

بررسی اثر هرس ریشه، حلقه‌برداری و خم‌کردن شاخه بر باروری و رشد شاخه در درختان

پسته رقم اکبری در منطقه بهادران یزد

محمدرضا علیزاده جلگه پور^۱، کاظم کمالی علی آباد^{۲*}، علی تاج آبادی پور^۳

تاریخ ارسال: ۱۴۰۵/۰۳/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۵/۱۰

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثر برخی عملیات باغی بر رشد و باروری درختان پسته رقم اکبری، آزمایشی در بهار سال ۱۴۰۵ (از فروردین تا خرداد) در باغی واقع در منطقه بهادران شهرستان مهریز، استان یزد انجام شد. در این پژوهش، ۱۵ درخت ۱۵ ساله با شرایط یکنواخت از نظر مدیریت باغ انتخاب شدند. تیمارها شامل خم‌کردن شاخه، هرس ریشه، حلقه‌برداری شاخه، تیمار ترکیبی شامل (هرس ریشه + خم‌کردن + حلقه‌برداری) و شاهد بود. برای هر تیمار سه درخت در نظر گرفته شد و در هر درخت دو شاخه بارده، هم‌سن و با شرایط نوری مشابه انتخاب شد؛ به‌طوری‌که یک شاخه به‌عنوان شاهد داخلی و شاخه دیگر به‌عنوان شاخه تیمار شده مورد ارزیابی قرار گرفت. صفات اندازه‌گیری شده شامل تعداد خوشه گل، تعداد میوه اولیه، تعداد میوه نهایی، درصد تشکیل میوه، رشد طولی شاخه و افزایش قطر شاخه بود. نتایج نشان داد اثر تیمار بر تعداد میوه نهایی، درصد تشکیل میوه و رشد طولی شاخه معنی‌دار بود، اما بر تعداد میوه اولیه و افزایش قطر شاخه اثر معنی‌داری مشاهده نشد. هرس ریشه بیشترین افزایش را در تعداد میوه نهایی و درصد تشکیل میوه نشان داد، به‌طوری‌که اختلاف آن نسبت به شاهد به ترتیب ۱۰/۳۳ عدد و ۱۰/۰۸ درصد بود. در مقابل، حلقه‌برداری موجب کاهش تعداد میوه نهایی، درصد تشکیل میوه و رشد طولی شاخه شد و تیمار ترکیبی نیز بیشترین کاهش درصد تشکیل میوه را نشان داد (۲۷/۷۴- درصد). در مجموع، هرس ریشه در شرایط اقلیمی منطقه بهادران نسبت به سایر تیمارها اثر مطلوب‌تری بر برخی شاخص‌های زایشی پسته رقم اکبری داشت.

واژه‌های کلیدی: پسته، رقم اکبری، هرس ریشه، حلقه‌برداری، خم‌کردن شاخه، درصد تشکیل میوه

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی کشاورزی، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد، یزد

^{۲*} دانشیار، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد، یزد

^۳ استادیار پژوهشی، پژوهشکده پسته، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران

*نویسنده مسئول: kkamali@yazd.ac.ir

مقدمه

پسته، با نام علمی *Pistacia vera* L.، یکی از مهم‌ترین محصولات باغی مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان و از محصولات راهبردی باغبانی ایران است. این گیاه به دلیل توانایی تحمل خشکی، گرما و شوری، در بسیاری از مناطق کم‌آب و حاشیه‌ای کشت می‌شود، اما عملکرد آن به شدت تحت تأثیر شرایط محیطی، مدیریت باغ، تعادل رشد رویشی و زایشی، تشکیل میوه، حفظ جوانه‌های گل و سال‌آوری قرار دارد. پسته درختی دوطایه، خشکی‌پسند و نسبتاً مقاوم به شوری است، اما محدودیت‌هایی مانند کمبود سرمای زمستانه، تنش آبی، شوری خاک و رقابت شدید بین اندام‌های رویشی و زایشی می‌تواند بر عملکرد و کیفیت محصول آن اثرگذار باشد (Marino et al., 2026). یکی از ویژگی‌های مهم فیزیولوژیک پسته، رقابت شدید بین رشد میوه، رشد شاخه و حفظ جوانه‌های گل سال بعد است. در سال‌های پربار، رشد مغز و پرشدن دانه‌ها می‌تواند باعث تخلیه ذخایر کربوهیدراتی شاخه و در نتیجه ریزش جوانه‌های گل شود؛ موضوعی که نقش مهمی در سال‌آوری پسته دارد (Vemmos, 2005; Vemmos et al., 2012). در پسته، تنظیم تعادل بین رشد رویشی و زایشی از عوامل مهم در پایداری باردهی به‌شمار می‌رود و مدیریت مناسب روابط منبع و مخزن می‌تواند بر تشکیل جوانه‌های زایشی و کاهش نوسانات تولید اثرگذار باشد (Talaie et al., 2006). از این رو،

مدیریت رشد رویشی و زایشی درختان پسته اهمیت زیادی دارد و استفاده از عملیات باغی مانند خم‌کردن شاخه، حلقه‌برداری و هرس ریشه می‌تواند در تغییر مسیر انتقال مواد فتوسنتزی، تعدیل رشد و بهبود باروری مؤثر باشد.

خم‌کردن شاخه یکی از روش‌های غیرشیمیایی و کم‌هزینه برای مدیریت ساختار تاج، کاهش غالبیت انتهایی، بهبود نفوذ نور و افزایش ظرفیت باردهی در درختان میوه است. مطالعات انجام‌شده در هلو نشان داده است که افزایش زاویه شاخه می‌تواند توزیع نور در داخل تاج را بهبود داده، رشد رویشی را کنترل کرده و تجمع کربوهیدرات‌ها را افزایش دهد (Zhang et al., 2023). همچنین در گلابی، زاویه مناسب خم‌کردن شاخه باعث افزایش تشکیل میوه، بهبود وضعیت کربوهیدراتی جوانه‌ها و ارتقای کیفیت میوه شده است (Niyaz et al., 2026). در سیب نیز خم‌کردن شاخه با افزایش نسبت کربن به نیتروژن و تجمع قندها، تشکیل جوانه گل را تحریک کرده است (Zhang et al., 2017). با این حال، پاسخ درخت به خم‌کردن شاخه به گونه، رقم، زاویه خم، زمان اجرا و شرایط محیطی بستگی دارد. حلقه‌برداری نیز یکی از عملیات باغی است که با حذف بخشی از پوست و بافت آبکش، انتقال مواد فتوسنتزی از شاخه به سمت پایین را محدود می‌کند و می‌تواند موجب تجمع کربوهیدرات‌ها در قسمت بالای محل حلقه‌برداری شود. در پسته، برخی پژوهش‌ها نشان

داده‌اند که حلقه‌برداری شاخه می‌تواند ریزش جوانه‌های گل را کاهش دهد و غلظت کربوهیدرات‌ها را در جوانه‌ها و چوب سال جاری افزایش دهد (Vemmos, 2005; Vemmos *et al.*, 2012). در پژوهشی دیگر، حلقه‌برداری شاخه در پسته رقم اوحدی باعث کاهش ریزش جوانه گل شد، اما بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی میوه اثر معنی‌داری نداشت و حتی کاهش کلروفیل و فتوسنتز برگ نیز گزارش شد (اسمعیلی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳). بنابراین، حلقه‌برداری می‌تواند اثری دوگانه داشته باشد؛ یعنی از یک‌سو تجمع مواد فتوسنتزی را افزایش دهد و از سوی دیگر، در صورت شدت یا زمان نامناسب، موجب اختلال در فتوسنتز، کاهش هدایت روزنه‌ای و ایجاد تنش در شاخه شود (López *et al.*, 2015; Oberhuber *et al.*, 2017).

هرس ریشه نیز از جمله روش‌هایی است که با تغییر در معماری ریشه، فعالیت ریشه‌های جذب‌کننده و تعادل بین بخش هوایی و ریشه می‌تواند بر رشد گیاه اثر بگذارد. در پسته، ساختار ریشه‌ای و توانایی تولید ریشه‌های جانبی اهمیت زیادی در استقرار، جذب آب و مواد غذایی و تحمل تنش دارد. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که دستکاری ریشه، به‌ویژه قطع نوک ریشه‌چه در مرحله مناسب، می‌تواند موجب افزایش تعداد ریشه‌های جانبی، بهبود معماری ریشه و افزایش رشد نهال پسته شود (Osku *et al.*, 2024; Osku *et al.*, 2025). همچنین پژوهش‌های انجام‌شده روی نهال‌های

درختی دیگر نشان داده‌اند که هرس ریشه می‌تواند موجب افزایش حجم، طول، قطر و زیست‌توده ریشه و در نتیجه بهبود کیفیت نهال شود (مصطفی‌لو و علی‌عرب، ۱۳۹۵؛ درودی و همکاران، ۱۳۹۴). از طرف دیگر، در مناطق خشک و نیمه‌خشک، واکنش ریشه‌های ظریف به رطوبت خاک و تنش آبی اهمیت زیادی در جذب آب و سازگاری گیاه دارد (Xing *et al.*, 2024). و معماری ریشه در شرایط شوری نیز نقش مهمی در حفظ عملکرد گیاه دارد (Munns, 2023 & Shelden). همچنین، در مطالعات داخلی نیز استفاده از برخی روش‌های فیزیکی مدیریت رشد به‌عنوان راهکاری برای کنترل رشد رویشی و تأثیرگذاری بر رفتار زایشی شاخه‌ها مورد توجه قرار گرفته است (پریمی، ۱۴۰۰). با وجود اهمیت پسته رقم اکبری در ایران، اطلاعات محدودی درباره اثر هم‌زمان یا مقایسه‌ای عملیات هرس ریشه، حلقه‌برداری و خم‌کردن شاخه بر رشد و باروری این رقم وجود دارد. از این رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر این تیمارها بر تعداد میوه، درصد تشکیل میوه، رشد طولی و رشد قطری شاخه در درختان پسته رقم اکبری در شرایط اقلیمی منطقه بهادران یزد انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار سال ۱۴۰۵ (از فروردین تا خرداد) در یک باغ پسته رقم اکبری واقع در منطقه بهادران، شهرستان مهریز، استان یزد انجام شد. محدوده

مورد مطالعه بین طول‌های جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی قرار دارد و ارتفاع آن حدود ۱۱۳۱ متر از سطح دریا است. منطقه مورد مطالعه دارای اقلیم خشک تا نیمه‌خشک بوده و میانگین دمای سالیانه آن حدود ۲۱/۱ درجه سانتی‌گراد، بارش سالیانه حدود ۱۱۲/۵ میلی‌متر، رطوبت نسبی حدود ۲۳ درصد و تبخیر ماهانه حدود ۲۸۱ میلی‌متر گزارش شده است (سلیمان‌پور و همکاران، ۱۴۰۴). باغ مورد آزمایش از نظر عملیات مدیریتی شامل آبیاری، کوددهی، سمپاشی و سایر عملیات باغی دارای شرایط یکنواخت بود. در این آزمایش ۱۵ درخت پسته رقم اکبری با سن حدود ۱۵ سال انتخاب شد. تیمارها شامل پنج سطح بودند: خم‌کردن شاخه، هرس ریشه، حلقه‌برداری شاخه، تیمار ترکیبی و شاهد. برای هر تیمار سه درخت در نظر گرفته شد و کلیه تیمارهای آزمایشی به‌صورت هم‌زمان در تاریخ ۱۰ فروردین ۱۴۰۵ اعمال شدند. همچنین، اندازه‌گیری صفات رویشی در سه مرحله انجام شد؛ به‌طوری‌که مرحله اول در ۱۰ فروردین، مرحله دوم در ۱۰ اردیبهشت و مرحله سوم در ۱۰ خرداد انجام گرفت. با توجه به اینکه در هر درخت، یک شاخه به‌عنوان شاهد داخلی و یک شاخه به‌عنوان شاخه تیمار شده انتخاب گردید، ساختار آزمایش به‌صورت مقایسه جفتی درون‌درختی همراه با مقایسه اختلاف تیمارها در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار و سه تکرار در نظر گرفته شد. شاخه‌های انتخاب‌شده بارده، هم‌سن، عمدتاً یک‌ساله تا دوساله و دارای موقعیت نوری نسبتاً مشابه بودند. تلاش شد شاخه‌های انتخابی از نظر وضعیت رشدی و باردهی اولیه تا حد امکان مشابه باشند تا اثر تفاوت‌های درون‌درختی کاهش یابد. تیمار خم‌کردن شاخه در تاریخ ۱۰ فروردین ۱۴۰۵ انجام شد. در این تیمار، در هر یک از سه درخت، دو شاخه انتخاب شد که یکی به‌عنوان شاهد داخلی فقط علامت‌گذاری گردید و شاخه دیگر با استفاده از نخ و وزنه در زاویه حدود ۳۰ تا ۴۵ درجه خم شد. تیمار هرس ریشه نیز در تاریخ ۱۰ فروردین ۱۴۰۵ و هم‌زمان با سایر تیمارها انجام شد. در تیمار هرس ریشه، برای هر یک از سه درخت، دو شاخه جهت اندازه‌گیری انتخاب و علامت‌گذاری شد، اما عملیات هرس ریشه در اطراف کل درخت انجام گرفت. بدین صورت که در فاصله حدود ۵۰ تا ۶۰ سانتی‌متری از تنه و در محدوده زیر سایه‌انداز، شیارهایی در دو تا سه طرف درخت با عمق تقریبی ۳۰ سانتی‌متر ایجاد شد و ریشه‌های ظریف و فعال موجود در مسیر شیار قطع شدند. با توجه به تعداد شیارها و محدوده اجرای عملیات، شدت هرس ریشه در این پژوهش به‌صورت هرس متوسط ریشه‌های جانبی و جذب‌کننده سطحی در بخشی از محیط ریشه درخت در نظر گرفته شد. این عملیات را می‌توان نوعی هرس مکانیکی ریشه‌های جانبی و ریشه‌های جذب‌کننده سطحی دانست. در

تیمار حلقه‌برداری، در هر درخت دو شاخه انتخاب شد که یکی شاهد داخلی و دیگری شاخه تیمار شده بود. روی شاخه تیمار شده، در فاصله حدود ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متری بالاتر از محل اتصال به شاخه مادری، نواری به عرض حدود ۵ میلی‌متر از پوست و بافت آبکش برداشته شد. در تیمار ترکیبی، هرس ریشه برای کل درخت انجام شد و در شاخه تیمار شده همان درخت، هم خم کردن شاخه و هم حلقه‌برداری اجرا گردید، در حالی که شاخه دیگر به عنوان شاهد داخلی علامت‌گذاری شد. در تیمار شاهد، سه درخت انتخاب شد و در هر درخت دو شاخه فقط علامت‌گذاری شدند و هیچ عملیات خاصی روی آن‌ها انجام نشد. در ابتدای آزمایش، تعداد خوشه‌های گل در هر شاخه شمارش شد. سپس در هر شاخه، یک خوشه با موقعیت تقریباً یکسان انتخاب گردید؛ به طوری که خوشه میانی شاخه به عنوان خوشه نمونه علامت‌گذاری شد. در مرحله بعد، پس از رشد اولیه دانه‌های پسته، تعداد میوه‌های اولیه تشکیل شده در خوشه علامت‌گذاری شده شمارش شد و در ادامه، تعداد میوه‌های باقی‌مانده نهایی نیز ثبت گردید. لازم به ذکر است که در این پژوهش تعداد گل‌آذین یا تعداد گل‌های منفرد داخل خوشه شمارش نشد و ارزیابی زایشی بر اساس تعداد خوشه گل در شاخه، تعداد میوه اولیه، تعداد میوه نهایی و درصد تشکیل میوه انجام گرفت. درصد تشکیل میوه از نسبت تعداد میوه نهایی به تعداد میوه اولیه و ضرب آن در

۱۰۰ محاسبه شد. طول شاخه اصلی در سه مرحله اندازه‌گیری شد. نخستین اندازه‌گیری در تاریخ ۱۰ فروردین، پیش از شروع رشد فعال شاخه و باز شدن کامل درخت، از محل اتصال شاخه به شاخه اصلی تا جوانه انتهایی انجام شد. اندازه‌گیری دوم در تاریخ ۱۰ اردیبهشت و اندازه‌گیری سوم در تاریخ ۱۰ خرداد انجام گرفت. رشد طولی کل شاخه از اختلاف طول نهایی و طول اولیه محاسبه شد. برای اندازه‌گیری قطر شاخه، در هر شاخه نقطه‌ای در فاصله ۱۰ سانتی‌متری بالاتر از محل اتصال شاخه یک‌ساله به شاخه قدیمی‌تر با مژیک مخصوص علامت‌گذاری شد و قطر همان نقطه در هر سه تاریخ ۱۰ فروردین، ۱۰ اردیبهشت و ۱۰ خرداد اندازه‌گیری گردید. افزایش قطر کل شاخه از اختلاف قطر نهایی و قطر اولیه به دست آمد. داده‌های حاصل ابتدا برای هر تیمار به صورت مقایسه شاخه تیمار شده با شاخه شاهد داخلی همان درخت با آزمون t جفتی بررسی شدند. سپس برای مقایسه اثر تیمارها، اختلاف شاخه تیمار شده و شاخه شاهد برای هر صفت محاسبه شد و داده‌های اختلاف با تجزیه واریانس یک‌طرفه بررسی گردیدند. در صورت معنی‌دار بودن اثر تیمار، مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. تجزیه آماری داده‌ها با نرم‌افزار SPSS انجام گرفت. در شکل (۱) نمایی از مراحل اصلی اجرای تیمارها شامل انتخاب شاخه، خم کردن شاخه، حلقه‌برداری و هرس ریشه نشان داده می‌شود



الف ب ج د

شکل ۱- مراحل اجرای تیمارهای آزمایش در باغ پسته رقم اکبری، الف) انتخاب شاخه‌های یکنواخت و علامت‌گذاری آن‌ها، ب) اجرای تیمار خم‌کردن شاخه با نخ و وزنه، ج) اجرای حلقه‌برداری با حذف نوار باریکی از پوست شاخه، د) ایجاد شیار در محدوده سایه‌انداز درخت به‌منظور هرس.

نتایج

اثر تیمارها بر تعداد خوشه گل، تعداد میوه اولیه و تعداد میوه نهایی

میانگین اختلاف شاخه تیمار شده نسبت به شاخه شاهد داخلی برای صفات زایشی در جدول (۱) ارائه شده است. همان‌طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، اثر تیمارها بر تعداد میوه اولیه از نظر آماری معنی‌دار نبود، اما تفاوت تیمارها از نظر تعداد میوه نهایی و درصد تشکیل میوه معنی‌دار شد. در صفت تعداد میوه نهایی، تیمار هرس ریشه با میانگین اختلاف ۱۰/۳۳ عدد، بهترین پاسخ را نشان داد. این در حالی بود که حلقه‌برداری و تیمار ترکیبی به‌ترتیب با میانگین اختلاف ۲۰/۶۷- و ۱۸/۳۳- عدد، باعث کاهش تعداد میوه نهایی نسبت به شاخه شاهد داخلی شدند. در متن نتایج، منظور از اختلاف، مقدار شاخه تیمار شده منهای شاخه شاهد داخلی همان درخت است؛ بنابراین مقادیر

مثبت نشان‌دهنده افزایش صفت در شاخه یا درخت تیمار شده نسبت به شاهد داخلی و مقادیر منفی نشان‌دهنده کاهش آن است.

نتایج آزمون t جفتی نشان داد که در تیمار خم‌کردن شاخه، درصد تشکیل میوه در شاخه تیمار شده نسبت به شاهد داخلی کاهش یافت و این کاهش در آستانه معنی‌داری قرار داشت؛ به‌طوری‌که مقدار احتمال آن ۰/۰۶۲ بود. در تیمار حلقه‌برداری، تعداد میوه اولیه، تعداد میوه نهایی و درصد تشکیل میوه در شاخه تیمار شده به‌طور معنی‌داری کمتر از شاخه شاهد داخلی بود؛ به‌ترتیب با مقادیر احتمال ۰/۰۱۶، ۰/۰۱۹ و ۰/۰۴۴. همچنین در تیمار ترکیبی، تعداد میوه نهایی و درصد تشکیل میوه به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند؛ به‌ترتیب با مقادیر احتمال ۰/۰۴۸ و ۰/۰۲۲. خلاصه نتایج معنی‌دار و نزدیک به معنی‌دار آزمون t جفتی در جدول (۲) آمده است. از آنجا که در تیمار هرس ریشه، عملیات

هرس بر کل درخت اعمال شد و شاهد مستقل
 درون درختی برای آن قابل تعریف نبود، تحلیل این
 تیمار با آزمون t جفتی انجام نشد. نحوه ثبت صفات
 زایشی شامل شمارش خوشه‌های گل، انتخاب خوشه
 نمونه و شمارش میوه‌های اولیه و نهایی در شکل (۲)
 ارائه شده است.
 تجزیه واریانس در جدول (۳) ارائه شده است.

نتایج تجزیه واریانس اختلاف بین شاخه تیمار شده و

شاهد

جدول ۱- میانگین اختلاف شاخه تیمار شده نسبت به شاهد داخلی در صفات زایشی پسته رقم اکبری

تیمار	تعداد میوه اولیه	تعداد میوه نهایی	درصد تشکیل میوه
خم کردن شاخه	۱۰/۰۰	-۴/۶۷	-۷/۱۷
هرس ریشه	۷/۰۰	۱۰/۳۳	۱۰/۰۸
حلقه برداری	-۲۰/۳۳	-۲۰/۶۷	-۱۷/۴۰
ترکیبی	۱۶/۳۳	-۱۸/۳۳	-۲۷/۷۴
شاهد	۶/۰۰	-۱/۰۰	-۱/۹۸

جدول ۲- خلاصه نتایج مهم آزمون t جفتی بین شاخه شاهد داخلی و شاخه تیمار شده

تیمار	صفت	سطح معنی داری
خم کردن شاخه	درصد تشکیل میوه	۰/۰۶ ^{ns}
حلقه برداری	تعداد میوه اولیه	۰/۰۱۶*
حلقه برداری	تعداد میوه نهایی	۰/۰۱۹*
حلقه برداری	درصد تشکیل میوه	۰/۰۴۴*
ترکیبی	تعداد میوه نهایی	۰/۰۴۸*
ترکیبی	درصد تشکیل میوه	۰/۰۲۳*
ترکیبی	افزایش قطر کل شاخه	۰/۰۴۰*

* نشان دهنده معنی داری در سطح ۵ درصد است و ^{ns} نشان دهنده عدم معنی داری است.



د

ج

ب

الف

شکل ۲- مراحل ثبت صفات زایشی در شاخه‌های منتخب پسته رقم اکبری، الف) شمارش خوشه‌های گل روی شاخه،

ب) انتخاب و علامت‌گذاری خوشه میانی به عنوان خوشه نمونه، ج) شمارش میوه‌های اولیه تشکیل شده، د) شمارش

میوه‌های نهایی باقی‌مانده روی خوشه.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمارها بر اختلاف شاخه تیمار شده و شاهد داخلی

مقدار احتمال	F	CV (%)	میانگین مربعات خطا	میانگین مربعات تیمار	صفت
۰/۱۹۶ ns	۱/۸۴۷	۱۹/۹	۳۲۱/۹۳۳	۵۹۴/۷۶۷	تعداد میوه اولیه
۰/۰۰۱*	۱۲/۴۸۶	۳۴/۶	۳۹/۴۶۷	۴۹۲/۷۶۷	تعداد میوه نهایی
<۰/۰۰۱*	۱۶/۲۳۳	۳۰/۲	۳۸/۷۲۰	۶۲۸/۵۳۰	درصد تشکیل میوه
۰/۰۰۹*	۶/۲۲۸	۶۹/۱	۱۶/۴۵۲	۱۰۲/۴۶۴	رشد طولی کل شاخه
۰/۲۰۳ ns	۱/۸۱۰	۷۵/۱	۰/۴۷۹	۰/۸۶۷	افزایش قطر کل شاخه

ns نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ درصد و ns نشان‌دهنده عدم معنی‌داری است.

زیرا کاهش ریزش و حفظ میوه تا مراحل بعدی رشد

می‌تواند نقش مهمی در عملکرد نهایی داشته باشد.

مقایسه میانگین تیمارها

پس از انجام تجزیه واریانس، در مواردی که اثر

تیمارها معنی‌دار بود، مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی

معنی‌دار شدن اثر تیمار بر تعداد میوه نهایی و

درصد تشکیل میوه نشان داد که عملیات اعمال شده

بیش از آنکه بر تعداد میوه اولیه اثر یکنواختی داشته

باشند، بر حفظ میوه و تبدیل میوه اولیه به میوه نهایی

اثر گذاشته‌اند. این موضوع در پسته اهمیت زیادی دارد،

در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. دلیل استفاده از این آزمون، وجود چند تیمار و نیاز به مقایسه همزمان همه میانگین‌های تیماری با یکدیگر، همراه با کنترل خطای نوع اول در مقایسه‌های چندگانه بود. نتایج این آزمون برای تعداد میوه نهایی نشان داد که تیمار هرس ریشه نسبت به حلقه‌برداری و تیمار ترکیبی اختلاف معنی‌دار داشت. اختلاف هرس ریشه با حلقه‌برداری برابر ۳۱/۰۰ و با تیمار ترکیبی برابر ۲۸/۶۷ بود که هر دو از نظر آماری معنی‌دار بودند. همچنین تیمارهای حلقه‌برداری و ترکیبی نسبت به شاهد نیز در برخی مقایسه‌ها کاهش معنی‌دار نشان دادند. در صفت درصد

تشکیل میوه، هرس ریشه نسبت به خم‌کردن، حلقه‌برداری و تیمار ترکیبی برتری معنی‌دار داشت. بیشترین مقدار مثبت اختلاف درصد تشکیل میوه مربوط به هرس ریشه و بیشترین مقدار منفی مربوط به تیمار ترکیبی بود. تیمار ترکیبی از نظر درصد تشکیل میوه حتی نسبت به شاهد نیز کاهش معنی‌دار نشان داد. در صفت رشد طولی کل شاخه، حلقه‌برداری کمترین مقدار را داشت و اختلاف آن با خم‌کردن شاخه و هرس ریشه معنی‌دار بود. خلاصه گروه‌بندی میانگین‌ها در جدول (۴) ارائه شده است.

جدول ۴- خلاصه مقایسه میانگین تیمارها بر اساس آزمون توکی.

صفت	تیمارهای برتر یا دارای مقدار بیشتر	تیمارهای دارای مقدار کمتر	نتیجه کلی
تعداد میوه اولیه	اختلاف معنی‌دار بین تیمارها مشاهده نشد	—	اثر تیمار غیرمعنی‌دار بود
تعداد میوه نهایی	هرس ریشه	حلقه‌برداری و ترکیبی	هرس ریشه نسبت به حلقه‌برداری و ترکیبی برتری معنی‌دار داشت
درصد تشکیل میوه	هرس ریشه	ترکیبی و حلقه‌برداری	هرس ریشه بهترین و ترکیبی ضعیف‌ترین پاسخ را نشان داد
رشد طولی کل شاخه	خم‌کردن و هرس ریشه	حلقه‌برداری	حلقه‌برداری رشد طولی شاخه را کاهش داد
افزایش قطر کل شاخه	اختلاف معنی‌دار بین تیمارها مشاهده نشد	—	اثر تیمار غیرمعنی‌دار بود

اثر تیمارها بر رشد طولی و قطری شاخه

میانگین اختلاف رشد طولی کل شاخه و افزایش قطر کل شاخه در جدول (۵) آمده است. در صفت رشد طولی کل شاخه، خم‌کردن شاخه و هرس ریشه به‌ترتیب با میانگین اختلاف ۳/۴۳۳ سانتی متر و ۳/۲۶۷ سانتی متر رشد بیشتری نسبت به شاهد داخلی نشان دادند. در مقابل، حلقه‌برداری باعث کاهش شدید رشد طولی شاخه شد و میانگین اختلاف آن ۱۰/۹۰۰-سانتیمتر بود. نتایج تجزیه واریانس نیز نشان داد که اثر تیمار بر رشد طولی کل شاخه معنی‌دار است. روش اندازه‌گیری

طول شاخه، تعیین محل ثابت اندازه‌گیری قطر و ثبت
 قطر شاخه در شکل (۳) نشان داده شده است. در مورد
 افزایش قطر کل شاخه، اگرچه تیمار ترکیبی در آزمون
 t جفتی کاهش معنی‌دار نشان داد، اما در تجزیه واریانس
 کلی، اختلاف بین تیمارها معنی‌دار نبود. بنابراین، اثر
 تیمارها بر افزایش قطر کل شاخه باید با احتیاط تفسیر
 شود.

جدول ۵- میانگین اختلاف شاخه تیمار شده نسبت به شاهد داخلی در صفات رشدی

تیمار	رشد طولی کل شاخه (سانتی متر)	افزایش قطر کل شاخه (میلی متر)
خم کردن شاخه	۳/۴۳۳	-۰/۱۶۰
هرس ریشه	۳/۲۶۷	-۰/۴۰۰
حلقه‌برداری	-۱۰/۹۰۰	-۱/۳۷۳
ترکیبی	-۰/۶۶۷	-۱/۲۷۷
شاهد	-۰/۲۰۰	-۰/۶۰۷



ج



ب



الف

شکل ۳- مراحل اندازه‌گیری رشد طولی و قطری شاخه‌های منتخب پسته رقم اکبری، الف) اندازه‌گیری طول اولیه شاخه در تاریخ ۱۰ فروردین، ب) علامت‌گذاری محل ثابت اندازه‌گیری قطر شاخه، د) اندازه‌گیری قطر شاخه در محل علامت‌گذاری شده.

بحث

همه در صفات زایشی، به‌ویژه تعداد میوه نهایی و درصد
 تشکیل میوه، آشکار شد. معنی‌دار شدن اثر تیمار بر
 تعداد میوه نهایی و درصد تشکیل میوه نشان می‌دهد
 که این عملیات بیشتر بر حفظ میوه و پایداری میوه‌های

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که پاسخ درختان
 پسته رقم اکبری به عملیات هرس ریشه، حلقه‌برداری و
 خم‌کردن شاخه یکسان نبود و اثر این تیمارها بیش از

تشکیل شده اثر گذاشته‌اند تا بر تعداد میوه اولیه. در بین تیمارهای مورد بررسی، هرس ریشه مطلوب‌ترین پاسخ را در شاخص‌های زایشی نشان داد. این تیمار باعث افزایش تعداد میوه نهایی و درصد تشکیل میوه نسبت به شاهد داخلی شد. احتمالاً اعمال هرس ریشه با ایجاد تغییر در فعالیت ریشه‌های جذب‌کننده و تعدیل رشد رویشی، موجب تغییر در تعادل منبع و مخزن شده و بخشی از مواد فتوسنتزی و منابع درخت به سمت حفظ میوه هدایت شده است. اگرچه بیشتر پژوهش‌های موجود درباره هرس ریشه در پسته مربوط به مرحله نهالی و اصلاح معماری ریشه است، اما نتایج آن‌ها اهمیت نقش ریشه و دستکاری آن را در رشد گیاه تأیید می‌کند. برای مثال Osku et al (2024) و Osku (2025) نشان دادند که قطع کنترل‌شده نوک ریشه‌چه در پسته می‌تواند تعداد ریشه‌های جانبی، حجم شبکه ریشه و رشد اندام هوایی را افزایش دهد. همچنین در نهال‌های بلندمازو (*Quercus castaneifolia*) و ارس، هرس ریشه باعث بهبود رشد ریشه، کیفیت نهال و زنده‌مانی شده است (مصطفی‌لو و علی‌عرب، ۱۳۹۵؛ درودی و همکاران، ۱۳۹۴). در شرایط خشک و نیمه‌خشک مانند منطقه بهادران، نقش ریشه‌های فعال و ظرفیت در جذب آب و عناصر غذایی اهمیت زیادی دارد، زیرا تغییرات رطوبتی و شوری می‌توانند معماری و فعالیت ریشه را به طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار دهند (Shelden & Munns, 2023; Xing et al., 2024).

اگرچه پتانسیل باززایی ریشه در درختان بالغ پسته نسبت به نهال‌های جوان کمتر است، اما هرس ریشه در درختان مسن‌تر عمدتاً از طریق تحریک تولید ریشه‌های موئین فعال (Fine Roots) و تغییر در تعادل هورمونی (مانند کاهش موقت جیبرلین ارسالی از ریشه) عمل می‌کند که این امر به نوبه خود سبب کنترل رشد رویشی شاخه‌ها و بهبود تشکیل میوه می‌گردد.

حلقه‌برداری در این پژوهش برخلاف برخی گزارش‌های مثبت، اثر منفی بر صفات زایشی داشت. در تیمار حلقه‌برداری، تعداد میوه اولیه، تعداد میوه نهایی و درصد تشکیل میوه به‌طور معنی‌داری نسبت به شاخه شاهد داخلی کاهش یافت. این نتیجه نشان می‌دهد که حلقه‌برداری انجام‌شده در تاریخ ۱۰ فروردین و با عرض حدود ۵ میلی‌متر، احتمالاً برای شاخه‌های پسته رقم اکبری در شرایط این آزمایش نوعی تنش ایجاد کرده است. در مطالعات پیشین، حلقه‌برداری در پسته در برخی شرایط باعث کاهش ریزش جوانه‌های گل و افزایش تجمع کربوهیدرات در بخش بالایی محل حلقه‌برداری شده است (Vemmos, 2005; Vemmos et al., 2012). با این حال، همان پژوهش‌ها نشان داده‌اند که حلقه‌برداری می‌تواند فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، غلظت نیتروژن و کلروفیل برگ را کاهش دهد. اسمعیلی‌زاده و همکاران (۱۳۹۳) نیز گزارش کردند که حلقه‌برداری در پسته رقم اوحدی باعث کاهش کلروفیل و فتوسنتز برگ شد. در پژوهش حاضر، حلقه‌برداری

برخلاف انتظار موجب بهبود صفات زایشی نشد و حتی در برخی شاخص‌ها با کاهش باروری و عملکرد همراه بود. این نتیجه نشان می‌دهد که پاسخ درختان پسته به این تیمار به‌طور کامل وابسته به شرایط اجرای آن است و عواملی مانند زمان انجام تیمار، شدت حلقه‌برداری، رقم و وضعیت فیزیولوژیک درخت می‌توانند در نوع پاسخ نقش تعیین‌کننده داشته باشند. در همین راستا، منصوری و همکاران، ۱۴۰۳ در زیتون و متولیان و همکاران، ۱۴۰۱ در انار نیز نشان دادند که اثر حلقه‌برداری به زمان اجرای آن وابسته است و این تیمار در صورت اجرا در زمان نامناسب، لزوماً به بهبود ویژگی‌های زایشی منجر نمی‌شود. بنابراین، کاهش محصول مشاهده‌شده در این پژوهش را می‌توان ناشی از حساسیت درختان پسته رقم اکبری به زمان اعمال حلقه‌برداری یا ایجاد اختلال نامطلوب در توزیع مواد فتوسنتزی و تعادل رشد رویشی و زایشی دانست. بنابراین، اثر حلقه‌برداری وابسته به زمان اجرا، شدت حلقه‌برداری، محل حلقه‌برداری، رقم، شرایط تغذیه‌ای و وضعیت آبی درخت است. در پژوهش حاضر، احتمالاً اختلال در انتقال آوندی و ایجاد تنش فیزیولوژیک باعث کاهش تشکیل و حفظ میوه شده است.

تیمار ترکیبی نیز عملکرد مطلوبی نداشت و بیشترین کاهش درصد تشکیل میوه را نشان داد. در این تیمار، هرس ریشه برای کل درخت انجام شد و روی شاخه تیمار شده نیز خم‌کردن و حلقه‌برداری اعمال

گردید. به نظر می‌رسد ترکیب چند عملیات تنش‌زا، به‌جای ایجاد اثر افزایشی مثبت، باعث تشدید تنش در شاخه و کاهش توان نگهداری میوه شده است. این نتیجه با مفهوم تعادل منبع و مخزن قابل تفسیر است؛ زیرا هم‌زمانی محدودیت در ریشه، تغییر زاویه شاخه و قطع مسیر انتقال مواد در آبکش می‌تواند تعادل رشد و باروری را مختل کند. مطالعات مربوط به حلقه‌برداری نشان داده‌اند که این عملیات علاوه بر تغییر توزیع کربوهیدرات، می‌تواند وضعیت آبی، هدایت روزنه‌ای و فعالیت فتوسنتزی گیاه را نیز تحت تأثیر قرار دهد (López et al., 2015; Oberhuber et al., 2017).

بنابراین، کاربرد ترکیبی چنین عملیات‌هایی باید با احتیاط و بر اساس زمان و شدت مناسب انجام شود.

در مورد خم‌کردن شاخه، نتایج نشان داد که این تیمار اثر مثبت مشخصی بر درصد تشکیل میوه نداشت و حتی کاهش درصد تشکیل میوه در آستانه معنی‌داری قرار گرفت. این یافته با برخی مطالعات انجام‌شده در سایر درختان میوه متفاوت است. در هلو، افزایش زاویه شاخه باعث بهبود نور داخل تاج و تجمع کربوهیدرات‌ها شده است (Zhang et al., 2023). در گلابی، زاویه ۸۰ درجه باعث افزایش تشکیل میوه و بهبود کیفیت میوه شده است (Niyaz et al., 2026)، و در سیب نیز خم‌کردن شاخه باعث افزایش تشکیل جوانه گل و نسبت کربن به نیتروژن شده است (Zhang et al., 2017). تفاوت نتایج پژوهش حاضر با این مطالعات می‌تواند به

دلیل تفاوت گونه، رقم، زاویه خم کردن، زمان اجرا و شرایط اقلیمی باشد. در این پژوهش زاویه خم کردن حدود ۳۰ تا ۴۵ درجه بود، در حالی که در بسیاری از مطالعات موفق، زاویه‌های بازتر مانند ۸۰، ۹۰ یا حتی ۱۱۰ درجه بررسی شده‌اند. بنابراین، ممکن است زاویه اعمال شده در این پژوهش برای ایجاد اثر مثبت بر باروری پسته کافی نبوده باشد. از نظر رشد طولی شاخه، حلقه‌برداری بیشترین کاهش را ایجاد کرد. این نتیجه نشان می‌دهد که حلقه‌برداری با محدود کردن انتقال مواد و ایجاد تنش موضعی می‌تواند رشد رویشی شاخه را کاهش دهد. در مقابل، خم کردن و هرس ریشه میانگین رشد طولی بالاتری نسبت به شاهد داخلی نشان دادند. البته باید توجه داشت که حجم نمونه در این پژوهش محدود بود و هر تیمار تنها سه تکرار داشت؛ بنابراین، اگرچه نتایج آماری برای برخی صفات معنی‌دار بود، تعمیم آن‌ها به شرایط گسترده‌تر نیازمند تکرار آزمایش در سال‌ها و باغ‌های مختلف و ارقام مختلف است. با توجه به اینکه باردهی درختان پسته به شدت تحت تأثیر شرایط سالانه، از جمله وضعیت ذخایر کربوهیدرات، شرایط اقلیمی، باردهی سال قبل و مرحله فنولوژیک درخت قرار دارد، نتایج این پژوهش باید در چارچوب سال اجرای آزمایش تفسیر شود. از این رو، یافته‌های حاضر بیانگر اثرات مشاهده شده در شرایط این مطالعه هستند و برای قضاوت قطعی درباره پایداری این

تیمارها، انجام آزمایش در چند سال متوالی پیشنهاد می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که عملیات باغی مورد بررسی اثر متفاوتی بر رشد و باروری درختان پسته رقم اکبری داشتند. اثر تیمارها بر تعداد میوه نهایی، درصد تشکیل میوه و رشد طولی کل شاخه معنی‌دار بود، اما بر تعداد میوه اولیه و افزایش قطر کل شاخه اثر معنی‌دار مشاهده نشد. در بین تیمارها، هرس ریشه پتانسیل بهتری در بهبود صفات زایشی نشان داد و باعث افزایش نسبی تعداد میوه نهایی و درصد تشکیل میوه نسبت به شاهد شد؛ این امر احتمالاً به دلیل مهار موقت رشد رویشی، کاهش رقابت بین اندام‌های رویشی و زایشی، و در نتیجه هدایت بهتر مواد فتوسنتزی به سمت میوه‌ها رخ داده است. در مقابل، حلقه‌برداری باعث کاهش معنی‌دار تعداد میوه اولیه، تعداد میوه نهایی و درصد تشکیل میوه شد و رشد طولی شاخه را نیز کاهش داد. تیمار ترکیبی نیز بیشترین کاهش درصد تشکیل میوه را ایجاد کرد و نشان داد که ترکیب هم‌زمان هرس ریشه، خم کردن و حلقه‌برداری شاخه در شرایط این آزمایش برای بهبود باروری پسته رقم اکبری مناسب نبوده است. بر اساس نتایج این پژوهش، هرس ریشه می‌تواند به عنوان تیماری قابل بررسی برای بهبود برخی شاخص‌های زایشی پسته رقم اکبری مطرح باشد، اما حلقه‌برداری، به‌ویژه به صورت ترکیبی با سایر عملیات،

آب زیرزمینی حوزه آبخیز بهادران استان یزد.
مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک، ۵(۱): ۲۹-۴۴.
doi: 10.22098/mmws.2024.14395.1404.

متولیان، س. ف.، عابدی، ب.، سلاح‌ورزی، ی. و
تهرانی‌فر، ع. ۱۴۰۱. بررسی تأثیر زمان حلقه‌برداری تنه
درخت بر شدت عارضه ترکیدگی و ویژگی‌های کمی و
کیفی میوه دو رقم انار. نشریه علوم باغبانی، ۳۶(۴):
۷۳۵-۷۴۵. doi: 10.22067/jhs.2021.61829.0

مصطفی‌لو، م.، و علی‌عرب، ع. ۱۳۹۵. اثر زمان
هرس ریشه بر زنده‌مانی و رشد نهال‌های ریشه‌لخت
بلندمازو (*Quercus castaneifolia*) در دوره‌های
مختلف آبیاری. فصلنامه پژوهش‌های علوم و فناوری
چوب و جنگل، ۲۳(۴): ۱۷۴-۱۵۵. doi:
10.22069/jwfst.2016.8317.1449

منصوری، ی.، زیودار، ش. و خالقی، ا. ۱۴۰۳. اثر
زمان حلقه‌برداری بر شاخص‌های گلدهی درختان زیتون
در شرایط اقلیمی اهواز. نشریه تولیدات گیاهی، ۴۷(۴):
۶۴۷-۶۶۱. doi: 10.22055/ppd.2024.47834.2197

López, R., Brossa, R., Gil, L. & Pita, P.
2015. Stem girdling evidences a trade-off
between cambial activity and sprouting and
dramatically reduces plant transpiration due to
feedback inhibition of photosynthesis and
hormone signaling. *Frontiers in Plant Science*, 6:
285. doi: 10.3389/fpls.2015.00285

Marino, G., Roussos, P. A., Gusella, G.,
Michailides, T. J., Ferguson, L. & Caruso, T.
2026. Pistachio. In *Temperate Tree Fruits and
Nuts. Academic Press, pp. 529-564. doi:*
10.1016/B978-0-443-29137-1.00014-1

باید با احتیاط بیشتری انجام شود. با توجه به محدود
بودن تعداد تکرارها و پتانسیل باززایی کمتر سیستم
ریشه‌ای در درختان بالغ، پیشنهاد می‌شود این آزمایش
در سال‌های بعد، با تعداد درخت بیشتر، زاویه‌های
مختلف خم‌کردن، شدت‌های متفاوت حلقه‌برداری و
هرس ریشه، و در شرایط اقلیمی و مدیریتی متنوع تکرار
شود.

منابع

اسمعیلی‌زاده، م.، طلایی، ع.، لسانی، ح.،
جوانشاه، ا. و حکم‌آبادی، ح. ۱۳۹۳. بررسی اثر
حلقه‌برداری، تنک میوه و کاربرد اوره، سولفات روی و
ساکاروز بر باردهی، مقدار کلروفیل و فتوسنتز برگ، و
ویژگی‌های کمی میوه پسته رقم اوحدی. علوم باغبانی،
۲۸(۳): ۲۷۷-۲۸۷. doi:
10.22067/jhorts4.v0i0.42727
پریمی، م. ۱۴۰۰. بررسی اثر حلقه‌برداری و
خمش روی برخی صفات رویشی و زایشی درختان پسته
رقم اکبری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی
شاهرود.

درودی، ه.، خسروجردی، ا. و شهابی، م. ۱۳۹۴.
اثر هرس ریشه بر فیزیولوژی و مورفولوژی نهال ارس
(*Juniperus excelsa* M.Bieb). فصلنامه جنگل و
فرآورده‌های چوب، ۶۸(۳): ۶۸۵-۶۹۷. doi:
10.22059/JFWP.2015.55598

سلیمان‌پور، س.م.، زندی‌فر، س.، رحمتی، ا. و
معتمدنیا، م. ۱۴۰۴. ارزیابی روند تغییرات دوره‌ای سطح

- International Journal of Agriculture and Biology*, 8: 474-476.
<https://www.fspublishers.org/paper/1593>
- Vemmos, S. N. 2005. Effects of shoot girdling on bud abscission, carbohydrate and nutrient concentrations in pistachio (*Pistacia vera* L.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 80(5): 529-536. doi: 10.1080/14620316.2005.11511973
- Vemmos, S. N., Papagiannopoulou, A. & Coward, S. 2012. Effects of shoot girdling on photosynthetic capacity, leaf carbohydrate, and bud abscission in pistachio (*Pistacia vera* L.). *Photosynthetica*, 50(1): 35-48. doi: 10.1007/s11099-012-0003-0
- Xing, Y., Chen, M., Dao, J., Lin, L., Chen, C., Chen, Y. & Wang, Z. 2024. Fine-root morphology of woody and herbaceous plants responds differently to altered precipitation: A meta-analysis. *Forest Ecology and Management*, 552: 121570. doi: 10.1016/j.foreco.2023.121570
- Zhang, B., Zheng, F., Geng, W., Du, H., Xiao, Y. & Peng, F. 2023. Effect of branch bending on the canopy characteristics and growth of peach (*Prunus persica* (L.) Batsch). *Agronomy*, 13(4): 1058. doi: 10.3390/agronomy13041058
- Zhang, M., Ma, F., Shu, H. & Han, M. 2017. Branch bending affected floral bud development and nutrient accumulation in shoot terminals of 'Fuji' and 'Gala' apples. *Acta Physiologiae Plantarum*, 39: 156. doi: 10.1007/s11738-017-2450-5
- Niyaz, A., Nasir, M., Zhang, S., Wang, S., Min, C., Fan, G., et al. 2026. Optimal branch bending angle for Korla fragrant pear: A multi-trait physiological trade-off framework. *Plants*, 15(2): 339. doi: 10.3390/plants15020339
- Oberhuber, W., Gruber, A., Lethaus, G., Winkler, A. & Wieser, G. 2017. Stem girdling indicates prioritized carbon allocation to the root system at the expense of radial stem growth in Norway spruce under drought conditions. *Environmental and Experimental Botany*, 138: 109-118. doi: 10.1016/j.envexpbot.2017.03.004
- Osku, M., Roozban, M. R., Sarikhani, S., Lawson, S., Arab, M. M. & Vahdati, K. 2024. Optimizing radicle-tip cutting for improved growth and lateral root formation in pistachio seedlings. *Scientific Reports*, 14: 1654. doi: 10.21203/rs.3.rs-4755928/v1
- Osku, M., Roozban, M. R., Sarikhani, S., Lawson, S., Arab, M. M., Sadeghi-Majd, R. & Vahdati, K. 2025. Improved root architecture and seedling performance in pistachio (*Pistacia vera* L.) via radicle-tip excision. *BMC Plant Biology*, 25: 10. doi: 10.1186/s12870-025-07069-6
- Shelden, M. C. & Munns, R. 2023. Crop root system plasticity for improved yields in saline soils. *Frontiers in Plant Science*, 14: 1120583. doi: 10.3389/fpls.2023.1120583
- Talaie, A., Seyedi, M. A., Panahi, B. & Khezri, M. 2006. Effects of shoot girdling and urea combined with 6-benzyl adenine on abscission of inflorescence buds in "Ohadi" pistachio cultivar (*Pistacia vera* L.).

Evaluation of the Effects of Root Pruning, Girdling, and Branch Bending on Fruiting and Shoot Growth of ‘Akbari’ Pistachio Trees in the Bahadoran Region of Yazd

Mohammadreza Alizadeh Jelgehpour¹, Kazem Kamali Aliabad², Ali Tajabadipour³

Abstract

This study evaluated the effects of orchard management practices on growth and fruiting in ‘Akbari’ pistachio trees. The experiment was conducted in spring 2026 in an orchard located in the Bahadoran region of Mehriz County, Yazd Province, Iran. Fifteen 15-year-old trees with uniform management conditions were selected. The treatments included branch bending, root pruning, branch girdling, a combined treatment consisting of (root pruning, branch bending, and girdling), and a control. Three trees were assigned to each treatment. On each tree, two fruiting branches of the same age and with similar light exposure were selected, with one branch serving as an internal control and the other as the treated branch. The measured traits were number of flower clusters, number of initial fruits, number of final fruits, fruit set percentage, shoot elongation growth, and branch diameter increment. The results showed that the treatments significantly affected final fruit number, fruit set percentage, and shoot elongation growth, but not initial fruit number or branch diameter increment. Root pruning produced the highest final fruit number and fruit set percentage, increasing them by 10.33 fruits and 10.08%, respectively, compared with the control. In contrast, girdling reduced final fruit number, fruit set percentage, and shoot elongation growth. The combined treatment caused the greatest reduction in fruit set percentage (-27.74%). Overall, root pruning had a more favorable effect than the other treatments on some reproductive traits of ‘Akbari’ pistachio trees under the environmental conditions of the Bahadoran region.

Keywords: Pistachio, Akbari cultivar, root pruning, girdling, branch bending, fruit set percentage

¹M.Sc. student in Agricultural Biotechnology, Department of Arid and Desert Regions Management, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran.

²Associate Professor, Department of Arid and Desert Regions Management, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran.

³Research Assistant Professor, Pistachio Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rafsanjan, Iran

* Corresponding Author, Email: kkamali@yazd.ac.ir