19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025

نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذرماه 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

تعیین شاخص DOP و تعادل تغذیه‌ای (NBI) مزارع لوبیا چیتی در استان فارس

سیدماشااله حسینی[1*]، محمد سعید تدین[2]

۱- عضو هیئت علمی بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی (**AREEO**)، شیراز، ایران* پست الکترونیکی **mhoseini20@yahoo.ca**
۲- عضو هیئت علمی بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی (**AREEO**)، شیراز، ایران

چکیده

این مطالعه با هدف ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای، خاکی و عملکردی مزارع لوبیا در استان فارس و شناسایی عوامل محدودکننده تولید، با استفاده از روش‌های آماری و شاخص‌های تحلیلی نظیر انحراف از درصد بهینه (DOP[1]) و شاخص تعادل تغذیه‌ای (NBI[2]) انجام شد. این مطالعه در مزارع لوبیای استان فارس به مدت سه سال اجراء گردید. در هر سال تعداد ۳۰ الی ۳۵ مزرعه انتخاب و عناصر غذائی نمونه خاک و برگ لوبیا تعیین گردید. بر اساس شاخص DOP، ترتیب کمبود عناصر به‌صورت نیتروژن (N) > منگنز (Mn) > پتاسیم (K) > فسفر (P) > روی (Zn) بود. همچنین، شاخص تعادل تغذیه‌ای (NBI) رابطه معکوسی با عملکرد نشان داد. مزارع با شاخص NBI بیشتر از ۱۰۲/۱۹ عملکردی کمتر از ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و مزارع با شاخص کمتر از ۱۰۲/۱۹ عملکردی بالاتر از ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار داشتند. در مجموع، این مطالعه نشان می‌دهد که عدم تعادل عناصر غذایی، چالش‌های اصلی محدودکننده عملکرد لوبیا در استان فارس هستند.

واژگان کلیدی: تغذیه بهینه، نرم عناصر غذایی، تشخیص چندگانه

[1] Deviation of percentage
[2] Nutrient balance indices

مقدمه

ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای و تشخیص نیازهای غذایی مزارع لوبیای (*Phaseolus vulgaris*) استان فارس به منظور استفاده از نتایج آن در تفسیر و توصیه کودی از اولویت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. روش‌های متفاوتی برای شناخت وضعیت تغذیه‌ای گیاهان زراعی استفاده می‌گردد. تغذیه متعادل لوبیا پیامدهای مثبتی مانند افزایش عملکرد، افزایش مقاومت گیاه در برابر آفات، بیماری-ها و تنش-های محیطی و غنی‌سازی محصول دارد. روش-های متفاوتی مانند تفسیر و آنالیز نتایج تجزیه بافت گیاهی و آزمون خاک برای شناخت وضعیت تغذیه‌ای گیاهان زراعی استفاده می‌گردد (Hallmark et al., 1991). در روش DOP، شاخص تعادل تغذیه‌ای (NBI) از جمع قدرمطلق همه‌ی عناصر غذایی (IK,IP ,IN,...) بدست می‌آید که با میزان عملکرد رابطه‌ی معکوس دارد (دریاشناس و ثقفی، ۱۳۹۰؛ Khiari et al., 2001). صمدی و مجیدی (۱۳۸۹) برای تعیین شاخص‌های انحراف از درصد بهینه (DOP) و روش تلفیقی تشخیص و توصیه DRIS را تبعیین کردند. نتایج نشان داد از لحاظ میانگین شاخص‌های دریس ترتیب نیاز غذایی برای عناصر کم مصرف و پرمصرف به صورت Cu>Ca>K=Mn>P>B>Mg>Zn>N>Fe در مزارع با عملکرد پایین بدست آمد. از لحاظ میانگین شاخص‌های روشDOP، ترتیب نیاز غذایی برای عناصر پرمصرف و کم‌مصرف به صورت Ca>K>Cu>P>B>Mn>Mg>N>Fe>Zn برای مزارع با عملکرد پایین به دست آمد. مقایسه شاخص‌های دریس عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف با شاخص‌های DOP نشان داد که در هر دو شاخص عناصر کلسیم، پتاسیم و مس منفی‌ترین شاخص در مزارع با عملکرد کم بودند که حاکی از تشابه زیاد بین دو روش در تفسیر نتایج تجزیه برگ بود. در این مطالعه به منظور صحت، دقت و ارزشمندی نرم‌ها و شاخص‌ها نتایج دو سری آزمایش کودی مورد آزمون قرار گرفت. نتایج آزمون‌ها نشان داد نرم‌ها و شاخص‌ها دارای دقت کافی برای ارزیابی و تشخیص اختلالات تغذیه‌ای بود. مقدار بالاتر ΣDOP یا NBI هر مزرعه نشان‌دهنده نابرابری تغذیه‌ای بیشتر است که می‌تواند به محدودیت‌های عملکردی در عملکرد محصول اشاره داشته باشد (Montañés et al., 1993؛ Dixon and Qaderi, 2025). این شاخص‌ها چارچوبی قوی برای تشخیص کمبود عناصر غذایی و بهینه‌سازی استراتژی‌های کوددهی متناسب با نیازهای منطقه‌ای فراهم می‌کنند.شاخص NBI (تعادل تغذیه‌ای) رابطه معکوس با عملکرد دارد. این نشان می‌دهد که عدم تعادل عناصر غذایی (مانند آنتاگونیسم بین روی و مس) تأثیر مستقیمی بر کاهش عملکرد دارد (Duarte و همکاران، ۲۰۲۰). هدف از انجام مطالعه حاضر تعیین نرمهای انحراف ارز درصد بهینه DOP و تعیین شاخص های تعادل تغذیه ای NBI برای مزارع لوبیا چیتی در استان فارس بود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در ۱۰۰ مزرعه لوبیا چیتی (رقم خمین) در مناطق عمده تولید لوبیا شامل شهرستان‌های سپیدان، آباده و اقلید در استان فارس انجام شد. قبل از کشت نمونه خاک مرکب از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متری برداشت گردید. نمونه‌های برگ از تعداد ۳۰ بوته لوبیا در هر مزرعه در مرحله گلدهی بطور تصادفی و پراکنده انتخاب و به روش رایج (براساس دستورالعمل موسسه تحقیقات خاک و آب) تجزیه شد. در این مطالعه شاخص DOP با استفاده از فرمول ۱ محاسبه شد:

$$DOP = [(C \times 100) / Cref] - 100 \quad (۱)$$

که در آن C نمایانگر غلظت عناصر غذایی اندازه‌گیری شده در نمونه گیاهی است و Cref ارزش مرجع مشتق‌شده از جمعیت‌های با عملکرد بالا است. علاوه بر این، شاخص تعادل تغذیه‌ای (NBI) با جمع مقادیر قدرمطلق شاخص‌های DOP هر عنصر غذایی مزرعه با استفاده از فرمول ۲ به صورت زیر محاسبه شد:

$$NBI = \Sigma DOP = |IA| + |IB| + |IC| + \cdots + |IN| \quad (۲)$$

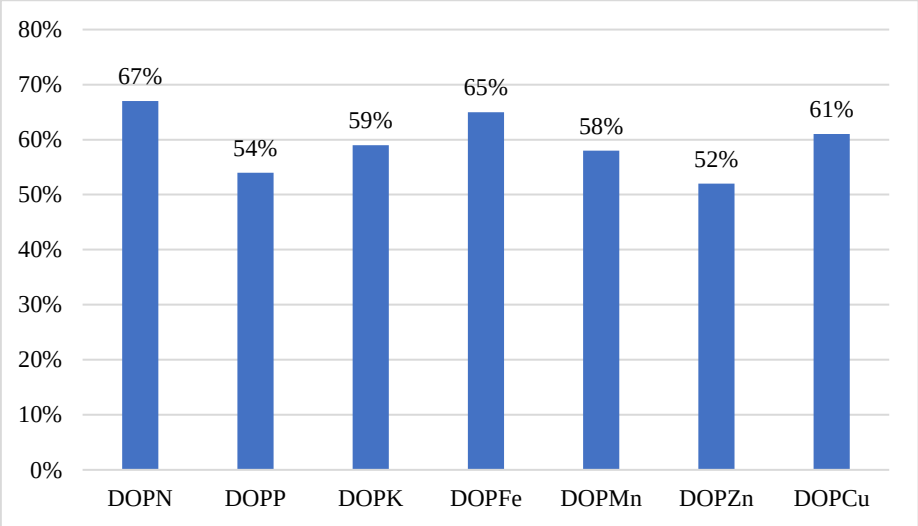
نتایج و بحث

نرم‌های DOP یا سطوح بهینه عناصر غذایی از میانگین مزارع لوبیا با عملکرد بالا ≤۳۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان مرجع تعیین شدند (جدول ۱).

جدول ۱– نرم شاخص انحراف از درصد بهینه (DOP) عناصر غذایی مزارع لوبیا در استان فارس.

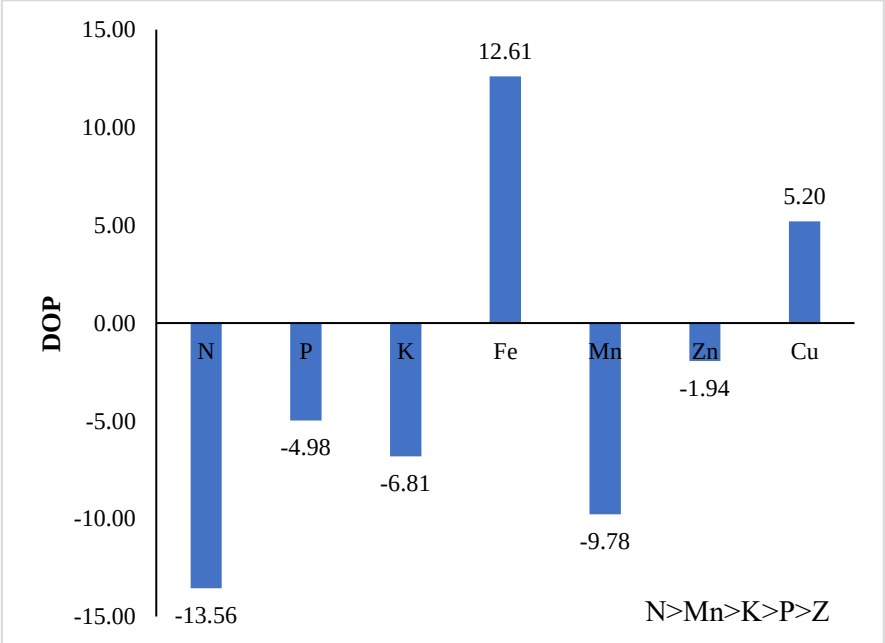
Cu	Zn	Mn	Fe	K	P	N	منطقه
mg kg^{-1}				%			
9.75	24.31	189.5	366.13	2.62	0.29	2.82	استان فارس

با توجه به داده‌ها، درصد مزارع دچار کمبود عناصر غذایی مختلف در شکل ۱ ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، بیشترین کمبود مربوط به عنصر DOPN (با ۶۷٪ از مزارع) و کمترین کمبود مربوط به عنصر DOPZn (با ۵۲٪ از مزارع) است. به طور کلی، بیش از نیمی از مزارع مورد بررسی دچار کمبود عناصر غذایی مختلف هستند که می‌تواند بر عملکرد و میزان تولید محصول لوبیا در استان تأثیر منفی داشته باشد.



شکل ۱– درصد مزارع دچار کمبود عناصر غذایی بر اساس شاخص DOP

بر اساس مقادیر شاخص انحراف از درصد بهینه (DOP) که در نمودار نشان داده شده است (شکل ۲)، رده‌بندی کمبودهای عناصر غذایی برگی در مزارع لوبیا استان فارس از بیشترین به کمترین کمبود شامل N>Mn>K>P>Zn است.



شکل ۲- مقادیر شاخص انحراف از درصد بهینه (DOP) برای عناصر غذایی در مزارع لوبیا در استان فارس

پس از محاسبه شاخص تعادل تغذیه‌ای (NBI) در مزارع لوبیا استان فارس، رابطه آن با عملکرد تعیین شد (شکل ۳). NBI بالای ۱۵۰ < مرتبط با عملکرد کمتر از ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و NBI پایین ۱۰۰ > مرتبط با عملکرد بیش از ۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۲).

جدول ۲- رابطه بین شاخص تعادل مواد مغذی (NBI) و عملکرد محصول

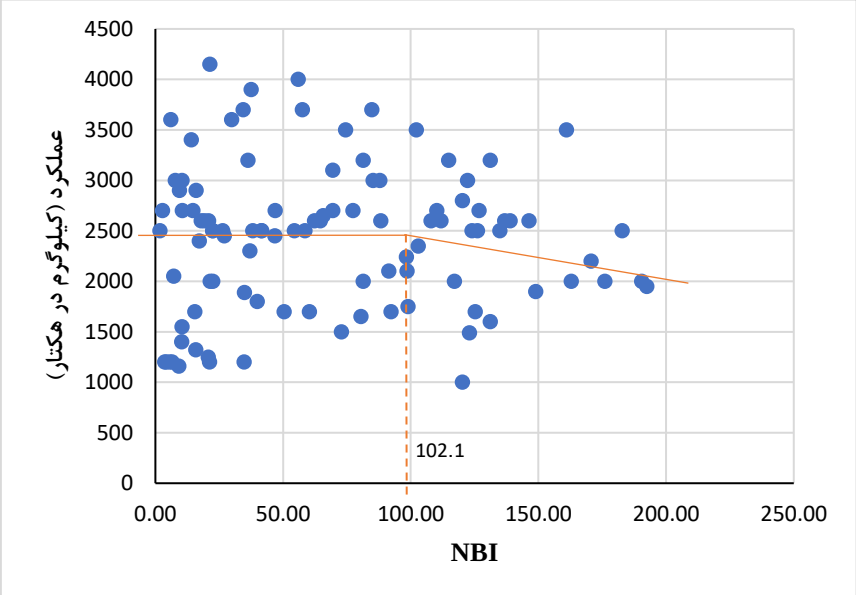
عدم تعادل‌های غالب	میانگین NBI	محدوده عملکرد (کیلوگرم در هکتار)
آهن، مس، روی	۹۵–۱۱۰	>۳۵۰۰
پتاسیم، فسفر، منگنز	۱۲۰–۱۸۰	۲۵۰۰–۳۵۰۰
پتاسیم، فسفر، روی	۱۹۰–۲۱۰	<۲۵۰۰

در بازه NBI، نقاط شکست مختلف (c) بررسی شده و مجموع مربعات باقیمانده (RSS) برای هر یک محاسبه گردید. بهینه‌ترین نقطه شکست، مقداری از c است که کمترین RSS را دارد. در این مطالعه نقطه شکست بهینه c=102.19 به دست آمد که در آن RSS کمینه شده است. معادلات رگرسیون قطعه‌ای:

برای NBI≤102.19 (R2=0.75) Yield =3800−5×NBI

و برای NBI>102.19 (R2=0.82) Yield =4200−12×NBI

شیب کاهش عملکرد از ۵- به ۱۲- تغییر می‌کند، که نشان‌دهنده افزایش اثر منفی NBI پس از مقدار ۱۰۲/۱۹ است. در این نمودار، رابطه بین شاخص تعادل تغذیه‌ای (NBI) و عملکرد محصول لوبیا در مزارع استان فارس نشان داده شده است. در اینجا، مشاهده می‌شود که افزایش مقدار NBI (که به‌عنوان یک شاخص ترکیبی از وضعیت تغذیه‌ای گیاهان در نظر گرفته می‌شود) باعث کاهش عملکرد محصول می‌شود، به‌ویژه زمانی که مقدار NBI از آستانه معین ۱۰۲/۱۹ فراتر می‌رود.



شکل ۳- شاخص تعادل تغذیه‌ای (NBI)در مزارع لوبیا استان فارس. شایان ذکر است که زمانی که NBIاز آستانه معین ۱۰۲/۱۹ (نقطه شکست منحنی NBI) فراتر رود، کاهش عملکرد محصول مشهودتر می‌شود. در مقادیر کمتر از این آستانه، تأثیر NBIبر عملکرد کمتر است. برای تعیین نقطه شکست منحنی عملکرد و NBI در مجموعه داده‌های NBI از رگرسیون قطعه‌ای (Piecewise Regression Analysis) استفاده شد و اعتبار آن با آزمون چاو (Chow Test) ارزیابی گردید.

بر اساس شاخص DOP، بیشترین کمبودها به ترتیب مربوط به نیتروژن (N)> منگنز (Mn) > پتاسیم (K) > فسفر (P) > روی (Zn) است. نیتروژن، فسفر و پتاسیم برای رشد گیاهان ضروری هستند و هر یک نقش متفاوتی در فرآیندهای متابولیکی و فیزیولوژیکی دارند. همچنین نسبت‌های بهینه N-P-K برای حداکثر عملکرد لوبیا ضروری است. برای مثال، ازت از رشد رویشی پشتیبانی می‌کند، در حالی که فسفر رشد ریشه و گل‌دهی را تقویت می‌کند (Szczepanek et al., 2025). عدم تعادل‌ها این هم‌افزایی‌ها را مختل می‌کنند مثلاً ازت اضافی بدون کاربرد فسفر کافی می‌تواند باعث تأخیر در بلوغ غلاف‌ها شود (Zewide and Ademe, 2025). کمبود نیتروژن (با ۶۷ درصد مزارع) به‌ویژه نگران‌کننده است، زیرا این عنصر برای سنتز کلروفیل و پروتئین ضروری است. تغییرات درمقدار ازت ممکن است به تفاوت در استفاده از کودهای شیمیایی در مقابل اتکا به تثبیت زیستی (لوبیاها گیاهان لگومی هستند) مربوط باشد. کمبود ازت می‌تواند فتوسنتز و بیوماس را محدود کند، در حالی که مقدار زیاد ازت ممکن است باعث تأخیر در تشکیل غلاف‌ها شود که این امر اختلافات در عملکرد را توضیح می‌دهد (Ji et al., 2025).

شاخص NBI (تعادل تغذیه‌ای) رابطه معکوس با عملکرد دارد. مزارع با NBI > ۱۰۲/۱۹ عملکردی کمتر از ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و مزارع با NBI < ۱۰۲/۱۹ عملکردی بالاتر از ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار داشتند. این نشان می‌دهد که عدم تعادل عناصر غذایی (مانند آنتاگونیسم بین روی و مس) تأثیر مستقیمی بر کاهش عملکرد دارد (Duarte و همکاران، ۲۰۲۰).

نتیجه‌گیری

شاخص تعادل تغذیهای (NBI) رابطه معکوس قوی با عملکرد نشان داد. مزارع با NBI بالاتر از ۱۰۲/۱۹ عمدتاً عملکردی کمتر از ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار داشتند. این امر ناشی از آنتاگونیسم عناصر (مانند تداخل جذب روی و مس) و کمبود همزمان چند عنصر است.

فهرست منابع

دریاشناس، ع. و ک. ثقفی. ۱۳۹۰. تشخیص چندگانه عناصر غذایی (CND) برای چغندرقند. نشریه علمی پژوهش های خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج. ایران.

صمدی، ع. و ع.مجیدی. ۱۳۸۹. تعیین اعداد مرجع روش تلفیقی تشخیص و توصیه دریس و مقایسه آن با روش انحراف از درصد بهینه در انگور سفید بیدانه. مجله پژوهشهای خاک. ۲۴- ۲. موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

Dixon, S.L. and Qaderi, M.M., 2025. Canola responds differently to nitrogen forms under temperature and carbon dioxide conditions. Theoretical and Experimental Plant Physiology, 37(1), pp.1-24. https://doi.org/10.1007/s40626-024-00350-3.

Duarte, R.D., Santos, C.S. and Vasconcelos, M.W., 2020. Legume Responses and Adaptations to Nutrient Deficiencies. The Plant Family Fabaceae: Biology and Physiological Responses to Environmental Stresses, pp.373-392.

Hallmark, W.B., Beverly, R.B., DeMooy, C.J. and Pesek, J., 1991. Relationship of diagnostic nutrient expressions to soybean phosphorus and potassium diagnoses. Agronomy journal, 83(5), pp.858-863.

Ji, J., Wang, Z., Gao, P., Tan, X., Wang, X., Kuai, J., Wang, J., Xu, Z., Wang, B., Zhou, G. and Zhao, J., 2025. Rapeseed Supports Hairy Vetch in Intercropping, Enhancing Root and Stem Morphology, Nitrogen Metabolism, Photosynthesis, and Forage Yield. Agronomy, 15(1), p.220.

Khiari, L., L.E. Parent, and N. Tremblay. 2001c.Selecting the high-yield subpopulation for diagnosing nutrient imbalance in crops. Agron. J. 93:802–808.

Montañés, L., Heras, L., Abadia, J. and Sanz, M., 1993. Plant analysis interpretation based on a new index: deviation from optimum percentage. Journal of Plant Nutrition, 16, pp.1289-1308. https://doi.org/10.1080/01904169309364613.

Szczepanek, M., Błaszczyk, K. and Piekarczyk, M., 2025. The Spatial Distribution of Nutrients in the Soil, Their Uptake by Plants, and Green Bean (Phaseolus vulgaris L.) Yield Under the Strip-Tillage System. Agronomy, 15(2), p.382.

Zewide, I. and Ademe, A., 2025. Unlocking faba bean (Vicia faba L.) potential: How cattle manure and fertilizer boost yields in Kaffa Zone, South-Western Ethiopia. Heliyon, 11(2).

Determination of DOP Index and Nutrient Balance Index (NBI) in Pinto Bean Fields of Fars Province

Seyed Mashaallah Hosseini[1*], Mohammad Saeed Tadayin[2]

[1] Faculty Member, Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran. *Email: mhoseini20@yahoo.ca

[2] Faculty Member, Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran.

Abstract

This study was conducted to evaluate the nutritional, soil, and yield status of pinto bean fields in Fars Province and to identify production-limiting factors using statistical methods and analytical indices such as the Deviation from Optimum Percentage (DOP) and Nutrient Balance Index (NBI). The study was carried out over three years in pinto bean fields across Fars Province. Each year, 30 to 35 fields were selected, and soil and bean leaf nutrient contents were determined. Based on the DOP index, the order of nutrient deficiencies was nitrogen (N) > manganese (Mn) > potassium (K) > phosphorus (P) > zinc (Zn). In addition, the Nutrient Balance Index (NBI) showed an inverse relationship with yield. Fields with an NBI greater than 102.19 produced less than 2,500 kg per hectare, while fields with an NBI less than 102.19 yielded more than 2,500 kg per hectare. Overall, this study indicates that nutrient imbalances are major challenges limiting pinto bean yield in Fars Province.

Keywords: Optimal nutrition, Nutrient norms, Compositional Nutrient Diagnosis (CND).