مقاله پژوهشی

# تأثیر محلول‌پاشی برگی پوترسین و اسپرمین بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و اجزای عملکرد میوه پسته رقم اوحدی

**احمد رئوفی[۱]، مجید راحمی[۲]*، سحر صداقت[۳] و مریم زارع[۱]**

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۲/۱۳- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۶/۳۰)

**چکیده**

پسته یکی از مهمترین محصولات باغبانی کشور است. وجود برخی مشکلات فیزیولوژیکی از قبیل پوکی و کاهش درصد خندانی باعث کاهش عملکرد و کیفیت این محصول شده است. پژوهش حاضر به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در درختان پسته ۵۰ ساله رقم "اوحدی" با پنج تکرار در سال ۱۳۹۷ در شهرستان رفسنجان اجرا گردید. تیمارها شامل محلول پاشی آب مقطر (شاهد) و پلی‌آمین‌های پوترسین و اسپرمین هر کدام در غلظت‌های ۰/۱ و ۱ میلی‌مولار بودند. محلول پاشی در دو مرحله، تمام گل (مرحله اول) و شش هفته بعد از تمام گل (تقریبا قبل از سخت شدن پوست استخوانی) (مرحله دوم)، انجام شد. نتایج نشان داد که تیمار اسپرمین در مرحله دوم محلول‌پاشی بیشترین تاثیر را بر وزن کل میوه با خوشه، وزن تر میوه، وزن خشک صد میوه و وزن مغز صد میوه داشت. کمترین درصد پوکی در تیمار ۱ میلی‌مولار اسپرمین در مرحله اول محلول‌پاشی مشاهده شد. بیشترین درصد خندانی مربوط به تیمارهای ۱ میلی‌مولار اسپرمین، ۰/۱ میلی‌مولار اسپرمین و ۱ میلی‌مولار پوترسین در مرحله دوم محلول‌پاشی بود. با توجه به نتایج مشخص گردید که کاربرد اسپرمین در مرحله دوم محلول پاشی سبب کاهش پوکی و افزایش درصد خندانی و در نهایت افزایش عملکرد پسته رقم اوحدی می‌گردد.

**کلمات کلیدی:** پوکی، تشکیل میوه، تمام گل، خندانی

۱- دانشجوی دکتری بخش باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز

۲- استاد بخش باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز

۳- دانش‌آموخته دکتری بخش باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز

* پست الکترونیک: rahemi@shirazu.ac.ir

**مقدمه**

پسته یکی از مهمترین محصولات باغبانی کشور است که دارای ارزش اقتصادی بالای است. متأسفانه در سال‌های اخیر عملکرد و کیفیت آن رو به کاهش بوده است. درختان پسته در طول دوره رشد خود تعدادی از نابسامانی‌های فیزیولوژیکی از جمله ریزش جوانه‌های گل و میوه، پوکی، ناخندانی و بدشکلی میوه را نشان می‌دهند که کاهش عملکرد را به دنبال دارد (نزیما[1] و همکاران، ۱۹۹۷؛ فابری[2] و همکاران، ۱۹۹۸؛ اسلامی[3] و همکاران، ۲۰۱۹).

سقط جنین و ناتوان بودن مغز به منظور پرکردن پوسته سبب ایجاد پسته‌های پوک می‌شود. به طور کلی، گرده‌افشانی نامناسب، عدم لقاح، باران و تگرگ در زمان گلدهی و همچنین تغذیه نامناسب و تنش خشکی از عوامل پوکی پسته بشمار می‌روند (کرن و ایواکییری[4]، ۱۹۸۵؛ فرگوسن[5] و همکاران، ۲۰۰۵؛ خضری[6] و همکاران، ۲۰۱۰). پسته‌های ناشکوفا و بدون توسعه مغز از شکاف طولی و انتهایی شکوفا نمی‌شوند. خندان بودن تحت تأثیر عواملی همچون ژنوتیپ والد گرده، رقم، میزان بار محصول، زمان برداشت، مدیریت آبیاری و تغذیه بور و هرس دوره خواب قرار می‌گیرد (پولیتو و پینی[7]، ۱۹۹۹؛ فرگوسن و همکاران، ۲۰۰۵).

از آنجایی که پوک بودن پسته در صنعت پسته مشکل‌ساز بوده و سبب کاهش شدید عملکرد می‌شود برای باغداران رضایت‌بخش نمی‌باشد. کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی از عملیات باغبانی مؤثر بر عملکرد و کیفیت محصولات باغی محسوب می‌شود. پلی‌آمین‌ها ترکیبات آلی هستند که در عملکردهای مختلف فیزیولوژیکی نقش دارند. اهمیت آنها نیز از نظر رشد و نمو گیاه مشخص شده است (عباسی[8] و همکاران، ۲۰۱۷). پلی‌آمین‌ها به عنوان تلفیق کننده[9] رشد گیاه گزارش شده‌اند. تحریک رشد گیاه با افزایش بیوسنتز آن‌ها در بافت‌های درحال رشد گیاه ارتباط دارد (باقری[10] و همکاران، ۲۰۱۷). پلی‌آمین‌ها گروهی از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی با وزن مولکولی کم و گروه های هیدروکربنی متفاوتی هستند که نقش مهمی را به عنوان تنظیم رشد در مراحل مختلف رشد و نمو جوانه‌ها، گل و میوه ایفا می‌کند (کامیاب[11] و همکاران، ۲۰۱۵). پلی آمین‌ها نقش‌های متفاوتی را در گیاه از جمله کنترل گلدهی، تشکیل میوه، رشد و نمو میوه، جوانه‌زنی دانه گرده و رشد و نمو لوله گرده دارند (موسکو[12] و همکاران، ۲۰۱۲؛ کامیاب و همکاران، ۲۰۱۵). 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 (روسوس[13] و همکاران، ۲۰۰۴). مشخص شده است که محلول‌پاشی پلی‌آمین‌ها در زردآلو باعث افزایش عملکرد می‌گردد (علی[14] و همکاران، ۲۰۱۰). در پسته نیز گزارش شده است که کاربرد خارجی اسپرمین سبب کاهش مشکلات فیزیولوژیکی از جمله پوکی، ناخندانی و زودخندانی و افزایش عملکرد شاخه‌ها و همچنین کاربرد اسپرمین سبب کاهش ریزش میوه و کاهش تشکیل میوه‌های بدشکل و پوکی در پسته رقم "کله قوچی" می‌گردد (خضری و همکاران، ۲۰۱۰).

در پژوهشی گزارش شده است که ترکیبات کلسیم (با غلظت ۰/۵ درصد) همراه با پلی‌آمین‌ها (پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار) سبب کاهش مشکلاتی چون ریزش جوانه‌های گل، پوکی و بدشکلی میوه و افزایش عملکرد و کیفیت میوه پسته رقم احمد آقایی می‌شود (محمدی و خضری[15]، ۲۰۱۷). در بررسی نقش پلی‌آمین‌ها در کاهش ریزش جوانه گل و ریزش میوه پسته مشخص شده است که پلی‌آمین‌ها می‌توانند منجر به تغییرات فیزیولوژیکی در مراحل رشد و نمو پسته شوند و یک رابطه قوی نیز مشاهده شده است (گوندشلی[16] و همکاران، ۲۰۱۹).

1. Nzima
2. Fabbri
3. Eslami
4. Crane and Iwakiri
5. Ferguson
6. Khezri
7. Polito and Pinney
8. Abbasi
9. Modulators
10. Bagheri
11. Kamiab
13. Moschou
13. Roussos
14. Ali
15. Mohammadi and Khezri
16. Gundesli

بانی‌نسب و راحمی[1] (۲۰۰۸) گزارش کردند که کاربرد پلی‌آمین‌ها با کاهش ریزش جوانه گل در پسته همراه بود. کاربرد نیترات کلسیم به همراه اسپرمیدین در مراحل توأم دو هفته بعد از تمام گل و شش هفته بعد از تمام گل (قبل از سخت شدن پوست استخوانی) سبب کاهش ترک خوردگی و افزایش خندانی و عملکرد در رقم احمد آقایی شد (محمدی و خضری، ۲۰۱۷). با وجود اینکه تأثیر مثبت محلول‌پاشی پلی‌آمین‌های آزاد در بهبود کمیت و کیفیت درختان میوه و همچنین پسته گزارش شده است، اما گزارشی مبنی بر محلول‌پاشی این ترکیبات در زمان‌های مختلف رشدی در درختان پسته ارائه نشده است. بنابراین هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر محلول‌پاشی پلی‌آمین‌ها در زمان‌های مختلف رشد میوه به منظور کاهش مشکلات فیزیولوژیکی و افزایش اجزای عملکرد درختان پسته رقم "اوحدی" می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال زراعی ۱۳۹۷ در یک باغ تجاری پسته در شهرستان رفسنجان اجرا شد. رطوبت نسبی ۲۵ درصد، با اقلیم کاملا گرم و تابستان خشک و متوسط بارندگی ۱۰۰ میلی‌لیتر می‌باشد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تکرار انجام شد که در هر تکرار درختان پسته رقم "اوحدی" که از نظر شرایط رشدی هم سن (۵۰ سال) بودند و همگی که در شرایط سال پرمحصول قرار داشتند، انتخاب شدند. شرایط آبیاری، سم‌پاشی علیه آفات و کود دهی به طور یکسان برای درختان مورد آزمایش انجام گردید. فاکتورهای مورد آزمایش به این صورت بود، فاکتور اول محلول‌پاشی: شاهد (آب مقطر)، پوترسین و اسپرمین جداگانه با دو غلظت (۱ و ۰/۱ میلی‌مولار) فاکتور دوم زمان محلول‌پاشی: زمان اول (مرحله تمام گل) و زمان دوم (شش هفته بعد از تمام گل) بود. هر دو پلی آمین بکار برده شده ساخت شرکت سیگما آمریکا بودند. در زمان محلول‌پاشی در هر درخت ۵ شاخه یکنواخت از لحاظ قطر، طول و تعداد جوانه انتخاب گردید. در مرحله اول محلول‌پاشی تیمارهای مورد آزمایش به تفکیک به همراه سه قطره توئین ۲۰ (جهت افزایش جذب سطحی) به صورت یکنواخت در خوشه‌های گل باز شده محلول پاشی انجام شد. در مرحله دوم نیز به همین صورت در خوشه‌های میوه‌های تشکیل شده به همراه برگ‌های کناری به صورت یکنواخت محلول‌پاشی صورت گرفت. شمارش میوه‌ها در دو مرحله (سه ماه بعد از تمام گل و قبل از برداشت) برای هر شاخه به تفکیک انجام گردید. میوه‌ها پس از رسیدن از شاخه برداشت شدند و وزن کل تر میوه با خوشه، وزن تر میوه بدون خوشه، وزن خشک کل میوه، وزن خشک صد میوه، وزن مغز صد میوه، درصد پوکی و خندانی میوه‌ها اندازه گیری شدند.

## آنالیز آماری

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

## نتایج و بحث

### میانگین تعداد میوه در زمان اول شمارش و زمان دوم شمارش

همانطور که در جدول یک نشان داده شده است، تیمار یک میلی‌مولار اسپرمین در زمان دوم محلول‌پاشی بیشترین میانگین تعداد میوه در مرحله اول شمارش در مقایسه با سایر تیمارها داشت. کمترین تعداد میوه در تیمار شاهد در هر دو مرحله محلول‌پاشی مشاهده شد (جدول ۱). با توجه به نتایج بدست آمده تیمار یک میلی مولار اسپرمین در مرحله شش هفته بعد از تمام گل بیشترین تأثیر را بر میانگین تعداد میوه در مرحله دوم شمارش به میزان ۲۷۸/۶۰ داشت. کمترین تعداد میوه در تیمار شاهد درهر دو مرحله محلول‌پاشی مشاهده شد (جدول ۱).

### وزن کل میوه با خوشه و وزن تر میوه بدون خوشه

بیشترین وزن کل میوه با خوشه در تیمار یک میلی‌مولار اسپرمین در مرحله دوم محلول‌پاشی مشاهده شد، اگرچه از نظر آماری تفاوتی با تیمارهای پوترسین و اسپرمین یک میلی‌مولار در هر دو مرحله محلول‌پاشی نداشت. کمترین وزن کل میوه در تیمار شاهد در هر دو مرحله محلول پاشی دیده شد (جدول ۱). تیمار اسپرمین یک میلی‌مولار

1. Baninasab and Rahemi

در مرحله دوم محلول‌پاشی بالاترین وزن تر میوه بدون خوشه را داشت (۴۳۵/۶۰ گرم) که با تیمارهای یک میلی‌مولار اسپرمین در مرحله اول محلول‌پاشی و یک میلی‌مولار پوترسین در مرحله دوم محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین وزن تر میوه بدون خوشه در تیمار شاهد در مرحله تمام گل (۲۸۷/۶۰ گرم) در پسته رقم "اوحدی" مشاهده شد که با تیمار شاهد در مرحله دوم محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

**وزن خشک کل میوه و وزن خشک صد میوه**

نتایج نشان داد که اسپرمین در غلظت یک میلی‌مولار در مرحله اول محلول‌پاشی بیشترین وزن خشک میوه را در رقم پسته "اوحدی" داشت که با تیمار یک میلی‌مولار اسپرمین در زمان دوم محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین وزن خشک در تیمار شاهد در هر دو مرحله محلول‌پاشی مشاهده شد (جدول ۲). بیشترین وزن خشک صد میوه در تیمار یک میلی‌مولار اسپرمین در مرحله دوم محلول‌پاشی مشاهده شد که با تیمار یک میلی‌مولار اسپرمین در زمان اول محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). کمترین وزن خشک صد میوه پسته رقم "اوحدی" در تیمار شاهد در مرحله اول محلول‌پاشی دیده شد (جدول ۲).

**وزن مغز صد میوه**

نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر نشان داد که تیمار اسپرمین یک میلی‌مولار در مرحله دوم محلول‌پاشی، بیشترین تأثیر را بر وزن مغز در صد میوه داشت که با تیمار پوترسین یک میلی‌مولار در مرحله دوم محلول‌پاشی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول۲). کمترین وزن مغز صد میوه در تیمار شاهد در مرحله اول محلول پاشی مشاهده شد. دلیل ریزش میوه در پسته به طور واضح شناخته نشده است، اما اثر محیط و رقابت منابعی مانند فتوآسمیلات‌ها و هورمون‌های گیاهی احتمالا فاکتور متداول در ریزش میوه محسوب می‌شود. ریزش اولیه پسته‌ها بدلیل تلقیح نامناسب، غالبیت میوه در یک خوشه و اندام‌های جنسی غیرمعمول می‌باشد (گالستون[1] و همکاران، ۱۹۹۷). ارتباط نزدیکی بین پلی‌آمین‌های درونی جوانه‌های گل و درصد ریزش آن‌ها وجود دارد. در زمان ریزش جوانه‌های گل غلظت پلی‌آمین به ویژه اسپرمین کاهش می‌یابد (گوندشلی و همکاران، ۲۰۱۹). پلی‌آمین‌ها در بهبود عمل باروری و رشد و نمو رویان نقش مهمی داشته و موجب کاهش ریزش می‌شود. از سوی دیگر پلی‌آمین‌ها برای سنتز نیاز به پیش‌ماده s-آدنوزیل متیونین دارند که برای سنتز اتیلن همین پیش‌ماده نیاز است. بنابراین با افزایش ساختن پلی‌آمین‌ها یا افزایش غلظت آن‌ها در گیاه، ساخت اتیلن کاهش می‌یابد و در نتیجه ریزش میوه‌ها پس از محلول پاشی پلی‌آمین‌ها کاهش می‌یابد (باقری و همکاران، ۱۳۹۵). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با کاربرد بیرونی پلی‌آمین‌ها به ویژه اسپرمین، سبب افزایش تعداد میوه (کاهش ریزش میوه)، وزن تر و خشک میوه و مغز شد که منجر به افزایش عملکرد گردید. کاهش درصد ریزش میوه با کاربرد اسپرمین بدلیل نقش بازدارندگی پلی‌آمین‌ها در برابر ریزش میوه می‌باشد (عزیز[2] و همکاران، ۲۰۰۱؛ آریاس[3] و همکاران، ۲۰۰۵؛ دی‌دیوس[4] و همکاران، ۲۰۰۶) که می‌تواند به دلیل محدود بودن تجمع پوترسین‌های آزاد و افزایش اسپرمیدین آزاد و متصل یافته در اندام‌های گل باشد (عزیز و همکاران، ۲۰۰۱). نقش پلی‌آمین‌ها در افزایش تقسیم سلولی و نمو سلولی گل‌ها و میوه‌های تازه تشکیل شده در گیاهان مختلف گزارش شده است. در پژوهشی باقری و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند، کاربرد محلول‌پاشی پلی‌آمین‌های پوترسین (با غلظت‌های ۲/۵ و ۵ میلی‌مولار در لیتر) و اسپرمیدین (با غلظت‌های ۱/۲۵ و ۲/۵ میلی‌مولار در لیتر) باعث افزایش تشکیل میوه، افزایش وزن، قطر و طول میوه و همچنین کاهش ریزش میوه‌های زیتون رقم دزفول شد. همچنین زارع و راحمی (۱۳۹۸) گزارش کردند که محلول‌پاشی پوترسین با غلظت های ۳ و ۶ میلی مولار سبب افزایش میانگین وزن کل میوه و تعداد میوه، میانگین وزن گوشت، قطر و طول میوه نرمال زیتون رقم فیشمی گردید. محلول‌پاشی برگی پلی‌آمین‌ها بر پرتقال به طور معنی‌داری در تشکیل میوه و عملکرد نهایی موثر بود. بیشترین تشکیل میوه و عملکرد در درختان پسته تیمار شده به ترتیب با اسپرمین و پوترسین بدست آمد. بهبود تشکیل میوه و عملکرد به وسیله کاربرد پوترسین ممکن است به دلیل افزایش گرده

1. Galston

2. Aziz
3. Arias
4. De Dios

**جدول ۱- تأثیر کاربرد غلظت های مختلف پلی‌آمین‌های اسپرمین و پوتریسین بر برخی صفات مرتبط با عملکرد پسته رقم "اوحدی"**

| تیمار (میلی‌مولار) | مراحل محلول‌پاشی | میانگین تعداد میوه در زمان اول شمارش | میانگین تعداد میوه در زمان دوم شمارش | وزن کل میوه با خوشه (گرم) | وزن تر میوه بدون خوشه (گرم) |
|---|---|---|---|---|---|
| | ۱ | ۲۱۹/۸۰de* | ۱۸۶/۶۰de | ۳۴۷/۲۰e | ۲۸۷/۶۰e |
| شاهد | ۲ | ۲۱۳/۴۰e | ۱۷۰/۰۰e | ۳۸۶/۴۰e | ۳۱۱/۶۰e |
| اسپرمین ۰/۱ | ۱ | ۲۶۳/۰۰b-d | ۲۲۷/۰۰ bc | ۴۲۲/۲۰d | ۳۲۳/۴۰de |
| | ۲ | ۲۴۹/۴۰c-e | ۲۱۰/۶۰cd | ۴۴۵/۴۰b-d | ۳۷۳/۶۰bc |
| اسپرمین ۱ | ۱ | ۲۷۴/۸۰bc | ۲۳۲/۰۰bc | ۴۹۱/۲۰ab | ۴۱۳/۲۰a-c |
| | ۲ | ۳۴۴/۲۰a | ۲۷۸/۶۰a | ۵۰۴/۲۰a | ۴۳۵/۶۰a |
| پوترسین ۰/۱ | ۱ | ۲۴۰/۰۰c-e | ۲۲۶/۴۰bc | ۴۳۲/۲۰cd | ۳۱۳/۶۰e |
| | ۲ | ۲۳۰/۲۰c-e | ۲۱۲/۲۰cd | ۴۴۴/۴۰b-d | ۳۸۱/۰۰bc |
| پوترسین ۱ | ۱ | ۲۹۶/۲۰b | ۲۵۵/۴۰ab | ۴۸۲/۸۰a-c | ۳۶۶/۴۰cd |
| | ۲ | ۲۵۹/۰۰b-e | ۲۶۲/۶۰bc | ۴۹۳/۲۰ab | ۴۲۳/۲۰ab |

*در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه کوچک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد LSD اختلاف معنی‌داری ندارند. مرحله ۱: تمام گل ، مرحله ۲ : شش هفته بعد از تمام گل و قبل از سخت شدن پوست استخوانی

**جدول ۲- تأثیر کاربرد غلظت‌های مختلف پلی‌آمین‌های اسپرمین و پوترسین بر برخی صفات مرتبط با اجزای عملکرد پسته رقم "اوحدی"**

| تیمار(میلی‌مولار) | مراحل محلول‌پاشی | وزن خشک کل میوه (گرم) | وزن خشک صد میوه (گرم) | وزن مغز صد میوه (گرم) |
|---|---|---|---|---|
| | ۱ | ۱۳۴/۶۰ef* | ۵۲/۲۰g | ۲۰/۲۰e |
| شاهد | ۲ | ۱۲۹/۶۰f | ۷۷/۰۰cd | ۳۲/۰۰cd |
| اسپرمین ۰/۱ | ۱ | ۱۵۵/۲۰d | ۶۱/۲۰f | ۲۷/۰۰d |
| | ۲ | ۱۶۱/۶۰cd | ۷۳/۲۰de | ۳۶/۸۰bc |
| اسپرمین ۱ | ۱ | ۱۹۹/۰۰a | ۸۹/۶۰ab | ۳۶/۲۰bc |
| | ۲ | ۱۸۱/۶۰ab | ۹۲/۲۰a | ۴۲/۰۰a |
| پوترسین ۰/۱ | ۱ | ۱۴۹/۸۰de | ۶۰/۶۰f | ۲۷/۲۰d |
| | ۲ | ۱۵۳/۰۰de | ۸۲/۸۰bc | ۳۵/۶۰c |
| پوترسین ۱ | ۱ | ۱۷۵/۰۰bc | ۶۹/۰۰e | ۳۴/۸۰c |
| | ۲ | ۱۷۷/۸۰bc | ۸۷/۶۰ab | ۴۱/۲۰ab |

*در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشابه کوچک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد LSD اختلاف معنی داری ندارند. مرحله ۱: تمام گل ، مرحله ۲ : شش هفته بعد از تمام گل و قبل از سخت شدن پوست استخوانی

افشانی، لقاح و حفظ میوه باشد (سلیم[1] و همکاران، ۲۰۰۸). کاربرد اسپرمین در کنترل ریزش میوه در انبه (مالیک و سینک[2]، ۲۰۰۶) و پسته "کله قوچی" (خضری و همکاران، ۲۰۱۰) موثر بوده است که با نتایج این پژوهش همخوانی دارند.

توکلی و پاکیش[3] (۲۰۱۹) بیان کردند که پوترسین و پیش ساز آن آرژنین، اختلالات فیزیولوژیکی پسته را کاهش داده و عملکرد محصول را افزایش و درصد ریزش جوانه گل و ریزش میوه را کاهش دادند. همچنین با کاربرد پوترسین با غلظت ۰/۲ میلی‌مولار در مرحله سفت شدن خوشه[4] غلظت پلی‌آمین‌های درون‌زاد جوانه در شاخه‌های تیمار شده افزایش یافته و درصد ریزش جوانه گل‌آذین کاهش یافت و به طور معنی‌داری سبب افزایش تعداد میوه در هر خوشه و تعداد میوه در هر واحد اونس گردید. بنابراین در مطالعه حاضر با کاربرد پلی‌آمین‌ها می‌توان از ریزش پسته جلوگیری کرد و سبب افزایش تعداد میوه در خوشه و به تبع آن افزایش وزن تر و خشک میوه‌ها در رقم "اوحدی" گردید. ساخت پلی‌آمین‌ها در مرحله تقسیم سلولی افزایش می‌یابد تا مرحله رسیدن کاهش می‌یابد. تأمین پلی‌آمین‌ها خارجی می‌تواند سبب افزایش تشکیل میوه و اندازه میوه و نهایتا افزایش عملکرد

1. Saleem
2. Malik and Singh
3. Tavakoli and Pakkish
4. The tight cluster stage

شود (زیوسی[1] و همکاران، ۲۰۰۳).

**درصد خندانی و درصد پوکی میوه‌ها**

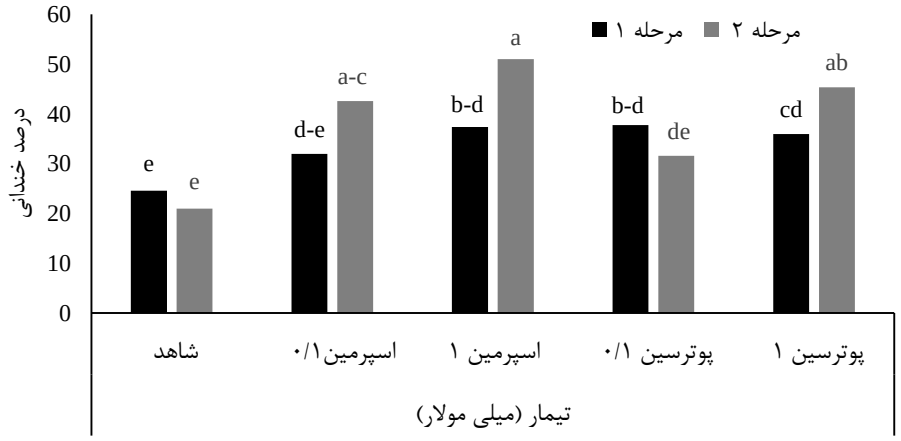
پلی‌آمین‌ها (اسپرمین و پوترسین) درصد خندانی خشک میوه را به صورت معنی‌داری افزایش دادند. بطوری که بیشترین درصد خندانی در تیمارهای یک میلی‌مولار اسپرمین، ۰/۱ میلی‌مولار اسپرمین و یک میلی‌مولار پوترسین در مرحله دوم محلول‌پاشی مشاهده شد (شکل۱). کمترین درصد خندانی در تیمار شاهد در هر دو مرحله محلول‌پاشی مشاهده شد. تیمار شاهد در هر دو مرحله محلول‌پاشی بیشترین میزان درصد پوکی را در پسته رقم "اوحدی" داشت (به‌ترتیب ۳۲ و ۳۴ درصد ) و کمترین درصد پوکی در تیمار یک میلی‌مولار اسپرمین در مرحله اول محلول‌پاشی مشاهده شد (شکل ۲).

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، اسپرمین سبب افزایش خندانی در پسته رقم "اوحدی" شد. بیشترین درصد خندانی در تیمارهای اسپرمین مشاهده شد. گزارش شده است که کاربرد پلی‌آمین‌ها باعث افزایش خندانی میوه‌های پسته رقم "کله قوچی" می‌گردد (خضری و همکاران، ۲۰۱۰) که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. طلایی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند کاربرد اسپرمین باعث کاهش مشکلات فیزیولوژیکی و افزایش عملکرد پسته شد. کامیاب[2] و همکاران (۲۰۱۵)، نشان دادند که پلی‌آمین‌ها و اسیدهای آلی باعث افزایش عملکرد و درصد خندانی پسته و کاهش ریزش میوه و پوکی میوه شدند. اسپرمین در ترکیب با اسید آسکوربیک و اسید آمینه بیشترین تأثیر را داشت و سبب افزایش عملکرد تا ۵۰ درصد و خندانی تا ۱۸ درصد و کاهش ریزش تا ۲۰ درصد گردید. همچنین مشخص شده است که کاهش رشد و نمو مغز با افزایش درصد ناخندانی مرتبط است. بنابراین به نظر می‌رسد که پلی‌آمین‌ها در غلظت‌های کمتر از یک میلی‌مولار با افزایش تحریک رشد و نمو مغز سبب افزایش خندانی می‌شوند (فرگوسن و همکاران، ۲۰۰۵). 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 غیریونی همانند DNA، RNA و پروتئین‌ها که در بسیاری از فرآیندهای درون گیاه شامل تقسیم و بزرگ شدن یاخته، توسعه و تشکیل میوه نقش دارند، مشارکت می‌کنند (لیو[3] و همکاران ۲۰۰۶). همچنین این تنظیم کننده‌های زیستی یک ترکیب پلی کاتیون نیتروژنی و ضدپیری می‌باشند که می‌توانند به عنوان منابع نیتروژنی و همچنین مولکول سیگنال، فرآیند ریزش و رشد و نمو میوه را تنظیم کنند که منجر به افزایش عملکرد شود (خضری و همکاران، ۲۰۱۰). پلی آمین‌ها نقش مهمی را در رشد و نمو گیاهان از جمله رشد جوانه و گلدهی بازی می‌کنند (گاندیزالی و همکاران، ۲۰۱۹). براساس نتایج تیمار شاهد بیشترین درصد پوکی را داشت و تیمار اسپرمین درصد پوکی را کاهش داده است. از هم‌پاشیدگی و تخریب قسمت‌های تخمدان، بویژه از هم‌پاشیدگی فونیکل، دلیل اصلی پوکی در پسته می‌باشد که گزارش شده است با کاربرد پلی‌آمین‌ها درصد پوکی کاهش یافته است (محمدی و همکاران، ۲۰۱۶). مشخص شده است که توسعه و تمایز مناسب کیسه جنینی و رشد و نمو جنین با کاربرد پلی آمین‌ها اتفاق می‌افتد، لذا کاربرد پلی‌آمین‌ها ممکن است از طریق حفظ اندام‌های مختلف کیسه جنینی درصد پوکی را کاهش دهند (آریاس و همکاران، ۲۰۰۵) که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد. کاربرد پلی‌آمین‌ها در شش هفته بعد از تمام گل و قبل از سخت شدن پوست استخوانی (درون بر) روی میوه‌های تازه تشکیل شده و برگ‌ها نسبت به مرحله تمام گل بیشترین تأثیر را بر صفات بررسی شده داشت. به نظر می‌رسد که موثر بودن کاربرد اسپرمین در مرحله دوم نسبت به مرحله اول در کاهش میزان پوکی، افزایش وزن تر و خشک میوه، مغز و خندانی بدلیل جذب مستقیم اسپرمین از طریق میوه‌ها بعنوان سینک قوی باشد.

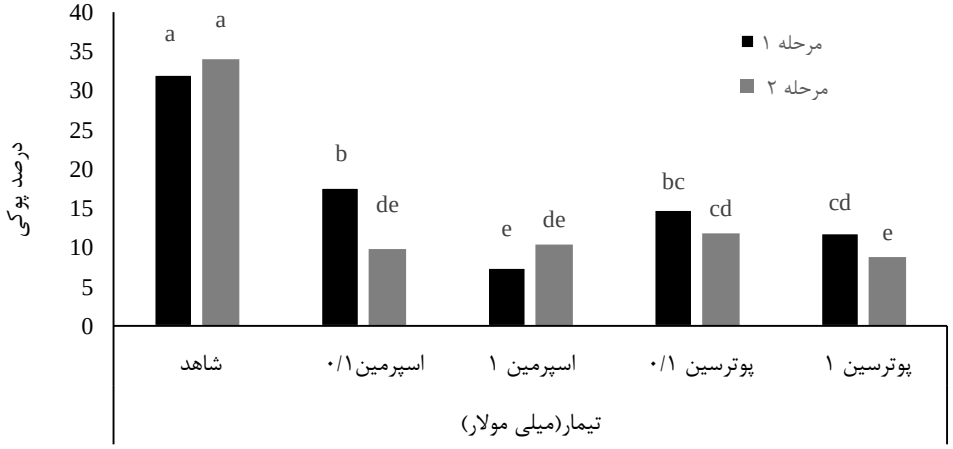
## نتیجه‌گیری کلی

با توجه به مجموع نتایج به دست آمده می‌توان بیان کرد که کاربرد برخی پلی‌آمین‌ها (اسپرمین و پوترسین) باعث کاهش مشکلات فیزیولوژیکی و افزایش عملکرد پسته رقم "اوحدی" می‌گردد. در بین تیمارهای مورد بررسی، اسپرمین نسبت به پوترسین نتایج بهتری را در کاهش مشکلات فیزیولوژیکی و افزایش عملکرد نشان داد. همچنین به نظر می‌رسد محلول‌پاشی در شش هفته بعد

1. Ziosi
2. Kamiab
3. Liu




**شکل ۱- تأثیر کاربرد غلظت‌های مختلف پلی‌آمین‌های اسپرمین و پوترسین بر درصد خندانی پسته رقم "اوحدی".** میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای ندارند.




**شکل ۲- تأثیر کاربرد غلظت‌های مختلف پلی‌آمین‌های اسپرمین و پوترسین بر درصد پوکی پسته رقم "اوحدی".** میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای ندارند.

از تمام گل (قبل از سخت شدن پوست استخوانی) نسبت به مرحله اول (در مرحله تمام گل) به دلیل کاهش مشکلات فیزیولوژیکی و افزایش عملکرد مؤثرتر می‌باشد. بنابراین با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش کاربرد اسپرمین جهت افزایش عملکرد درختان پسته، پیشنهاد می‌گردد.

## منابع

باقری، س.، راحمی، م.، عابدی، س. و نعمتی، ح. ۱۳۹۵. اثر پلی‌آمین‌ها بر تشکیل و کیفیت میوه زیتون. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، ۱۷(۴): ۴۱۵-۴۲۲.

زارع، م. و راحمی، م. ۱۳۹۸. اثرهای کاربرد پوترسین و تنک میوه بر رشد و نمو میوه و گلدهی سال بعد زیتون رقم فیشمی تخم کبکی. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، ۲۰(۲): ۱۱۵-۱۲۸.

طلایی، ع.، خضری، م. و جوانشاه، ا. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر محلول‌پاشی پلی‌آمین‌های آزاد بر برخی مشکلات فیزیولوژیکی پسته رقم کله قوچی. مجله علوم باغبانی ایران، ۴۱(۴): ۳۸۳-۳۹۱.

Abbasi, N.A., Ali, I., Hafiz, I.A. and Khan, A.S. 2017. Application of polyamines in horticulture: A review. International Journal of Biosciences, 10(5): 319-342.

Ali, E.A., Sarrwy, M. 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.

Arias, M., Carbonell, J. and Agustí, M. 2005. Endogenous free polyamines and their role in fruit set of low and high parthenocarpic ability citrus cultivars. Journal of Plant Physiology, 162(8): 845-853.

Aziz, A., Brun, O. and Audran, J.C. 2001. Involvement of polyamines in the control of fruitlet physiological abscission in grapevine (*Vitis vinifera*). Physiologia Plantarum, 113(1): 50-58.

Bagheri, S., Rahemi, M., Abedy, B., Nemati, H. and Rowshan, V. 2017. Changes in polyamine levels in relationship to the growth and development of parthenocarpic fruits (shotberries) of olive (*Olea europaea* L.). Scientia Horticulturae, 215: 172–177.

Baninasab, B. and Rahemi, M. 2008. Effect of exogenous polyamines on flower bud retention in Pistachio (*Pistacia vera* L.) trees. Horticulture, Environment, and Biotechnology, 49: 149-154.

Crane, J.C. and Iwakiri, B.T. 1985. Vegetative and reproduction apical dominance in pistachio. HortScience, 20(6): 1092-1093.

De Dios, P., Matilla, A.J. and Gallardo, M. 2006. Flower fertilization and fruit development prompt changes in free polyamines and ethylene in damson plum (*Prunus insititia* L.). Journal of Plant Physiology, 163(1): 86-97.

Eslami, M., Nasibi, F., Manouchehri Kalantari, K., Khezri, M. and Oloumi, H. 2019. Effect of exogenous application of l-arginine and sodium nitroprusside on fruit abscission and physiological disorders of pistachio (*Pistacia vera* L.) scions. International Journal of Horticultural Science and Technology, 6(1): 51-62.

Fabbri, A., Ferguson, L. and Polito, V.S. 1998. Crop load related deformity of developing *Pistacia vera* cv Kerman'nuts. Scientia Horticulturae, 77(3-4): 219-234.

Ferguson, L., Beede, R.H., Freeman, M.W., Haviland, D.R., Holtz, B.A. and Kallsen, C.E. 2005. Pistachio Production Manual Fruit and Nut Research and Information Center. University of California, Davis, California.

Galston, A.W., Kaur-Sawhney, R., Altabella, T. and Tiburcio, A.F. 1997. Plant polyamines in reproductive activity and response to abiotic stress. Botanica Acta, 110(3): 197-207.

Gündeşli, M.A., Kafkas, S., Zarifikhosroshahi, M. and Kafkas, N.E. 2019. Role of endogenous polyamines in the alternate bearing phenomenon in pistachio. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 43(3): 265-274.

Kamiab, F., Heidari Salehabad, M. and Zamanibahramabadi, E. 2015. Evaluation the effects of foliar treatments of polyamines and some organic acids on quantitative and qualitative traits in some pistachio cultivars. Journal of Nuts, 6(02): 131-142.

Kamiab, F., Talaie, A., Khezri, M. and Javanshah, A. 2014. Exogenous application of free polyamines enhance salt tolerance of pistachio (*Pistacia vera* L.) seedlings. Plant Growth Regulation, 72(3): 257-268.

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(3): 270-276.

Liu, J., Nada, K., Pang, X., Honda, C., Kitashiba, H. and Moriguchi, T. 2006. Role of polyamines in peach fruit development and storage. Tree Physiology, 26(6): 791-798.

Malik, A.U. and Singh, Z. 2006. Improved fruit retention, yield and fruit quality in mango with exogenous application of polyamines. Scientia Horticulturae, 110(2): 167-174.

Mohammadi, H. and Khezri, G.H.D. 2017. Effect of spray application of calcium compounds combined with free polyamines at different growth stages on physiological problems and yield of 'Ahmad-Aghaii' Pistachio (*Pistacia vera* L.). Journal of Horticultural Science, 30(3): 141-157.

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.

Nzima, M.D., Martin, G.C. and Nishijima, C. 1997. Leaf development, dry matter accumulation, and distribution within branches of alternate-bearing Kerman Pistachio trees. Journal of the American Society for Horticultural Science, 122(1): 31-37.

Polito, V.S. and Pinney, K. 1999. Endocarp dehiscence in pistachio (*Pistacia vera* L.). International Journal of Plant Sciences, 160(5): 827-835.

Roussos, 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(1): 61-69.

Saleem B.A., Malik, A.U. and Anwar, R. 2008. Exogenous application of polyamines improves fruit set, yield and quality of sweet oranges. Acta Horticulturae, 10: 187-194.

Tavakoli, M. and Pakkish, Z. 2019. A Comparison of putrescine and arginine effects on yield components and growth parameters in Pistachio trees. Pistachio and Health Journal, 2(1): 40-52.

Ziosi, V., Scaramagli, S.A., Bregoli, M., Biondi, S. and Torrigiani, P. 2003. Peach (*Prunus persica* L.) fruit growth and ripening: Transcript levels and activity of polyamine biosynthetic enzymes in the mesocarp. Journal Plant Physiolog, 160: 1109-1115.