19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025

نوزدهمینکنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴

مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management
دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

# بررسی واکنش کلزا به کاربرد خاکی و محلول پاشی منیزیم در خاک‌های با نسبت متفاوت پتاسیم به منیزیم خاک

**جلال قادری[۱*]، فریدون نورقلی‌پور[۲]، کمال خلخال[۳]**

۱- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. پست الکترونیکی نویسنده مسئول ghaderij@yahoo.com

۲- استادیار، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

۳- کارشناس محقق، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران.

**چکیده:**

تحقیق حاضر به‌منظور بررسی واکنش کلزا به مقادیر مختلف کود منیزیم به‌روش مصرف خاکی و محلول‌پاشی باتوجه به نسبت متفاوت K/Mg و ارائه توصیه کودی مناسب منیزیم برای گیاه کلزا در دو سال متوالی استان کرمانشاه انجام گرفت. برای این منظور آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد که شامل کود سولفات منیزیم (۰، ۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) به‌صورت پیش‌کشت و برگ‌پاشی (۰ و ۵/۱۰۰۰) در مرحله خروج از روزت در سه منطقه این استان با نسبت‌های مختلف K/Mg (ماهیدشت: K=Mg، مهرگان: K>Mg و اسلام آبادغرب: K<Mg) بود. نتایج نشان داد که کاربرد توأم ۱۵۰ کیلوگرم منیزیم خاکی و محلول‌پاشی در منطقه مهرگان از لحاظ عملکرد (۱۷/۱۵٪)، تعداد دانه در خورجین (۲۱/۴۲٪)، تعداد خورجین در بوته (۴۶/۶۷٪) و ارتفاع بوته (۲۱/۱۷٪) افزایش و در رتبه اول قرار داشت. در منطقه ماهیدشت، با کاربرد توأم ۱۵۰ کیلوگرم منیزیم خاکی و محلول‌پاشی، عملکرد دانه نسبت به شاهد ۱۳ درصد و درصد روغن ۹/۲ درصد و در منطقه اسلام‌آبادغرب، عملکرد دانه را ۹/۴ درصد و درصد روغن را ۱۰ درصد افزایش داد. بنابراین کاربرد توأم ۱۵۰ کیلوگرم منیزیم خاکی و محلول‌پاشی، در هر سه منطقه ماهیدشت، مهرگان و اسلام‌آباد مناسبترین توصیه کودی است.

**واژگان کلیدی:** نسبت K/Mg، محلول پاشی، کاربرد خاکی منیزیم.

**مقدمه:**

در بین دانه‌های روغنی، کلزا (*Brassica napus* L.) یکی از مهم‌ترین گونه‌های دانه روغنی در جهان می‌باشد که به‌واسطه کیفیت بالای روغن و کنجاله آن حدود ۱۵ درصد از روغن نباتی خوراکی جهانی را تولید می‌کند (Tan et al., 2024). منیزیم به عنوان یک کوفاکتور برای آنزیم‌های کلیدی در فتوسنتز و متابولیسم کربوهیدرات‌ها عمل می‌کند. این فرآیندها پیش‌سازهای لازم برای سنتز اسیدهای چرب را فراهم می‌کنند، که مستقیماً بر افزایش محتوای روغن دانه تأثیر می‌گذارد

(Geng et al., 2021). تخلیه خاک از منیزیم از طریق کشت متراکم و همچنین برهمکنش های آنتاگونیستی در زمان جذب ریشه، به ویژه با پتاسیم (Geng et al., 2021, Xie et al., 2021, Garcia et al., 2022) باعث کمبود منیزیم در خاک های ایران شده است. متاسفانه کمبود منیزیم توسط کشاورزان به خوبی شناخته نشده است. بنابراین، محدودیت منیزیم در حال تبدیل شدن به یک عامل محدودیت شدید فزاینده در تولید محصول است (Wang et al., 2020). با بررسی نتایج آزمایش‌های قبلی و با بررسی نمونه‌های خاک بخصوص در پروژه پایلوت کلزا (Nourgholipour et al., 2022) مشاهده گردید که در برخی از خاک‌های زراعی کشور همچون استان کرمانشاه مقدار منیزیم، معادل مقدار پتاسیم و در برخی از آن‌ها این مقدار کمتر یا بیشتر از مقدار پتاسیم قابل‌جذب است. نحوه توصیه کودی منیزیم در این مزارع برای دستیابی به عملکرد بهینه نامشخص بود. بنابراین تحقیق حاضر به منظور بررسی واکنش کلزا به مقادیر مختلف کود منیزیم به روش مصرف خاکی و محلول پاشی با توجه به نسبت متفاوت پتاسیم به منیزیم و درنهایت ارائه توصیه کودی مناسب منیزیم برای گیاه کلزا در استان کرمانشاه انجام گرفت.

**مواد و روش‌ها:**

این پژوهش به مدت دو سال در استان کرمانشاه، در سه منطقه که در آن‌ها مقدار پتاسیم قابل‌دسترس معادل مقدار منیزیم قابل‌دسترس (ماهیدشت: K=Mg)، بیشتر (مهرگان: K>Mg) و نیز کمتر از منیزیم قابل‌دسترس (اسلام آبادغرب: K<Mg) است، کشت شد. رقم کلزای کشت‌شده رقم اکاپی بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل (دو فاکتور) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل مصرف خاکی مقادیر کود سولفات منیزیم (۱۵۰، ۵۰، صفر کیلوگرم در هکتار) به‌صورت پیش کشت و فاکتور دوم برگ‌پاشی سولفات منیزیم با غلظت‌های صفر و پنج در هزار سولفات منیزیم در مرحله خروج از روزت پس از سرک‌دهی کودهای اوره و سولفات آمونیوم بود. محلول پاشی برگی در هنگام غروب آفتاب با رطوبت نسبی ۶۰ درصد انجام شد. عناصر دیگر بر اساس آزمون خاک، مصرف شدند. پس از پایان دوره رشد، مقدار عملکرد دانه، اندازه‌گیری شد. قبل از برداشت، شاخص‌های ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه، اندازه‌گیری و شمارش شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها (دانکن در سطح احتمال پنج درصد) به‌وسیله نرم‌افزار SAS 9.4 انجام شد.

**نتایج و بحث:**

نتایج نشان داد که در منطقه ماهیدشت (K=Mg)، با کاربرد توأم ۱۵۰ کیلوگرم منیزیم خاکی و محلول‌پاشی ارتفاع بوته ۱۷۵/۳۳ سانتی‌متر به ۱۹۴/۸۳ سانتی‌متر، تعداد خورجین در بوته از ۳۸۰/۸۳ به ۴۸۴/۳۳، تعداد دانه در خورجین از ۱۸/۳۷ به ۲۱/۳، وزن هزار دانه از ۳/۷۴ گرم به ۴/۴۴ گرم، عملکرد دانه از ۳۰۴۶ کیلوگرم در هکتار به ۳۴۳۰ کیلوگرم در هکتار، و درصد روغن از ۳۵/۲۵ درصد به ۳۸/۴۸ درصد افزایش یافت (جدول ۱). در منطقه مهرگان (K>Mg)، با کاربرد توأم ۱۵۰ کیلوگرم منیزیم خاکی و محلول‌پاشی ارتفاع بوته ۱۳۴/۳ سانتی‌متر به ۱۶۲/۷۳ سانتی‌متر، تعداد خورجین در بوته از ۲۹۳/۶۷ به ۴۳۰/۷۲، تعداد دانه در خورجین از ۲۶/۳۳ به ۳۱/۹۷، وزن هزار دانه از ۴/۱۶ گرم به ۴/۷۸ گرم، عملکرد دانه از ۳۵۲۸ کیلوگرم در هکتار به ۴۱۳۳ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت و در تیمار کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم خاکی بدون محلول‌پاشی درصد روغن از ۳۶/۷۷ درصد به ۳۸/۵۳ درصد افزایش یافت. در منطقه اسلام‌آباد (K<Mg)، با کاربرد توأم ۱۵۰ کیلوگرم منیزیم خاکی و محلول‌پاشی ارتفاع بوته ۱۸۰/۴۳ سانتی‌متر به ۱۹۷ سانتی‌متر، تعداد خورجین در بوته از ۳۸۲/۳ به ۵۰۷/۶۷، تعداد دانه در خورجین از ۱۸/۴ به ۱۹/۵، وزن هزار دانه از ۴/۱۲ گرم به ۴/۶۲ گرم، عملکرد دانه از ۳۳۲۲ کیلوگرم در هکتار به ۳۶۳۵ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت و درصد روغن از ۳۷/۲ درصد به ۴۰/۹۲ درصد افزایش یافت. Gerendás و Führs (۲۰۱۳) همانند نتایج این تحقیق گزارش کردند که در گیاه دانه روغنی کلزا کاربرد منیزیم

باعث افزایش معنی‌دار درصد روغن آن شد. کاربرد توأم ۱۵۰ کیلوگرم منیزیم خاکی و محلول‌پاشی باعث بیشترین افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد به ترتیب در مهرگان (۱۷/۱۵ ٪)، ماهیدشت (۱۲/۶۰ ٪) و اسلام آباد غرب (۹/۴۰ ٪) شد که نشان دهنده بالاترین تأثیر مثبت کود منیزیم بر روی مناطقی است که منیزیم کمتری نسبت به پتاسیم (نسبت K/Mg بیشتر) دارند. به عبارت دیگر کوددهی منیزیم در این منطقه که منیزیم کمتری دارد باعث کاهش برهمکنش بین پتاسیم و منیزیم شده است. از طرف دیگر کاربرد توأم ۱۵۰ کیلوگرم منیزیم خاکی و محلول‌پاشی برای درصد روغن به ترتیب در اسلام آباد (۱۰ ٪)> ماهیدشت (۹/۱۶ ٪) > مهرگان (۴/۴۳ ٪) بود و این تأیید کننده نقش منیزیم در میزان روغن دانه است چرا که همبستگی بین غلظت منیزیم و درصد روغن دانه مثبت و میانگین منیزیم در دو سال زراعی به ترتیب در اسلام آباد (۴۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم)> ماهیدشت (۴۱۲/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) > مهرگان (۲۶۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. همانند این تحقیق، برخی محققان نیز گزارش کردند که کوددهی منیزیم چه به صورت خاکی و چه محلول پاشی باعث بهبود عملکرد محصول در مزرعه شد (Kashinath et al., 2013; Nedim and Daml, 2015).

**جدول ۱: میانگین اثر متقابل مصرف خاکی و محلول‌پاشی منیزیم بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد کلزا در دو سال زراعی**

| موقعیت | منیزیم خاکی | محلول‌پاشی | ارتفاع بوته | تعداد خورجین در بوته | تعداد دانه در خورجین | وزن هزار دانه | عملکرد دانه | درصد روغن |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | cm | - | - | gr | kg/ha$^{-1}$ | % |
| منطقه ماهیدشت (K=Mg) | ۰ | ۰ | ۱۷۵/۳۳d | ۳۸۰/۸۳c | ۱۸/۳۷d | ۳/۷۴e | ۳۰۴۵/۸۳d | ۳۵/۲۵d |
| | ۵۰ | ۰ | ۱۸۲cd | ۴۲۴/۵b | ۱۹/۴۲c | ۴c | ۳۲۰۴/۸c | ۳۶/۱۷c |
| | ۱۵۰ | ۰ | ۱۸۹/۸۳ab | ۴۳۵/۵b | ۲۰/۹۵a | ۴/۲۴b | ۳۳۶۳b | ۳۷/۱۳b |
| | ۰ | ۵/۱۰۰۰ | ۱۸۳/۵cd | ۴۱۸/۱۷b | ۱۹/۲۵c | ۳/۸۶d | ۳۱۰۲/۵d | ۳۶/۲۳c |
| | ۵۰ | ۵/۱۰۰۰ | ۱۹۰ab | ۴۷۱/۸۳a | ۲۰/۰۵b | ۴/۲۵b | ۳۳۲۷/۳۳b | ۳۷/۸۷a |
| | ۱۵۰ | ۵/۱۰۰۰ | ۱۹۴/۸۳a | ۴۸۴/۳۳a | ۲۱/۳a | ۴/۴۴a | ۳۴۲۹/۶۷a | ۳۸/۴۸a |
| منطقه مهرگان (K>Mg) | ۰ | ۰ | ۱۳۴/۳d | ۲۹۳/۶۷d | ۲۶/۳۳c | ۴/۱۶f | ۳۵۲۸/۳۳d | ۳۶/۷۷c |
| | ۵۰ | ۰ | ۱۴۷/۹۸b | ۳۰۶/۳۳d | ۲۹/۰۵ab | ۴/۳۴d | ۳۷۶۲/۰۲c | ۳۷/۵۷bc |
| | ۱۵۰ | ۰ | ۱۵۲/۲۵b | ۳۹۵/۶۷b | ۳۱/۸۳a | ۴/۶۲b | ۳۹۷۸/۵۲b | ۳۸/۵۳a |
| | ۰ | ۵/۱۰۰۰ | ۱۴۲/۴۷c | ۳۵۰/۹۸cd | ۲۷/۵۷b | ۴/۲۵e | ۳۶۷۹/۶۵c | ۳۷/۸۷b |
| | ۵۰ | ۵/۱۰۰۰ | ۱۵۱/۸۲b | ۳۷۴/۷bc | ۳۲/۴۳a | ۴/۴۹c | ۳۹۲۰/۸۷b | ۳۸/۰۷b |
| | ۱۵۰ | ۵/۱۰۰۰ | ۱۶۲/۷۳a | ۴۳۰/۷۲a | ۳۱/۹۷a | ۴/۷۸a | ۴۱۳۳/۲۸a | ۳۸/۴a |
| منطقه اسلام‌آباد (K<Mg) | ۰ | ۰ | ۱۸۰/۴۳a | ۳۸۲/۳۳c | ۱۹/۵a | ۴/۱۲f | ۳۳۲۲/۱۲e | ۳۷/۲e |
| | ۵۰ | ۰ | ۱۸۶/۲۲a | ۴۳۲/۶۷b | ۱۹/۸۶a | ۴/۳۱d | ۳۴۳۹/۱۲d | ۳۸/۳۸d |
| | ۱۵۰ | ۰ | ۱۹۳/۹۳a | ۴۴۴/۶۷b | ۲۲/۰۳a | ۴/۵۳b | ۳۵۶۸/۵b | ۳۹/۳۳c |
| | ۰ | ۵/۱۰۰۰ | ۱۸۹/۴۸a | ۴۱۶b | ۲۰/۳۷a | ۴/۲۱e | ۳۴۱۲/۱۲d | ۳۸/۷d |
| | ۵۰ | ۵/۱۰۰۰ | ۱۶۵/۴۸a | ۴۷۹/۳۳a | ۲۱/۶۳a | ۴/۴۶c | ۳۵۰۴/۸۲c | ۴۰/۳۲b |
| | ۱۵۰ | ۵/۱۰۰۰ | ۱۹۷a | ۵۰۷/۶۷a | ۱۸/۴a | ۴/۶۲a | ۳۶۳۴/۵a | ۴۰/۹۲a |

حروف مشابه هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیست

## نتیجه‌گیری:

نتایج این تحقیق نشان‌دهنده اهمیت مدیریت صحیح مصرف کود منیزیم در بهبود عملکرد گیاه کلزا و کیفیت دانه‌ها در خاک‌های با نسبت متفاوت K/Mg است. کاربرد توأم کود منیزیم به‌صورت خاکی و محلول‌پاشی در خاک‌های با نسبت پتاسیم به منیزیم بالا، تأثیر مثبت قابل‌توجهی بر افزایش عملکرد دانه داشت. با کاربرد توأم ۱۵۰ کیلوگرم منیزیم خاکی و محلول‌پاشی آن در منطقه مهرگان (K>Mg) از لحاظ عملکرد دانه، وزن خشک بوته، تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته و ارتفاع بوته در رتبه اول و بیشترین افزایش درصد روغن (۱۰٪) مربوط به اسلام آباد غرب بود. بنابراین نقش کوددهی منیزیم در پر شدن دانه و افزایش روغن کلزا کلیدی است. نسبت K/Mg تأثیر قابل توجهی بر جذب و کارایی منیزیم داشت و در مناطق با نسبت K/Mg بیشتر، عملکرد گیاه به دلیل کاهش برهمکنش پتاسیم و منیزیم، بهبود یافت. کاربرد توأم ۱۵۰ کیلوگرم منیزیم خاکی و محلول‌پاشی، در هر سه منطقه ماهیدشت، مهرگان و اسلام‌آباد مناسبترین توصیه کودی است.

## منابع


Garcia, A., Crusciol, C. A. C., Rosolem, C. A., Bossolani, J. W., Nascimento, C. A. C., McCray, J. M., ... & Cakmak, I. (2022). Potassium-magnesium imbalance causes detrimental effects on growth, starch allocation and Rubisco activity in sugarcane plants. Plant and Soil, 1-14.

Geng, G., Cakmak, I., Ren, T., Lu, Z., & Lu, J. (2021). Effect of magnesium fertilization on seed yield, seed quality, carbon assimilation and nutrient uptake of rapeseed plants. Field Crops Research, 264,

Gerendás J, Führs H (2013) The significance of magnesium for crop quality. Plant and Soil, 368:101–128.

Kashinath BL, Ganesha AN et al (2013) Effect of applied magnesium on yield and quality of tomato in Alfisols of Karnataka. Journal of Horticultural Science و8:55–59.

Mahdi B, Yasser E, Abolfazl T, Ahmad A (2012) Efficacy of different iron, zinc and magnesium fertilizers on yield and yield components of barley. African Journal of Microbiology Research, 6:5754–5756.

Nedim, O., & Daml, B. O. (2015). Effect of Mg fertilization on some plant nutrient interactions and nut quality properties in Turkish hazelnut (Corylus avellana L.). Scientific Research and Essays, 10(14), 465-470.

Nourgholipour F, Tohidlu S, Jafarnejadi A et al (2022) Comparison of farmer-specific fertilization method and the recommended combined fertilization in parts of Iran. Land Management Journal, 10:209–220.

Tan, Z., Han, X., Dai, C., Lu, S., He, H., Yao, X., & Zhao, H. (2024). Functional genomics of Brassica napus: Progress, challenges, and perspectives. Journal of Integrative Plant Biology, 66(3), 484-509.

Xie, K., Cakmak, I., Wang, S., Zhang, F., & Guo, S. (2021). Synergistic and antagonistic interactions between potassium and magnesium in higher plants. The Crop Journal, 9(2), 249-256.

Wang, Z., Hassan, M. U., Nadeem, F., Wu, L., Zhang, F., & Li, X. (2020). Magnesium fertilization improves crop yield in most production systems: A meta-analysis. Frontiers in plant science, 10, 495191.


## Response of Canola (*Brassica napus*) to Soil and Foliar Application of Magnesium in Soils with Different Potassium to Magnesium Ratios


Jalal Ghaderi[1]✉ | Fereydun Nourgholipour[2] | Kamal Khalkhal[3]

1. Assistant Prof., Soil and Water Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Iran. Coresponding Author's E-mail: ghaderijalal@gmail.com
2. Assistant Prof., Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Tehran, Iran.
3. Researcher Expert, Soil and Water Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Iran.



**Abstract**

This study examined the response of canola (*Brassica napus L.*) to magnesium (Mg) fertilizer applied through soil and foliar methods at varying potassium-to-magnesium (K/Mg) ratios. The main objectives were to establish Mg fertilizer recommendations for canola cultivation over a two-year period (2022–2023) in

Kermanshah Province, Iran. A factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications. The first factor included pre-planting application of $MgSO_4$ at rates of 0, 50, and 150 kg/ha, while the second factor consisted of foliar-applied $MgSO_4$ (0 and 5/1000) during the stem elongation stage. The experiment was conducted in three locations with different K/Mg ratios: Mahidasht (K=Mg), Mehregan (K>Mg), and Islamabad Gharb (K<Mg). The results showed that the combined application of 150 kg/ha soil-applied Mg and foliar Mg significantly improved yield (17.15%), dry weight (45.75%), number of grains per pod (21.42%), number of pods per plant (46.67%), and plant height (21.17%). Compared to the control, this combination increased grain yield by 13% in Mahidasht (K=Mg) and by 9.4% in Islamabad Gharb (K<Mg). Additionally, oil content increased by 9.2% and 10% in these regions, respectively. The combined application of 150 kg/ha soil-applied Mg and foliar Mg is recommended for all regions studied, particularly those with higher K/Mg ratios (>1).

**Keywords**: K/Mg Ratio, Mg Soil and Foliar Application.