نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵، ص. ۷۴۲-۷۳۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 30, No. 4, Winter 2017, P. 733-742
ISSN: 2008 - 4730

تأثیرکاربرد توأم ترکیبات کلسیم‌دار و پلی‌آمین‌های آزاد در زمان‌های مختلف رشدی بر برخی مشکلات فیزیولوژیکی و عملکرد پسته رقم "احمدآقایی"

حمید محمدی[۱*]- غلامحسین داوری نژاد[۲]- مسعود خضری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۷/۱۰

چکیده

پسته یکی از مهمترین محصولات باغبانی کشور است که اهمیت زیادی در صادرات غیرنفتی و ارز آوری دارد. وجود برخی مشکلات فیزیولوژیکی از قبیل ریزش جوانه‌های گل، پوکی، ناخندانی، ترک‌خوردگی و بدشکلی باعث کاهش عملکرد این محصول شده است. در این پژوهش تأثیر محلول‌پاشی توأم برخی ترکیبات کلسیم‌دار (نیترات‌کلسیم و کلریدکلسیم با غلظت ۰/۵ درصد) و پلی‌آمین‌های آزاد (پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار) در مراحل زمانی مختلف، دو هفته بعد از تمام گل (مرحله اول)، شش هفته بعد از تمام گل و قبل از سخت شدن پوست استخوانی (مرحله دوم) و مراحل توأم اول و دوم بر مشکلات ذکر شده و عملکرد پسته رقم "احمدآقایی" بررسی گردید. نتایج نشان داد که تیمارهای نیترات کلسیم به همراه اسپرمین و اسپرمیدین در مراحل توأم اول و دوم محلول‌پاشی باعث کاهش ریزش جوانه‌های گل گردید. کمترین درصد پوکی مربوط به تیمارهای نیترات‌کلسیم به همراه اسپرمین در مرحله اول و همچنین مراحل توأم اول و دوم محلول‌پاشی می‌باشد. محلول‌پاشی نیترات‌کلسیم به همراه اسپرمین در هر دو مرحله باعث کاهش بدشکلی میوه شد. همچنین نتایج نشان داد که کاربرد نیترات‌کلسیم به همراه اسپرمیدین در مراحل توأم اول و دوم سبب کاهش ترک‌خوردگی و افزایش خندانی و عملکرد می‌گردد. با توجه به نتایج مشخص گردید که کاربرد توأم ترکیبات کلسیم‌دار با پلی‌آمین‌ها در مراحل توأم اول و دوم سبب کاهش مشکلات فیزیولوژیکی و در نهایت افزایش عملکرد پسته رقم "احمدآقایی" می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: اسپرمیدین، اسپرمین، ریزش جوانه‌های گل، خندانی

مقدمه

پسته یکی از مهمترین محصولات باغبانی کشور است که متأسفانه در سال‌های اخیر عملکرد و کیفیت آن رو به کاهش بوده است. از جمله عواملی که باعث کاهش عملکرد و کیفیت پسته می‌گردد، مشکلات فیزیولوژیکی از قبیل ریزش جوانه‌های گل، پوکی، ناخندانی، ترک خوردگی و بد شکلی می‌باشد (۱و ۹). ریزش جوانه‌های گل در سال پرمحصول و حفظ آن‌ها در سال کم محصول باعث پدیده تناوب باردهی در پسته می‌شود (۲۱). گزارش شده است که کمبود برخی از عناصر غذایی و همچنین تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در وقوع تناوب باردهی و برخی مشکلات فیزیولوژیکی نقش دارند (۵ و ۲۳). یکی از مهمترین عناصر غذایی در تغذیه درختان پسته کلسیم می‌باشد. با توجه به اینکه خاک‌های آهکی دارای مقدار زیادی کلسیم هستند ولی به دلیل مشکل جذب کلسیم از خاک و همچنین عدم تحرک کلسیم در آوندآبکش، بسیاری از عوارض فیزیولوژیکی در درختان میوه مشاهده می‌شود که کمیت و کیفیت محصول را بسیار کاهش می‌دهد (۱۹). گزارش شده است که کلسیم در استحکام غشاءهای سلولی و جلوگیری از آسیب آن‌ها، جوانه‌زنی دانه گرده، رشد لوله گرده و تشکیل میوه نقش دارد (۶ و ۱۹). از جمله مشخص شده است که محلول‌پاشی کلسیم در درختان گلابی و زیتون باعث افزایش عملکرد می‌شود (۶ و ۱۱). محلول‌پاشی درختان خرمالو با نیترات‌کلسیم و کلریدکلسیم باعث کاهش ترک‌خوردگی میوه گردید (۱۰). در پسته نیز مشخص شده است که محلول‌پاشی برخی از عناصر غذایی و کلسیم می‌توانند سبب بهبود رشد و افزایش عملکرد درختان پسته رقم "فندقی" گردد (۵).

یکی دیگر از عوامل مؤثر بر عملکرد و کیفیت محصولات باغی

۱ و ۲- دانشجو دکتری و استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*-نویسنده مسئول: (Email: hma_azad@yahoo.com
۳- استادیار گروه مهندسی علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و پژوهشکده فناوری تولیدات گیاهی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
DOI: 10.22067/jhorts4.v0i0.47892

تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی می‌باشند. پلی‌آمین‌ها گروهی از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی با وزن مولکولی کم و گروه‌های هیدروکربنی متفاوتی هستند که در طیف وسیعی از فرآیندهای فیزیولوژیکی از جمله جنین‌زایی، گل‌انگیزی و نمو زودتر میوه نقش دارند (۱۷). بررسی‌ها نشان داده است که انگیزش گل‌ها به تعادل بین تنظیم‌کننده‌های رشد درونی بستگی دارد و در این فرآیند پلی‌آمین‌ها ممکن است با سایر تنظیم‌کننده‌ها از قبیل جیبرلین و سیتوکنین همراه شوند (۱۸). مشخص شده است که محلول‌پاشی پلی‌آمین‌ها در زردآلو باعث افزایش عملکرد می‌گردد (۷). در پسته نیز گزارش شده است که کاربرد خارجی اسپرمین سبب کاهش مشکلات فیزیولوژیکی و افزایش عملکرد شاخه‌ها و همچنین کاربرد اسپرمیدین سبب کاهش ریزش میوه و کاهش تشکیل میوه‌های بدشکل در پسته رقم "کله قوچی" می‌گردد (۱۵). با وجود اینکه تأثیر مثبت محلول‌پاشی ترکیبات کلسیم‌دار و پلی‌آمین‌های آزاد به طور جداگانه در بهبود کمیت و کیفیت درختان میوه و همچنین پسته گزارش شده است اما گزارشی مبنی بر محلول‌پاشی توأم ترکیبات کلسیم‌دار و پلی‌آمین‌ها و همچنین محلول‌پاشی این ترکیبات در زمان‌های مختلف رشدی روی درختان پسته ارائه نشده است. بنابراین هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر محلول‌پاشی توأم ترکیبات کلسیم‌دار و پلی‌آمین‌های آزاد در زمان‌های مختلف رشدی درخت به منظور کاهش مشکلات فیزیولوژیکی و افزایش عملکرد درختان پسته رقم "احمدآقایی" می‌باشد.

مواد و روش‌ها

انتخاب درختان مناسب

این پژوهش در یک باغ تجاری پسته واقع در شهرستان رفسنجان بر روی درختان پسته رقم"احمدآقایی" با متوسط سن ۲۰ سال با خاک لومی شنی، به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار انجام گردید. شاخه‌های انتخابی از نظر طول، قطر و محل قرارگیری تا حد امکان یکسان بوده و دارای حداقل سه جوانه زایشی بودند.

اعمال تیمارها

تیمارهای به کار رفته شامل: شاهد، نیترات‌کلسیم ۰/۵درصد به همراه (پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین با غلظت ۰/۵میلی‌مولار) و کلریدکلسیم ۰/۵ درصد به همراه (پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین با غلظت ۰/۵میلی‌مولار) بودند. کود نیترات‌کلسیم و کلریدکلسیم ساخت شرکت مرک آلمان و هر سه پلی‌آمین بکار برده شده ساخت شرکت سیگما امریکا بودند. محلول‌پاشی درختان در مراحل زمانی مختلف شامل دوهفته بعد از تمام گل (مرحله اول)، شش هفته بعد از تمام گل و قبل از سخت شدن پوست استخوانی (مرحله دوم) و تیمار توأم مرحله اول و دوم انجام گرفت. مرحله تمام گل پسته رقم "احمدآقایی" در شهرستان رفسنجان ۱۵ فروردین ماه رکورد برداری گردید.

اندازه‌گیری صفات کمی و کیفی

تعداد جوانه گل شاخه‌های انتخاب شده مربوط به هر یک از تیمارها در هر بلوک در خرداد ماه شمارش شد و سپس در شهریور ماه شمارش تعداد جوانه‌های باقی مانده و ریزش کرده انجام شد و درصد ریزش جوانه‌های گل محاسبه گردید. برای تعیین درصد زودخندانی، چهار هفته قبل از برداشت میوه‌های زودخندان هر شاخه شمارش و درصد آن تعیین شد. در زمان برداشت محصول، تمام میوه‌های هر شاخه از خوشه‌ها جدا شده و درصد میوه‌های پوک، ترک‌خورده، ناخندان، خندان و بدشکل تعیین گردید. عملکرد به صورت وزن خشک میوه‌های خندان پوست‌گیری شده و خشک شده به ازای هر شاخه محاسبه شد. طول و قطر شاخه سال جاری با کولیس میلیمتری، شش ماه پس از برداشت محصول (اواخر زمستان) اندازه‌گیری شد. میوه‌های خندان برداشت شده، پوستگیری و خشک شده و تعداد دانه در واحد انس (۲۸/۳ گرم) تعیین شد (۱۵). برای اندازه‌گیری سطح برگ در مرداد ماه نمونه‌گیری از برگ‌های سالم و کامل شاخه‌ها انجام گرفته و با دستگاه دیجیتال اندازه‌گیری سطح برگ (مدل ADC, Hoddeston، ساخت کشور انگلستان) انجام گردید.

آنالیز آماری

نتایج با استفاده از رویه GLM نرم افزار آماریSAS (نسخه ۹/۱) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که کمترین درصد ریزش جوانه‌های گل مربوط به تیمارهای نیترات‌کلسیم به همراه اسپرمین و اسپرمیدین در مراحل توأم اول و دوم (دو هفته بعد از تمام گل و شش هفته بعد از تمام گل (قبل از سخت شدن پوست استخوانی) محلول‌پاشی می‌باشد در حالی که بیشترین درصد ریزش در شاهد مشاهده گردید (جدول ۱). با توجه به اینکه مشخص شده است که پلی‌آمین‌ها (۱۵) به تنهایی می‌توانند بر کاهش ریزش جوانه‌های گل مؤثر باشد و از طرفی کاربرد برخی عناصر غذایی مانند کلسیم نیز می‌توانند باعث کاهش مشکلات فیزیولوژیکی پسته گردد (۵)، نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد توأم کلسیم با پلی‌آمین‌ها باعث کاهش ۳۰/۹ درصدی ریزش جوانه‌های گل در مقایسه با شاهد می‌گردد.

جدول۱- تأثیر کاربرد توأم ترکیبات کلسیم‌دار و پلی‌آمین‌ها بر ریزش جوانه‌های گل و پوکی پسته رقم "احمد آقایی"

Table 1–Effect of application of calcium compounds combined with polyamines on inflorescence bud abscission and blank nuts of 'Ahmad-Aghaii' pistachio

تیمار Treatment	ریزش جوانه گل Inflorescence bud abscission (%)			پوکی Blankness (%)		
	مرحله اول* Stage1	مرحله دوم Stage2	مرحله اول + دوم Stage 1+ 2	مرحله اول Stage1	مرحله دوم Stage2	مرحله اول + دوم Stage1+2
شاهد Control	74.6 ± 4.4ab**	76.4 ± 4.9 a	74.5 ±1.6 ab	13.7 ± 2.2a	13.8 ± 2.3 a	13.7 ± 2.3 a
کلریدکلسیم ۰/۵٪+ پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار Calcium chloride0.5%+ Putrescine 0.5mM	71.0 ± 4.2 a-c	50.0 ± 2.3 h	41.6 ± 2.1 fg	12.5 ±1.3bc	12.6 ±1.3 b	12.5 ±1.3 bc
کلریدکلسیم ۰/۵٪+ اسپرمیدین ۰/۵میلی‌مولار Calcium chloride 0.5%+ Spermidine 0.5m	47.2 ± 3.9 e-g	42.2 ± 3.1 fg	41.6 ± 2.1 fg	10.7 ± 0.3f	12.2 ± 2.3 bcd	10.8 ± 0.9 f
کلریدکلسیم ۰/۵٪ + اسپرمین ۰/۵میلی‌مولار Calcium chloride0.5%+ Spermine 0.5mM	54.4 ± 3.9 c-g	58.5 ± 3.6 b-f	41.4 ± 2.2 fg	11.9 ± 0.9 de	12.2 ± 1.3 bcd	11.8 ±1.3 de
نیترات کلسیم ۰/۵٪ + پوترسین ۰/۵میلی‌مولار Calcium nitrate 0.5%+ Putrescine 0.5mM	66.1 ± 2.6 a-d	64.9 ± 3.9 a-e	54.4 ± 2.1 c-g	12.3 ±1.6 bcd	12.7 ± 0.6 b	11.9 ±1.3 cde
نیترات کلسیم ۰/۵٪ + اسپرمیدین ۰/۵میلی‌مولار Calcium nitrate 0.5%+ Spermidine 0.5mM	43.7 ± 2.8 fg	43.6 ± 1.2 fg	35.5 ±1.1 g	8.4 ± 0.6 g	11.9 ± 0.9 cde	8.4 ± 0.5 g
نیترات کلسیم ۰/۵٪ + اسپرمین ۰/۵میلی‌مولار Calcium nitrate0.5%+Spermine 0.5mM	56.3 ± 3.8 c-f	50.0 ± 2.3 h	36.5 ±1.1 g	11.4 ± 0.7 e	12.7 ±1.3 b	11.4 ± 0.6 e

*مرحله اول: دو هفته بعد از تمام گل، مرحله دوم: شش هفته بعد از تمام گل (قبل از سخت شدن پوست استخوانی)

**اعداد بصورت میانگین ± خطای استاندارد و در هر ستون میانگین هایی با حروف مشابه اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون چند دامنه ای دانکن ندارند.

* Stage 1=two weeks after full bloom, Stage 2= six weeks after full bloom (before endocarp hardening)

** Values are mean ± SE and column followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level using Duncan' s multiple range test

از آن‌جایی که کلسیم در استحکام دیواره سلولی نقش دارد (۱۳)، به نظر می‌رسد که این عنصر با استحکام بخشیدن به سلول‌های موجود در محل اتصال جوانه گل به شاخه می‌تواند سبب کاهش ریزش جوانه‌های گل شده باشد. مشخص شده است ارتباط نزدیکی بین پلی‌آمین‌های درونی جوانه‌های گل و درصد ریزش آن‌ها وجود دارد به گونه‌ای که در زمان ریزش جوانه‌های گل غلظت پلی‌آمین‌های درونی جوانه‌ها بخصوص اسپرمین کاهش می‌یابد (۱۸). بنابراین به نظر می‌رسد کاربرد پلی‌آمین‌ها با افزایش غلظت پلی‌آمین‌های درونی جوانه‌ها باعث کاهش ریزش جوانه‌ها می‌گردد. نتایج بیانگر آن است که کاربرد نیترات کلسیم به همراه اسپرمیدین در مرحله اول و مراحل توأم اول و دوم محلول‌پاشی باعث کاهش درصد پوکی گردید (جدول ۱). مشخص شده است که کاربرد پلی‌آمین‌ها به تنهایی در پسته باعث کاهش درصد پوکی می‌شود (۱۵)، که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. مشخص شده است که مهمترین دلیل پوکی پسته مربوط به عدم تمایز مناسب و همچنین تخریب قسمت‌های مختلف کیسه جنینی می‌باشد (۲۰). به نظر می‌رسد که کاربرد کلسیم از طریق حفظ کیسه جنینی باعث کاهش پوکی می‌گردد (۶). مشخص شده است که کاربرد پلی‌آمین‌ها سبب توسعه و تمایز مناسب کیسه جنینی و رشد و نمو جنین می‌شوند (۴)، لذا کاربرد پلی‌آمین‌ها ممکن است از طریق حفظ اندام‌های مختلف کیسه جنینی، درصد پوکی را کاهش دهند.

نتایج این پژوهش بیانگر آن است که تیمارها بر درصد ترک-خوردگی تأثیر معنی‌داری ندارند (جدول۲). همچنین مشخص گردید که کمترین درصد زودخندانی مربوط به تیمارهای کلریدکلسیم به همراه اسپرمین و نیترات‌کلسیم به همراه اسپرمیدین در مراحل توأم اول و دوم محلول‌پاشی می‌باشد (جدول۲). کاربرد خارجی کلسیم ممکن است از طریق افزایش کلسیم پوست سبز میوه سبب کاهش زودخندانی میوه پسته شده باشد (۲). با این وجود پژوهش‌های بیشتری در این زمینه لازم است.

بیشترین و کمترین درصد بدشکلی میوه به ترتیب مربوط به تیمارهای شاهد و نیترات‌کلسیم به همراه اسپرمین در مراحل توأم اول و دوم محلول‌پاشی می‌باشد (جدول۳). گزارش شده است که تشکیل میوه‌های بد شکل در مدت دو هفته و همزمان با تشکیل میوه در اثر نابودی قسمتی از پوست سخت استخوانی میوه می‌باشد (۸). به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی کلسیم باعث کاهش از بین رفتن سلول‌های موجود در بخش پوست استخوانی (۱۲) و در نتیجه کاهش تشکیل میوه‌های بدشکل می‌شود. همچنین به نظر می‌رسد که پلی‌آمین‌ها بخصوص اسپرمین سبب ایجاد تعادل در رشد و نمو میوه و همچنین با تنظیم میزان باردهی شاخه از طریق کنترل ریزش جوانه‌های گل میزان بدشکلی را کنترل می‌کند (۳ و ۲۲).

نتایج نشان داد که کاربرد نیترات‌کلسیم به همراه اسپرمیدین و کلریدکلسیم به همراه اسپرمین سبب کاهش درصد ناخندانی در مراحل توأم اول و دوم محلول‌پاشی می‌گردد (جدول۳). همچنین کاربرد نیترات‌کلسیم به همراه اسپرمیدین در مراحل توأم اول و دوم محلول‌پاشی سبب افزایش درصد خندانی گردید (جدول۴). گزارش شده است که کاربرد پلی‌آمین‌ها باعث کاهش ناخندانی و افزایش خندانی میوه‌های پسته رقم "کله قوچی" می‌گردد (۲۳). همچنین مشخص شده است که کاهش رشد و نمو مغز با افزایش درصد ناخندانی مرتبط است (۹)، بنابراین به نظر می‌رسد که پلی‌آمین‌ها با افزایش تحریک رشد و نمو مغز سبب کاهش درصد ناخندانی و افزایش خندانی می‌گردند. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد در مراحل توأم اول و دوم محلول‌پاشی و مربوط به تیمار نیترات‌کلسیم به همراه اسپرمیدین می‌باشد (جدول۴). مشخص شده است که کاربرد کلسیم در رقم "اکبری" (۱۹) و پلی‌آمین‌ها در رقم "کله قوچی" (۱۵)، به تنهایی سبب افزایش عملکرد پسته شده است. نتایج این پژوهش نیز نشان داد که کاربرد کلسیم به همراه پلی‌آمین‌ها باعث افزایش عملکرد درختان پسته رقم "احمدآقایی" شده است. در واقع به نظر می‌رسد افزایش عملکرد از طریق کاهش درصد میوه‌های پوک و افزایش درصد میوه‌های خندان حاصل شده باشد. دلیل دیگر افزایش عملکرد مربوط به پلی‌آمین‌ها است که آن‌ها با مولکول‌های غیر یونی همانند DNA و RNA و پروتئین‌ها که در بسیاری از فرآیندهای درون گیاه شامل تقسیم و بزرگ شدن سلول، توسعه و تشکیل میوه نقش دارند، مشارکت می‌کنند (۱۶).

نتایج نشان داد کاربرد نیترات‌کلسیم و کلریدکلسیم به همراه اسپرمین و اسپرمیدین باعث افزایش سطح برگ نسبت به شاهد می‌گردد (جدول ۵). نتایج این پژوهش با نتایج خضری و همکاران (۱۵) که بیان کردند، محلول‌پاشی پلی‌آمین‌ها به تنهایی بر میزان سطح برگ رقم "کله قوچی" تأثیر ندارد، مغایرت دارد، که ممکن است به دلیل پاسخ متفاوت نوع رقم به تیمار توأم کلسیم و پلی‌آمین‌ها باشد.

همچنین مشخص شد که تیمارهای مختلف بر رشد طولی و قطری شاخه‌ها تأثیر معنی‌داری نداشتند (جدول ۵). گزارش شده است که کلسیم در انتقال کربوهیدارت‌ها و جذب نیتروژن نقش ایفا کرده و در شرایط کمبود آن رشد برگ متوقف می‌گردد (۱۴)، که دلیلی بر اهمیت کلسیم در افزایش سطح برگ می‌باشد. همچنین افزایش میزان سطح برگ و به دنبال آن افزایش سنتزکربوهیدرات‌ها می‌تواند در کاهش ریزش جوانه‌های گل و همچنین کاهش میزان پوکی و ناخندانی میوه‌ها مؤثر باشد و از این طریق سبب افزایش عملکرد شاخه‌ها گردد (۲۳).

جدول۲- تأثیر کاربرد توأم ترکیبات کلسیم‌دار و پلی‌آمین‌ها بر درصد ترک خوردگی و زودخندانی پسته رقم "احمد آقایی"

Table 2–Effect of application of calcium compounds combined with polyamines on cracking and early splitting of 'Ahmad-Aghaii' pistachio

تیمار Treatment	ترک خوردگی Cracking (%)			زود خندانی Early splitting (%)		
	مرحله اول* Stage1	مرحله دوم Stage2	مرحله اول + دوم Stage 1+ 2	مرحله اول Stage1	مرحله دوم Stage2	مرحله اول + دوم Stage 1+ 2
شاهد Control	1.39 ± 0.02	1.4 ± 0.02	1.38 ± 0.02	2.6 ± 0.28a**	2.1 ± 0.21a	2.1 ± 0.21a
کلریدکلسیم ۰/۵٪+ پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار Calcium chloride0.5%+ Putrescine 0.5mM	1.14 ± 0.01	1.08 ± 0.01	1.05 ± 0.09	1.53 ± 0.18bc	1.43 ± 0.17bc	1.43 ± 0.16bc
کلریدکلسیم ۰/۵٪+ اسپرمیدین ۰/۵میلی‌مولار Calcium chloride 0.5%+ Spermidine 0.5m	1.13 ± 0.01	1.08 ± 0.012	1.06 ± 0.01	1.7 ± 0.21b	1.56 ± 0.18bc	1.43 ± 0.15 bc
کلریدکلسیم ۰/۵٪ + اسپرمین ۰/۵میلی‌مولار Calcium chloride0.5%+ Spermine 0.5mM	1.1 ± 0.01	1.14 ± 0.01	1.12 ± 0.01	1.6 ± 0.18bc	1.56 ± 0.18bc	1.4 ± 0.01c
نیترات کلسیم ۰/۵٪ + پوترسین ۰/۵میلی‌مولار Calcium nitrate 0.5%+ Putrescine 0.5mM	1.16 ± 0.028	1.11 ± 0.01	1.1 ± 0.01	1.63 ± 0.18bc	1.6 ± 0.18bc	1.53 ± 0.2bc
نیترات کلسیم ۰/۵٪ + اسپرمیدین ۰/۵میلی‌مولار Calcium nitrate 0.5%+ Spermidine 0.5mM	1.08 ± 0.01	1.1 ± 0.01	1.05 ± 0.01	1.6 ± 0.01bc	1.56 ± 0.15bc	1.4 ± 0.01c
نیترات کلسیم ۰/۵٪ + اسپرمین ۰/۵میلی‌مولار Calcium nitrate0.5%+Spermine 0.5mM	1.39 ± 0.02	1.4 ± 0.02	1.38 ± 0.02	1.66 ± 0.11bc	1.6 ± 0.19bc	1.43 ± 0.07 bc

*مرحله اول: دو هفته بعد از تمام گل، مرحله دوم: شش هفته بعد از تمام گل (قبل از سخت شدن پوست استخوانی)

**اعداد بصورت میانگین ± خطای استاندارد و در هر ستون میانگین هایی با حروف مشابه اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون چند دامنه ای دانکن ندارند.

* Stage 1=two weeks after full bloom, Stage 2= six weeks after full bloom (before endocarp hardening)

** Values are mean ± SE and column followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level using Duncan' s multiple range test

جدول۳- تأثیر کاربرد توأم ترکیبات کلسیم‌دار و پلی‌آمین‌ها بر بدشکلی و ناخندانی پسته رقم "احمد آقایی"

Table 3–Effect of application of calcium compounds combined with polyamines on deformed and non splitting of 'Ahmad-Aghaii' pistachio

تیمار Treatment	بدشکلی Deformed (%)			ناخندانی Non splitting (%)		
	مرحله اول* Stage1	مرحله دوم Stage2	مرحله اول + دوم Stage 1+ 2	مرحله اول Stage1	مرحله دوم Stage2	مرحله اول + دوم Stage 1+ 2
شاهد Control	6.7 ± 0.8 a**	6.8 ± 0.7 a	6.7 ± 0.5 b	2.6 ± 0.28 a	2.1 ± 0.21 a	2.1 ± 0.21a
کلریدکلسیم ۰/۵٪+ پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار Calcium chloride0.5%+ Putrescine 0.5mM	3.5 ± 0.8 b	3.7 ± 0.5 b	3.5 ± 0.4 b	1.53 ± 0.18 bc	1.43 ± 0.17 bc	1.43 ± 0.16 bc
کلریدکلسیم ۰/۵٪+ اسپرمیدین ۰/۵میلی‌مولار Calcium chloride 0.5%+ Spermidine 0.5m	3.5 ± 0.8 b	3.7 ± 0.1 b	3.5 ± 0.3 b	1.7 ± 0.21b	1.56 ± 0.18 bc	1.43 ±0.15 bc
کلریدکلسیم ۰/۵٪ + اسپرمین ۰/۵میلی‌مولار Calcium chloride0.5%+ Spermine 0.5mM	3.3 ± 0.8 b	3.6 ± 0.7 b	3.5 ± 0.3 b	1.6 ±0.18bc	1.56 ± 0.18 bc	1.4 ± 0.01 c
نیترات کلسیم ۰/۵٪ + پوترسین ۰/۵میلی‌مولار Calcium nitrate 0.5%+ Putrescine 0.5mM	3.9 ± 0.1 b	3.7 ± 0.3 b	3.8 ± 0.3 b	1.63 ± 0.18 bc	1.6 ± 0.18 bc	1.53 ±0.2bc
نیترات کلسیم ۰/۵٪ + اسپرمیدین ۰/۵میلی‌مولار Calcium nitrate 0.5%+ Spermidine 0.5mM	3.7 ± 0.9 b	3.8 ± 0.3 b	3.7 ± 0.3 b	1.6 ± 0.01bc	1.56 ±0.15 bc	1.4 ± 0.01c
نیترات کلسیم ۰/۵٪ + اسپرمین ۰/۵میلی‌مولار Calcium nitrate0.5%+Spermine 0.5mM	2.5 ± 0.3 c	2.4 ± 0.3 c	2.3 ± 0.3 c	1.66 ± 0.11bc	1.6 ± 0.19 bc	1.43 ± 0.07 bc

*مرحله اول: دو هفته بعد از تمام گل، مرحله دوم: شش هفته بعد از تمام گل (قبل از سخت شدن پوست استخوانی)

**اعداد بصورت میانگین ± خطای استاندارد و در هر ستون میانگین هایی با حروف مشابه اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون چند دامنه ای دانکن ندارند.

* Stage 1=two weeks after full bloom, Stage 2= six weeks after full bloom (before endocarp hardening)

** Values are mean ± SE and column followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level using Duncan' s multiple range test

جدول٤- تأثیر کاربرد توأم ترکیبات کلسیم‌دار و پلی‌آمین‌ها بر خندانی و عملکرد پسته رقم "احمد آقایی"

Table 4–Effect of application of calcium compounds combined with polyamines on splitting and yield of 'Ahmad-Aghaii' pistachio

تیمار Treatment	خندانی Splitting (%)			عملکرد Yield (g DW/shoot)		
	مرحله اول* Stage1	مرحله دوم Stage2	مرحله اول + دوم Stage 1+ 2	مرحله اول Stage1	مرحله دوم Stage2	مرحله اول + دوم Stage 1+ 2
شاهد Control	53.7 ± 3.3 g**	53.8 ± 4.1 g	53.86 ± 0.9 g	88.58 ± 7.6 c	88.6 ± 6.6 c	88.79 ± 6.1 c
کلریدکلسیم ۰/۵٪+ پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار Calcium chloride0.5%+ Putrescine 0.5mM	69.86 ± 3.8 d-f	69.5 ± 3.03 f	69.13 ± 2.8 f	91.67 ± 7.4 b	91.89 ± 7.5 b	91.62 ± 7.6 b
کلریدکلسیم ۰/۵٪+ اسپرمیدین ۰/۵میلی‌مولار Calcium chloride 0.5%+ Spermidine 0.5m	70.83 ± 4.8 b-f	69.13 ± 3.5 f	72.63 ± 4.03 a-c	92.1 ± 7.3 b	91.63 ± 6.5 b	91.66 ± 7.4 b
کلریدکلسیم ۰/۵٪ + اسپرمین ۰/۵میلی‌مولار Calcium chloride0.5%+ Spermine 0.5mM	69.8 ± 3.1 ef	69.3 ± 3.3 f	73.1 ± 4.1 a-c	91.79 ± 7.8 b	91.54 ± 7.1b	91.62 ± 7.2 b
نیترات کلسیم ۰/۵٪ + پوترسین ۰/۵میلی‌مولار Calcium nitrate 0.5%+ Putrescine 0.5mM	69.0 ± 3.5 f	69.4 ± 3.4 f	69.33 ± 3.3 f	90.76 ± 8.1 b	91.6 ± 7.5 b	91.57 ± 7.8 b
نیترات کلسیم ۰/۵٪ + اسپرمیدین ۰/۵میلی‌مولار Calcium nitrate 0.5%+ Spermidine 0.5mM	72.7 ± 4.6 a-d	69.13 ± 3.8 f	74.73 ± 4.8 a	94.11 ± 9.5 a	93.66 ± 8.8 a	94.19 ± 9.7 a
نیترات کلسیم ۰/۵٪ + اسپرمین ۰/۵میلی‌مولار Calcium nitrate0.5%+Spermine 0.5mM	70.2 ± 4.6 c-f	69.7 ± 3.5 f	73.43 ± 4.8 ab	91.3 ± 8.1cb	91.83 ± 8.1b	91.13 ± 7.7 b

*مرحله اول: دو هفته بعد از تمام گل، مرحله دوم: شش هفته بعد از تمام گل (قبل از سخت شدن پوست استخوانی)

**اعداد بصورت میانگین ± خطای استاندارد و در هر ستون میانگین هایی با حروف مشابه اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون چند دامنه ای دانکن ندارند.

* Stage 1=two weeks after full bloom, Stage 2= six weeks after full bloom (before endocarp hardening)

** Values are mean ± SE and column followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level using Duncan' s multiple range test

جدول۵- تأثیر کاربرد توأم ترکیبات کلسیم‌دار و پلی‌آمین‌ها بر سطح برگ، طول و قطر شاخه سال جاری پسته رقم "احمد آقایی"

Table 5-Effect of application of calcium compounds combined with polyamines on leaf area, shoot length and diameterof 'Ahmad-Aghaii' pistachio

تیمار Treatment	سطح برگ Leaf area (cm^2)			طول شاخه Shoot length (cm)			قطر شاخه Shoot diameter (mm)		
	مرحله اول* Stage1	مرحله دوم Stage2	مرحله اول + دوم Stage 1+ 2	مرحله اول Stage1	مرحله دوم Stage2	مرحله اول + دوم Stage 1+ 2	مرحله اول Stage1	مرحله دوم Stage2	مرحله اول + دوم Stage 1+ 2
شاهد Control	65.2 ± 8.7 b**	63.57 ± 8.9 b	66.83 ± 9.1 b	8.53 ± 0.8	8.3 ± 0.4	8.49 ± 0.4	6.55 ± 0.7	6.45 ± 0.7	6.43 ± 0.2
کلریدکلسیم ۰/۵٪+ پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار Calcium chloride0.5%+ Putrescine 0.5mM	78.76 ± 9.5 ab	73.35 ± 8.7ab	83.13 ± 8.9 ab	8.75 ± 0.4	8.5 ± 0.4	8.73 ± 0.1	6.56 ± 0.2	6.63 ± 0.3	6.7 ± 0.4
کلریدکلسیم ۰/۵٪+ اسپرمیدین ۰/۵میلی‌مولار Calcium chloride 0.5%+ Spermidine 0.5m	78.46 ± 6.9 ab	75.79 ±10.1ab	78.46 ± 10.5 ab	8.76 ±0.01	8.95 ± 0.3	8.5 ± 0.2	6.86 ± 0.2	6.63 ± 0.5	6.66 ± 0.2
کلریدکلسیم ۰/۵٪ + اسپرمین ۰/۵میلی‌مولار Calcium chloride0.5%+ Spermine 0.5mM	78.46 ± 8.7 ab	84.39 ± 11.6a	83.13 ± 11.4 ab	9.0 ± 0.3	8.7 ± 0.3	10.0 ± 0.1	6.83 ± 0.3	6.7 ± 0.2	6.76 ± 0.6
نیترات کلسیم ۰/۵٪ + پوترسین ۰/۵میلی‌مولار Calcium nitrate 0.5%+ Putrescine 0.5mM	70.1 ± 9.1 ab	83.13 ± 9.7 ab	78.9 ± 9.8 ab	8.73 ± 0.2	8.5 ± 0.3	9.56 ± 0.1	6.63 ± 0.2	6.6 ± 0.7	6.6 ± 0.7
نیترات کلسیم ۰/۵٪ + اسپرمیدین ۰/۵میلی‌مولار Calcium nitrate 0.5%+ Spermidine 0.5mM	73.35 ± 10.8 ab	81.5 ± 9.9 ab	84.01 ± 11.1 a	8.65 ± 0.3	8.8 ± 0.2	8.7 ± 0.3	6.43 ± 0.5	6.7 ± 0.3	6.8 ± 0.3
نیترات کلسیم ۰/۵٪ + اسپرمین ۰/۵میلی‌مولار Calcium nitrate0.5%+Spermine 0.5mM	80.65 ± 8.7ab	83.13± 10.5ab	86.76 ± 12.5 a	8.6 ± 0.7	8.6 ± 0.7	8.63 ± 0.7	6.96 ± 0.2	6.73 ± 0.2	6.96 ± 0.2

*مرحله اول: دو هفته بعد از تمام گل، مرحله دوم: شش هفته بعد از تمام گل (قبل از سخت شدن پوست استخوانی)

**اعداد بصورت میانگین ± خطای استاندارد و در هر ستون میانگین هایی با حروف مشابه اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون چند دامنه ای دانکن ندارند.

* Stage 1=two weeks after full bloom, Stage 2= six weeks after full bloom (before endocarp hardening)

** Values are mean ± SE and column followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level using Duncan' s multiple range test

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به مجموع نتایج به دست آمده می‌توان بیان کرد که کاربرد توأم ترکیبات کلسیم‌دار و پلی‌آمین‌ها باعث کاهش مشکلات فیزیولوژیکی و افزایش عملکرد پسته رقم "احمدآقایی" می‌گردد. در بین تیمارهای مورد بررسی، نیترات کلسیم نسبت به کلریدکلسیم و اسپرمیدین و اسپرمین نسبت به پوترسین بهترین نتیجه را در کاهش مشکلات فیزیولوژیکی و افزایش عملکرد نشان دادند. همچنین به نظر می‌رسد محلول‌پاشی توأم مرحله اول و دوم (دو هفته بعد از تمام گل همراه با شش هفته بعد از تمام گل (قبل از سخت شدن پوست استخوانی) نسبت به مراحل اول و دوم به تنهایی به دلیل کاهش مشکلات فیزیولوژیکی و افزایش عملکرد مؤثرتر می‌باشد. بنابراین با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش کاربرد مواد ذکر شده جهت افزایش عملکرد درختان پسته، می‌تواند مؤثر باشد.

منابع

1- Acar I., and Eti S. 2007. Abscission of pistachio flowers and fruits as affected by different pollinators. Pakistan Journal of Biological Science, 10: 2920-2924.
2- Afshari H., Talaie A., Mohammadi Moghadam M., and Panahi B. 2008. Differences of elements in early splitting of pistachio nuts and the effect of phenolic compounds and gallic acid on rate. Journal of Horticultural Sciences, 23 (1): 10-17. (in Persian with English abstract).
3- Angelini R., Tisi A., Rea G., Chen M.M., Botta M., Federico R., and Cona A. 2008. Involvement of polyamine oxidase in wound healing. Plant Physiology, 146: 162–177.
4- Arias M., Carbonell J., and Agusti M. 2005. Endogenous free polyamines and their role in fruit set of low and high parthenocarpic ability citrus cultivars. Journal of Plant Physiology, 162, 845–853.
5- Davarynejad G.H., Azizi M., and Akheratee M. 2008. Effect of foliar nutrition on quality, quantity and of alternate bearing of Pistachio (*Pistacia vera* L.). Journal of Horticultural Science, 23 (2): 1-10. (in Persian with English abstract).
6- Desouky I., Haggag L., Abd el-migeed M., Kishk Y., and El-hady E. 2009. Effect of boron and calcium nutrients spary on fruit set, oil content and oil quality of some olive cultivers. World Journal of Agriculture Sciences, 5:180-185.
7- Enas A.M.A., Sarrwy S.M.A., and Hassan H.S.A. 2010. Improving Canino Apricot Trees Productivity by Foliar Spraying with Polyamines. Journal of Applied Sciences Research, 6(9): 1359-1365.
8- Fabbri A., Ferguson L., and Polito V.S. 1998. Crop load related deformity of developing *Pistacia vera* cv `Kerman' nuts. Scientia Horticulturae, 77: 219–234.
9- Ferguson L., Beede R.H., Freeman M.W., Haviland D.R., Holtz B.A., and Kallsen C.E. 2005. Pistachio Production Manual (4th ed.). Fruit and Nut Research and Information Center, University of California, Davis, California.
10- Ferry V., Rombaldi C., Silva J., Pegoraro C., Nora L., Antunes P., Girardi C., and Tibola C. 2008. Boron and calsium sprayed on 'Fuyu' persimmon tree prevents skin cracks, groove and browning of fruit during cold storage. Ciencia Rural, Santa Maria, 38:2146-2150.
11- Gastol M., and Domagla I. 2006. Effect of foliar sprays on potassium, magnesium and calcium distribution in fruit of the pear. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 14:169-176.
12- Hashimoto K., and Kudla J. 2011. Calcium decoding mechanisms in plants. Biochimie, 93 (12), 2054–2059.
13- Hepler P.K., and Winship L.J. 2010. Calcium at the cell wall-cytoplast interface. Journal of Integrative Plant Biology, 52 (2): 147–160.
14- Khayyat M., Khanizadeh S., Tafazoli E., Rajaee S., Kholdebarin B., and Emam Y. 2011. Effects of different calcium forms on gas exchange activities, water usage and macronutrient uptake by strawberry plants under sodium chloride stress. Journal of Plant Nutrition, 34 (3): 427-435.
15- Khezri M., Talaie A., Javanshah A., and Hadavi F. 2010. Effect of exogenous application of free polyamines on physiological disorders and yield of"Kaleh-Ghoochi" pistachio shoots (*Pistacia vera* L.). Scientia Horticulturae, 125: 270-276.
16- Liu J.H., Nada K., Pang X.M., Honda C., Kitashiba H., and Moriguchi T. 2006. Role of polyamines in peach fruit development and storage. Tree of Physiology, 26: 791-798.
17- Moschou P.N., Wu J., Cona A., Tavladoraki P., Angelini R., and Roubelakis-Angelakis K.A. 2012. The polyamines and their catabolic products are significant players in the turnover of nitrogenous molecules in plants. Journal of Experimental Botany, 63 (14): 5003–5015.
18- Russos P.A., Pontikis C.A., and Zoti M.A. 2004. The role of free polyamines in the alternate-bearing of pistachio (*Pistacia vera* cv. Pontikis). Trees, 18: 61–69.
19- Sajadian H., and 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(3): 23-28

20- Shuraki Y.D., and Sedgley M. 1996. Fruit development of *Pistacia vera* (Anacardiaceae) in relation to embryo abortion and abnormalities at maturity. Australian Journal of Botany, 44: 35–45.

21- Spann T.M., Beede R.H., and DeJong T.M. 2009. Contributions of short- and long-shoots to yield of 'Kerman' pistachio (*Pistacia vera* L.). Scientia Horticulturae, 121: 495–500.

22- Takahashi Y. 2016. The role of polyamines in plant disease resistance. Environmental Control in Biology, 54 (1): 17-21.

23- Talaie A., Khezri M., and Javanshah A. 2010.Effect of spray application of free polyamines on prevention of some physiological problems in pistachio, 'Kalle-Ghoochi' variety. Iranian Journal of Horticultural Science, 41 (4): 383-391. (in Persian with English abstract).