علوم کاربردی سیب‌زمینی
سال هفتم شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۳

راهبرد تعادل بهینه عناصر غذایی سیب‌زمینی در استان اردبیل با روش انحراف از درصد بهینه (DOP)

رحیم مطلبی فرد [1*]

۱- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب ، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

* نشانی پست الکترونیکی نویسنده مسئول: motalebifard @gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۵ تاریخ انجام اصلاحات: ۱۴۰۲/۱۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۰۴

چکیده

دست‌یابی به عملکرد پایدار و حفظ آن در محصولات پرنیازی مانند: سیب‌زمینی در طول دوره رشد، تحت تأثیر عوامل متعددی است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به تغذیه گیاهی و وضعیت حاصلخیزی خاک‌های منطقه اشاره کرد. پژوهش حاضر در اراضی زیر کشت سیب‌زمینی در استان اردبیل برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای سیب‌زمینی در ۳۰ مزرعه انجام گرفته است. در این ۳۰ مزرعه عوامل مؤثر بر تولید در قالب پرسش‌نامه، شمارش و با تهیه نمونه برگ از مزارع منتخب در زمان گلدهی نسبت به اندازه‌گیری غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز و مس اقدام لازم صورت گرفت. بانک اطلاعات برای نتایج، تکمیل و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و شاخص انحراف از درصد بهینه (DOP) برای هر عنصر محاسبه شد. نتایج نشان داد که در استان اردبیل در بین عناصر غذایی پرنیاز، کمبود پتاسیم و نیتروژن و در بین عناصر کم‌مصرف، کمبود مس و بور وجود داشت. غلظت مطلوب عناصر غذایی در برگ سیب‌زمینی این استان شامل: نیتروژن ۴/۸، فسفر ۰/۲۳، پتاسیم ۲/۹، کلسیم ۳/۷ و منیزیم ۰/۵۴ درصد و روی ۱۲۲، منگنز ۱۴۳، مس ۲۳ و بور ۳۵ میلی‌گرم در کیلوگرم برگ بود. بین شاخص انحراف از درصد بهینه و عملکرد، همبستگی ۰/۴۹ وجود داشت که در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش می‌تواند به منظور افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول سیب‌زمینی به شکل کاربردی مورد استفاده قرار گیرد. برای بهبود عملکرد عمومی سیب‌زمینی در استان اردبیل عناصر بور، مس و پتاسیم از ضروری‌ترین عناصر هستند. اگر مصرف این عناصر غذایی در اولویت قرار گیرد، افزایش عملکرد تا حدود ۲۰ درصد به‌راحتی قابل دست‌یابی می‌باشد. با توجه به بیش‌بود غلظت فسفر برگ در مزارع با عملکرد پائین، بهتر است که برای مصرف فسفر از آزمون خاک استفاده شود و از مصرف فسفر در اراضی با فسفر بیش‌تر از حد بحرانی پرهیز شود تا هم عملکرد افزایش یابد و هم زیادی فسفر باعث بروز کمبود عناصری مانند: روی، مس و منگنز نشود.

واژگان کلیدی: *سیب‌زمینی، عناصر غذایی، وضعیت تغذیه‌ای، انحراف از درصد بهینه*

بیان مساله

سیب‌زمینی جزء مهم‌ترین محصولات زراعی دنیا می‌باشد و در سال ۲۰۲۲ بعد از ذرت، گندم و برنج رتبه چهارم را از نظر تولید در دنیا دارا می‌باشد (۶). در ایران هم سیب‌زمینی با ۴/۷ میلیون تن تولید بعد از گندم، نیشکر، گوجه‌فرنگی و یونجه بیش‌ترین مقدار تولید را به خود اختصاص داده است. ضریب تبدیل انرژی در محصول سیب‌زمینی بسیار مطلوب می‌باشد و با مصرف یک واحد آب، بیش‌ترین ماده خشک در بین محصولات زراعی عمده کشور در این محصول تولید می شود به‌طوری که با استفاده از یک درصد سطح زیرکشت کل اراضی کشور و حدود دو درصد اراضی آبی کشور، حدود ۵/۵ درصد کل تولیدات زراعی به محصول سیب‌زمینی اختصاص دارد (۳). متوسط عملکرد در واحد سطح سیب‌زمینی در کشور بسیار متغیر است و استان‌های همدان و چهارمحال و بختیاری با ۴۰ تن در هکتار بیش‌ترین و استان گیلان با حدود ۶/۶ تن در هکتار کم‌ترین عملکرد کشور را دارا می‌باشند. متوسط عملکرد سیب‌زمینی در استان اردبیل حدود ۳۱/۵ تن در هکتار می‌باشد (۳). همین اختلاف عملکرد در واحد سطح و هم‌چنین قابلیت‌های تولید بسیار بیش‌تر ارقام تجاری موجود در کشور (کشاورزان نمونه معمولاً عملکردهای بیش از ۸۰ تن در هکتار دارند) نشان می‌دهد که مسائل مدیریتی نقش بسیار بارز و شاخصی در تولید سیب‌زمینی دارند. سیب‌زمینی جزء محصولاتی است که داشتن شناخت کافی از مراحل فنولوژیک دوره رشد، شرایط کاشت، اقلیم، آفات و بیماری‌ها، وضعیت خاک و تغذیه گیاه به‌وسیله کشاورز به‌منظور دست‌یابی به عملکرد مطلوب، ضروری می باشد. عدم توجه به هر یک از این عوامل منجر به خسارت جبران‌ناپذیری خواهد شد. هم‌چنین عدم آگاهی از وضعیت حاصلخیزی خاک باعث تخریب منابع و اتلاف انرژی و سرمایه کشاورز خواهد شد (۲).

روش انحراف از درصد بهینه (DOP)[1] به‌عنوان یکی از روش‌های تفسیر نتایج تجزیه گیاه برای ارزیابی تغذیه معدنی بهینه محصولات زراعی و باغی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش به عدم تعادل عناصر در گیاه، رتبه داده شده و یک ترتیب عدم تعادل برای عناصر مختلف به‌دست می‌آید که از جنبه مدیریت تغذیه‌ای بسیار مهم است. این شاخص به‌صورت درصد انحراف غلظت یک عنصر از درصد بهینه خود در گیاه (مقدار مرجع) تعریف می‌شود. ترتیب عدم تعادل عناصر غذایی با محاسبه شاخص DOP برای هر عنصر میسر می‌شود. به عبارت دیگر، این روش برای هر عنصر غذایی شاخصی را محاسبه و آن‌ها را به‌صورت اعداد مثبت، منفی یا صفر مشخص می‌کند که به‌ترتیب بیانگر زیادی، کمبود یا غلظت مناسب عنصر غذایی در گیاه می‌باشد. منفی‌ترین شاخص، عامل محدودکننده تغذیه گیاه می‌باشد و ترتیب نیاز از شاخص منفی به مثبت خواهد بود. با محاسبه مجموع قدرمطلق شاخص‌های انحراف از درصد بهینه، می‌توان به شدت خروج از حالت تعادل پی برد. در این صورت عدد صفر بیانگر حالت تعادل و هرچه عدد بزرگ‌تر شود، نشان‌دهنده انحراف بیش‌تر از حالت تعادل می‌باشد (۴).

معرفی دستاورد

این پروژه در استان اردبیل بر روی محصول سیب‌زمینی در طی سال ۱۳۹۷ اجرا شد. تعداد ۳۰ مزرعه انتخاب شدند. این مزارع طوری انتخاب شدند که اولاً دارای عملکردهای متفاوت باشند یعنی این ۳۰ مزرعه (با توجه به پرسش‌نامه و سابقه کشت سال‌های قبل) شامل مزارع با عملکرد مطلوب، عملکرد متوسط و عملکرد پائین باشند. ثانیاً مزارع انتخابی در تمام مناطق کشت سیب‌زمینی در استان به نسبت سطح زیرکشت آن منطقه توزیع شد. موقعیت جغرافیایی مزارع نیز ثبت شد (شکل ۱). هم‌چنین در این مزارع، دامنه متفاوتی از خصوصیات خاک (استفاده از مطالعات خاک و...) وجود داشت. مزارع از رقم غالب منطقه در کشت سیب‌زمینی انتخاب شدند. سپس برای هر مزرعه پرسش‌نامه‌ای تکمیل و در آن اطلاعات مدیریتی مزرعه درج شد (این اطلاعات شامل مواردی از قبیل: عملکرد سال‌های قبل، نوع کودهای شیمیایی مصرفی، سابقه

[1]- Deviation from Optimum Percentage (DOP)

مصـــرف کودهای حیوانی، مرغی و بیولوژیک، تعداد دفعات آبیاری، تاریخ کاشـــت، اســـتفاده از ســـموم شـــیمیایی، آفات و بیماری‌های شایع در مزرعه و منطقه و .... بود). نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ ســـانتی‌متری خاک مزارع تهیه و با روش های استاندارد مؤسسه تحقیقات خاک و آب مورد تجزیه قرار گرفت (۱).

برای انجام محاسبات DOP، در زمان برداشت محصول (هفته آخر شهریور تا هفته اول مهرماه) با بازدید از هر مزرعه، عملکردها یادداشت و مزارع به دو گروه با عملکرد بالا و پائین تقسیم شدند (شکل ۲). مزارع با عملکرد بالا به‌منظور تعیین اعداد مرجع مورد استفاده قرار گرفت. معیار مورد استفاده برای تقسیم مزارع به دو گروه با عملکرد بالا و پائین مطابق با رابطه ۱، میانگین عملکرد و انحراف معیار بود (۷).

(SD – میانگین عملکرد) ≥مزارع با عملکرد پائین

(SD + میانگین عملکرد) تا (SD – میانگین عملکرد) ≥مزارع با عملکرد متوسط

(SD + میانگین عملکرد) ≥ مزارع با عملکرد بالا

در این رابطـه‌هـا، SD انحراف معیـار عملکرد مزارع می‌باشد.

شاخص DOP نیز برای تشخیص وضعیت تغذیه‌ای مزارع سیب‌زمینی از رابطه ریاضی زیر محاسبه شد:

$$DOP = [(C\times100)/C_{ref}]-100 \qquad (۲)$$

در این معادله: C، غلظت عنصـــر غذایی در نمونه برگ مزارع ســـیب‌زمینی با عملکرد پائین و C_{ref}، غلظت مطلوب عنصر غذایی (بهینه) در برگ مزارع سیب‌زمینی با عملکرد بالا می‌باشد.

شـــاخص انحراف از درصـــد بهینه (ΣDOP) DOP از مجموع شاخص‌های DOP عناصر بدون در نظر گرفتن علامت آن‌ها و از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$\Sigma DOP = |IA| + |IB| + |IC| + \cdots + |IN| \qquad (۳)$$

برای تعیین محدوده‌های استاندارد و شاخص‌های DOP، کل جامعه مورد مطالعه براساس روش شارما و همکاران (۷) به دو گروه عملکرد کم و زیاد تقســـیم شـــدند. از ۳۰ مزرعه مورد مطالعه، ۵ مزرعه در گروه با عملکرد بالا و ۲۵ مزرعه در گروه با عملکرد متوسط و پائین قرار گرفتند. میانگین عملکرد در کل مزارع، ۳۵,۷۶۷ کیلوگرم در هکتار و انحراف معیار آن، ۱۰,۵۱۶ محاســـبه شـــد. میانگین عملکرد در مزارع با عملکرد بالا، ۵۵,۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و در جامعه با عملکرد متوسط و پـائین، ۳۱,۹۲۰ کیلوگرم در هکتـار بود کـه اختلاف بین عملکرد این جوامع از لحاظ آماری معنی‌دار بود ($P\leq0/05$).

نتایج تجزیه واریانس و محاسبات آماری عناصر غذایی برگ سیب‌زمینی در مزارع با عملکرد بالا و پائین به‌ترتیب در جدول های ۱ و ۲ قابل مشاهده است.

جدول ۱- ویژگی‌های آماری غلظت عناصر غذایی برگ سیب‌زمینی در جامعه با عملکرد بالا در استان اردبیل

صفت مورد بررسی	میانگین	کمینه	بیشینه	انحراف معیار	ضریب تغییرات (٪)
عملکرد ($Kg\ ha^{-1}$)	۵۵,۰۰۰	۴۵,۰۰۰	۶۸,۰۰۰	۱۰,۷۹۳	۲۰
نیتروژن برگ (٪)	۴/۷۷	۴/۲	۵/۸	۰/۶۴	۱۳
فسفر برگ (٪)	۰/۲۰	۰/۱۶	۰/۲۵	۰/۰۴	۱۹
پتاسیم برگ (٪)	۲/۹	۲/۲	۳/۴	۰/۶۱	۲۱
منیزیم برگ (٪)	۱/۰۴	۰/۹۵	۱/۰۸	۰/۰۵	۵
کلسیم برگ (٪)	۳/۷	۳/۰	۴/۰	۰/۴۵	۱۲
منگنز برگ ($mg\ kg^{-1}$ dw)	۱۴۳	۷۳	۲۲۵	۵۷	۳۹
روی برگ (mg kg-1 dw)	۱۲۲	۸۵	۱۹۴	۴۴	۳۶
مس برگ (mg kg-1 dw)	۲۳	۱۲	۳۳	۸/۷	۳۷
بور برگ (mg kg-1 dw)	۳۵	۳۱	۴۶	۶	۱۸

جدول ۲- ویژگی‌های آماری غلظت عناصر غذایی برگ سیب‌زمینی در جامعه با عملکرد پائین در استان اردبیل

صفت مورد بررسی	میانگین	کمینه	بیشینه	انحراف معیار	ضریب تغییرات (٪)
عملکرد ($Kg\ ha^{-1}$)	۳۱,۹۲۰	۲۴,۰۰۰	۴۲,۰۰۰	۴,۶۶۲	۱۵
نیتروژن برگ (٪)	۴/۴	۳/۵	۵/۴	۰/۴۴	۱۰
فسفر برگ (٪)	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۳۹	۰/۰۴	۱۷
پتاسیم برگ (٪)	۱/۲	۰/۸	۲/۱	۰/۰۷	۳۹
منیزیم برگ (٪)	۱/۰۵	۰/۸۸	۱/۱۹	۰/۰۷	۶
کلسیم برگ (٪)	۳/۷	۲/۵	۵/۵	۰/۶۱	۱۶
منگنز برگ ($mg\ kg^{-1}\ dw$)	۱۵۶	۷۳	۳۳۴	۵۹	۳۷
روی برگ (mg kg-1 dw)	۱۳۴	۷۰	۲۴۹	۴۶	۳۴
مس برگ (mg kg-1 dw)	۱۷	۸	۴۶	۷/۲	۴۲
بور برگ (mg kg-1 dw)	۲۹	۱۸	۹۷	۱۵	۵۲

بررسی نتایج ضریب تغییرات غلظت عناصر در دو دسته مزارع با عملکرد نسبی بالا و پائین نشان داد که ترتیب عناصر بور، مس و پتاسیم در مزارع با عملکرد پائین مورد بررسی، دارای تغییرات نسبتاً زیاد بودند. برای محاسبه محدوده‌های استاندارد DOP، میانگین غلظت عناصر در جامعه گیاهی با عملکرد بالا محاسبه و به‌عنوان مبنای مقایسه مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۳). سپس شاخص‌های DOP در مزارع با عملکرد پائین با استفاده از اعداد مرجع محاسبه شد.

با استفاده از این اعداد مرجع، شاخص‌های DOP محاسبه شد که ۱۰ مورد از مزارع با عملکرد متوسط و پائین به‌عنوان نمونه در جدول ۴ نشان داده شده است.

نتایج نشان داد که از لحاظ میانگین شاخص‌های روش DOP، ترتیب نیاز غذایی برای عناصر پرمصرف به‌صورت K>N>Ca>Mg>P و برای عناصر کم‌مصرف به‌صورت Cu>B>Mn>Zn برای مزارع با عملکرد پائین بود (جدول ۴). در بین عناصر پرمصرف، عنصر پتاسیم در ۷۳ درصد از مزارع منفی‌ترین شاخص و عنصر فسفر در ۸۰ درصد از مزارع موردبررسی مثبت‌ترین شاخص را دارا بودند و منیزیم بعد از فسفر مثبت‌ترین شاخص‌ها را دارا بود. به‌دلیل عدم توجه به مصرف پتاسیم در زراعت سیب‌زمینی استان اردبیل و کشت‌های مستمر و بدون تناوب سیب‌زمینی به‌عنوان یک محصول پرنیاز به پتاسیم، کمبود آن در تمام مزارع منطقه بروز کرده است. بعد از پتاسیم، نیتروژن بیش‌ترین کمبود را به‌خود اختصاص داد. با توجه به نقش نیتروژن در رشد رویشی، گلدهی و تشکیل و درشت شدن غده می‌توان گفت که در خاک‌های منطقه معمولاً ماندگاری مواد آلی خاک به سبب تجزیه سریع، کم می‌باشد و خاک‌های منطقه عمدتاً دارای مواد آلی پائینی می‌باشند. چرا که عمدتاً کشت متراکم در منطقه انجام می‌گیرد و با توجه به شدت خاک‌ورزی زیادی که اتفاق می‌افتد، سرعت تجزیه مواد آلی بسیار بالاست و چون بخشی از نیتروژن مورد نیاز گیاه از طریق مواد آلی خاک تأمین می‌شود، ممکن است نیتروژن برای مدت زمان کم‌تری در دسترس محصول باشد. از طرف دیگر، بخش قابل‌توجهی از کودهای نیتروژنی مورد استفاده در مزارع، ممکن است به‌دلیل آبشویی از دسترس گیاه خارج شوند. بنابراین، برنامه مدیریت زراعی خاک به‌ویژه مدیریت خاک می‌تواند مقدار ماده آلی خاک را افزایش دهد و قابلیت استفاده نیتروژن را در سیب‌زمینی تغییر دهد. رعایت تناوب مناسب، خاک‌ورزی کمینه، استفاده مناسب از کودهای حیوانی کاملاً پوسیده، استفاده از کمپوست و ورمی کمپوست، فراهم آوردن شرایط استفاده از کود سبز و سایر موارد می‌توانند باعث افزایش مقدار ماده آلی خاک‌های زیر کشت سیب‌زمینی شده و به افزایش پایداری تولید و تأمین مقدار کافی نیتروژن کمک کنند.

در بین عناصر کم‌مصرف، شاخص‌های مس و بور به‌ترتیب در ۸۷ و ۹۰ درصد از مزارع منفی بودند. شرایط آهکی خاک‌ها قابلیت فراهمی عناصر میکرو را از خاک به ریشه گیاهان با مشکل مواجه کرده است (۴). بعد از مس، کمبود عنصر بور

دومین رتبه را دارا بود و شاخص آن منفی شد. با توجه به این که عنصر بور از عناصری است که معمولاً در توصیه کودی سیب‌زمینی‌کاران منطقه قرار ندارد لذا باید به مصرف آن در مزارع سیب‌زمینی اولویت داده شود.

جدول ۳- محدوده‌های استاندارد DOP برای مزارع سیب‌زمینی در استان اردبیل

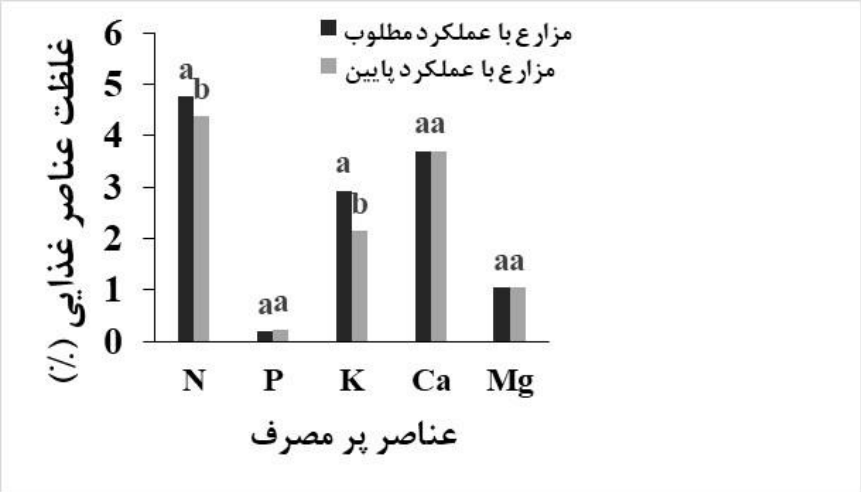
عنصر غذایی	نیتروژن (٪)	فسفر (٪)	پتاسیم (٪)	کلسیم (٪)	منیزیم (٪)	بور ($mg\ kg^{-1}$)	روی برگ ($mg\ kg^{-1}$)	منگنز برگ (mg kg-1)	مس برگ (mg kg-1)
محدوده استاندارد	۴/۷۷	۰/۲۰	۲/۹	۳/۷	۱/۰۴	۳۵/۳	۱۲۲	۱۴۳	۲۳/۲

جدول ۴- عملکرد، شاخص‌های DOP و اولویت نیاز عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در مزارع سیب‌زمینی با عملکرد پائین استان اردبیل

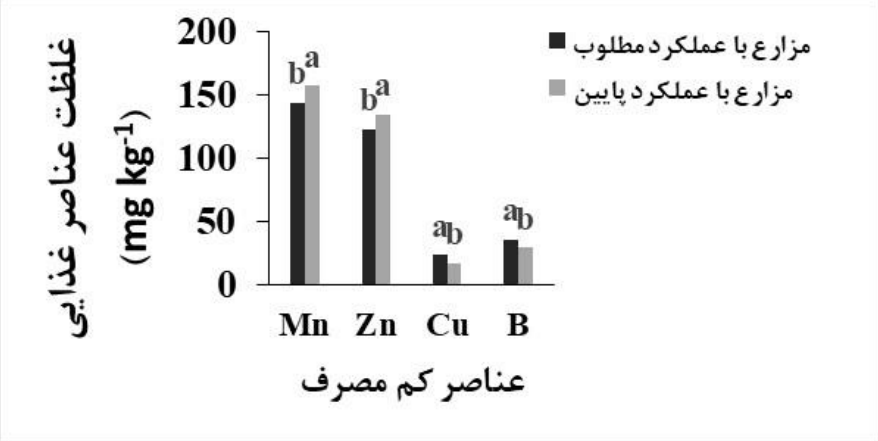
ΣDOP	اولویت نیاز عناصر غذایی	شاخص‌ها									عملکرد
		B	Cu	Zn	Mn	Mg	Ca	K	P	N	Kg ha^{-1}
۲۰۶	Zn>Mn>Cu>B>K>N>Ca>Mg>P	-۳۶	-۴۷	-۶۴	-۴۸	۱	-۵	-۳۱	۱۸	-۹	۲۵,۰۰۰
۲۶۷	Cu>Mn>Zn>N>Mg>Ca>K>P>B	۱۷۳	-۱۸	-۱۱	-۱۵	۴	۸	۱۲	۱۶	-۹	۲۵,۰۰۰
۳۰۴	K>Cu>B>N>Zn>Ca=Mg>P>Mn	-۴۴	-۵۳	-۱۰	۸۵	-۶	-۶	-۵۶	۲۳	-۱۹	۲۹,۰۰۰
۱۷۵	K>B>Cu>N>Mg>Mn>Zn>Ca>P	-۳۲	-۱۲	۱۸	۱۱	۸	۲۱	-۴۱	۲۵	-۶	۳۱,۰۰۰
۲۲۰	Cu>K>Ca>B>Mn>Mg>Mn>Zn>P	-۸	-۴۸	۸۳	-۴	-۲	-۱۹	-۴۱	۱۱	۴	۳۲,۰۰۰
۱۸۲	Cu>Ca>Mn>Mg>N>P>K>B>Zn	۲۵	-۴۲	۳۵	-۱۱	-۶	-۱۹	۱۹	۱۳	۱۲	۳۴,۰۰۰
۱۷۱	N>Cu=B>Ca>Mg>K>Mn>Zn>P	-۲۲	-۲۲	۲۶	۲	-۹	-۱۹	-۴	۴۴	-۲۵	۳۵,۰۰۰
۱۵۲	Cu>B>K>N>Zn>Mn>Mg>P>Ca	-۳۸	-۴۷	۰/۵	۰/۸	۴	۸	-۳۰	۴	-۱۹	۳۸,۰۰۰
۱۶۳	Zn>Cu>B>N>Mg>Ca>P>Mn>K	-۱۶	-۳۵	-۴۳	۱۶	۱	۸	۳۰	۱۱	-۳	۴۲,۰۰۰
۱۴۹	Cu>Zn>Mn>N=B>P>Ca=Mg>K	-۱۱	-۴۷	-۳۰	-۱۷	۸	۸	۱۲	-۱۰	-۱۱	۴۵,۰۰۰
میانگین شاخص‌ها برای مزارع با عملکرد پائین		-۱۷	-۲۷	۹/۹	۹/۸	۰/۷	۰/۰۰۰۰۰۵	-۲۶	۱۸	-۸	

همان‌گونه که در شکل ۳ مشخص است، غلظت عناصر پرمصرف نیتروژن و پتاسیم در مزارع با عملکرد پائین کم‌تر از مزارع با عملکرد بالا بود و در مورد فسفر تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. غلظت عناصر کلسیم و منیزیم در مزارع با عملکرد بالا و پائین تقریباً برابر بود. غلظت عناصر مس و بور در مزارع با عملکرد پائین، کم‌تر از مزارع با عملکرد بالا بود ولی غلظت عناصر غذایی منگنز و روی در مزارع با عملکرد پائین بیش‌تر از مزارع با عملکرد بالا بود (شکل ۴). تفاوت غلظت عناصر نیتروژن، پتاسیم، آهن، منگنز، مس، بور و روی در بین مزارع با عملکرد بالا و پائین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

دلیل غلظت بیش‌تر منگنز و روی در مزارع با عملکرد بالا این است که در این مزارع مصرف کود متعادل‌تر می‌باشد. در شرایط مصرف متعادل کود، رشد و توسعه بخش هوایی و ریشه اتفاق می‌افتد و طول و ضخامت ریشه و تعداد تارهای کشنده افزایش می‌یابد و این موضوع باعث دسترسی بهتر ریشه به منابع جدید عناصر غذایی و جذب بهتر این عناصر در شرایط وجود مقادیر مناسب در خاک می‌شود. هم‌چنین در مزارع با عملکرد بالا، مصرف عناصر کم‌مصرفی مانند: روی و منگنز نیز بیش‌تر بوده است.



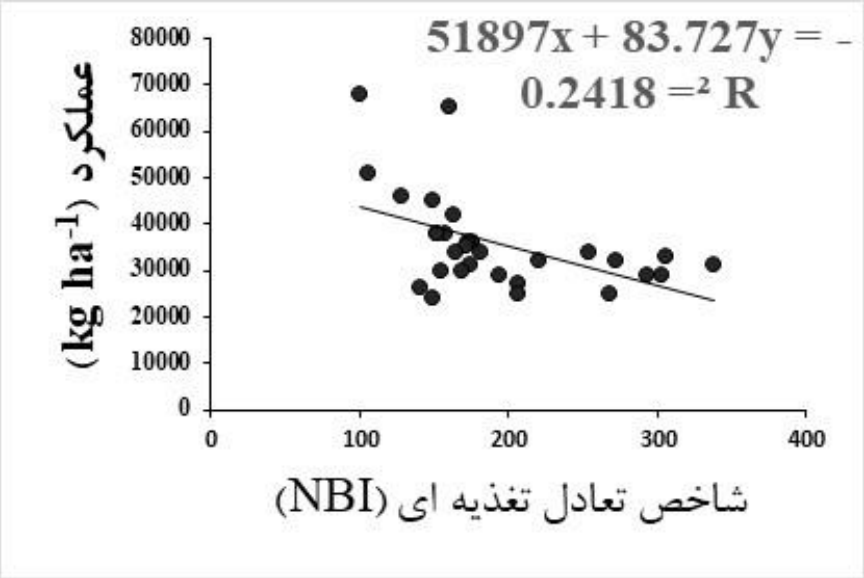
شکل ۳- مقایسه میانگین غلظت عناصر غذایی پرمصرف در برگ سیب‌زمینی مزارع با عملکرد بالا و پائین در استان اردبیل (حروف یکسان بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال یک درصد است)



شکل ۴- مقایسه میانگین غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف در برگ سیب‌زمینی مزارع با عملکرد بالا و پائین در استان اردبیل (حروف یکسان بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال یک درصد است)

شاخص انحراف از درصد بهینه (ΣDOP) برآوردشده در کلیه مزارع با عملکرد پائین در محدوده ۱۴۰ تا ۳۳۷ به‌دست آمد که حاکی از عدم تعادل بین عناصر غذایی جذب‌شده است. با توجه به شکل ۵، در پژوهش حاضر رابطه‌ای معکوس بین شاخص انحراف از درصد بهینه و عملکرد سیب‌زمینی در استان اردبیل وجود دارد.

.



شکل ۵- رابطه بین شاخص انحراف از درصد بهینه DOP و عملکرد سیب‌زمینی در استان اردبیل

توصیه ترویجی

میزان عملکرد سیب‌زمینی در استان اردبیل در مقایسه با بقیه استان‌های کشور نسبتاً بالاتر است. نتایج این پژوهش نشان داد که مصرف کود در استان اردبیل به شدت نامتعادل است و هرچه تعادل تغذیه‌ای بهتر باشد، عملکرد به همان نسبت افزایش می‌یابد. بیش از ۷۰ درصد از مزارع این استان در منطقه مورد مطالعه (حومه شهرستان اردبیل) که عمده اراضی زیر کشت سیب‌زمینی در آن قرار دارند، دچار کمبود پتاسیم هستند و در بیش از ۸۰ درصد این مزارع بیش‌بود فسفر مطرح است یعنی غلظت فسفر در برگ مزارع با عملکرد پائین بیش از مزارع با عملکرد مطلوب می‌باشد. این بدان معنی است که یکی از راهکارها برای بهبود عملکرد سیب‌زمینی، کاهش مصرف فسفر در این مزارع می‌باشد. هم‌چنین در ۹۰ و ۸۷ درصد مزارع مورد بررسی به‌ترتیب شاخص بور و مس منفی بود. در شرایطی که شاخص یک عنصر منفی باشد یعنی این عنصر در مزارع با عملکرد پائین دچار کمبود است و هرچه این عدد منفی‌تر باشد یعنی کمبود این عنصر شدیدتر است. پس در منطقه مورد مطالعه، کمبود شدید بور و مس وجود دارد و برای بهبود عملکرد حتماً باید مصرف این دو عنصر در برنامه تغذیه قرار گیرد.

برای رفع کمبود بور از روش‌های مصرف خاکی قبل از کاشت، محلول‌پاشی و کود آبیاری می‌توان استفاده کرد. برای تأمین بور استفاده از اسید بوریک به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت، محلول‌پاشی با غلظت ۳ در هزار در زمان قبل از گلدهی و مصرف ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسید بوریک در زمان خاکدهی پای بوته از طریق سامانه آبیاری قابل توصیه است.

برای رفع کمبود مس نیز سه روش مصرف خاکی قبل از کاشت، محلول‌پاشی و کود آبیاری قابل استفاده می‌باشد. در این زمینه کودهای سولفات مس و کلات مس قابل استفاده می‌باشند. اگر قرار بر مصرف کود قبل از کاشت باشد، مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار سولفات مس گزینه مناسبی است. محلول‌پاشی با غلظت ۳ در هزار در زمان قبل از گلدهی از منبع سولفات مس و یا شکل کلاته آن با غلظت ۲ در هزار نیز باعث رفع کمبود مس خواهد شد. مصرف ۲۰ کیلوگرم در هکتار اسید بوریک یا ۳ کیلوگرم در هکتار کلات مس در زمان خاکدهی پای بوته از طریق سامانه آبیاری نیز قابل توصیه است.

برای افزایش عملکرد و بهبود کیفیت سیب‌زمینی در استان اردبیل، مصرف متعادل کودهای شیمیایی و آلی مهم‌ترین

راهکار است. چرا که بیشینه عملکرد در مزارع با تغذیه متعادل م شاهده شد. علاوه بر این م صرف پتا سیم، بور و مس باعث خواهد شـــد که عملکرد عمومی ســـیب‌زمینی منطقه به مقدار قابل‌توجهی کمینه ۲۰ درصد افزایش یابد.

علاوه بر تغذیه، سایر عوامل مدیریتی هم تأثیر قابل‌توجهی در کاهش عملکرد سـیب‌زمینی داشـتند. لذا پیشـنهاد می‌شـود که عواملی مانند: مدیریت آبیاری، آفات و بیماری‌ها، خاک‌ورزی و بسترسازی مناسب مورد توجه قرار گیرد.

.

فهرست منابع

۱- امامی، عاکفه. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره ۹۸۲، تهران، ایران. ۱۲۸ صفحه.

۲- بصیرت، مجید و رحیم مطلبی‌فرد. ۱۳۹۴. راهنمای تغذیه گیاهی در سیب‌زمینی (به‌منظور کاهش باقیمانده نیترات در محصول). مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره ۵۴۱، کرج، ایران. ۷۰ صفحه.

۳- بی‌نام. ۱۴۰۲. آمارنامه کشاورزی محصولات زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت آمار مرکز آمار، فناوری اطلاعات و ارتباطات، تهران، ایران. ۱۰۳ صفحه.

۴- دردی پور، اسماعیل؛ پروین امامی و عبدالمحمد دریاشناس. ۱۳۹۱. ارزیابی تعادل تغذیه‌ای در باغ‌های هلو با روش انحراف از درصد بهینه (DOP). مجله مدیریت خاک و تولید پایدار، جلد دوم، شماره اول، صفحه ۷۹ تا ۹۴.

۵- ملکوتی، محمد جعفر و محمدنبی غیبی. ۱۳۷۶. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی محصولات استراتژیک و توصیه صحیح کودی در کشور. نشر آموزش کشاورزی. کرج. ایران. ۵۶ صفحه.

6- FAO. 2024. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nation. Avaiable in: http:/faostat.fao.org/countryprofiles. Last Access 03/02/2025.

7- Sharma J., Shikhamany S.D., Singh R.K. and Raghupathi H.B. 2005. Diagnosis of nutrient imbalance in Thompson seedless grape grafted on Dog Ridge rootstock by DRIS common. *Communications in Soil Science and Plant Analaysis*, 36 (19-20): 2823-2838.