مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال هفدهم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، صفحات ۴۳-۳۱

امکان‌سنجی غنی‌سازی خاک اقلیم‌های یازده گانه ایران در راستای برنامه‌های مکمل یاری

فرحناز مرادی پور[۱]، عبدالمجید مهدوی دامغانی[۲]، فاطمه آقامیر[۳]، مرضیه وحید دستجردی[۴]، حسین محمودی[۵]

۱- کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، ایران
۲- نویسنده مسئول: دانشیار گروه اگرواکولوژی، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. پست الکترونیکی: mahdavi.a@sbu.ac.ir
۳- استادیار گروه اگرواکولوژی، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، ایران
۴- دانشیار گروه بیماری‌های زنان و زایمان، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ایران
۵- استادیار گروه اگرواکولوژی، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۴/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۷/۴

چکیده

سابقه و هدف: گزارش اخیر سازمان ملل متحد حاکی از این است که ایران شاهد کاهش نسبی درصد شیوع گرسنگی، و افزایش سوء تغذیه می‌باشد. غنی‌سازی خاک هم‌گام با مکمل‌یاری، از راهبردهای ساده، به دور از آلودگی، فراهم برای همه افراد، قابل دسترس و سودآور، توانایی پیش‌گیری و یا کنترل نارسایی‌های تغذیه‌ای را دارا می‌باشد. بررسی ارتباط سوء تغذیه و کمبود عناصر غذایی خاک در اقلیم‌های پرخطر ایران در راستای برنامه غنی‌سازی خاک ضروری است.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در شناسایی بهبود درک روابط بین کمبود عناصر غذایی خاک و سلامت گروه‌های جمعیتی شامل پیراسنج‌های خونی و نمایه‌های تن سنجی، در مقاطع مختلف سنی و فیزیولوژی (کودکان، نوجوانان، زنان باردار و میانسال)، به تفکیک جنس و منطقه (شهر و روستا) در اقلیم ۱۱ گانه ایران و با پیشنهاد سامانه شاخص‌های ارزیابی و مقایسه تجزیه و تحلیل چندفاکتوری انجام شد.

یافته‌ها: یافته‌های این پژوهش نشان داد که در تمامی گروه‌های هدف، بیشترین شاخص ترکیبی در کم‌خونی گروه‌های هدف جمعیت ایران با کمبود Fe در خاک، کمبود ویتامین D با کمبود عناصر غذایی P در خاک و کمبود Zn در گروه‌های جمعیت با کمبود Zn در خاک ارتباط داشته است. با مکمل‌یاری محدود هنوز بیشترین چالش‌های حاصلخیزی خاک و سوء تغذیه در استان‌های سیستان و بلوچستان، جنوب خراسان، شرق کرمان، بوشهر، هرمزگان و خوزستان وجود دارد.

نتیجه‌گیری: در این پژوهش، نقشه‌های مناطق پرخطر در توجه همزمان مکمل یاری و غنی سازی زراعی در راستای تعیین الویت برنامه‌های مداخله‌ای پیشنهاد شد.

واژگان کلیدی: سوء تغذیه، خاک، غنی سازی زراعی، عناصر غذایی، ریزمغذی

• مقدمه

سوء تغذیه بازتاب برهم‌کنش میان انسان و عوامل محیطی است (۱). ایران با توجه به تغییرات اقتصادی-اجتماعی، شیوه زندگی و الگوی مصرف مواد غذایی در حال گذار تغذیه‌ای است؛ به این معنی که از یک سو کم‌وزنی، لاغری و کوتاه قدی تغذیه‌ای بین کودکان مشاهده می‌شود، و از سوی دیگر گروه‌های جمعیت ایران دچار بیش‌خواری و چاقی شده است که خطر ابتلا به بیماری‌های غیرواگیر به طور قابل ملاحظه افزایش یافته است (۲). ارزیابی‌های گسترده استانی و منطقه‌ای ایران نشان می‌دهند که سوءتغذیه ناشی از کمبود ریزمغذی‌ها شامل آهن، ید، روی، ویتامین A و ویتامین D یکی از مشکلات رایج تغذیه‌ای است (۳). بر اساس استانداردهای جدید رشد کودکان عوامل محیطی بیش از عوامل ژنتیکی در رشد جسمانی کودکان موثر است (۴)؛ خاک از موارد عوامل محیطی، از کمیت و کیفیت غذا و تولید خوراک برای مصرف حیوان و انسان حمایت می‌کند

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]
[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.4.0]

(۶، ۵). درک رابطه بین تأمین عناصر غذایی ضروری از خاک، سلامت انسان بسیار چالش برانگیز است (۷).

در خاک‌های زراعی ایران، به طور متغیر کمبود بیش از یک عنصر غذایی مشاهده می‌گردد که در بیشتر موارد نتیجه ده‌ها سال تخریب خاک و کاربرد نامتعادل کودهای نیتروژن (N)، فسفر (P) و پتاسیم (K) و کودهای ریزمغذی می‌باشد (۸). اهمیت ریزمغذی‌های خاک در افزایش بهره‌وری و کیفیت محصولات به طور مستقیم یا غیرمستقیم به اثبات رسیده (۱۰، ۹) و به دلیل عدم کفایت عناصر غذایی از خاک، سبب بروز گرسنگی پنهان در انسان شده است (۱۱).

حداقل نیمی از جوامع در حال توسعه از کمبود ریزمغذی‌ها رنج می‌برند (۱۲) و در سطح جهان حدود ۵۰ درصد از خاک‌های کشت غلات دارای مقادیر اندک از ریزمغذی‌ها می‌باشند (۱۴، ۱۳). بیش‌ترین شیوع سوء تغذیه در جوامع با قوت غالب، غلات می‌باشد (۱۵، ۱۱). قوت اصلی ایران تحت سلطه غلات اصلی از جمله گندم و برنج است که امکان ابتلا به سوء تغذیه ریزمغذی‌ها را به شدت افزایش داده است (۱۴). تغذیه تحت تاثیر تنوع غذایی است که در اغلب موارد ضعف منابع، رژیم‌های غذایی حاوی نشاسته و دسترسی محدود به محصولات حیوانی، میوه‌ها و سبزیجات غالب می‌باشد (۱۶).

راهبردها و راهکارهای مهم در افزایش مقادیر عناصر ریزمغذی در محصولات وجود دارد که شامل مکمل‌یاری، تنوع غذایی، غنی‌سازی داروها، غنی‌سازی صنعتی، تجاری و غنی‌سازی زیستی است (۱۷). بیش از ۱۰۰ سال در بسیاری از کشورهای توسعه یافته، برای حل چالش سوء تغذیه، غنی‌سازی فرآورده‌های غذایی و مکمل‌یاری مورد استفاده قرار گرفته و استانداردهای غنی‌سازی محصولات لبنی، نوشیدنی‌ها و غلات تصویب شده است (۱۸). غنی‌سازی و توزیع مکمل‌ها در ساخت و یا زیرساخت‌های توزیع محدودیت داشته، همچنین در طی مراحل فرآوری، نگهداری، توزیع و پخت و مصرف، غلظت مناسب و پایدار مواد مغذی از چالش‌های مهم در غنی‌سازی فرآورده‌های غذایی است (۱۹).

با وجود تناقض‌های مفید و مضر ریز مغذی‌ها در غنی‌سازی فرآورده‌های غذایی و مکمل‌یاری، غنی‌سازی زراعی محصولات استراتژیک از جمله گندم و برنج کلید اصلی فراهمی مقدار کافی از عناصر ریزمغذی در جیره غذایی انسان به شمار می‌رود (۲۰). غنی‌سازی زراعی، پتانسیل بسیاری در کاهش همزمان برخی از چالش های موجود در برابر کمیت و کیفیت محصولات ارائه می‌دهد (۲۱). غنی سازی زیستی-زراعی (Agronomic biofortification) با اقدامات مدیریت در پروژه‌های با مقیاس گسترده، بر اساس رویکرد سیستم مدیریت یکپارچه خاک-محصولات (ISSM) ۴ جنبه اصلی سلامت و امنیت خاک و گیاه را تضمین می‌نماید (۲۲)؛ بهبود کیفیت خاک با بازچرخ مواد آلی، (۲۳) افزایش کارآیی مصرف نیتروژن، انطباق عرضه عناصر غذایی با پویایی نیاز محصول، (۲۴)، کاهش شکاف میان عملکرد بالقوه و عملکرد واقعی با استفاده از ارقام برتر و اصلاح کشت (۲۲) و کاهش اتلاف نیتروژن با قطع مسیرهای هدروی نیتروژن در خاک سبب بهبود بهره‌وری و کیفیت تغذیه‌ای محصولات می‌گردد.

اولویت اصلی در غنی سازی تقویت منابع غذایی محلی است (۱۸)؛ درصورتی که، جوامع کم درآمد دسترسی اندک به فرآورده‌های غنی غذایی و مکمل‌ها دارند؛ این در حالی است که غنی‌سازی فرآورده‌های غذایی و مکمل باید اقدام موقتی باشد (۲۵). همچنین محصولات حیوانی به عناصر غذایی در خاک و گیاه وابسته هستند (۲۶). در حال حاضر، انجام هر گونه غنی‌سازی ماده مغذی کم‌مصرف، تا حد زیادی به حاصلخیزی خاک بستگی دارد (۲۷). بنابراین غنی‌سازی فرآورده‌های غذایی بدون غنی‌سازی خاک، چرخه معیوب در تغذیه انسان می‌باشد (۲۸). در مناطق کمتر توسعه یافته غنی‌سازی خاک، باعث افزایش درآمد کشاورزان و کمک به بهبود تغذیه انسان شده است (۲۱). غنی‌سازی خاک مشکلات سایر روش‌های غنی‌سازی را نداشته و به نظر می‌رسد برای نیل به امنیت غذایی و سلامت جامعه روش ساده، کم هزینه و امن می‌باشد (۲۹).

مطالعات اندک، در درک فرایند ریزمغذی‌های خاک با تغذیه انسان صورت گرفته است (۱۰) که به علت آزمایشات اندک میدانی (۹) و گام‌های پیچیده در انتقال عناصر غذایی از خاک به دانه‌ها و برگ‌های خوراکی به شاخص‌های سلامت انسانی است (۳۱، ۳۰). غنی سازی خاک با سلنیوم سبب افزایش مصرف روزانه سلنیوم در انسان و حیوان به ویژه در فنلاند بیش از ۲۵ سال شده است (۳۲). کاربرد سلنیم در تولید گندمیان علوفه‌ای به دلیل ظرفیت بالاتر انتقال به زنجیره غذایی, موثرترین ابزار در غنی سازی در چندین کشور مانند استرالیا، نیوزیلند و انگلیس است (۳۳). همچنین با غنی‌سازی Zn در خاک در کشت‌های برنج، گندم، ذرت و لپه هندی عملکرد دانه افزایش و غلظت Zn در گندم و لپه هندی در سه عضو کبد، کلیه و استخوان ران در ایالت مادایا پرادش در هند را افزایش معنی‌دار داده است (۳۵، ۳۴). درصد شیوع سو تغذیه Zn و Fe مناطق روستا با خاک‌های کشت گندم با قابلیت دسترسی اندک آهن و روی در پاکستان همبستگی داشته است (۴۲-۳۶). میان توزیع مکانی حاصلخیزی خاک آفریقا (انباشتگی ریزمغذی‌ها و مقدار ماده آلی خاک) و سلامت کودکان رابطه معنی‌دار وجود دارد. یافته ها نشان داده است که افزایش ذخایر ریزمغذی‌های

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.4.0]

خاک با استفاده از غنی سازی زراعی در کاهش سو تغذیه و بهبود سلامتی خاک اهمیت دارد (۲۹، ۹).

امروزه، برنامه‌های مکمل‌یاری وزارت بهداشت، پیش‌گیری و کنترل ریزمغذی‌ها با آموزش و توزیع مکمل‌ها به ویژه گروه های آسیب پذیر توسط معاونت بهداشت پشتیبانی می‌گردد (۴۳)؛ مکمل‌یاری، به ساخت و یا زیرساخت‌های توزیع بسیار وابسته است تا در دراز مدت به نفع آحاد مردم به ویژه جوامع روستایی باشد (۴۴). مسئله مکمل‌یاری نیاز به متولی و بخش متمرکز و صرف هزینه در کشور دارد که باید توسط سیاست مداران و تصمیم گیرندگان به درستی هدایت شود؛ در صورتی که شواهد حاکی از آن است که غنی سازی زراعی با افزایش عملکرد و بهره‌وری محصولات در مدیریت زراعی، افزایش کیفیت تغذیه محصول به ویژه ریزمغذی‌ها و مداخلات بخش کشاورزی در رفع سوء تغذیه سودآور و گام مهم در راستای مکمل یاری در بهبود تغذیه می‌باشد (۱۰، ۹).

با ارزیابی تغییر فضایی کمبود عناصر غذایی خاک بر وضعیت پیراسنج‌های خونی (Fe، Zn، ویتامین‌های A و D) و نمایه‌های تن سنجی به تفکیک جنس، منطقه، اقلیم و گروه‌های سنی در جمعیت انسانی ایران، همچنین با اپیدمیک تغذیه امکان ارزشیابی برنامه‌های جاری کشور را در راستای همزمان مکمل یاری و غنی سازی فراهم می‌شود. امکان پیشگیری و اصلاح وضع موجود بر اساس اقدامات و تدابیر مناسب به ویژه در گروه‌های پرخطر امکان‌پذیر خواهد کرد که این مهم، نیازمند ترسیم دقیق وضع موجود، شناسایی عوامل خطر، تعیین کننده‌ها، روند گسترش عارضه بر اساس داده‌های مبتنی بر جمعیت‌های خاص هر منطقه و اقلیم می‌باشد. هدف از این پژوهش، ارزیابی همبستگی وضعیت پیراسنج‌ها (Fe، Zn، ویتامین‌های A و D) و نمایه‌های تن سنجی به تفکیک جنس، منطقه، اقلیم و گروه‌های سنی در جمعیت انسانی ایران و جوامع خاک برای بررسی امکان مسیر مدیریت غنی سازی زراعی در ریشه‌یابی و حل معضل سوتغذیه در مناطق آسیب‌پذیر می‌باشد.

• مواد و روش‌ها

شیوع سوء تغذیه: این پژوهش بر اساس مجموعه داده‌های پورا۲، وضعیت پیراسنج‌های خونی شامل آهن، روی، ویتامین‌های A و D و نمایه‌های تن سنجی شامل وزن، قد، دور بازو و شکم و باسن، در مقاطع مختلف سنی و فیزیولوژی (کودکان، نوجوانان، زنان باردار و میانسال)، به تفکیک جنس و منطقه در اقلیم‌های یازده گانه (جدول ۱)، بر اساس ویژگی‌های قومی، اکولوژی، جغرافیا، اقتصاد و اجتماعی ایران انجام شده است.

جدول ۱. توزیع استان‌ها در اقلیم‌های ۱۱ گانه ایران (پورآ-۲، وضعیت ریزمغذی‌های ایران، ۱۳۹۱)

اقلیم ۱	گیلان و مازندران
اقلیم ۲	آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل
اقلیم ۳	گلستان، شمال خراسان
اقلیم ۴	سمنان، مرکز خراسان
اقلیم ۵	سیستان و بلوچستان، جنوب خراسان، شرق کرمان
اقلیم ۶	یزد، اصفهان، چهارمحال بختیاری، کرمان
اقلیم ۷	بوشهر، هرمزگان، خوزستان
اقلیم ۸	تهران، البرز
اقلیم ۹	زنجان، قزوین، قم، مرکزی
اقلیم ۱۰	ایلام، کردستان، کرمانشاه، لرستان، همدان، خوزستان
اقلیم ۱۱	فارس، کرمان، کهگیلویه و بویراحمد

سطح حاصلخیزی و عناصر غذایی خاک: نقشه‌های توزیع مکانی عناصر غذایی خاک با روش تخمین زمین آماری و برون‌یابی وضوح مکانی ریزمغذی‌های خاک و مواد آلی از بانک اطلاعات تجزیه خاک موسسه تحقیقات خاک و آب با بیش از ۴۰ هزار داده از تجزیه خاک اراضی زراعی و باغی کشور تهیه شد (۴۵) که از تجمیع نتایج تجزیه خاک داده‌های مقادیر کمبود هر عنصر غذایی با درنظر گرفتن حد بحرانی به محدوده‌های خیلی کم، کم و متوسط تقسیم‌بندی شده و درصد سطوح اراضی در هریک از محدوده‌های فوق در اقلیم‌ها تعیین گردید.

تجزیه و تحلیل آماری: براساس مدل مفهومی است که در آن متغیرهای پیراسنج‌های خونی شامل Fe، Zn، ویتامین‌های A و D و نمایه‌های تن سنجی، در مقاطع مختلف سنی و فیزیولوژی (کودکان، نوجوانان، زنان باردار و میانسال)، به تفکیک جنس و منطقه (استان) انتخاب شد. همچنین متغیرهای سطوح دچار کمبود عناصر غذایی در خاک‌های کشاورزی اقلیم‌های ۱۱ گانه کشور شامل فسفر (محدوده‌های خیلی کم (۵>)، کم (۵-۱۰) و متوسط (۱۰-۱۵))، پتاسیم (خیلی کم (۱۰۰>) و کم (۱۰۰-۲۰۰))، آهن (۵>)، روی (۰/۷۵>)، منگنز (۴>)، مس (۰/۷۵>)، بور (۰/۵>) بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم و سطوح متوسط کربن آلی اراضی لحاظ گردید (۴۵).

تجزیه و تحلیل آماری با بی‌بعد نمودن مجموعه داده‌های متغیرها از روش تجزیه و تحلیل عاملی فاکتور (Factor Analysis) با نرم افزار آماری XLSTAT (version 2021.5) استفاده شد (۴۶). این روش بینشی را در رابطه با همبستگی مکانی میان سطوح دچار کمبود عناصر غذایی در خاک‌های کشاورزی اقلیم‌های مختلف و شاخص‌های پیراسنج‌های خونی

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.4.0]

و نمایه‌های تن سنجی با استفاده از روش تخمین رگرسیون خطی چندمتغیره (Multi-Collinearity) فراهم نمود. با مقایسه نتایج تجزیه و تحلیل فاکتوری چند متغیره MFA(Multiple Factor Analysis)، روابط میان متغیرها برای ارزیابی داده‌ها از جدول‌های متعدد بدون محدودیت با با ماهیت‌های متفاوت گروه‌های متغیرها مورد بررسی قرار گرفت.

تحلیل آماری MFA شامل دو مرحله است؛ در مرحله اول با توجه به نوع متغیرهای کمی و کیفی برای هر جدول تجزیه و تحلیل‌های، PC (Principal Component)، MC (Multiple Correspondence) یا C (Correspondence) انجام و ارزش ویژه هریک ذخیره و در مرحله دوم با استفاده از PC وزن‌دهی روی ستون‌های همه جداول انجام شد، هر متغیر دارای شاخص وزنی و تابعی از فراوانی در گروه مربوطه است. وزن دهی جداول با استفاده از تحلیل MFA این امکان را فراهم می کند که جداولی که متغیرهای بیشتر دارند، وزن بیش از حد نداشته باشند. این روش برای توزین متغیرهای هر گروه، توزیع اینرسی (ناکارآیی) را در نظر می‌گیرد به گونه‌ای که بدون توجه به تعداد متغیرهای موجود در هر گروه می توان آن را اعمال و ساختار داخلی هر گروه از متغیرها را حفظ نمود. (۴۷) بنابراین، این روش، تجسم فضای دو یا سه بعدی را برای جداول فراهم آورد، تأثیر جداول دیگر بر روی مشاهدات با تجسم همزمان توصیف مشاهدات در همه متغیرها مشاهده می‌شود؛ همچنین نتایج هریک از گروه‌های جداگانه، مجموعه همه متغیرها در گروه‌ها قابل بررسی می‌باشد (۴۸).

تشکیل شاخص‌های کارآیی: با مقایسه نتایج تجزیه و تحلیل MFA، شاخص‌های کارآیی برای ارزیابی شاخص‌های پیراسنجی، نمایه‌های تن سنجی و سطح حاصل‌خیزی خاک ایجاد شد. شاخص کارآیی بر اساس تعداد مولفه‌های اصلی ساخته شد که سهم مشخص از واریانس در داده‌های اصلی را توضیح می‌دهد. این شاخص (I_{MFA}) تمام فاکتورها دارای مهم‌ترین مقدار داده‌ها را در نظر می‌گیرد و نتیجه ترکیبی خطی از مجموع فاکتورها است که به هر فاکتور، وزنی برابر با اهمیت توصیف آن می‌دهد، یعنی وزن هر فاکتور برابر با جز درصد واریانس کل آن فاکتور می‌باشد.

با بیان جدید متغیرها در تجزیه و تحلیل MFA، مقادیر نمرات فاکتورها (F_i) بر اساس بیشتر یا کمتر بودن از مقدر میانگین داده‌ها، به ترتیب به مقادیر مثبت و منفی تبدیل می‌شود و از نظر ارزش‌گزاری، امتیاز فاکتورها بر اساس انحراف از میانگین نمی‌تواند به عنوان شاخص ارزیابی استفاده شود (۴۹)؛ به همین دلیل، فاکتورها باید به گونه‌ای تغییر یابند، تا حداقل مقدار آنها صفر باشد؛ بنابراین از تابع نمایی استفاده شد (۵۰). فرمول تابع به شرح زیر است:

رابطه (۱)

$$f(F_i)=\begin{cases} 1+\dfrac{k-1}{2}e^{F_i}\ Si \quad F_i<0, \\ k-\dfrac{k-1}{2}e^{-F_i}\ in \quad another\ way \end{cases}$$

در رابطه (۱) پارامتر k درجه پیشرفت تغییر و مقدار دامنه مقادیر فاکتورها را بیان می‌کند، توزین فاکتورها با توجه به واریانس توضیح داده شده برای فاکتورهای به دست آمده محاسبه شد و ترتیب شاخص کارایی (I_{MFA}) از طریق رابطه (۲) محاسبه گردید:

رابطه (۲)

$$I_{AFM}=\sum_{i=1}^{p} f(F_i)\times\frac{Variance\quad Explained\quad per\quad F_i}{Total\quad Variance}$$

سپس بر اساس مقادیر I_{MFA} متغیرهای پیراسنجی، نمایه‌های تن سنجی و سطح حاصل‌خیزی خاک در اقلیم‌های یازده گانه ایران طبقه‌بندی شد. سپس اطلاعات مکانی و تحلیل داده و نمایش نتایج با استفاده از نرم افزار ArcGIS صورت گرفت.

• یافته‌ها

اثر متقابل وضعیت پیراسنجی، تن سنجی و کمبود ریز مغذی‌های خاک در پنج گروه هدف شامل کودکان ۲۳-۱۵ ماهه، کودکان ۶ ساله، نوجوانان، زنان باردار، میانسالان بر اساس شکل‌های ۱ الف-ه نشان داده است:

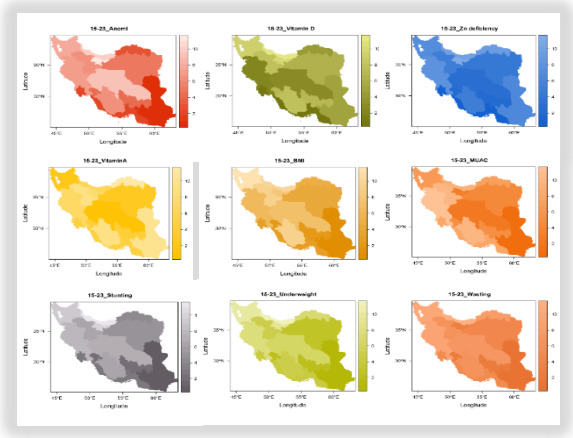
کودکان ۲۳-۱۵ ماهه، کودکان ۶ ساله و زنان باردار در اقلیم‌های ۵ و ۷ بیشترین خطر سوء تغذیه را دارند. نوجوانان در اقلیم ۷، اقلیم ۱ و اقلیم ۸ و میانسالان در اقلیم‌های ۷ و ۱ بیشترین خطر ابتلا به سوء تغذیه را دارند.

بر اساس نمایه‌های تن سنجی و پیراسنجی، اضافه وزن بر اساس نمایه توده بدن و کمبود ویتامین A در سلامت کودکان ۲۳-۱۵ ماهه، کم وزنی بر سن، کمبود Zn و ویتامین D در کودکان ۶ ساله و نوجوانان بیشترین عوامل سوء تغذیه بوده است. گزارشات حاکی از آن است که نوجوانان در اقلیم ۷ دچار کمبود Zn و اضافه وزن می‌باشد و اقلیم ۱ و ۸ بیشترین چالش را در اضافه وزن دارند. زنان باردار بیش از همه با چالش کمبود ویتامین D و Zn مواجه می‌باشند، در صورتی که میانسالان با کمبود ویتامین D و چاقی شکم روبرو هستند.

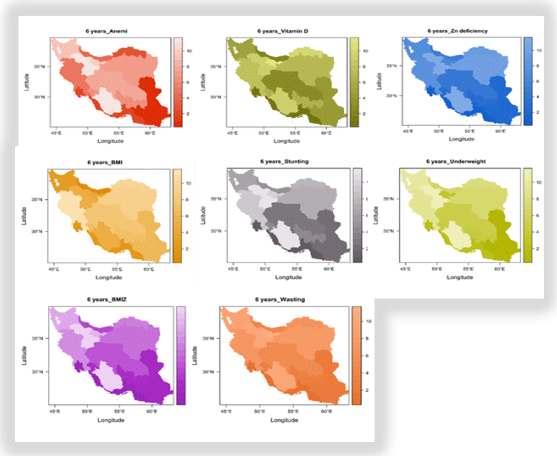
[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.4.0]

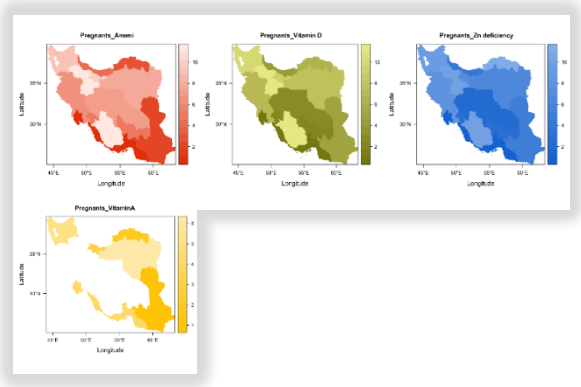
الف



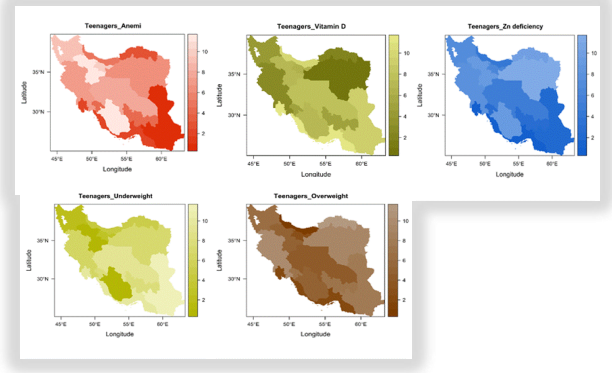
ب



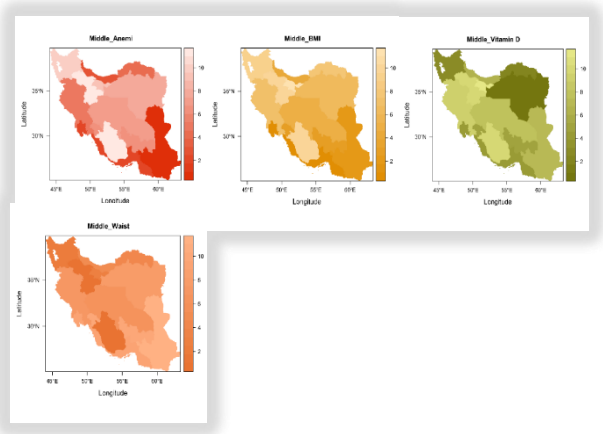
ج



د



ه

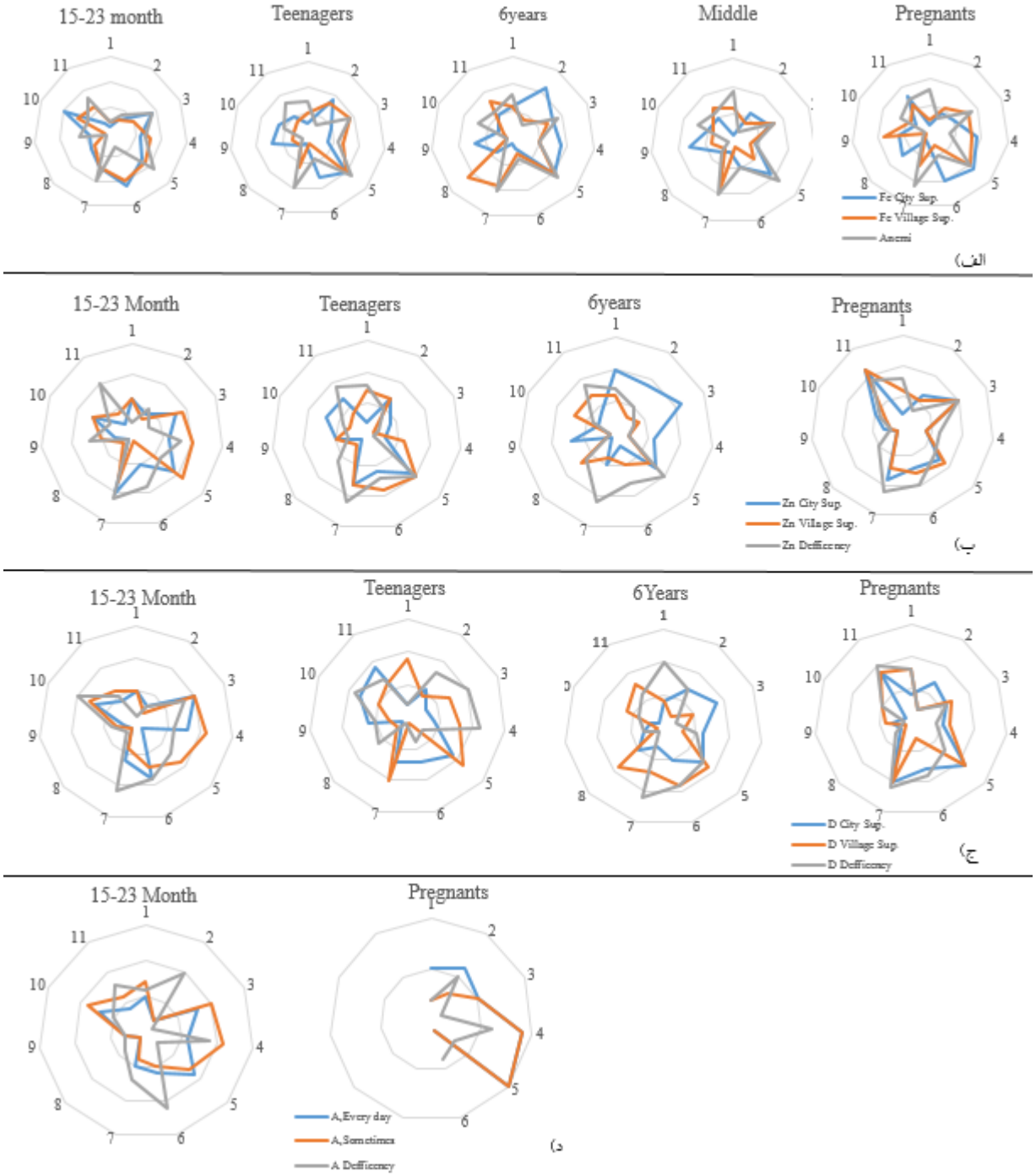


شکل ۱. اثر مقایسه متقابل وضعیت پیراسنجی و تن سنجی با کمبود ریز مغذی‌های خاک در پنج گروه هدف: الف) کودکان ۱۵ تا ۲۳ ماه ب) کودکان ۶ ساله ج) زنان باردار د) نوجوانان ه) میان‌سالان (کم خونی :Anemi، اضافه وزن: نمایه توده بدن :BMI، لاغری پیرامون بازو :MUAC، کوتاه قدی:Stunting، کم وزنی :Underweight، کمبود وزن برای قد:Wasting، لاغری:برحسب نمایه توده بدنی: BMIZ، اضافه وزن و چاقی:Overweight، چاقی شکمی بر اساس پیرامون کمر: Waist)

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.4.0]

مکمل‌یاری کودکان ۱۵-۲۳ ماهه و زنان باردار در اقلیم ۵ در مقایسه با سایر استان‌ها از همه کمتر می‌باشد، کودکان ۶ ساله در جامعه روستا حداقل مکمل یاری در اقلیم‌های ۵ و ۷ را دریافت نموده، ولی در جامعه شهری بیشترین مکمل یاری Fe و Zn در اقلیم ۷ صورت گرفته است. همچنین، بیشترین کمبود Fe و Zn در این دو اقلیم در کودکان ۶ ساله مشاهده شده است. بررسی مکمل‌یاری زنان بیانگر آن است که حتی در اقلیم ۷ مکمل یاری Fe به تنهایی بدون توجه به مکمل یاری Zn و ویتامین D هنوز هم خطر سوء تغذیه را کاهش نداده است. با وجود بیشترین مکمل یاری Fe در شهر و روستای اقلیم ۷، کمبود Zn در این اقلیم شایع و امکان خطر سوء تغذیه بیشترین است. گفتنی است که مکمل یاری Zn در این اقلیم کمترین است. با وجود آنکه اقلیم‌های ۱ و ۸ بیشترین مکمل یاری ویتامین D را داشته‌اند، ولی بیشترین چالش را در اضافه وزن دارند. در افراد میانسال در اقلیم ۱ با وجود بیشترین مصرف مکمل های Fe در شهر در معرض ابتلا به سوء تغذیه می‌باشند، از طرفی با کمترین مصرف مکمل‌های Fe، Zn در روستاهای اقلیم ۷ بیشترین سو تغذیه در میانسالان مشاهده شده است.



شکل ۲. مکمل‌یاری الف) آهن ب) روی ج) ویتامین D د) ویتامین A درگروه‌های هدف در اقلیم یازده گانه ایران (Sup. به معنای مکمل یاری) (پورآ۱۳۹۱)

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.4.0]

مقایسه مکمل یاری با کم خونی، کمبود Zn، ویتامین‌های D و A در گروه‌های هدف در اقلیم‌های ۱۱ گانه (شکل ۲ الف-د) گویای آن است که بدون توجه به الگوی نیاز و وضعیت کمبود ریز مغذی‌ها در ایران در سال ۱۳۹۱ مکمل یاری صورت گرفته است مکمل یاری به تنهایی نیازهای گروه‌های هدف را در اقلیم های ایران برآورده ننموده و نیاز به متولی و بخش متمرکز و صرف هزینه در کشور دارد؛ درنتیجه به بازنگری در فرایند مکمل یاری در کشور نیاز مبرم وجود دارد.

• بحث

جالب توجه است که عناصر ضروری هیدروژن، اکسیژن، کربن، نیتروژن، سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، فسفر، گوگرد و کلر ۹۹/۹ درصد از اتم‌های بدن انسان را تشکیل می‌دهند که به جز هیدروژن، اکسیژن و کربن، خاک منبع اصلی آن‌ها می‌باشد (۵۱)؛ بنابراین، خاک سرشار از عناصر غذایی برای رشد گیاهان، حاوی بسیاری از عناصر ضروری برای سلامت انسان می‌باشند (۵۲). این پژوهش با تجزیه و تحلیل آماری MFA و تشکیل شاخص‌های کارآیی در مجموعه متغیرهای تن سنجی و پیراسنجی و کمبود عناصر خاک در اقلیم های ۱۱ گانه ایران صورت گرفته است.

درک فرایند ریزمغذی‌های خاک با تغذیه انسان بسیار محدودیت داشته است (۱۰) که به علت آزمایشات اندک (۹) و گام‌های پیچیده در انتقال عناصر غذایی از خاک به انسان است (۳۱، ۳۰). همچنین با غنی‌سازی Zn در خاک کشت‌های برنج، گندم، ذرت و لپه هندی عملکرد دانه را افزایش و غلظت Zn را سه عضو کبد، کلیه و استخوان ران در ایالت مادایا پرادش در هند را افزایش معنی‌دار داده است (۳۵، ۳۴). همچنین شیوع سو تغذیه Zn و Fe با خاک‌های کشت گندم مناطق روستا با قابلیت دسترسی اندک آهن و روی در پاکستان همبستگی داشته است (۴۲-۳۶). همچنین میان توزیع مکانی حاصلخیزی خاک آفریقا (انباشتگی ریزمغذی‌ها و مقدار ماده آلی خاک) و سلامت کودکان رابطه معنی‌دار وجود دارد (۲۹، ۹).

یافته‌های این پژوهش نشان داد که در تمامی گروه‌های هدف، اقلیم ۵ و اقلیم ۷ بیشترین شاخص کارآیی را در کم‌خونی و کمبود آهن در خاک داشته است؛ به عبارت دیگر اثر متقابل کم خونی و کمبود آهن در خاک‌های اقلیم ۵ و ۷ (کمتر از ۵ $mg\ Kg^{-1}$ آهن) از همه بیشتر است. حدود ۴۰ درصد خاک های کشور، کمتر از ۴/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم آهن دارند و احتمال پاسخ گیاهی به کود آهن وجود دارد (۵۳). بدیهی است که خاک فقیر از آهن سبب غلظت اندک آهن در گیاه و سرانجام انسان می‌گردد (۵۳). این امر به‌ویژه در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک در جوامع وابسته به رژیم غذایی غلات و مصرف اندک فرآورده‌های گوشتی، شایع است (۵۴). قوت اصلی کودکان ۲۳-۱۵ ماهه، شیر و لبنیات دارای مقادیر بسیار اندک آهن می‌باشد، درصورتی که آهن در دامنه وسیعی از گوشت قرمز، تخم مرغ، سبزیجات و غلات غنی شده با آهن یافت می‌شود (۵۵).

در تمامی گروه‌های هدف، کمبود ویتامین D بسیار چالش برانگیز است. اقلیم ۷ بیشترین شاخص کارایی کمبود ویتامین D را داشته است. این پژوهش بیانگر آن است که کمبود ویتامین D در گروه‌های هدف با کمبود عناصر غذایی P در خاک‌های تمامی اقلیم‌ها همراه است؛ در مورد ارتباط کمبود ویتامین D با عنصر غذایی P در خاک می توان بیان داشت که P از جمله عناصر ضروری برای رشد کودکان در سلامت استخوان‌ها و جذب مواد مغذی نقش غیر قابل انکار دارد (۵۶)، همچنین P در سم زدایی بدن، افزایش متابولیسم، کمک به بهره گیری از سایر عناصر مغذی بدن، فرآیند هضم و حفظ سطح انرژی مفید می‌باشد (۵۷). در بیشتر موارد،کمبود P با کمبود ویتامین D و Ca همراه است (۵۸). یافته‌های این پژوهش موکد این مطلب است که در اقلیم‌های خاک‌های فقیر از P، سلامت استخوان بر اساس نمایه ویتامین D در معرض خطر می‌باشد (۵۹). این وضعیت نگران کننده، در شهر بیش از روستا و در کودکان دختر بیش از پسران است.

شیوع کمبود Zn در اقلیم ۷ در کودکان ۱۵ تا ۲۳ ماهه و زنان باردار، اقلیم ۷ و ۵ در کودکان ۶ ساله و نوجوانان با کمبود Zn در خاک ارتباط داشته است. Zn جزء حیاتی از چندین آنزیم در بدن انسان است که در رشد سلولی و بافت‌های متمایز و بازچرخ سریع، در دستگاه گوارش و سیستم ایمنی بدن اهمیت دارد (۶۰). کمبود Zn در کشورهای در حال توسعه رایج می‌باشد (۶۱). کمبود عناصر کم مصرف در اراضی زیر کشت غلات گسترش جهانی داشته و میلیون‌ها هکتار از اراضی قابل کشت در دنیا دارای کمبود یک یا چند عنصر غذایی کم مصرف می‌باشند. گفتنی است که حدود نیمی از خاک‌های جهان کمبود Zn دارند؛ علاوه براین، خاک‌های آهکی بیشترین احتمال کمبود Zn را دارند (۶۲). از آنجایی که خاک های ایران قلیایی است، شیوع کمبود Zn بسیار زیاد است (۶۳). ۵۶/۳ درصد خاک‌های ایران، کمتر از ۰/۷۵ (حد بحرانی Zn ۰/۵ تا ۱) می باشد (۵۳). خاک‌های آهکی ایران سرشار از کربنات‌ها، نقش مهم در ترسیب Zn در خاک و کاهش قابلیت دسترسی Zn دارند (۶۴). همچنین با افزایش pH نیز قابلیت دسترسی Zn برای گیاهان کاهش می‌یابد (۶۵). کمبود Zn علاوه بر کاهش عملکرد و درصد پروتئین دانه، موجب افت ارزش تغذیه‌ای

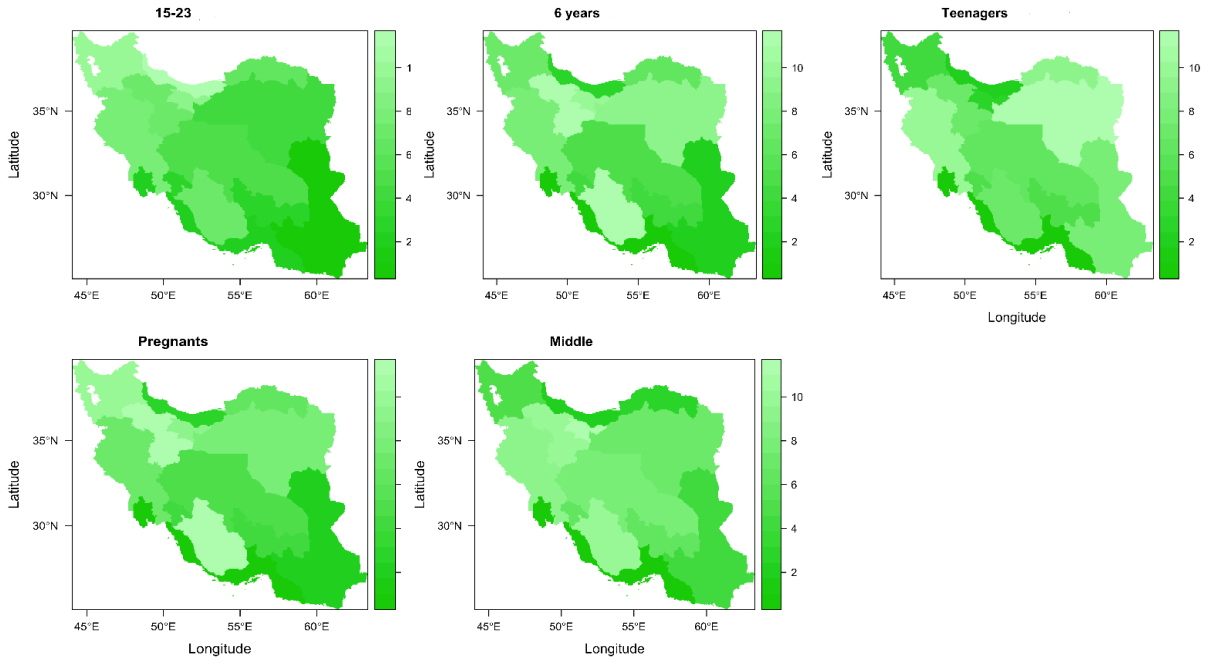
[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.4.0]

محصولات و غلظت کم Zn درگندم و نان تولیدی و سبب بروز کمبود Zn شده است (۶۶).

مقایسات شاخص های تن سنجی با کمبود عناصر غذایی در خاک نشان داده است که بیشترین شاخص کارآیی در لاغری پیرامون بازو، کم وزنی، در گروه سنی ۱۵ تا ۲۳ ماه در اقلیم ۵، با عناصر غذایی P و Fe در خاک و در گروه‌های سنی بالاتر با عناصر غذایی K و B در خاک ارتباط دارد. شاخص اضافه وزن در اقلیم‌های ۷ و اقلیم ۵ در گروه سنی کودکان ۱۵تا۲۳ ماهه و ۶ ساله، با کمبود P و K در خاک و در گروه نوجوانان و میانسالان با کمبود P، B، K و Zn در خاک همبستگی داشته است. پژوهش‌ها بیانگر آن است که ارتباط چاقی و کمبود ریزمغذی‌های Fe، Ca و P خون نیز در کودکان چاق به طرز قابل توجهی پایین تر از گروه شاهد بوده است که این یافته ها موید ارتباط چاقی با کم خونی و کمبود Ca و P می‌باشد (۶۷). در پژوهشی، بررسی پرونده پزشکی ۵۶۰ کودک نشان داد که کم خونی و سطح اندک Ca و P در بدن از عوامل موثر بر بروز چاقی در کودکان است (۶۸). پتاسیم مثل سدیم، منیزیم و کلسیم یک الکترولیت محسوب می‌شود که به حفظ تعادل آب بدن و تنظیم فشار خون کمک می‌کند. به‌علاوه، نقش مهم در هضم پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها دارد. این ماده‌ی معدنی در تقویت ماهیچه‌ها، بهبود عملکرد سیستم عصبی، هضم درست غذا و داشتن قلب و عروق سالم اثرگذار است (۶۹). کمبود پتاسیم اغلب در افراد مبتلا به اضافه وزن دیده می شود (۷۰). نمایه کوتاه قدی نشان از وضعیت اقتصادی، مراقبت‌های بهداشتی و اجرای مداخلات تغذیه‌ای است. اقلیم ۵ بیشترین شاخص در کوتاه قدی و کمبود شدید عنصر P در خاک دارد. سوء تغذیه و اختلالات تغذیه‌ای مانند کمبود ویتامین‌های گروه B، ویتامین D، ویتامین C، Zn، Fe، Ca، Mg، P نیز از عوامل ضعف رشد و کوتاهی قد هستند (۷۱). از مکمل های رشد و افزایش قد فرآورده های P است (۷۲). این درحالی است که مقایسه شاخص‌های آزمایشگاهی و سن استخوانی برحسب جنسیت در کودکان کوتاه قد ۶ ساله (۲۱ کودک) شهر رفسنجان در سال ۱۳۹۷ بر اساس فسفر تفاوت معنی‌دار چندانی را میان گروه‌های کوتاه قد و کنترل نشان نداده است (۷۳). تعادل نسبت Ca و P بر کوتاه قدی نیز بسیار حائز اهمیت است (۷۴). کلسیم ماده اولیه ساخت استخوان و یکی از مهمترین عوامل رشد قد درمعرض آفتاب با جذب ویتامین D در بدن را افزایش می‌یابد (۷۵).

یافته‌های این پژوهش در نقشه‌های شکل ۳ ترتیب اهمیت در توجه توامان مکمل‌یاری و غنی‌سازی خاک درگروه‌های هدف را به تصویر کشیده است. نتایج گویای آن است که در خاک‌های زراعی ایران کمبود همزمان چندین عنصر غذایی شایع است (۷۶).



شکل ۳. رتبه اقدام به مکمل‌یاری و غنی سازی خاک‌ها در اقلیم ۱۱ گانه ایران بر اساس گروه‌های هدف کودکان ۱۵-۲۳ ماهه، ۶ ساله، نوجوانان، زنان باردار و میان سالان (مناطق پررنگ‌تر امتیاز بیشتر در اقدام)

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.4.0]

در فهرست کمبود ریزمغذی‌های خاک‌های کشاورزی ایران کمبود عناصر غذایی Zn و Fe از همه بیشتر و پس از آن کمبود B، K و P رایج می‌باشد. با توجه به بررسی شاخص های تن سنجی و پیراسنجی اقلیم ۱۱ گانه ایران و کمبود عناصر غذایی در خاک می توان بیان داشت که غلات اصلی از جمله گندم و جو مهمترین منبع مصرف گروه‌های هدف ایران به ویژه در میان کشاورزان خرده‌مالک با محدودیت منابع در غلظت بحرانی از عناصر غذایی Fe، K، P و Zn می‌باشند (۷۷). گفتنی است که در سایر پژوهش‌ها در مناطقی که قوت اصلی غلات است، کمبود عناصر غذایی کم مصرف به ویژه Zn گزارش شده است (۱۵، ۱۱). این پژوهش موکد کمبود این عناصر در خاک و پیدایش علائم کمبود در انسان است و شواهد حاکی از آن است که ارتباط میان سوء تغذیه در گروه‌های هدف و کمبود عناصر غذایی خاک در اقلیم‌های ۱۱ گانه ایران آشکار است. در ایران به دلیل تخریب خاک، حداکثر ۳۲ تن در هکتار خاک از اراضی کشاورزی ایران نابود می‌شود. یک تن خاک حاوی تقریباً ۲۸ کیلوگرم نیتروژن، فسفر و پتاسیم است. بنابراین در هر هکتار حدود ۸۹۶ کیلوگرم مواد مغذی از بین می رود (۷۸).

با توجه به شواهد این پژوهش مبنی بر ارتباط سوء تغذیه با عناصر غذایی خاک در گروه‌های هدف به نظر می‌رسد که تا داده‌های پورآ۲ در برنامه‌های مکمل‌یاری به تنهایی نیازهای گروه‌های هدف را در اقلیم های ایران برآورده ننموده و نیاز به بخش متمرکز و صرف هزینه در کشور دارد؛ در این پژوهش، غنی‌سازی زراعی برای رفع سوء تغذیه پیشنهاد می‌گردد؛ چراکه با افزایش عملکرد و بهره‌وری محصولات در مدیریت زراعی و افزایش کیفیت تغذیه محصول به ویژه ریزمغذی‌ها، مداخلات بخش کشاورزی سودآور می‌باشد (۱۰). رابطه میان خاک‌های حاصل‌خیز، درآمد بیشتر و یا فقر کمتر در مطالعات مختلف در کشورهای در حال توسعه به اثبات رسیده است (۷۸). افزایش درآمد کشاورزان محلی، امکان تأمین هزینه‌های خدمات بهداشتی، خرید بیشتر و غذای با کیفیت بهتر از جمله محصولات غذایی حیوانی بیشتر را فراهم می‌نماید. در نتیجه، مصرف واقعی پروتئین و ریز مغذی‌ها در جمعیت افزایش می‌یابد، که سبب کاهش سوء تغذیه خواهد شد (۷۹). راهبرد غنی‌سازی زراعی برای همه افراد مقرون به صرفه و در دسترس می‌باشد. بر این اساس، هدف محصولات غنی شده، قوت اصلی جوامع است که به طور گسترده توسط آحاد مردم مصرف می‌شود (۸۰). غنی سازی زراعی بر پایه کشاورزی یک راهبرد امید بخش و پایدار برای کاهش کمبود Zn و Fe در مواد غذایی و رژیم غذایی شناخته شده است (۸۱). با غنی سازی زراعی، تفاوت در گونه ها و ارقام گیاهی، نوع کود و روش های کاربرد، آب و هوا و شرایط اولیه خاک، و اثرات شیمیایی خاک بر دسترسی عناصر غذایی در جذب غلات در اقلیم های ۱۱ گانه ایران، همراه با سودآوری در راستای اهداف مکمل یاری گام برداشت.

• References

1. Liu J, Tuvblad C, Raine A, Baker, Genetic and environmental influences on nutrient intake Genes Nutrient 2013; 8: 241-252.
2. Shegelman IR, Vasiliev AS, Shchukin PO, Particularities of Ensuring Food Security in the Conditions of the North of Russia. Astra Salvensis, 2018; 6: 941-949.
3. Kimiagar M, Bajan M, Poverty and Malnutrition in Iran, Social Welfare Scientific and Research Quarterly, 2005; 18: 18-1. [in Persian]
4. Richard SA, McCormick BJJ, Miller MA., Caulfield L.E, Checkley W, et al. Modeling Environmental Influences on Child Growth in the MAL-ED Cohort Study: Opportunities and Challenges, Supplement Article 2014; 59: 256-260.
5. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Status of the World's Soil Resources. Main Report, Chapter 2 the role of soils in ecosystem processes 2015: ISBN 978-92-5-109004-6.
6. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Healthy soils are the basis for healthy food production, 2015 International Year of Soils. https://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/en/c/277682/
7. Singh M, Micronutrient nutritional problems in soils of India and improvement for human and animal health. Indian J Fertile 2009; 5(4): 11– 56.
8. Malkuti MJ, Enrichment of agricultural products is an undeniable necessity in increasing the performance and improving the health level of society. Technical Journal No. 322. Agricultural Training Publication, Ministry of Jihad Agriculture, Karaj, Iran 2003; 322: 3-11 [in Persian].
9. Kihara J, Sileshi G.W, Nziguheba G, Kinyua M, Zingore S, Sommer R. Application of secondary nutrients and micronutrients increases crop yields in sub- Saharan Africa. Agronomy for Sustainable Development 2017; 37, 25.
10. Kihara J, Huising J, Nziguheba G, Waswa BS, Njoroge S, Kabambe V, et al. Maize response to macronutrients and potential for profitability in sub-Saharan Africa. Nutrient Cycling in Agroecosystems 2016; 105(3): 171–181.
11. Dimkpa CO, Bindraban PS, Fortification of micronutrients for efficient agronomic production: a review. Agronomy for Sustainable Development 2016; 36(1): 7.
12. Grebmer KV, Saltzman A, Birol E, Wiesmann N, Prasai S. Yohannes et al. Global Hunger Index: The Challenge of Hidden Hunger. Bonn, Washington, D.C., and Dublin: Welt

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.4.0]

hungerhilfe, International Food Policy Research Institute, and Concern Worldwide; 2014

13. Goudia BD, Hash CT, Breeding for high grain Fe and Zn levels in cereals. International Journal of Innovation and Applied Studies 2015; 12(2): 342–354.
14. Shivay YS, Prasad R, Singh U. Micronutrient fertilizers for zinc and iron enrichment in major food crops: a practicable strategy. In: Singh U, Praharaj CS, Singh SS, Singh NP, eds. Biofortification of Food Crops. Cham, Switzerland: Springer 2016; 229-236.
15. Zou, CQ, Zhang, YQ, Rashid A, Ram H, Savasli, E, Arisoy, RZ, et al. Biofortification of wheat with zinc through zinc fertilization in seven countries. Plant and Soil 2012; 361: 119–130.
16. Gibson RS; Anderson, VP, A review of interventions based on dietary diversification or modification strategies with the potential to enhance intakes of total and absorbable zinc. Food Nutr. Bull 2009; 30: 108–143.
17. Arimond, M, Ruel, MT, Dietary Diversity Is Associated with Child Nutritional Status: Evidence from 11 Demographic and Health Surveys. Journal Nutrient 2004; 134: 2579–2585.
18. Spirichev VB, Shatnyuk LN, Poznyakovsky VM. Food fortification with vitamins and minerals. Science and technology. Novosibirsk 2005; Sib.univ.izt-vo.
19. Semba, R.D. The vitamin A story: Lifting the shadow of death. Vitamin A Story Lift Shad Death 2012; 104, 1–207.
20. Poursarebani N, Nussbaumer T, Simkova H, Safar J, Witsenboer H, van Oeveren J, Dolezel J, Mayer KF, Stein N, Schnurbusch T . Whole-genome profiling and shotgun sequencing delivers an anchored, gene-decorated, physical map assembly of bread wheat chromosome 6A. Plant J 2014, 79: 334–347.
21. Joy, E.J.M.; Kumssa, D.B.; Broadley, M.R.; Watts, M.J.; Young, S.D.; Chilimba, A.D.C.; Ander, E.L. Dietary mineral supplies in Malawi: Spatial and socioeconomic assessment. BMC Nutr 2015; 1, 42.
22. World Health Organization, Social Determinants of Health; 2019. Available from: URL: https://www.who.int/health-topics/social-determinants-of-health.
23. United States Department of Health and Human Services. Social Determinants of Health. Healthy People 2020; 2019. Available from: URL:https://www.healthypeople.gov/2020/ topics-objectives/topic/social-determinants-of-health. Accessed October 29, 2019.
24. World Health Organization. Closing the Gap in a Generation: Health Equity Through Action on the Social Determinants of Health. Final Report of the Commission on Social Determinants of Health. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2008.
25. Dubock, A. An overview of agriculture, nutrition and fortification, supplementation and biofortification: Golden Rice as an example for enhancing micronutrient intake. Agric. Food Secur 2017: 6, 59.
26. Clemens, S. Zn and Fe biofortification: The right chemical environment for human bioavailability. Plant Sci; 2014.
27. Cakmak, I. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? Plant Soil 2008; 302: 1–17.
28. Joy EJM, Stein AJ, Young SD, Ander EL, Watts MJ, Broadley MR. Zinc-enriched fertilisers as a potential public health intervention in Africa. Plant Soil. 2015; 389(1): 1–24.
29. Berkhout ED, Malan M, Kram T. Micronutrients for agricultural intensification—Is Sub-Saharan Africa at risk? The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency; 2017.
30. Waters, B.M.; Sankaran, R.P. Moving micronutrients from the soil to the seeds: Genes and physiological processes from a biofortification perspective. Plant Sci 2011; 180: 562–574.
31. Velu, G.; Ortiz-Monasterio, I.; Cakmak, I.; Hao, Y.; Singh, R.P. Biofortification strategies to increase grain zinc and iron concentrations in wheat. J. Cereal Sci 2014; 59: 365–372.
32. Alfthan G, Eurola M, Ekholm P, Venäläinen ER, Root T, Korkalainen K, et al. Effects of nationwide addition of selenium to fertilizers on foods, and animal and human health in Finland: From deficiency to optimal selenium status of the population. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology 2015; 31: 142–147.
33. Ebrahimi. N. Selenium biofortification in crops and its cycling in the agroecosystem. Ph.D. THESIS Faculty of Agriculture and Forestry,University of Helsinki 2020; PORTHANIA, P673 on 29 May 2020
34. Shukla A.K., Behera S.K, Biofortification for overcoming zinc and iron malnutrition in indian population: current research status and way forward. Indian journal of fertilizers 2020; 16(12): 1262-1276.
35. Shukla A.K., Behera S.K, Pakhre A. and Chaudhari, S.K. Micronutrient in soil, plants, animals and humans. Indian gournal of fertilizers 2018; 14(4): 30-54.
36. Ishfaq M., Wakeel A., Shahzad M., N., Kiran A., Li X. Severity of zinc and iron malnutrition linked to low intake through a staple crop: a case study in east-central Pakistan. Environ Geochem Health. 2021; 43:4219–4233.
37. Farooq, M., Ullah, A., Rehman, A., Nawaz, A., Nadeem, A., Wakeel, A., et al.. Application of zinc improves the productivity and biofortification of fine grain aromatic rice grown in dry seeded and puddled transplanted production systems. Field Crops Research, 2018; 216, 53–62.
38. Ishfaq, M., Kiran, A., Khaliq, A., Cheema, S. A., Alaraidh, I. A., Hirotsu, N., et al.. Zinc biofortified wheat cultivar lessens grain cadmium accumulation under aadmium contaminated conditions. International Journal of Agriculture and Biology 2018; 20(12), 2842–2846.
39. Nadeem, F., Farooq, M., Mustafa, B., Rehman, A., & Nawaz, A. Residual zinc improves soil health, productivity and grain quality of rice in conventional and conservation tillage wheat-based systems. Crop & Pasture Science 2020; 71(4), 322–333.
40. Rehman, A., Farooq, M., Nawaz, A., Al-Sadi, A. M., AlHashmi, K. S., Nadeem, F., et al.. Characterizing bread wheat genotypes of Pakistani origin for grain zinc biofortification potential. Journal of the Science of Food and Agriculture 2018; 98(13), 4824–4836.
41. Sundas, Y., Muhammad, A., Nadeem, S., Wasiq, I., Saddam, H.. Sustaining zinc bioavailability in wheat grown on phosphorus amended calcisol. Journal of Cereal Science, 2019; 90: 102846–102846.
42. Yaseen, M. K., Hussain, S. Zinc-biofortified wheat required only a medium rate of soil zinc application to attain the

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.4.0]

targets of zinc biofortification. Archives of Agronomy and Soil Science 2020; 14: 1–2.

43. Vice-Chancellor of Health Affairs, University of Medical Sciences and Health Services, 2012-2017. Available from: URL:https://phc.umsu.ac.ir/index.aspx?&siteid=9&pageid=32212 [in Persian]

44. Borchgrave C, Bräunling G, Gates P, Merikallio, J, Palola J, et al. Complementarities between urban and rural areas in promoting employment and social inclusion, PART 1, The council o f e European m municipalities and r regions. 2003 Available from: URL: https://www.ccre.org/img/uploads/piecesjointe/filename/urban_rural_areas_2003_en.pdf

45. Technical report on the estimation of fertilizer requirements for agricultural and horticultural crops for the crop year Ministry of Agricultural Jihad, Agricultural Research, Education and Extension Organization; 2019-2020.

46. Visbal-Cadavid D., Mónica Martínez-Gómez, Escorcia-Caballero R, Exploring University Performance through Multiple Factor Analysis: A Case Study, Sustainability 2020; 12, 924.

47. Pagès J. Multiple Factor Analysis: Main Features and Application to Sensory Data. Revista Colombiana de Estadística 2004; 27: 1–26.

48. Visbal-Cadavid D., Mónica Martínez-Gómez, Escorcia-Caballero R, Exploring University Performance through Multiple Factor Analysis: A Case Study, Sustainability 2020; 12, 924.

49. García I; Abascal EA methodology for measuring latent variables based on multiple factor analysis. Comput. Stat. Data Anal. 2004; 45: 505–517.

50. Calsamiglia X. La financiación de las Comunidades Autónomas y el principio de solidaridad. De Economía Pública 1990; 6: 3–43. [in Spanish]

51. Brevik EC, Soils and human health: an overview. In: Soils and Human Health (eds E.C. Brevik & L.C. Burgess) 2013; pp. 29–56. CRC Press, Boca Raton, FL.

52. Brevik EC, Burgess LC, The Influence of Soils on Human Health. Nature Education Knowledge 2014; 5(12):1

53. Shahbazi K., Besharati H. An overview of the fertility status of agricultural soils in IranJournal of Land Management, Volume 2013; 1 (1):3

54. Combs GF, Geological impacts on nutrition. In: Essentials of Medical Geology (eds O. Selinus, B. Alloway, J.A. Centeno, R.B. Finkelman, R. Fuge, U. Lindh et al.) Elsevier, Amsterdam 2005; p. 161–177.

55. Deckers J, Steinnes E. State of the art on soil-related geo-medical issues in the world. Advances in Agronomy 2004; 84: 1–35.

56. Aggett PJ. Iron. In: Erdman JW, Macdonald IA, Zeisel SH, eds. Present Knowledge in Nutrition. 10th ed. Washington, DC: Wiley-Blackwell 2012. 506-20.

57. Goretti Penido M, Alon US. Phosphate homeostasis and its role in bone health. Pediatr Nephrol. 2012 Nov;27(11):2039-2048.

58. Serna J, Bergwitz C. Importance of Dietary Phosphorus for Bone Metabolism and Healthy Aging. Nutrients. 2020; 30;12(10):3001.

59. Sahay M, Sahay R. Rickets-vitamin D deficiency and dependency. Indian J Endocrinol Metab Mar. 2012; 16(2):164-76.

60. Oliver S. Eating Healthy God's Way. N.p., Xulon Press, Incorporated, 2012. Xulon Press, Incorporated 130 p.

61. FAO/WHO. International Conference on Nutrition: Nutrition and Development-A Global Assessment. Rome. Italy; 1992.

62. Fraga, CG. Relevance, essentiality and toxicity of trace elements in human health. Molecular Aspects of Medicine 2005; 26: 235–244.

63. Abrahams, PW. Soils their implications to human health. Science of the Total Environment 2002; 291: 1–32.

64. Sacristán, D.; González–Guzmán, A.; Barrón, V.; Torrent, J.; Del Campillo, M.C. Phosphorus-induced zinc deficiency in wheat pot-grown on noncalcareous and calcareous soils of different properties. *Arch. Agron. Soil Sci.* 2019, *65*: 208–223.

65. Fageria, N.K. Zinc. In The Use of Nutrients in Crop Plants; CRC Press: Boca Raton, FL, USA 2010. p. 241–271.

66. Malkouti, M J, Davoodi M H., 1381. Zn in agriculture, 215 pages. Tehran, Iran. [in Persian]

67. Gaemi N, Jafarzade M, Bagheri S, Relationship between obesity and lack of iron, calcium and phosphorus micronutrients in children aged 2-16 years. medical journal of mashhad university of medical sciences 2012; 55(3):134-138. [in Persian].

68. Irainian Student s News Agency, The effective role of anemia and lack of calcium and phosphorus in childhood obesity. 2013. Available from: URL: https://www.isna.ir/news/91101508833/ [in Persian]

69. Palmer BF, Clegg DJ. Physiology and pathophysiology of potassium homeostasis. Adv Physiol Educ. 2016; 40(4):480-490.

70. Cai X, Li X, Fan W, Yu W, Wang S, Li Z, et al. Potassium and Obesity/Metabolic Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analysis of the Epidemiological Evidence. Nutrients. 2016;8(4):183.

71. Xu B, Feng Y, Gan L, Zhang Y, Jiang W, Feng J, Yu L. Vitamin D Status in Children With Short Stature: Accurate Determination of Serum Vitamin D Components Using High-Performance Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry. Front Endocrinol (Lausanne). 2021 Oct 13;12:707283.

72. Tearns G, Moore DLR. Growth in height and weight, and retention of nitrogen, calcium and phosphorus during recovery from severe malnutrition. Am j dis child. 1931;42(4_part_i):774–780.

73. Kamiab Z, Tavanaee K, Sepehran M. Prevalence of Stunting and Some Related Factors in 6-year-old Children in Rafsanjan City in 2018: A Cross-Sectional Study Journal of Rafsanjan University of Medical Science 2020; 19(9): 941-954. [in Persian]

74. Pereira DdC, Lima RPA, de Lima, RT. *et al.* Association between obesity and calcium:phosphorus ratio in the habitual diets of adults in a city of Northeastern Brazil: an epidemiological study. *Nutr J* 2013; 12, 90.

75. Institute of Medicine. *Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D*. Washington, DC: The National Academies Press; 2011.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.4.0]

76. Irainian Students News Agency. Head of the Soil and Water Research Institute of the country:50% of the country's soils are deficient in one or more nutrients. 4 December 2017 Available from: URL: https://www.isna.ir/news/qazvin-34109/ [in Persian]

77. Moshiri F, Tehrani MM, Shahabi AA, Keshavarz P, Khoger Z, Faizi V, The principle of integrated management of soil fertility and wheat nutrition, Ministry of Jihad Agriculture, Agricultural Research, Education and Promotion Organization, Soil and Water Research Institute, guidelines, 2014. Available from: URL:https://www.agri-es.ir/LinkClick.aspx?link=zeraat-dastouramal-talfigh-gandom.pdf&mid=15656 [in Persian]

78. Barrett CB, Bevis LEM. The self-reinforcing feedback between low soil fertility and chronic poverty. Nature Geoscience. 2015; 8: 907.

79. Müller O, Krawinkel M. Malnutrition and health in developing countries. CMAJ. 2005 Aug 2;173(3):279-86. Rahut DB, Aryal JP, Manchanda N, Sonobe T, Chapter 6 - Expectations for household food security in the coming decades: A global scenario, Editor(s): Rajeev Bhat, Future Foods, Academic Press, 2022, Pages 107-131.

80. Garcia-Casal MN, Peña-Rosas JP, Giyose B; consultation working groups. Staple crops biofortified with increased vitamins and minerals: considerations for a public health strategy. Ann N Y Acad Sci. 2017 Feb;1390(1):3-13.8. Epub 2016 Dec 9

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.4.0]

Feasibility of Soil Enrichment in Line With Supplementary Aid Programs in the Eleven Climate Zones of Iran

Moradipour F[1], Mahdavi Damghani AM[2], Aghamir F[3], Vahid Dastjardi M,[4], Mahmoudi H[5]*

1- Master student of Agroecology, Research Institute of Environmental Sciences, Shahid Beheshti University, Iran

*2- * Corresponding author: Associated Professor, of Agroecology, Research Institute of Environmental Sciences, Shahid Beheshti University, Iran. Email: mahdavi.a@sbu.ac.ir*

3- Assistant Professor of Agroecology, Research Institute of Environmental Sciences, Shahid Beheshti University, Iran

4- Associated Professor, Department of Obstetrics and Gynecology, Faculty of Medicine, Tehran University of Medical Sciences, Iran.

5- Assistant Professor, of Agroecology, Research Institute of Environmental Sciences, Shahid Beheshti University, Iran

Received 13 Jul, 2022 **Accepted 26 Sep, 2022**

Background and Objectives: A recent report from the United Nation indicates that Iran is witnessing a relative decrease in the prevalence of hunger and an increase in malnutrition. Soil enrichment along with supplementation is one of the simple strategies, away from pollution, available for all people, accessible and profitable, it has the ability to prevent or control nutritional deficiencies. Investigating the relationship between malnutrition and the lack of soil nutrients in Iran's high-risk climates is necessary in line with the soil enrichment program.

Materials & Methods: The aims of this study were to improve understanding of the relationships between the lack of soil nutrients and the health of population groups, including blood parameters and anthropometric profiles, in various ages and physiology stages (children, adolescents, pregnant and middle-aged women), separated by gender and region (cities and villages) in 11 climate zones of Iran by suggesting a system of assessment indicators and compare multi-factor analyses in heterogeneous variables of various natures.

Results: Findings have shown that the highest synthesis index of anemia in the target groups of the Iranian population was linked to the lack of Fe in soil in all the target groups, lack of vitamin D was linked to the lack of P in soil and lack of Zn was associated to the lack of Zn in the soil. With limited supplementary aids, there are still challenges of soil fertility and malnutrition in provinces of Sistan and Baluchistan, South Khorasan, East Kerman, Bushehr, Hormozgan and Khuzestan.

Conclusion: In conclusion, maps of high-risk regions as well as bioenrichment and supplementary aids are suggested.

Keywords: Malnutrition, Soil, Agricultural enrichment, Essential elements, Micronutrients

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-10-06]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.4.0]