسیار متغیر است. به طوری که ریشه‌های نازک و جوان‌تر به مدت کم‌تری در حمام آب گرم قرار می‌گیرند.می‌توان ریشه‌های تیره رنگ را با استفاده از آب اکسیژنه شستشو داد و بسیاری از مواد زاید را از آن‌ها زدود. در این‌جا ریشه‌های ضخیم پسته ابتدا به مدت ۱۵ تا ۲۰ د قیقه درمحلول آب اکسیژنه ۱۰ درصد قرار داده شدند وسپس درمحلول آبی پتاس قرار گرفتند.
- محلول روی ریشه‌ها را خالی کرده و ریشه‌ها با آ ب به خوبی شسته شدند.
- ریشه‌های تمیز شده با فروبردن در محلول ۰/۱ نرمال اسید کلریدریک اسیدی شدند.طول زمانی که نمونه باید در اسید باشد مهم است؛ اگرچه ممکن است چند دقیقه کافی باشد، اما بازبسته به نوع ریشه حتی ممکن است لازم شود که این مد ت به اندازهٔ یک شب هم طول بکشد که در مورد ریشه‌های پسته این مدت حدود یک شب در نظر گرفته شد.
- پس از آن نمونه‌ها ۱۰ تا ۱۵ دقیقه در رنگ اسیدی فوشین ۰/۱ درصد قرار داده شدند.

۱. Rajapakse&Miller

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

- سپس لوله‌ها در حمام آب گرم و در ۹۰ درجهٔ سانتی‌گراد گذاشته شدند.
- پس از خالی کردن رنگ، نمونه‌ها کاملاً و به خوبی با آب شیر شسته شدند.
- رنگ اضافی نمونه‌ها با قرار دادن آن‌ها در محلول رنگ‌شو (اسیدلاکتیک، گلیسرول، آب، به نسبت ۱۴-۱-۱) به مدت یک شب پاک شد.
- نمونه‌ها در محلول رنگ‌شو بر روی لام میکروسکوپ قرارداده شد، سپس لامل روی آن گذاشته و مشاهده گردید.

اندازه‌گیری میزان آغشتگی

پس از رنگ‌آمیزی ریشه‌ها به روشی که در قبل ذکر شد، قطعات ریشه رنگ‌آمیزی شده در داخل پتریدیش که در زیر آن کاغذ میلی‌متری قرارداده شده بود به طور تصادفی پخش شدند. پس از آن در زیر میکروسکوپ تشریحی (استریوسکوپ) نقاط برخورد ریشه با خطوط اصلی کاغذ و نیزتعداد نقاط برخوردی که واجد آغشتگی بودند شمارش شد. پس از آن نسبت این نقاط آغشته به کل نقاط برخورد بر حسب درصد محاسبه گردید و به صورت درصد آغشتگی ریشه‌ها به میکوریز VA ذکر شد[۶].

شمارش تعداد اسپور قارچ‌های وزیکولار-آرباسکولار در نمونه‌های خاك با روش غربال کردن مرطوب انجام شد[۷و۹].

تعیین محتوای یون‌های منیزیم ،کلسیم پتاسیم در گیاه

بعد از خشک کردن نمونه‌های گیاهی برای تعیین محتوای یون‌های منیزیم، کلسیم و پتاسیم در ریشه و اندام هوایی ابتدا عصارهٔ گیاهی به روش خاکستر خشک تهیه شد و سپس محلول‌های مورد نظر تهیه و میزان کلسیم و منیزیم با روش تیتراسیون و پتاسیم با دستگاه فلیم فوتومتری اندازه‌گیری شدند[۱].

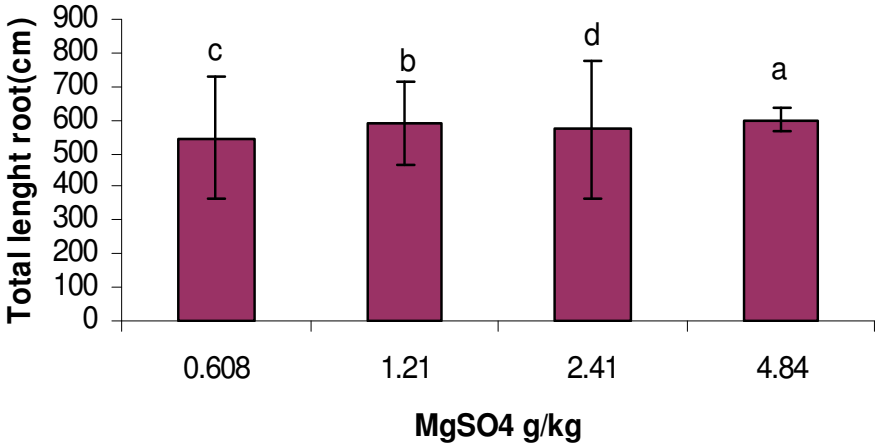
محاسبات آماری

در مراحل مختلف آزمایش برای هر تیمار سه تکرار در نظر گرفته شد. سپس آنالیز آماری داده‌ها انجام شد. داده‌های به‌دست آمده حاصل از سنجش این پارامترها از طریق طرح بلوک کامل تصادفی وتجزیه واریانس یک‌طرفه (با ضریب اطمینان ۹۵ درصد) و آزمون TUKEY و با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS وEXCELL تحلیل آماری شدند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

نتایج

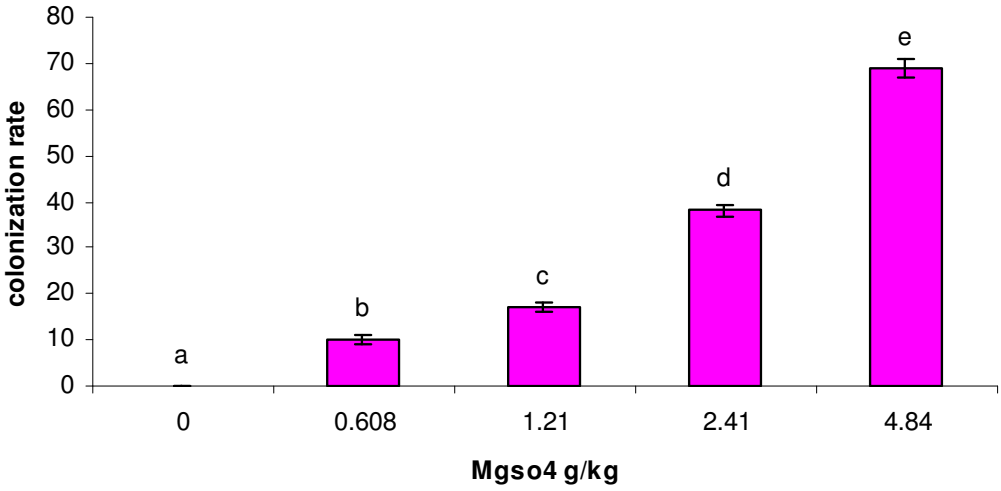
نتایج نشان دادند که در مجموع طول ریشه هیچ تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای متفاوت سولفات منیزیم به وجود نیامد (شکل۱).



شکل۱. مجموع طول ریشهٔ گیاه بر حسب سانتی‌متر پس از رشد گیاهان در تیمارهایی که به صورت مقدارهای متفاوت سولفات منیزیم جامد به گیاه داده شده است

خطوط عمودی خطای معیار آزمایش است. هر ستون میانگین حداقل سه تکرار است($p<0/05$)

میزان آغشتگی ریشه به میکوریز VA همزمان با افزایش میزان منیزیم در خاک افزایش یافت (شکل۲).

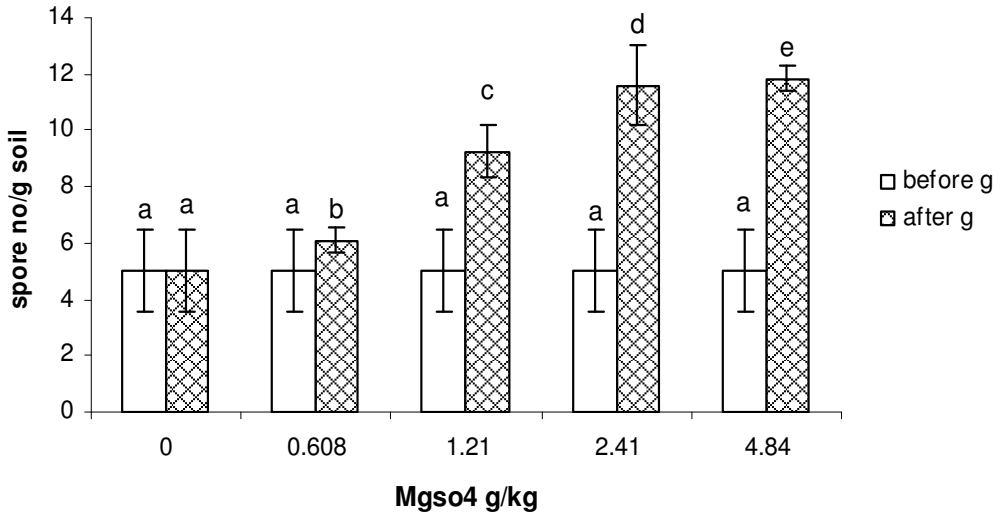


شکل۲. میزان آغشتگی ریشهٔ گیاه پسته بادامی به میکوریز وزیکولار آرباسکولار

خطوط عمودی خطای معیار آزمایش است. هر ستون میانگین حداقل سه تکرار است($p<0/05$)

تعداد اسپور پس از کاشت گیاه و اعمال تیمار در مقایسه با تعداد اسپور قبل از کاشت گیاه افزایش یافت (شکل۳).

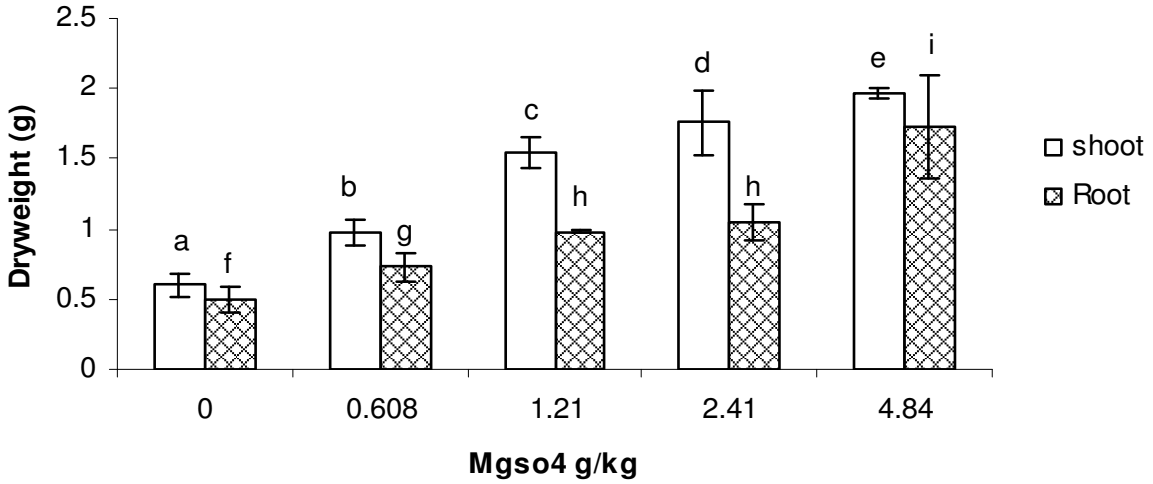
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]



شکل۳. تعداد اسپور در یک گرم خاک پیش از رشد(BG) و پس از رشد(AG) گیاه پستهٔ بادامی

خطوط عمودی خطای معیار آزمایش است. هر ستون میانگین حداقل سه تکرار است(p<0/05)

وزن خشک ریشه و ساقه در تیمار ۴/۸۴ گرم سولفات منیزیم به بیش‌ترین مقدار رسیدو این افزایش وزن در ساقه بیش‌تر از ریشه بود (شکل۴).

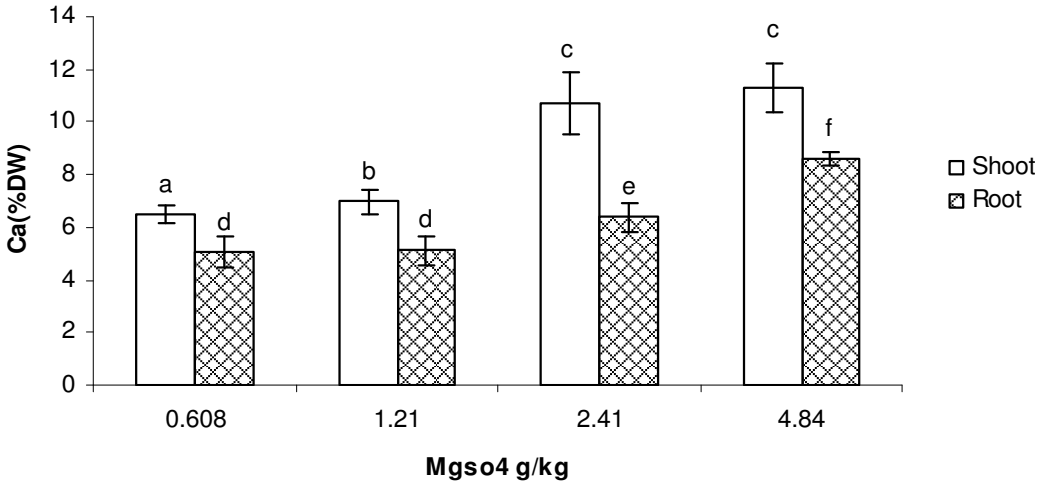


شکل۴. وزن خشک ریشه (Root) و ساقه (Shoot)

خطوط عمودی خطای معیار آزمایش است. هر ستون میانگین حداقل سه تکرار است (p<0/05)

همراه با افزایش سولفات منیزیم در خاک محتوای کلسیم در ساقه وریشه گیاهان بیش‌تر شد (شکل۵).

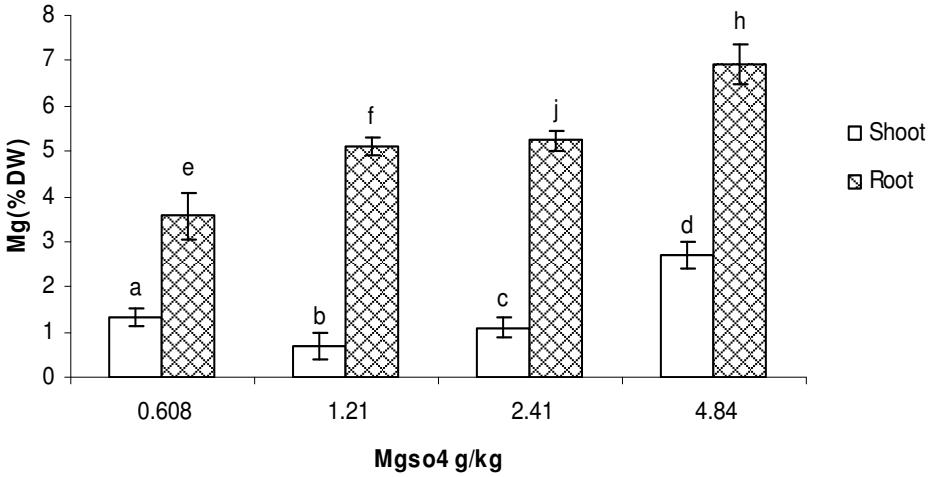
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]



شکل۵. میزان کلسیم گیاه پستهٔ بادامی

خطوط عمودی خطای معیار آزمایش است. هر ستون میانگین حداقل سه تکرار است (p<0/05)

با افزایش مقدار سولفات منیزیم،محتوای عنصر منیزیم در ریشه وساقه افزایش یافت، ولی این افزایش در همه تیمارها در ریشه بیش از ساقه بود (شکل۶).

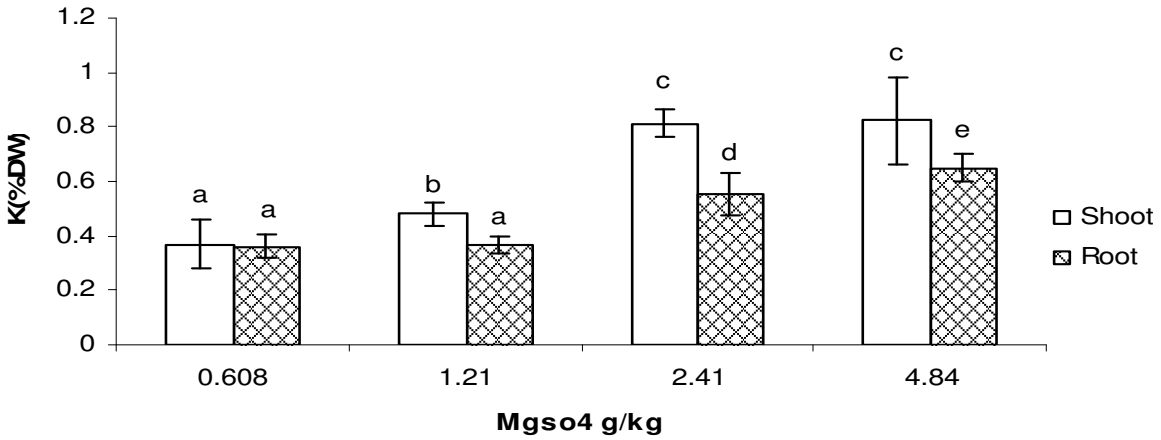


شکل۶. میزان منیزیم گیاه پستهٔ بادامی

خطوط عمودی خطای معیار آزمایش است. هر ستون میانگین حداقل سه تکرار است (p<0/05)

محتوای پتاسیم اندازه‌گیری شده نیز در ساقه و ریشهٔ گیاهان به تدریج زیاد شد و این افزایش گیاه در ساقه گیاه بیش از ریشه بود (شکل۷).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]



شکل۷. میزان پتاسیم گیاه پسته بادامی

خطوط عمودی خطای معیار آزمایش است. هر ستون میانگین حداقل سه تکرار است (p<0/05)

بحث

نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان می‌دهد که قارچ‌های میکوریزی احتمالاً در جذب و کنترل عناصر به‌وسیلهٔ گیاه نقش دارند؛ به‌ویژه در حالتی که گیاه میزبان تحت تنش منیزیم است. این امر با توجه به این‌که طول مجموع ریشه‌های گیاهان با یك‌دیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند به این صورت قابل توجیه است که افزایش شبکهٔ میسلیومی بدون افزایش طول ریشه، خود می‌تواند نقش نگاه‌دارنده و ممانعت‌کننده را در مقابل یون‌های ناخواسته و یا بیش از حد اعمال کند، چنان که از نتایج بر می‌آید همراه با افزایش میزان منیزیم میزان آغشتگی ریشه‌ها و تولید اسپور قارچی افزایش داشت. در بیش‌ترین مقدار سولفات منیزیم به دلیل جذب مواد غذایی بیش‌تر و در عین حال با توجه به نقش یون سولفات که به اندازهٔ کافی در اختیار گیاه قرار داشت، حداکثر وزن خشك به دست آمد. افزایش فعالیت شبکهٔ میکوریزی در افزایش جذب عناصر مورد نیاز کلسیم و پتاسیم منعکس است. در حالی‌که همزمان با جذب عناصر مذکور میزان انتقال منیزیم به ساقه در تیمارهای بالای منیزیم افزایش نیافته است. این امر احتمالاً نقش ممانعت کننده سیستم میکوریزی در ریشه گیاه را نشان می‌دهد. برای بیان اثرات مخصوص یون منیزیم روی آغشتگی ریشه به قارچ‌های میکوریزی باید گفت که سولفات منیزیم ممکن است به‌عنوان یك جزئی فعال از نظر اسمزی در محلول غذایی فعالیت کند و چنان‌که می دانیم فشار اسمزی روی توسعهٔ همزیستی *VAM* اثر می‌گذارد و آغشتگی ریشه را زیاد می کند [۳]. بنا بر این در ارتباط با تیمارهای بالای منیزیم و درنتیجهٔ افزایش میزان آغشتگی اثرات تحریکی به یون‌های منیزیم نسبت داده شده‌اند. افزایش مقدار منیزیم در ریشه نسبت به ساقه انعکاس همین وضعیت است. در تحقیق حاضر نتایج حاصل از اندازه‌گیری کلسیم و منیزیم و پتاسیم نشان داد که جذب این عناصر به گیاه در مقدارهای

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

فراوان سولفات منیزیم زیاد شده که این نیز به دلیل شرایط میکوریزی قابل توجیه است. چنان‌که می‌دانیم در صورت اضافه شدن منیزیم در محیط یك گیاه به دلیل رقابتی که این عنصر با کلسیم و پتاسیم دارد، انتظار می‌رود که عناصر اخیر در گیاه کم شوند. اما در تحقیق حاضر مقدار این عناصر در گیاهان نیز همراه با افزایش منیزیم در خاك و نیز گسترش شبکهٔ قارچی زیاد شده بود. به طور کلی دو مکانیسم برای جذب کلسیم و منیزیم و پتاسیم توسط قارچ‌های میکوریزی پیشنهاد شده است: اول سیستم مستقیم که بیان می‌کند با توسعه یافتن منطقهٔ جذب از سیستم‌های ریشه یا هیف‌های قارچی که در سیستم VAM قابل رویت نیستند فاصله‌ای که مواد غذایی باید در داخل خاك حرکت کنند تا به ریشه‌ها برسند کم می‌شود و در نتیجه جذب را هیف‌ها به طور مستقیم انجام می‌دهند. در مکانیسم دوم این احتمال در نظر گرفته می شود که جذب به صورت غیرمستقیم و با افزایش جذب آب همراه است؛ زیرا گیاهان میکوریزی می‌توانند آب زیادی را جذب کنند و در نتیجه هدایت هیدرولیکی ریشه را نیز بیفزایند و به‌د نبا ل جذب آب، این عناصر را نیز جذب کنند. با این حال به‌ویژه در شرایط آزمایش حاضر تحقیق در مورد هر کدام از مکانیسم‌های مذکور لازم است تا بهتر بتوان به چه‌گونگی این مکانیسم‌ها پی برد. با توجه به این که پیشنهاد شده است که افزایش اسپور نشان دهندهٔ افزایش فعالیت و گسترش شبکهٔ میکوریزی باشد و نظر به این‌که آب کافی در دسترس بوده است می‌توان انتظار داشت که استفاده از هر یك از سیستم‌های مزبور برای آن‌ها امکان‌پذیر بوده است[۴]. البته باید در نظر داشت که افزایش تعداد اسپورهای میکوریزی در سیستم‌های VAM نمی‌تواند همیشه همراه با افزایش شدت آغشتگی باشد و افزایش اسپورها می‌تواند خود نوعی پاسخ به شرایط تنش در محیط تلقی گردد که این موضوع نیز باید در آینده مورد تحقیق و توجه بیش‌تری قرار گیرد. به هر حال می‌توان گفت که شبکهٔ قارچی، چه در خاک، چه در ریشه گیاه می‌تواند با جذب و نگه‌داری منیزیم از اثرات مسمومیت این عنصر بکاهد. با این حال لازم است تا این آزمایش‌ها روی گیاهان دیگر و در گیاهان میکوریزی و غیرمیکوریزی انجام شود تا بتوان اثرات مربوطه را بهتر مشاهده و نتیجه‌گیری کرد.

جمع‌بندی

آزمایش حاضر جنبه‌های مهمی از اثر زیادی منیزیم بر جذب سایر عناصر را در پسته بادامی نشان داد که نقش احتمالی اندومیکوریز را برجسته می‌کند و در عین حال موارد زیادی را برای انجام تحقیقات آینده در پیش رو می گذارد.

منابع

۱. عاکفه امامی، *روش‌های تجزیهٔ گیاه*، ج اول، نشریهٔ فنی شمارهٔ ۹۸۲. مؤسسهٔ تحقیقات خاك و آب، انتشارات دانشگاه تهران (۱۳۷۵) ۲۴۸ صفحه.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

2. P. Cachwo, A. Ortiz, A. cedra, "Growth Water relations and solute composition of phaseolus vulgaris L.", under salin conditions, Plant sci. 95 (1993) 22-32.

3. M. Grindler, H. Vejsadova, V. Vancura, "The effect of magnesium ions on the vesicular-arbuscular mycorrhizal infection of maize roots", New Phytol, 122 (1991) 455-460.

4. A. Lui, C. Hamel, A. Elmi, C. Costa, B. Ma, and L. Smith, "Concentration of K, Ca and Mg in maize colonized by arbuscular mycorrhizal fungi under field conditions", Canadia journal of soil science 82 (2002) 271-278.

5. M. Miransari, H. A. Bahrami, F. Rejali, M. J. Malakouti, "Using arbuscular mycorrhiza to reduse the stressful effects of soil compaction on corn (Zea mays L.) growth", Soil Biology and Biochemistry 39 (2007) 2014-2026.

6. S. Rajapakse, C. R. E. Ghton and J. R. J. Miller, "Methods for studying vesicular-arbuscular-mycor-rhizal root colorization and related root physical properties", Methods in microbiology, 24 (1992) 5-11.

7. N. C. Schenck, "Methods and principles of mycorrhizal research", American phytopatological society (1982) 27-47.

8. M. Tang, H. Chen, J. C. Huang, and Z. Q. AM Tian, "fungi effects on the growth and physiology of Zea mays seedlings under diesel stress, Soil Biology and Biochemistry", 41 (2009) 936.

9. York Mycorrhizal research group, "Techniques in arbuscular mycorrhiza research", University of NewYork, U. K. (1996) 25-35.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]