



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



بررسی تعادل عناصر غذایی در خاک‌های استان تهران

محسن سیلسپور^{۱*}، مهدی صادقی پور مروی^۲، مرجان حکیم زاده^۳

۱- عضو هیئت علمی، بخش تحقیقات کشت گلخانه‌ای، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان

تهران، ورامین، ایران؛ *mseilsep@yahoo.com

۲- محقق غیر هیئت علمی، بخش تحقیقات آب‌خیزداری و بهره‌وری آب و خاک، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و

منابع طبیعی استان تهران، ورامین، ایران ۳- کارشناس تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و

منابع طبیعی استان تهران

چکیده

استان تهران به‌عنوان یکی از قطب‌های مهم تولید محصولات زراعی و باغی کشور، با چالش جدی در مدیریت عناصر غذایی مواجه است. در این پژوهش وضعیت تعادل سه عنصر اصلی شامل نیتروژن (N)، فسفر (P₂O₅) و پتاسیم (K₂O) در مقیاس شهرستانی بررسی شد. داده‌های مصرف کودهای شیمیایی از آمارنامه‌های رسمی وزارت جهاد کشاورزی استان تهران گردآوری و به واحد کیلوگرم در هکتار تبدیل گردید. برای تحلیل الگوی مصرف، سهم نسبی عناصر نرمال‌سازی و سپس میزان برداشت برآورد شد تا با مصرف مقایسه و شاخص تعادل محاسبه شود. نتایج نشان داد در بسیاری از شهرستان‌ها نسبت مصرف N:P₂O₅:K₂O نامتعادل بوده و سهم پتاسیم کمتر از حد مطلوب است. همچنین در برخی مناطق، مصرف نیتروژن بیش از مقدار برداشت بوده که خطر اتلاف و آلودگی محیطی را افزایش می‌دهد. الگوی فضایی مصرف و برداشت نشان داد شهرستان‌های جنوبی استان بیشترین تعادل منفی و شهرستان‌های شرقی و شمالی الگوی نسبتاً متعادلی دارند. میانگین نسبت مصرف غذایی N:P₂O₅:K₂O در استان تهران ۱۸-۴۴-۱۰۰ می‌باشد. این نسبت برای شرایط ایران ۴۰-۵۰-۱۰۰ توصیه شده است. متعادلترین نسبت مصرف در دماوند با نسبت ۵۳-۵۶-۱۰۰ و نامتعادلترین نسبت مصرف در بهارستان با نسبت ۴۰-۲۰۱-۱۰۰ مشاهده شد. به‌طور کلی، یافته‌ها بیانگر ضرورت اصلاح الگوی مصرف کود، بازتنظیم سهم عناصر و ارتقای کارایی مصرف به‌ویژه برای K₂O است تا بهره‌وری پایدار و حفاظت از منابع خاک تضمین شود.

واژه‌های کلیدی: استان تهران، ازت (N)، پتاسیم (K₂O)، تعادل عناصر غذایی، فسفر (P₂O₅).



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



مقدمه

استان تهران با وجود سهم محدود از نظر مساحت اراضی کشاورزی، جایگاه مهمی در تولید محصولات زراعی و باغی کشور دارد و نیاز بالایی به مصرف کودهای شیمیایی دارد. مصرف نامتعادل عناصر غذایی نه تنها باعث کاهش کارایی مصرف کود و افت بهره‌وری می‌شود، بلکه می‌تواند منجر به آلودگی خاک و آب و کاهش پایداری تولید گردد. مطالعات جهانی نشان داده‌اند که تعادل عناصر غذایی در سیستم‌های کشاورزی یکی از شاخص‌های اصلی مدیریت پایدار است و بی‌توجهی به آن خسارات اقتصادی و زیست‌محیطی در پی دارد (FAO, 2017; Mitchell, 1999). در ایران نیز بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که الگوی مصرف کودهای شیمیایی غالباً با نیاز واقعی گیاهان و ظرفیت خاک‌ها همخوانی ندارد و در بسیاری مناطق به‌ویژه برای پتاسیم، کمبود مصرف مشاهده می‌شود (خدادادی و همکاران، ۱۳۹۵). علاوه بر این، چارچوب محاسبه تعادل عناصر غذایی در سطح ملی توسط سیلسپور (۱۳۷۷) معرفی شده و به‌عنوان مرجع علمی مورد استفاده قرار گرفته است. با وجود اهمیت موضوع، تاکنون پژوهش‌های اندکی به بررسی هم‌زمان مصرف و برداشت عناصر غذایی در سطح شهرستانی پرداخته‌اند. از این‌رو، هدف این پژوهش بررسی وضعیت تعادل سه عنصر اصلی شامل نیتروژن (N)، فسفر (P₂O₅) و پتاسیم (K₂O) در مقیاس شهرستان‌های استان تهران و تحلیل تفاوت‌های مکانی آن‌ها است.

مواد و روش‌ها

داده‌های مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن (N)، فسفر (P₂O₅) و پتاسیم (K₂O) به تفکیک شهرستان‌های استان تهران از آمارنامه‌های رسمی وزارت جهاد کشاورزی گردآوری شد (جدول ۱ و شکل ۱).

جدول ۱. داده‌های پایه مصرف کود شیمیایی در استان تهران

مصرف کل (K ₂ O) (تن)	مصرف کل (P ₂ O ₅) (تن)	مصرف کل (N) (تن)	سطح زیرکشت (هکتار)
۱۵۳	۹۳۰	۲۳۲۵	۱۹۷۵۷۰



شکل ۱- مصرف کود (تن) استان تهران

برای یکنواخت‌سازی، همه داده‌ها به واحد کیلوگرم در هکتار تبدیل گردید. مصرف هر عنصر در هر شهرستان از رابطه‌ی زیر محاسبه گردید:

$$X_{ij} = \frac{Q_{ij}}{A_j} \quad (1)$$

که در آن X_{ij} مصرف عنصر i در شهرستان j (kg/ha)، Q_{ij} مقدار کل مصرف عنصر و A_j سطح زیرکشت شهرستان است. برای تحلیل الگوی مصرف، سهم نسبی هر عنصر از رابطه‌ی زیر به دست آمد:

$$S_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_i X_{ij}} \times 100 \quad (2)$$

که در آن S_{ij} سهم نسبی عنصر i در شهرستان j برحسب درصد است. برداشت عناصر غذایی با استفاده از عملکرد محصولات و ضرایب استاندارد غلظت عناصر، طبق رابطه‌ی زیر برآورد گردید:

$$U_{ij} = \sum_k (Y_{kj} \times C_{ik}) \quad (3)$$

که در آن U_{ij} برداشت عنصر i در شهرستان j (kg/ha)، Y_{kj} عملکرد محصول k در شهرستان j ، و C_{ik} ضریب غلظت عنصر i در محصول k است. در نهایت شاخص تعادل عناصر غذایی از رابطه‌ی زیر محاسبه شد:

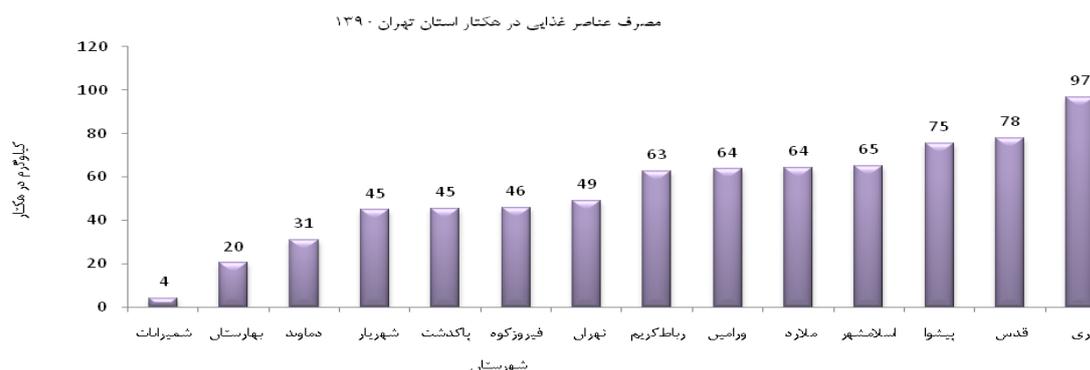
$$B_{ij} = X_{ij} - U_{ij} \quad (4)$$

که در آن B_{ij} تعادل عنصر i در شهرستان j است؛ مقادیر مثبت بیانگر مازاد و مقادیر منفی بیانگر کسری عناصر غذایی هستند.

برای نمایش و تحلیل نتایج، از جدول‌های مقایسه‌ای و نمودارهای گرافیکی استفاده شد: نمودار میله‌ای خوشه‌ای برای مصرف عناصر، نمودار انباشته صد درصدی برای سهم نسبی $N:P_2O_5:K_2O$ ، و نمودار میله‌ای با خط مبنای صفر برای تعادل عناصر. محاسبات اولیه و ترسیم نمودارها در نرم‌افزار Excel و تحلیل‌های آماری شامل رگرسیون و همبستگی در نرم‌افزار SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

مصرف سه عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در شهرستان‌های استان تهران تفاوت‌های مکانی چشمگیری داشت (جدول ۲ و شکل ۲).



شکل ۲- مصرف عناصر غذایی در هکتار (کیلوگرم در هکتار) استان تهران

جدول ۲. مصرف هکتاری عناصر غذایی به تفکیک شهرستان (kg/ha)

شهرستان	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Σ (kg/ha)	سهم N (%)	سهم P ₂ O ₅ (%)	سهم K ₂ O (%)
---------	-----------	---------------------------------------	--------------------------	-----------	-----------	---------------------------------------	--------------------------



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



ری	۷۱	۲۰	۶	۹۷	۷۳	۲۱	۶
تهران	۳۶	۱۰	۳	۴۹	۷۳	۲۰	۷
شمیرانات	۲	۱	۱	۴	۵۰	۲۵	۲۵
دماوند	۱۵	۸	۸	۳۱	۴۸	۲۶	۲۶
فیروزکوه	۲۷	۱۳	۶	۴۶	۵۹	۲۸	۱۳
پاکدشت	۳۶	۸	۱	۴۵	۸۰	۱۸	۲
ورامین	۴۳	۱۶	۵	۶۴	۶۷	۲۵	۸
شهریار	۳۰	۹	۵	۴۴	۶۸	۲۰	۱۲
ملارد	۴۴	۱۵	۵	۶۴	۶۹	۲۳	۸
قدس	۵۶	۱۹	۲	۷۷	۷۳	۲۵	۲
رباط کریم	۴۷	۱۱	۴	۶۲	۷۶	۱۸	۶
اسلامشهر	۵۰	۱۱	۴	۶۵	۷۷	۱۷	۶
بهارستان	۶	۱۲	۲	۲۰	۳۰	۶۰	۱۰

نیترژن بیشترین سهم مصرفی را به خود اختصاص داد و در شهرستان‌های جنوبی استان مانند ورامین و پاکدشت بالاترین مقادیر ثبت شد. مصرف فسفر و پتاسیم نیز در همین شهرستان‌ها بالاتر بود، در حالی که در شهرستان‌هایی مانند شمیرانات و بهارستان کمترین مقادیر مشاهده گردید. مقایسه مقادیر مصرف و برداشت نشان داد که در تمامی شهرستان‌ها تعادل منفی وجود دارد (جدول ۳).

جدول ۳. مصرف، برداشت و تعادل عناصر غذایی در شهرستان‌های استان تهران (kg/ha)

شهرستان	مصرف N	برداشت N	تعادل N	مصرف P ₂ O ₅	برداشت P ₂ O ₅	تعادل P ₂ O ₅	مصرف K ₂ O	برداشت K ₂ O	تعادل K ₂ O
ری	۷۱	۲۰۰۴	-۱۹۳۳	۲۰	۱۲۵۱	-۱۲۳۱	۶	۱۵۵۳	-۱۵۴۷
تهران	۳۶	۳۱۸	-۲۸۲	۱۰	۱۴۴	-۱۳۴	۳	۱۷۶	-۱۷۳
شمیرانات	۲	۳	-۱	۱	۱	۰	۱	۴	-۳
دماوند	۱۵	۸۶	-۷۱	۸	۳۸	-۳۰	۸	۳۸	-۳۰
فیروزکوه	۲۷	۱۰۸	-۸۱	۱۳	۴۳	-۳۰	۶	۵۸	-۵۲
پاکدشت	۳۶	۱۲۷۱	-۱۲۳۵	۸	۵۶۷	-۵۵۹	۱	۵۹۶	-۵۹۵
ورامین	۴۳	۲۲۷۶	-۲۲۳۳	۱۶	۱۰۰۰	-۹۸۴	۵	۱۰۷۰	-۱۰۶۵
پیشوا	۶۳	۵۹۴	-۵۳۱	۱۲	۲۵۵	-۲۴۳	۱۰	۲۹۷	-۲۸۷
شهریار	۳۰	۵۳۰	-۵۰۰	۹	۲۳۲	-۲۲۳	۵	۳۱۷	-۳۱۲
ملارد	۴۴	۵۲۶	-۴۸۲	۱۵	۲۳۳	-۲۱۸	۵	۲۹۱	-۲۸۶
قدس	۵۶	۱۰۰	-۴۴	۱۹	۴۶	-۲۷	۲	۵۸	-۵۶
رباط کریم	۴۷	۲۹۱	-۲۴۴	۱۱	۱۳۱	-۱۲۰	۴	۱۷۶	-۱۷۲
اسلامشهر	۵۰	۹۲۴	-۸۷۴	۱۱	۴۰۰	-۳۸۹	۴	۵۵۱	-۵۴۷
بهارستان	۶	۱۵۰	-۱۴۴	۱۲	۶۵	-۵۳	۲	۹۶	-۹۴

بیشترین کسری نیترژن در ورامین و پاکدشت و کمترین آن در شمیرانات مشاهده شد. الگوی مشابهی برای فسفر و پتاسیم نیز به دست آمد و شهرستان‌های جنوبی استان بیشترین کسری را نشان دادند.



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



این نتایج نشان‌دهنده ناکافی بودن مصرف کودها نسبت به برداشت واقعی محصولات است. تداوم این وضعیت می‌تواند به کاهش حاصلخیزی خاک منجر شود. بنابراین بازنگری در الگوهای مصرف کود و به‌کارگیری مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه مبتنی بر آزمون خاک برای پایداری تولید ضروری است.

نتیجه‌گیری

بررسی مصرف و برداشت سه عنصر اصلی (N , K_2O , P_2O_5) در شهرستان‌های استان تهران نشان داد که در تمام مناطق تعادل منفی برقرار است. شدت این کسری در شهرستان‌های جنوبی (مانند ورامین و پاکدشت) به دلیل سطح زیرکشت بالا و نوع محصولات بیشتر بوده و در شهرستان‌های شمالی (مانند شمیرانات و فیروزکوه) کمترین مقدار مشاهده شد. این وضعیت نشان‌دهنده ناکافی بودن مصرف کودها در جبران برداشت واقعی گیاهان است و در صورت تداوم، می‌تواند منجر به کاهش حاصلخیزی خاک و پایداری تولید شود.

برای اصلاح این وضعیت، استفاده از آزمون خاک، تنظیم توصیه‌های کودی براساس نیاز واقعی محصولات و مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه ضروری است. به‌کارگیری این راهکارها می‌تواند ضمن افزایش کارایی مصرف کود، از کاهش باروری خاک جلوگیری کرده و امنیت تولید محصولات کشاورزی استان تهران را تضمین نماید.

منابع

۱. خدادادی، الف.، ۱۳۹۵. مدیریت حاصلخیزی خاک و نقش کودهای شیمیایی در کشاورزی پایدار. مجله علوم خاک ایران. ۲۹(۲). ۱۴۵-۱۶۰.
۲. سلسپور، ع.، ۱۳۷۷. نیاز غذایی محصولات زراعی و اصول کوددهی در ایران. انتشارات دانشگاه تهران.
۳. محسنی، ب.، و همکاران، ۱۳۹۸. بررسی توازن عناصر غذایی در مزارع گندم ایران. مجله پژوهش‌های خاک و آب. ۳۲(۱). ۷۵-۹۰.
۴. وزارت جهاد کشاورزی، ۱۴۰۱. آمارنامه کشاورزی کشور، محصولات زراعی. معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی.
5. FAO. 2017. World fertilizer trends and outlook to 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
6. Fixen, P.E., et al. 2015. Nutrient/fertilizer use efficiency: measurement, current situation and trends. Better Crops, 99(3): 4-8.
7. Mitchell, R.D. 1999. Soil fertility and nutrient management. Academic Press, London.
8. Smil, V. 2000. Phosphorus in the environment: natural flows and human interferences. Annual Review of Energy and the Environment, 25: 53-88.
9. Tilman, D., et al. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature, 418: 671-677.
10. Zhang, X., et al. 2019. Managing nutrient flows for sustainable intensification of agriculture. Nature Sustainability, 2: 104-113.



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



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



Assessment of Nutrient Balance in Soils of Tehran Province

Mohsen Selispour, Mehdi Sadeghi Pourmoradi, Marjan Hakimzadeh

¹ Associate Professor, Greenhouse Crops Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Tehran Province, AREEO, Varamin, Iran. ² Non-faculty Researcher, Watershed Management and Soil and Water Productivity Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Tehran Province, AREEO, Varamin, Iran. ³ Expert in Natural Resources, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Tehran Province, AREEO, Varamin, Iran

Abstract

Tehran Province, as one of the important agricultural and horticultural production centers of the country, is facing serious challenges in managing nutrient elements. In this study, the balance of the three main nutrients—nitrogen (N), phosphorus (P_2O_5), and potassium (K_2O)—was evaluated using the Agricultural Statistics Yearbooks and fertilizer consumption data of the province during 2014–2021. The results showed that the nutrient balance in most counties of Tehran Province is unfavorable, with the nitrogen balance being positive and the phosphorus and potassium balances being negative, indicating excessive use of nitrogen fertilizers and insufficient application of phosphorus and potassium. This imbalance not only reduces fertilizer use efficiency but also increases environmental pollution and spatial variability of nutrient use and uptake across the southern and eastern regions of the province. The highest ratio of N: P_2O_5 : K_2O balance was observed as 140:44:18 in Tehran Province, demonstrating a clear deviation from the optimal conditions. The most balanced nutrient ratios were observed in Varamin and Pakdasht counties, while the lowest balance was recorded in Shemiranat. Overall, these findings highlight the necessity of optimizing fertilizer consumption patterns and improving nutrient management to ensure sustainable soil productivity and environmental protection.

Keywords: nutrient balance, nitrogen (N), phosphorus (P_2O_5), potassium (K_2O), Tehran Province