

## تأثیر محلول پاشی سه ترکیب کلسیمی بر غلظت کلسیم نهال پسته در بستر هیدروپونیک

امان ا... جوانشاه<sup>۱</sup>، ماریه نادی<sup>۱\*</sup>، نجمه پاکدامن<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> هیات علمی پژوهشی، پژوهشکده پسته، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران

\* نویسنده مسئول : marieh-nadi@yahoo.com

### چکیده

کلسیم یکی از مهمترین مواد معدنی است که نقش بسیار مهمی در مقاومت به آفات و بیماری‌های گیاهان مخصوصاً در درختان پسته دارد. یکی از محل‌های تجمع این عنصر، دیواره سلول‌های گیاهی می‌باشد. وجود پکتات کلسیم در دیواره سلولی برای زنده ماندن گیاه ضروری است. کمبود کلسیم در میوه پسته باعث عارضه اضمحلال پوست استخوانی یا لکه پوست استخوانی در اوایل اردیبهشت در مرحله ارزی شدن و هنگام بزرگ شدن میوه می‌گردد. محلول پاشی کلسیم یکی از راهکارهایی است که امروزه توسط کشاورزان جهت رفع عارضه لکه پوست استخوانی که چند سال اخیر شیوع پیدا کرده، انجام می‌شود. در این راستا از ترکیبات مختلف کلسیم‌دار شامل انواع کلات‌ها و کودهای کلسیمی استفاده می‌شود. لذا بررسی تأثیر این ترکیبات رایج بر افزایش سطح کلسیم و رفع کمبود آن در گیاه ضروری به نظر می‌رسد. در این تحقیق اثر محلول پاشی سه ترکیب کلسیم‌دار (استات کلسیم، کلات کلسیم و نیترات کلسیم) بر غلظت کلسیم نهال‌های پسته دو پایه قزوینی و بادامی زرنده مورد بررسی قرار گرفت. داده‌ها با استفاده از طرح کاملاً تصادفی و آزمون دانکن در سطح ۵ درصد با کمک نرم افزارهای Excel و SPSS مورد آنالیز آماری قرار گرفتند. نتایج نشان داد که محلول پاشی ترکیبات مختلف کلسیم‌دار تأثیر معنی‌داری بر غلظت کلسیم نهال پسته نداشت. اما استفاده از عنصر کلسیم در محلول غذایی بستر کشت و نوع پایه اثر معنی‌داری روی غلظت کلسیم موجود در گیاه داشتند. بنابراین اینطور به نظر می‌رسد که فرایند جذب کلسیم در نهال‌های پسته در بستر کشت هیدروپونیک از طریق ریشه‌های گیاه صورت می‌پذیرد.

واژه‌های کلیدی: کلسیم، محلول پاشی، نهال پسته.

### مقدمه

کلسیم به‌عنوان یکی از عناصر ضروری گیاه اثرات مطلوبی در به تاخیر انداختن پیری و کنترل فیزیولوژیکی اختلالات در میوه‌ها و سبزیجات دارد. در میوه‌ها و سبزیجات جهت سازگاری کارآمد با شرایط مختلف محیطی، سلول‌ها باید با هم در ارتباط باشند. در این میان نقش بارز یون‌های کلسیم بعنوان پیام‌رسان‌های بین سلولی مطرح است. تغییر در ساختمان دیواره سلولی و نفوذپذیری غشاء سلولی، همچنین کنترل فعالیت آنزیم‌ها بعنوان جنبه‌های مختلف فیزیولوژی سلولی شناخته شده است. مطالعات نشان داده که کلسیم و کالمدولین تاحدودی تنظیم‌کننده نقش‌های اصلی سلول هستند. در بررسی‌های انجام شده بر روی پیری برگ و رسیدن میوه انجام شد، نسبت پیری اغلب با موقعیت کلسیم در بافت وابسته است، بطوریکه افزایش میزان کلسیم پارامترهای مختلف پیری مانند تنفس، پروتئین، میزان کلروفیل و سیالیت غشاء را تغییر می‌دهد (Poovaiah, 1986). سایمون (۱۹۷۸) لهیده شدن و پاشیدن سلول‌های گیاهی و گاهی خشک شدن و گسترش محل نکروز شده در بافت‌های گیاهی را از علائم کمبود کلسیم به شمار آورد. کلسیم برای ساختمان و عملکرد دیواره سلولی و غشاء ضروری است. به سه دلیل می‌توان اهمیت نقش کلسیم در غشاء سلولی را مطرح نمود: ۱- بر اثر کمبود کلسیم غشاء سلولی دچار زوال می‌گردد، ۲- کلسیم ساختار واقعی غشاء را تغییر می‌دهد که این امر منجر به تغییر در سیالیت غشاء و تأثیر بر نفوذپذیری آب می‌گردد، ۳- کلسیم می‌تواند نحوه

فعالیت‌های فیزیولوژیکی که مخصوصا با نقش غشاء در ارتباط هستند را تغییر دهد بطور مثال این می‌تواند باعث انتقال بعضی یون‌ها به داخل غشاء گردد (Poovaiah, 1986) کمبود کلسیم در گیاهان مختلف موجب اختلالاتی در میوه می‌گردد. بطور مثال کمبود کلسیم در سیب موجب ایجاد یک عارضه شایع بنام لکه تلخی سیب (Bitter pit) می‌گردد که کاهش کیفیت میوه را به دنبال دارد (Jemrić, et al., 2016). نقش کلسیم در عارضه پوسیدگی گلگاه در محصولاتی نظیر گوجه فرنگی، بادمجان، فلفل و هندوانه نیز بررسی گردیده است (Taylor and Locascio, 2004). در تحقیقی نقش کلسیم در خیار مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد که کیفیت محصول در شرایط تنش کمبود کلسیم کاهش یافت. کیفیت بذور خیار تولید شده در شرایط تنش کمبود کلسیم نیز کاهش یافت (Frost and Kretchman, 1989). چنین به نظر می‌رسد که کلسیم نقش موثری بر کاهش تنش شوری بر گیاه دارد. اثر کلسیم بر کاهش سمیت برخی عناصر مانند سدیم و منیزیم در محیط ریشه گیاه بررسی و تایید گردیده است (آیز ۱۳۸۲، Kaya, Kirnak, et al., 2002). در پسته بعنوان یکی از محصولات مهم باغی کشور کلسیم نقش مهمی ایفا می‌کند. نقش کلسیم در تشکیل یا کاهش ریزش میوه قبل از سخت شدن پوسته استخوانی در رقم عباسعلی توسط شرافتی و همکاران (۱۳۹۴) بررسی گردید. آنها اعلام داشتند که ترکیبات کلسیم، دفعات محلول‌پاشی و اثرات متقابل آنها بر تعداد پسته در خوشه اثری نداشت، در حالیکه اثر ترکیبات کلسیم بر درصد مغز، درصد خندانی، درصد کلسیم برگ و میزان کلسیم میوه قابل مشاهده بود. محققین کمبود کلسیم را منشاء عارضه لکه پوست استخوانی در پسته عنوان نمودند (Sajadian 2019 a, and Hokmabadi, 2011; Sadr et al., 2011). در تحقیقی که در موسسه تحقیقات پسته انجام شد، نقش موثر دو عنصر کلسیم و منیزیم در عارضه لکه پوست استخوانی تایید گردید (هاشمی‌راد و همکاران، ۱۳۸۵). استفاده از ترکیبات مختلف کلسیمی بصورت مصرف خاکی و محلول‌پاشی راهکاری است که کشاورزان در سال‌های اخیر برای پیشگیری از عارضه یاد شده، بکار می‌گیرند. استفاده از ترکیباتی چون کلات‌های کلسیم، گچ، نیترات کلسیم و غیره برای تامین کلسیم مورد نیاز گیاه جهت پیشگیری از عارضه لکه پوست استخوانی، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Sajadian and Hokmabadi, 2011). در تحقیقی از نانو کلات‌های کلسیمی و منیزیمی و سایر عناصر میکرو شامل آهن، روی، مس و منگنز برای کنترل این عارضه استفاده گردید. نتایج نشان داد که استفاده از عناصر غذایی به کاهش عارضه کمک می‌نماید و در بین عناصر، کلسیم، مس و منیزیم به ترتیب نقش بیشتری در کنترل عارضه داشتند (Sadr et al., 2019 b) در این تحقیق اثر محلول پاشی سه نوع کلسیم: استات کلسیم، کلات کلسیم و نیترات کلسیم بر روی غلظت عنصر کلسیم بخش هوایی و ریشه نهال پسته در شرایط وجود و عدم وجود کلسیم در بستر کشت کنترل شده هیدروپونیک بر روی دو پایه قزوینی و بادامی زرنند بررسی گردید.

### مواد و روش‌ها

در این تحقیق بذره‌های پسته جوانه زده دو رقم بادامی زرنند و قزوینی، پس از طی مراحل استریلاسیون و جوانه زنی، در گلدان‌های مخصوص کشت هیدروپونیک کشت گردید. استفاده از محیط کشت هیدروپونیک با توجه به اهداف تحقیق امکان کنترل دقیق عناصر غذایی، حذف کلسیم از محیط و کاهش خطاهای محیطی و در نتیجه بررسی دقیق‌تر در تحقیق را فراهم آورد. پس از یک‌ماه محلول غذایی کامل تهیه شده از کود کامل هادر ۱۱ با فرمولاسیون جدول ۱ و همان محلول بدون کلسیم تهیه و به گلدان‌ها اضافه شد، محلول‌های غذایی بصورت ماهیانه تعویض گردید.

جدول ۱: ترکیب و غلظت کود کامل هادر ۱۱ استفاده شده در محلول غذایی مورد استفاده برای کشت هیدروپونیک.

عناصر	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	بور	منگنز	روی	مولیبدن	آهن	گوگرد
نوع کود	۸/۰۷	۲/۶۲	۱۹/۳۲	-	۴/۱۳	۰/۰۴۵	۰/۰۵۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۲۴	۵/۵۴
A	۱۲/۷۸	-	-	۲۶/۶	-	-	-	-	-	-	-
B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

پس از ده روز از زمان تغذیه بذور، محلول‌های کلسیم‌دار شامل کلات کلسیم، نترات کلسیم و استات کلسیم با غلظت ۲ در هزار تهیه و همه گلدان‌ها در ۴ نوبت و با فاصله ۵ روز یکبار محلول‌پاشی گردیدند. پس از گذشت ۴ ماه، گیاهان، برداشت شد و غلظت کلسیم در بخش هوایی و ریشه با استفاده از دستگاه ICP اندازه‌گیری گردید. در این تحقیق داده‌های مربوط به ۳۲ باکس (هر باکس شامل ۳ گلدان) شامل دو پایه، دو محلول غذایی با و بدون کلسیم، ۴ تیمار کلسیم‌دار شامل ۳ تیمار محلول‌پاشی و یک شاهد (آب) در ۲ تکرار (دو باکس هر باکس شامل ۳ گلدان) مورد بررسی قرار گرفت. داده‌ها در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با کمک آزمون دانکن و استفاده از نرم افزارهای Excel و SPSS مورد آنالیز آماری قرار گرفت.

### نتایج و بحث

بر اساس جدول تجزیه آماری (جدول ۲)، محلول‌پاشی ترکیبات مختلف کلسیم‌دار مورد استفاده در این تحقیق (treatment) تاثیر معنی‌داری بر غلظت کلسیم نهال پسته نداشت. بر اساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) غلظت کلسیم در گیاهان تغذیه شده از دو محلول با و بدون کلسیم (solution) دارای تفاوت معنی‌داری بود. غلظت کلسیم در گیاهانی که در بستر کشت آنها از محلول غذایی حاوی کلسیم استفاده شده بود بیشتر و در گیاهانی که از محلول فاقد کلسیم تغذیه می‌شدند، کمتر بود. بر اساس نتایج این تحقیق احتمال جذب کلسیم در گیاه از طریق محلول‌پاشی برگ پایین بوده و جذب کلسیم از طریق ریشه گیاه صورت می‌پذیرد. جذب کلسیم از محلول خاک، اغلب از محل تارهای کشنده و از طریق کانال‌های پروتئینی انجام می‌گیرد. انتقال عناصر غذایی از سطح ریشه به سمت آوندهای چوبی می‌تواند هم از مسیر آپوپلاستی (بین سلولی) و هم از مسیر سیم‌پلاستی (سیتوپلاستی) انجام شود. در مورد کلسیم به دلیل نقش سیگنالی و غلظت پایین آن در سیتوپلاسم، انتقال اغلب از مسیر آپوپلاستی انجام می‌گیرد. منطقه جذب کلسیم، بخش انتهایی ریشه است که نوار کاسپارین در محل سلول‌های اندودرم هنوز تشکیل نشده یا به‌طور کامل تکامل نیافته است.

جدول ۲: جدول تجزیه واریانس میزان غلظت عنصر کلسیم در نهال پسته.

Source	Type III Sum of Squares			F	Sig.
	Squares	df	Mean Square		
Corrected Model	72.096 <sup>a</sup>	6	12.016	13.080	.000
Intercept	311.081	1	311.081	338.633	.000
solution	29.485	1	29.485	32.096	.000
root&Shoot	.023	1	.023	.024	.876
treatment	1.115	3	.372	.405	.750
type	41.474	1	41.474	45.147	.000
Error	52.362	57	.919		
Total	435.540	64			
Corrected Total	124.458	63			

.a R Squared = .579 (Adjusted R Squared = .535)

در بخش‌هایی که نوار کاسپارین تشکیل نشده، انتقال کلسیم بیشتر از مسیر آپوپلاستی تا آوندهای چوبی انجام می‌شود. اما در بخش‌هایی که نوار کاسپارین در حال تشکیل است، کلسیم از سلول‌های اپیدرمی تا سلول‌های اندودرم از مسیر آپوپلاستی منتقل می‌شود و در محل سلول‌های اندودرم، به دلیل وجود نوار کاسپارین، از طریق کانال‌های پروتئینی به داخل سلول منتقل و سپس از طریق پمپ‌های کلسیمی و با صرف انرژی به سلول‌های پریسیکل (دایره محیطیه) منتقل و در نهایت به آوندهای چوبی می‌رسد. در بخش‌هایی که نوار کاسپارین به طور کامل تکامل یافته، انتقال کلسیم به آوندهای چوبی هم از مسیر آپوپلاستی و هم از مسیر سیم‌پلاستی مهار می‌شود. بنابراین ریشه در طول سال از طریق سلول‌های تمایز نیافته انتهای ریشه و ریشه‌چه‌ها مرتب در حال جذب کلسیم است. هدایت کلسیم در داخل گیاه از طریق آوندهای چوب و وابسته به تبخیر و تعرق انجام می‌گیرد. به عبارت دیگر، اگر تبخیر و تعرق کم باشد، جذب و انتقال کلسیم نیز توسط گیاه، کاهش پیدا می‌کند. از طرفی جذب کلسیم بیشتر از منطقه تارهای کشنده و بخش‌های جوان ریشه انجام می‌گیرد. بنابراین برای جذب حداکثر کلسیم، بایستی یک تعادل بین تبخیر و تعرق و ریشه‌زایی وجود داشته باشد.

جدول ۳: جدول آزمون دانکن.

Duncan<sup>a,b</sup>

1,2,3,4	N	Subset a
3	16	2.0400
2	16	2.1669
4	16	2.2044
1	16	2.4075
Sig.		.331

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 16.000.

Alpha = .05. b

۱: شاهد، ۲: نیترات کلسیم، ۳: استات کلسیم، ۴: کلات کلسیم

همچنین غلظت کلسیم در دو پایه بادامی زرد و قزوینی (type) تفاوت معنی‌داری نشان داد. بطور کلی پایه بادامی زرد کلسیم بیشتری جذب نموده و نسبت به پایه قزوینی غلظت کلسیم بالاتری داشت. یکی از مزایای پایه‌های مقاوم عملکرد آنها در جذب عناصر غذایی و مقاومت آنها در برابر تنش‌ها می‌باشد.

## منابع

- آیزر، و. ک. ۱۳۸۲. کیفیت آب برای کشاورزی. تهران، مرکز نشر دانشگاهی.
- شرافتی، ع، حسینی فرد، س.ج، کشاورز، پ. ۱۳۹۴. تأثیر محلول‌پاشی ترکیبات کلسیم بر فرآیند تشکیل و توسعه میوه پسته. رفسنجان، موسسه تحقیقات پسته: ۳۸.
- Jemrić, T., Fruk, I., Fruk, M., Radman, S., Sinkovič, L., Fruk, G. 2016. Bitter pit in apples: pre- and postharvest factors: A review. Spanish journal of agricultural research, 14: 15.
- Poovaiah, B. 1986. "Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables." Food Technol, 40: 86-89.
- Simon, E. 1978. The symptoms of calcium deficiency in plants. New Phytologist, 80: 1-15.
- Frost, D., Kretchman, D. 1989. Calcium deficiency reduces cucumber fruit and seed quality. Journal of the American Society for Horticultural Science.
- Taylor, M.D., Locascio S.J. 2004. Blossom-end rot: A calcium deficiency. Journal of Plant Nutrition, 27: 123-139.

- Kaya, C., Kirnak, H., Higgs, D., Saltali, K. 2002. Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. *Scientia horticulturae*, 93: 65-74.
- Sajadian, H., Hokmabadi, H. 2011. Investigation on effects of calcium nitrate, calcium sulfate (soil application) and calcium chelate as foliar spray on Endocarp Lesion disorder and some qualitative characteristics of pistachio nut cv. Akbari. *International Journal of Nuts and Related Sciences*, 2: 23-28.
- Sadr, S., Mozafari, V., Shirani, H., Alaei, H., Tajabadi Pour, A. 2019 a. Selection of the most important features affecting pistachio endocarp lesion problem using artificial intelligence techniques. *Scientia horticulturae*, 246: 797-804.
- Sadr, S., Mozafari, V., Shirani, H., Alaei, H., Tajabadi Pour, A., Rajabi Behjat, A. 2019 b. Control of pistachio endocarp lesion by optimizing the concentration of some nutrients using taguchi method. *Scientia horticulturae*, 256: 108575.

### The effect of foliar application of three calcium compounds on the calcium concentration of pistachio seedlings in hydroponic medium

Amanollah Javanshah<sup>1</sup>, Marieh Nadi<sup>1\*</sup>, Najmeh Pakdaman<sup>1</sup>

1. Pistachio Research Center, Horticulture Sciences Research Institute Agriculture Research Education and Extension Organization (AREEO), Rafsanjan, Iran

\*Corresponding author: [Marieh\\_nadi@yahoo.com](mailto:Marieh_nadi@yahoo.com)

#### Abstract

Calcium is one of the most important minerals that plays very important role in resistance to plant pests and diseases, especially in pistachio trees. One of the accumulation sites of this element is the plant cell wall. The presence of calcium pectate in the cell wall is essential for plant survival. Lack of calcium in pistachio fruit causes the Endocarp Lesion in early May during the millet stage and when fruit is growing. Calcium spraying is one of the strategies used by farmers today to eliminate the Endocarp Lesion that has become prevalent in recent years. In this regard, various calcium-containing compounds are used, including various chelates and calcium fertilizers. Therefore, it seems necessary to study the effect of these common compounds on increasing calcium levels and reduction its deficiency in plants. In this study, the effect of foliar application of three calcium-containing compounds (calcium acetate, calcium chelate and calcium nitrate) on the calcium concentration of Qazvini and Badami Zrand pistachio seedlings. Data were statistically analyzed using completely randomized design and Duncan test at 5% level using Excel and SPSS software. The results showed that foliar application of different calcium-containing compounds had no significant effect on calcium concentration of pistachio seedlings. However, the use of calcium in the nutrient solution of the culture medium and the type of rootstock had a significant effect on the calcium concentration in the plant. Therefore, it seems that the process of calcium uptake in pistachio seedlings in the hydroponic medium is done through plant roots.

**Keywords:** Calcium, foliar application, pistachio seedlings.