



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب)

۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران



19th Iranian Soil Science Congress (Holistic and Smart soil and water management)
16-18 September, 2025, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

تعیین عوامل مؤثر بر عملکرد گردوی ایرانی (*Juglans regia L.*) با استفاده از تحلیل همبستگی و

رگرسیون گام‌به‌گام

مجتی مقبلی*^۱ و ناصر برومند^۲

۱- موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

نویسنده مسئول: E-mail: mmoghbeli90@yahoo.com

۲- گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران.

چکیده

گردو یکی از خشک میوه‌های بسیار مهم است. افزودن صحیح عناصر غذایی به خاک بیشترین اثر را بر رشد و عملکرد گردو دارد. تغذیه صحیح درخت گردو و حفظ تعادل بین عناصر غذایی می‌تواند موجب افزایش عملکرد و کیفیت محصول شود. در این میان فسفر و روی از جمله عناصر مهم در تغذیه گردو بوده و مصرف بهینه این عناصر از نظر اقتصادی و همچنین عملکرد گردو مهم است. به این منظور آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه سطح فسفر (صفر، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم P₂O₅ در هکتار) و سه سطح روی (صفر، ۱۵ و ۳۰ کیلوگرم Zn در هکتار) با چهار تکرار در شهرستان رابر انجام شد. نتایج نشان داد فسفر و اسید فیتیک همبستگی مثبت معنی‌داری با وزن مغز گردو داشتند، در حالی‌که روی اثر منفی معنی‌دار بر آن داشت. تحلیل رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که غلظت روی مهم‌ترین عامل محدودکننده عملکرد بوده است. این نتایج می‌تواند راهنمایی برای مدیریت بهینه مصرف کودهای فسفر و روی در باغ‌های گردو باشد.

کلمات کلیدی: اسید فیتیک، تغذیه، روی، عناصر غذایی، فسفر

مقدمه

گردو درختی یک پایه از تیره Juglandaceae و جنس *Juglans* است. جنس *Juglans* شامل بیست و یک گونه است که از میان آنها گردوی ایرانی *Juglans regia* بسیار مهم بوده و به صورت تجاری در بسیاری از کشورها پرورش داده می‌شود و ایران یکی از رویشگاه‌های طبیعی این گونه می‌باشد (Salcedo et al., 2010).

گردوی ایرانی یکی از منابع ارزشمند گیاهی جهان و به ویژه ایران است. چرا که ایران با در برگیری بخش زیادی از ناحیه آسیای میانه به عنوان مرکز تنوع و پیدایش بسیاری از گونه‌های زراعی - باغی به ویژه گونه گردوی ایرانی صاحب امتیاز خاصی در این زمینه است (برومند و مقبلی، ۱۳۹۳). تغذیه مناسب و صحیح درختان گردو می‌تواند عملکرد و کیفیت محصول را بشدت تحت تاثیر قرار دهد. از جمله عناصری که در تغذیه گردو نقش مهم و اساسی دارند فسفر و روی می‌باشند (Marschner, 2012). مهم‌ترین وظیفه فسفر در گیاهان، ذخیره و انتقال انرژی است و مهم‌ترین واکنش فسفر در گیاهان فسفوریلاسیون می‌باشد. فسفر همچنین ترکیب ساختاری مهم در اسیدهای نوکلئیک، کوآنزیم‌ها، نوکلئوتیدها، فسفوپروتئین‌ها، فسفولیپیدها و قندهای



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب)

۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران



19th Iranian Soil Science Congress (Holistic and Smart soil and water management)
16-18 September, 2025, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

فسفاته است. وجود فسفر به مقدار کافی در اوایل دوره رشد بویژه در اندام‌های زایشی، اهمیت بسیار دارد. فسفر در تشکیل بذر نقش اساسی داشته و در بذر و میوه تجمع می‌یابد (Havlin et al., 2005; Marschner, 2012).

یکی دیگر از عناصری که عملکرد گردو را تحت تاثیر قرار می‌دهد روی است. این عنصر یکی از عناصر کم مصرف می‌باشد که برای رشد بهینه و محصول‌دهی گیاهان مورد نیاز می‌باشد (Alloway, 2004). روی نیز در تشکیل و فعالیت هورمون‌های رشد، طولیل شدن فاصله گره‌ها، تشکیل کلروپلاست، احیای مواد، سنتز نوکلئوتیدها و تنظیم آب گیاه موثر است (Rudani et al., 2018).

از آنجایی که فسفر و روی رفتار آنتاگونیستی با یکدیگر دارند، بنابراین مصرف بی رویه کودهای فسفردار موجب کاهش جذب، انتقال و متابولیسم عناصر کم مصرف به ویژه روی می‌شود و در نهایت تاثیر نامطلوبی روی رشد گیاه دارد (Ronaghi et al., 2002; Sarhadi-Sardoui et al., 2003).

با توجه به اهمیت درخت گردو و کمبود مطالعات در زمینه تغذیه این درخت با ارزش در ایران، در این تحقیق به بررسی تعیین موثرترین فاکتورهای تاثیر گذار بر عملکرد گردوی ایرانی (*Juglans regia* L.) با استفاده از روابط همبستگی و رگرسیون گام به گام پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها:

این آزمایش در روستای بندر هنزا واقع در شهرستان رابر با مختصات جغرافیایی ۵۷ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۵۷ و ۲۴ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۳۹ دقیقه عرض شمالی واقع در استان کرمان که یکی از مستعدترین مناطق تولید گردو در استان کرمان است (برومند و مقبلی، ۱۳۹۳) طی دو سال ۹۱-۹۲ انجام گرفت. ابتدا یک نمونه خاک از عمق تو سعه ریشه درختان گردو به روش نمونه برداری مرکب تهیه و جهت آنالیز به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نمونه برداری شده اندازه‌گیری شد.

باغ مورد مطالعه بدلیلی از جمله کمبود فسفر و روی (نتایج حاصل از آزمون خاک، مقدار فسفر ۷ میلی گرم بر کیلوگرم و روی ۰/۸ میلی گرم بر کیلوگرم)، یکنواختی درختان، قرار گرفتن در محل مناسب و در دسترس بودن انتخاب شد لازم بذکر است تعداد ۲۰۰ درخت در هر هکتار وجود داشت. آزمایش به صورت فاکتوریل ۳×۳ با سه سطح فسفر (صفر، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم P₂O₅ در هکتار) از منبع سوپر فسفات تریپل و سه سطح روی (صفر، ۱۵ و ۳۰ کیلوگرم Zn در هکتار) از منبع ZnEDTA در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد.

همه درختان از رقم گردوی ایرانی انتخاب شد و از نظر شکل ظاهر و سن دارای شرایط نسبتاً مشابه بودند. سن درختان ۱۵ سال و فاصله آن‌ها ۱۰ متر بود. و هیچ گونه کود دامی و شیمیایی در سال ۹۰ مصرف نشد پس از مشخص نمودن درختان و شماره‌گذاری، کوددهی فسفر در اسفند ماه و محلول پاشی روی در اردیبهشت ماه و در سه نوبت در فاصله ۱۰ روزه صورت گرفت. زمان محلول پاشی در اوایل روز بین ساعت ۶ تا ۱۰ بود. در اواسط تابستان نمونه‌های برگ‌ها از قسمت سر شاخه‌ها و برگ‌های بالغ جمع‌آوری و بعد از انتقال به آزمایشگاه غلظت عناصر کم مصرف آهن، مس، منگنز، روی با روش خشک سوزانی و عصاره‌گیری با اسید کلریدریک دو نرمال توسط دستگاه جذب اتمی Perkin - Elmer مدل ۵۱۰۰ PC اندازه‌گیری شد



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب)

۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران



19th Iranian Soil Science Congress (Holistic and Smart soil and water management)
16-18 September, 2025, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



(امامی، ۱۳۷۵)، غلظت کاتالاز با روش رنگ سنجی با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه-گیری گردید و میزان اسید فیتیک از حاصل ضرب فسفر کل در عدد ۳/۵۵ به دست آمد (Feil and Fossati, 1997). در اوایل پاییز بعد از برداشت کامل میوه‌های موجود بر شاخه‌های اصلی هر درخت، ۵۰۰ میوه به صورت تصادفی از هر درخت انتخاب و وزن مغز گردو در تیمارهای مختلف مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. در نهایت جهت تجزیه و تحلیل کلیه داده‌ها از روابط همبستگی و رگرسیون گام به گام استفاده شد.

نتایج و بحث:

میزان شوری (EC_e)، واکنش خاک (pH)، درصد کربنات کلسیم معادل (CCE)، درصد کربن آلی (OC)، غلظت برخی عناصر و بافت خاک باغ مورد آزمایش در جدول ۱ ذکر شده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نمونه برداری شده

ویژگی	واحد	لوم شنی
سیلت	%	۲۸
رس	%	۱۴
رطوبت اشباع (SP)	%	۴۳/۹۲
EC_e	$dS\ m^{-1}$	۰/۹۵
pH	---	۷/۹۸
CCE	%	۴/۴
OC	%	۱/۵
فسفر قابل استفاده	$mg\ kg^{-1}$	۷/۴۵
روی قابل استفاده	$mg\ kg^{-1}$	۰/۷۲
آهن قابل استفاده	$mg\ kg^{-1}$	۹/۴
منگنز قابل استفاده	$mg\ kg^{-1}$	۱۳
مس قابل استفاده	$mg\ kg^{-1}$	۵/۲



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب)

۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران



19th Iranian Soil Science Congress (Holistic and Smart soil and water management)
16-18 September, 2025, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق نشان داده شد وزن مغز گردو با افزایش غلظت فسفر و اسید فیتیک به طور معنی داری افزایش یافته است در حالیکه افزایش روی موجب کاهش معنی دار وزن مغز گردیده است. همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است افزایش میزان فسفر موجب افزایش معنی دار اسید فیتیک در سطح یک درصد و افزایش وزن مغز گردوی ایرانی در سطح ۵ درصد شده است، در حالیکه موجب کاهش معنی دار روی در سطح یک درصد گردیده است، افزایش میزان جذب فسفر از خاک موجب کاهش جذب روی شده است در نتیجه غلظت فسفر در برگ افزایش و میزان روی در برگ کاهش یافته است. در پژوهشی نشان داده شد غلظت بالای فسفر باعث کاهش روی در اندام گیاه می گردد (Mousavi et al., 2012). همچنین در پژوهشی دیگر مشاهده شد که فسفر با روی رابطه رقابتی داشته و با افزایش غلظت فسفر میزان روی در گیاه کاهش می‌یابد (Sarhadi-Sardoui et la., 2003).

افزایش میزان فسفر بر غلظت آهن، مس و کاتالاز تاثیر معنی داری نداشته است اما همبستگی معنی داری با افزایش منگنز موجود در برگ داشته است. مصرف بی رویه کودهای فسفردار موجب کاهش جذب، انتقال و متابولیسم عناصر کم مصرف می‌شود و در نهایت تاثیر نامطلوبی روی رشد گیاه دارد (Ronaghi et al., 2002; Sarhadi-Sardoui et la., 2003). در پژوهشی دیگر نشان داده شد که در مقادیر زیاد فسفر قابل حل، جابه‌جایی برخی عناصر کم مصرف از جمله آهن و منگنز را از ریشه به اندام هوایی گیاه ذرت (*Zea mays L*) کاهش می‌یابد که بیانگر حالت غیر فعال شدن درونی این عناصر توسط فسفر است (Farid et al., 2023).

نتایج جدول ۲ نشان دهنده همبستگی منفی و معنی دار روی با اسید فیتیک و وزن مغز گردو است. از آنجاییکه فسفر و روی با یکدیگر رابطه آنتاگونیسم دارند در نتیجه افزایش روی موجب کاهش میزان فسفر شده و وزن مغز گردو کاهش یافته است و با توجه به اینکه فسفر قسمت عمده اسید فیتیک ($C_6H_{18}O_{24}P_6$) را تشکیل می‌دهد (Barker and Pilbeam., 2010) در نتیجه با کاهش فسفر غلظت این آنزیم نیز کاهش یافته است. همچنین افزایش روی با کاهش غلظت آهن موجب کاهش غلظت کاتالاز شده است، البته این کاهش معنی دار نشده است.

نتایج نشان دهنده همبستگی مثبت و معنی دار میان غلظت آهن و کاتالاز است. با توجه به اینکه آهن مستقیماً در میزان آنزیم کاتالاز نقش دارد (Marschner, 2012) در نتیجه افزایش غلظت آهن موجب افزایش غلظت کاتالاز شده است. همچنین آهن و مس همبستگی منفی با یکدیگر نشان دادند بطوری که با افزایش غلظت آهن، کاهش غلظت عنصر مس در برگ دیده شد. افزایش اسید فیتیک با افزایش وزن مغز همبستگی مثبت و معنی داری را نشان داد. با توجه به اینکه یکی از عناصر مهم موجود در مغز گردو فسفر است در نتیجه با تشکیل مقدار بیشتر اسید فیتیک احتمالاً وزن مغز افزایش یافته است.

آنالیز داده ها بر اساس رگرسیون گام به گام نشان داد که عنصر روی بیشترین تاثیر را بر عملکرد گردوی ایرانی داشته است همانگونه که در جدول ۳ نشان داده شده است در بین فاکتورهای های موثر بر عملکرد فقط شاخص توزیع عنصر روی در سطح پنج درصد معنی دار گردید و وارد مدل شد. پس در بین فاکتورهای موثر بر عملکرد گردو، عنصر روی به عنوان عامل محدودکننده عملکرد بوده است. این نتایج می‌تواند راهنمایی برای مدیریت بهینه مصرف کودهای فسفر و روی در باغ‌های گردو باشد. صادقی و همکاران (۱۳۹۹) گزارش دادند افزایش مصرف روی به صورت محلول پاشی، افزایش غلظت روی در برگ را ایجاد کرده و



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب)

۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران



19th Iranian Soil Science Congress (Holistic and Smart soil and water management)
16-18 September, 2025, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

موجب افزایش چشمگیر عملکرد درخت سیب شده است. نتایج پژوهشی دیگر نشان داد افزایش غلظت روی در برگ به صورت محلول پاشی موجب افزایش عملکرد درخت پسته شده است (Norozi et al, 2019).

جدول ۲- رابطه همبستگی بین غلظت عناصر، اسید فیتیک و کاتالاز با عملکرد گردو

وزن مغز (۵۰۰ دانه)	کاتالاز	اسید فیتیک	منگنز	مس	آهن	روی	فسفر	مولفه
۰/۹۹۸ *	۰/۲۰۴ ns	۰/۹۹۹ **	۰/۹۹۷ *	۰/۸۸۰ ns	۰/۲۷۶ ns	-۰/۹۹۹ *		فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم)
-۰/۹۹۹ *	-۰/۲۳۲ ns	-۰/۹۹۹ **	-۰/۹۹۴ ns	-۰/۸۶۶ ns	-۰/۳۰۴ ns			روی (میلی گرم بر کیلوگرم)
۰/۳۳۲ ns	۰/۹۹۷ *	۰/۲۹۲ ns	۰/۲۰۰ ns	-۰/۲۱۳ ns				آهن (میلی گرم بر کیلوگرم)
۰/۸۵۰ ns	-۰/۲۸۵ ns	۰/۸۷۲ ns	۰/۹۱۴ ns					مس (میلی گرم بر کیلوگرم)
۰/۹۹۰ ns	۰/۱۲۷ ns	۰/۹۹۵ ns						منگنز (میلی گرم بر کیلوگرم)
۰/۹۹۹ *	۰/۲۱۹ ns							فیتیک اسید (میلی گرم بر کیلوگرم)
۰/۲۶۱ ns								کاتالاز (میلی گرم بر کیلوگرم)

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۳- تعیین تاثیر مهم ترین فاکتورهای موثر بر عملکرد گردوی ایرانی با استفاده از رگرسیون گام به گام

صفات مهم	R ² جزئی	R ² مدل	F
روی	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۱۱۱۴/۹۴ *

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد فسفر و اسید فیتیک همبستگی مثبت معنی داری بر وزن مغز گردو داشت در حالیکه روی همبستگی منفی و معنی داری بر آن نشان داد که نشان دهنده نقش مهم مدیریت متعادل فسفر و روی برای افزایش عملکرد



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران

(مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب)

۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران



19th Iranian Soil Science Congress (Holistic and Smart soil and water management)
16-18 September, 2025, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



گردو است. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌دار میان غلظت آهن و کاتالاز مشاهده شد. رگرسیون گام به گام نشان داد مهمترین عامل موثر بر عملکرد گردو غلظت عنصر روی است که این نتایج می‌تواند راهنمایی برای مدیریت بهینه مصرف کودهای فسفر و روی در باغ‌های گردو باشد

منابع

- امامی، ع. (۱۳۷۵). روشهای تجزیه گیاه. جلد اول. نشریه فنی شماره ۹۸۲. موسسه تحقیقات خاک و آب.
- برومند، ن و مقبلی، م. (۱۳۹۳). بررسی تاثیر نسبت‌های مختلف فسفر به روی بر عملکرد و کیفیت گردو. گزارش نهایی طرح پژوهشی، دانشکده کشاورزی. دانشگاه جیرفت. صفحه ۵.
- صادقی، ا.، بابالار، م و طلائی، ع. ر. (۱۳۹۹). اثر محلول‌پاشی آهن و روی بر عملکرد، خواص کیفی و غلظت عناصر غذایی برگ و میوه سیب رقم گالا (*Malus domestica cv. Gala*). مجله علوم باغبانی ایران ۵۱ (۴): ۹۷۸-۹۵۶.
- Alloway, B.J., (2004). Zinc in soils and crops nutrition. International Zinc Association (IZA), Brussels, Belgium. 127 p.
- Barker, A. V., and Pilbeam, D.J. (2010). Handbook of plant nutrition (Vol. 117): CRC press.
- Farid, I.M., El-Shinaway, R., Elhussiny, O., Abbas, H Abbas, M and Ahmed Bassouny., A . (2023). Phosphorus and Micronutrient Interactions in soil and their Impacts on Maize Growth. Egyptian Journal of Soil Science. 63: 405-416.
- Feil, B., and Fossati, D. (1997). Phytic acid in titicale grains as affected by cultivar and environment. Crop Science. 37: 916-621.
- Havlin, J., Beaton, J.D., Tisdale, S.L., and Nelson, W.L. (2005). "Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management," Pearson Prentice Hall Upper Saddle River, NJ.
- Rudani, K., Patel, Vishal., and Prajapati, Kalavati (2018). The importance of zinc in plant growth-A review. International Research Journal of Natural and Applied Sciences. 5:38-48.
- Marschner, H. (2012). Mineral nutrition of higher plants. Elsevier Science Ltd.
- Mousavi, S.R., Galavi, M., and Rezaei, M. (2012). The interaction of zinc with other elements in plants:a review. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 21: 1881-1884.
- Norozi, M., ValizadehKaji, B., Karimi, R., and Nikoogoftar Sedgh, M. (2023). Effects of Foliar Application of Potassium and Zinc on Pistachio (*Pistacia vera L.*) Fruit Yield. International Journal of Horticultural Science and Technology. 6: 113-123.
- Ronaghi, A., Chakrol-hosseini, M., and Karimian, N. (2002). Growth and chemical composition of corn as affected by phosphorus and iron. Journal of Science and Technology of Agricultural and Natural Resources. 6: 91-102.
- Salcedo, C. L., López de Mishima, B. A., and Nazareno, M. A. (2010). Walnuts and almonds as model systems of foods constituted by oxidisable, pro-oxidant and antioxidant factors. Food Research International 43, 1187-1197.



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران



(مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب)

۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران



19th Iranian Soil Science Congress (Holistic and Smart soil and water management)
16-18 September, 2025, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



Sarhadi-Sardoui, J., Ronagashi, A., Maftoun., and Karimian, M. (2003). Growth and chemical composition of corn in three calcareous sandy soil of Iran as affected by applied phosphorus and manure. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 5: 77-84.

Determining the key factors affecting Persian walnut (*Juglans regia* L.) yield using correlation and stepwise regression analyses

Mojtaba Moghbeli^{1*} and Naser Broumand²

1-Soil and Water Research Institute (SWRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

*Corresponding author: E-mail: mmoghbeli90@yahoo.com

2-Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran.

Abstract

Walnut is one of the most important dried fruits. Adding the correct nutrients to the soil has been the highest effect on the growth and performance of walnuts. Walnut suitable nutrition and Balancing of nutrients can be caused that performance and product quality are increased. In order to, factorial experiment in a randomized complete block design with three levels of P (0, 150 and 300 P₂O₅ kg.ha⁻¹) and three levels of zinc (0, 15 and 30 Zn kg.ha⁻¹) in four replications was evaluated. The results showed that phosphorus and phytic acid had a significant positive correlation with walnut kernel weight, whereas zinc had a significant negative effect on it. Stepwise regression analysis indicated that zinc concentration was the most limiting factor for yield. These findings can serve as a guideline for the optimal management of phosphorus and zinc fertilizer application in walnut orchards.

Keywords: Nutrition, Phosphorus, Phytic acid, Zinc