مقاله پژوهشی

فصلنامه پژوهش های نوین در مهندسی محیط زیست
دوره اول، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۲ ، صفحات ۲۴-۱۲
شاپا الکترونیکی: ۰۹۳۰-۲۹۸۱

استفاده از روش IPSS در توصیه کمی کود نیتروژن جهت کاهش آلودگی محیط زیست

عبدالکریم اجرائی * عضو هیئت علمی گروه کشاورزی واحدجهرم، دانشگاه آزاد اسلامی، جهرم، ایران
رخشان حکیم الهی عضو هیئت علمی گروه شیمی واحدجهرم، دانشگاه آزاد اسلامی، جهرم، ایران

چکیده مبسوط

مقدمه: کودهای شیمیایی یکی از مهم‌ترین عوامل آلوده‌کننده محیط زیست بوده که می‌توانند باعث آلودگی هوا، خاک، آب‌های سطحی و زیرزمینی شده و آسیب‌های جبران ناپذیری به محیط زیست وارد کنند. در بین کودهای شیمیایی، کودهای نیتروژنه بیشترین میزان مصرف را دارند و می‌توانند تحت تأثیر فرآیند اکسیداسیون و احیا قرار گیرند و بیشترین تأثیر را بر محیط زیست بگذارند. تاکنون روش‌های زیادی برای توصیه کودهای شیمیایی ارائه شده است، اما همه این روش‌ها کیفی هستند و نمی‌توان مقدار کود مورد نیاز گیاه را محاسبه کرد. سیستم یکپارچه گیاه و خاک (IPSS) برای اولین بار در سال ۲۰۱۹ ارائه شد. در این روش مقدار عناصر مورد نیاز گیاهان به صورت کمی محاسبه می‌شود.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق ۳۹ باغ مرکبات در جهرم انتخاب و بر اساس میزان تولید به دو گروه پرتولید، و تولید متوسط تا کم دسته‌بندی شدند. در هر باغ سه درخت انتخاب و به مدت دو سال متوالی و هر سال دو بار از اندام‌های گیاهان و خاک اطراف ریشه نمونه‌برداری و غلظت نیتروژن آنها اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث: بین میزان نیتروژن عصاره اشباع خاک و نیتروژن اندام‌های گیاهی همبستگی معنی داری وجود داشت و بیشترین همبستگی بین نیتروژن برگ‌های جوان و نیتروژن عصاره اشباع خاک مشاهده شد. همچنین بین نیتروژن اندام‌های گیاهی همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت و بیشترین همبستگی بین نیتروژن برگ‌های جوان و سایر اندام‌های گیاهی مشاهده شد. معادلات بین نیتروژن اندامهای گیاهان و نیتروژن عصاره اشباع خاک تعیین شد. با ساده‌سازی آن معادلات دو معادله با دو متغیر به دست آمد که با توجه به آنها می‌توان مقدار کود مورد نیاز را به صورت کمی محاسبه کرد.

نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق دو معادله رگرسیون دو متغیره است که بر اساس آن می‌توان مقدار کود مورد نیاز گیاهان را به صورت کمی و دقیق محاسبه کرد و محیط زیست را از خطر آلودگی کودهای شیمیایی محافظت کرد. این روش برای تمامی عناصر و گیاهان در سیستم‌های کشت هیدروپونیک و خاکی قابل استفاده است.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۸

واژه‌های کلیدی: توصیه کودی، آلودگی محیط زیست، همبستگی نیتروژن خاک و اندامهای گیاهی، مدل رگرسیون.

نویسنده مسئول: عبدالکریم اجرائی
نشانی: گروه کشاورزی واحدجهرم، دانشگاه آزاد اسلامی، جهرم. **تلفن:** ۰۹۱۷۷۱۰۹۱۹۶ **پست الکترونیکی:** soiliran@yahoo.com

استناد: اجرائی عبدالکریم، حکیم الهی رخشان. استفاده از روش **IPSS** در توصیه کمی کود نیتروژن جهت کاهش آلودگی محیط زیست. پژوهش‌های نوین در مهندسی محیط زیست. ۱۴۰۲؛ ۱(۴): ۲۴-۱۲.

حقوق نویسندگان محفوظ است. این مقاله با دسترسی آزاد و تحت مجوز مالکیت خلاقانه http://creativecommons.org/licenses/by/4.0 در فصلنامه پژوهش‌های نوین در مهندسی محیط زیست منتشر شده است. هرگونه استفاده غیرتجاری فقط با استناد و ارجاع به اثر اصلی مجاز است.

مقدمه

با افزایش روزافزون جمعیت نیاز به تأمین غذای کافی امری ضروری است. این امر به دو صورت انجام می‌گیرد. یکی افزایش سطح زیر کشت و دیگری افزایش میزان تولید در واحد سطح. از آنجایی که تاکنون زمین‌هایی که فاقد مسأله بوده و قابلیت کشت و کار داشته‌اند تحت کشت قرار گرفته‌اند بنابراین افزایش سطح کشت و کار مقدور نمی‌باشد. پس برای تأمین غذا باید مقدار تولید در واحد سطح را افزایش داد. از مهم‌ترین، ساده‌ترین و ارزانترین راه‌های افزایش مقدار تولید در واحد سطح تأمین عناصر غذائی ضروری مورد نیاز گیاهان با استفاده از کودهای شیمیایی می‌باشد. نیتروژن مهمترین عنصر غذایی مؤثر در رشد گیاه می‌باشد که افزایش محصولات کشاورزی بدون توجه به مقدار این عنصر در خاک و گیاه امکان‌پذیر نخواهد بود (وانی خائوت و همکاران ۲۰۱۳). استفاده از کود نیتروژن یکی از ساده‌ترین و مناسب‌ترین راه‌ها برای بهبود وضعیت این عنصر در خاک است. استفاده بیش از حد از کودهای نیتروژن می‌تواند به روش‌های مختلفی مانند فرسایش خاک، آلی شدن، شستشو، نیترات زدایی و تصعید زیان‌های جبران ناپذیری به محیط زیست وارد سازد (فرناندز و همکاران ۲۰۰۴). در یک کشاورزی پایدار، استفاده از هر کود و ترکیبی نه تنها باید عملکرد را افزایش دهد بلکه در راستای حفظ ثبات و پایداری محیط زیست باشد. استفاده بیش از حد و روز افزون از کودهای شیمیائی بخصوص کودهای نیتروژن سبب آلودگی آب‌های سطحی و تحت الارضی، آلودگی خاک و هوا، سبب انباشته شدن آلاینده‌ها در بافت‌های گیاهی و نیز ایجاد بیماری‌های فراوانی در حیوانات و انسان‌ها شده است (بوجنووسکی و همکاران ۲۰۱۶؛ سو و همکاران ۲۰۱۷). گیاهان همیشه سبزی مانند مرکبات نسبت به دیگر گیاهان به مقدار زیادتری آب و مواد مغذی نیاز دارند و از آنجایی که نیتروژن مهمترین ماده مغذی برای رشد مرکبات است، استفاده روز افزون و مستمر از کودهای نیتروژنه باعث صدمات جبران ناپذیری به منابع آب، خاک و هوا می‌شود. از طرفی چون این عنصر باعث افزایش عملکرد و بهبود کیفیت میوه می‌شود، بنابراین عدم استفاده از آن باعث کاهش تولید محصولات و قحطی خواهد شد (آلوا و تاکر ۱۹۹۹؛ داسبرگ و همکاران۱۹۸۴؛ امبلتون و جونز ۱۹۷۸). بنابراین، باید دنبال راهکارهایی بود که علاوه بر تأمین غذا محیط زیست نیز دچار بحران نگردد. کشاورزان جهت افزایش عملکرد وکیفیت محصول، کشاورزان بیشتر از حد مجاز از این کودها استفاده می‌کنند که عدم مدیریت صحیح منجر به آلودگی اتمسفر توسط اکسیدهای نیتروژن و نیز آلوگی آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود که بیشتر در نتیجه شستشوی نیترات می‌باشد (لوا و همکاران ۲۰۰۳؛ داویز ۱۹۹۶؛ امبلتون و همکاران ۱۹۸۶؛ هی و همکاران ۲۰۰۰؛ راموس و همکاران ۲۰۰۲؛ وین بائوم و همکاران ۲۰۰۲). برای کاهش مصرف کودهای نیتروژن و دیگر کودهای شیمیائی و حفاظت از محیط زیست روش‌های متعددی ارائه شده است می‌توان به روش‌هایی مانند علائم ظاهری (شول ۱۹۴۱؛ اسپراگو ۱۹۶۴؛ تیسدل و همکاران ۲۰۰۳)، آزمایش خاک (براون ۱۹۸۷؛ ون یان ۲۰۰۱؛ پتی پاس ۲۰۰۶) و تجزیه و تحلیل گیاهی (پارک و همکاران ۲۰۰۴؛ گاریا ۲۰۰۴؛ بروس چت ۱۹۸۰؛ رجیناتو و همکاران ۲۰۱۷) اشاره کرد. برخی از روش‌های توصیه کود بر اساس تجزیه و تحلیل خاک و یا گیاه عبارتند از: غلظت بحرانی مواد مغذی (آلبریا و همکاران ۲۰۰۹؛ روبرتز ۱۹۸۲). روش کیت و نلسون (۱۹۶۵)، محدودیت‌های مواد مغذی (آگوستو و همکاران ۲۰۱۷؛ هاگ ۱۹۷۴)، سیستم یکپارچه تشخیص و توصیه (DRIS) (بافیلز ۱۹۷۳) و انحراف از درصد بهینه (DOP) (مونتانز و همکاران ۱۹۹۳). هر کدام از این روش‌ها مزایایی دارند، اما همگی کیفی هستند و نمی‌توانند میزان کود مورد نیاز گیاهان را به صورت کمی بیان کنند. در بین این روش‌ها، روش‌های DOP و DRIS برای محققان کشاورزی جذابیت بیشتری دارند. از روش DOP برای تخمین کیفیت غذایی گیاهان استفاده می‌شود و از شاخص‌هایی مانند شاخص منفی برای بیان کمبود، شاخص مثبت برای بیان بیش از حد و شاخص صفر برای بیان تعادل غلظت عناصر غذایی در گیاه استفاده می‌شود (مونتانز و همکاران ۱۹۹۳؛ مونژ و همکاران ۱۹۹۵؛ بنیتو و همکاران ۲۰۱۵). در روش DRIS برای تعیین وضعیت عناصر در گیاه از نسبت بین عناصر موجود در برگ استفاده می‌شود. با توجه به این نسبت‌ها، مقدار عناصر موجود در گیاه به صورت کمبود، بیش از حد و کافی بیان می‌شود و مقدار کود مورد نیاز به صورت کمی بیان نمی‌شود (بیلی و همکاران ۲۰۰۰؛ بافیلز ۱۹۷۳؛ جونز ۱۹۸۱؛ راقوپاتی و سرینویاس ۲۰۱۴؛ رونی و همکاران ۲۰۱۷). در سیستم یکپارچه گیاه و خاک[1] (IPSS) که اولین باردر سال ۲۰۱۹ بیان شد (اجرائی و همکاران ۲۰۱۹)، توصیه هر عنصر بر اساس رابطه همبستگی بین مقدار عنصر در آن اندامی از گیاه می‌باشد که بیشترین همبستگی را با غلظت همان عنصر در خاک دارد. با این روش می‌توان مقدار کود مورد نیاز گیاه را به صورت کمی محاسبه نمود که خود علاوه بر تأمین نیتروژن گیاه باعث جلوگیری از آلودگی محیط زیست و عواقب زیان‌بار آن می‌شود.

[1]- Integrated Plant and Soil System

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در جهرم از شهرهای استان فارس با مختصات جغرافیائی " ۰۰ ' ۳۰ ° ۲۸ شمالی و " ۳۸ ' ۳۳ °۵۳ شرقی انجام شد. آب و هوائی عمدتاً نیمه خشک دارد و متوسط میزان بارش سالانه آن حدود۳۵۰ میلی‌متر در سال، و میانگین دمای سالانه آن حدود ۲۱-۲۲ درجه سانتی‌گراد است (شکل ۱).

شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

روش انجام پژوهش

نمونه‌گیری و آزمون‌های تجربی

۳۹ باغ پرتقال واشنگتن ناول در نقاط مختلف جهرم انتخاب شد که مساحت هر باغ حدود ۸ تا ۱۰ هکتار و سن درخت حدود ۸ تا ۱۲ سال بود. بر اساس عملکرد و کودهای مصرفی نیتروژن و سایر کودها در سال‌های گذشته، باغات به دو گروه کم و پر عملکرد طبقه‌بندی شدند. از این تعداد، ۲۱ باغ به عنوان کم تولید (کم تا متوسط) و کود مصرفی (کمتر از ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در سال سولفات آمونیوم) طبقه‌بندی شدند و عملکرد ۱۰ تا ۴۰ تن در هکتار در سال داشتند و ۱۸ باغ در گروه پرمحصول (باغ‌هایی که ۲۰۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیوم استفاده کردند و عملکرد بالایی بین ۶۰ تا ۷۰ تن در هکتار در سال داشتند) طبقه‌بندی شدند. در دو سال متوالی در ماه‌های اسفند و اواخر اردیبهشت از هر باغ سه درخت انتخاب و از ریشه، ساقه، برگ‌های جوان (به جوان‌ترین برگ‌های بالغ، برگ‌های جوان گفته می‌شود)، برگ‌های پیر (برگ‌های پایین‌تر از چهار برگ بالغ از نوک آن شاخه)، میوه‌ها و خاک ناحیه ریشه از هر چهار طرف درختان نمونه‌برداری شد. نمونه‌گیری در زمان‌های مختلف در دو سال متوالی تکرار شد تا دقت نتایج افزایش یابد (استفان وهمکاران ۲۰۱۳). پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، نمونه‌های خاک در دمای حدود صفر درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند تا فعالیت میکروارگانیسم‌ها تا حد امکان متوقف یا کاهش یابد و سپس عصاره اشباع خاک تهیه شد (استفان وهمکاران ۲۰۱۳). همچنین اندام‌های گیاهی نمونه‌برداری شده با آب مقطر شسته و به مدت ۴۸ ساعت در هوا خشک شدند (جونز ۱۹۹۸؛ کمبل و پلانک ۱۹۹۸). سپس در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت در آون خشک و آسیاب شدند (فاجریا وهمکاران ۱۹۹۱). مقدار نیتروژن نمونه‌های خاک و اندام‌های گیاه با روش کجلدال (۱۸۸۳) اندازه‌گیری شد. خواص فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک مانند هدایت الکتریکی (دسوتر وهمکاران ۲۰۱۲)، pH (ریان ۲۰۰۰؛ ریان وهمکاران ۱۹۷۷)، ماده آلی (والکی ۱۴۷) اندازه‌گیری که مقادیر آنها در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک باغ‌های جهرم

بافت خاک	pH	EC_e (dSm^{-1})	$CaCO_3$%	OM%	CEC ($mol^+ kg^{-1}$)
سیلتی رسی	۷/۴۵ -۸/۱۵	۷۵۰-۱۴۰۰	۴۲-۳۶	۱/۲-۲/۵۶	۱۵/۶-۲۸/۷

تحلیل داده‌ها

داده‌های چهار مرحله نمونه‌برداری به دو گروه تقسیم شدند، گروه اول شامل ۲۱۶ درخت از ۱۸ باغ پرمحصول (۶۰ تا ۷۰ تن در هکتار) و گروه دیگر شامل ۴۶۸ درخت که شامل تمامی ۳۹ باغ بود. ماتریس همبستگی بین خواص خاک و نیتروژن هر اندام گیاهی با نیتروژن عصاره اشباع خاک برای ۴۶۸ نمونه انجام شد و آن دسته از متغیرهایی که همبستگی معنی داری با نیتروژن خاک داشتند انتخاب شدند. سپس با کمک نرم‌افزار SPSS-24، بین آن متغیرها و نیتروژن عصاره اشباع خاک معادله رگرسیون چند متغیره تعیین شد (لندن و اوریت ۲۰۰۴؛ ویور وهمکاران ۲۰۱۷). همچنین، همین روش برای باغ‌های پرمحصول (n=۲۱۶) اعمال و معادله رگرسیونی مشابهی بین نیتروژن عصاره اشباع خاک و سایر متغیرها به‌دست آمد. با توجه به دو مدل رگرسیونی، مقدار کود نیتروژن مورد نیاز در هر باغ دست آمد.

نتایج و بحث

مدل رگرسیون در همه باغات

همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده است، بین غلظت نیتروژن عصاره اشباع خاک و نیتروژن در ریشه، ساقه، برگهای پیر، برگهای جوان، میوه و مواد آلی خاک همبستگی معنی داری وجود دارد. بنابراین، یک معادله رگرسیون چند متغیره بین این متغیرها انجام شد (R^2_{adj}=0.995، n=468، P<0.001) با توجه به ضرایب رگرسیون غیر استاندارد (B)در جدول ۳، معادله رگرسیونی برای تخمین غلظت نیتروژن عصاره اشباع خاک به صورت معادله ۱حاصل شد.

$$Y=۰/۰۰۰۳۷۰ + ۰/۰۱۱۱۹۰\ x_۱ + ۰/۰۰۱۰۹۴\ x_۲ - ۰/۰۰۰۴۷۳ x_۳ - ۰/۰۰۱۱۷۶\ x_۴ - ۰/۰۰۰۹۰۲\ x_۵ - ۰/۰۰۲۶۵۵\ x_۶ \quad (۱)$$

که: Yغلظت نیتروژن عصاره اشباع خاک، X_1 نیتروژن برگهای جوان، X_2 نیتروژن ریشه، X_3نیتروژن میوه، X_4 نیتروژن ساقه، X_5 نیتروژن برگهای پیر، X_6درصد مواد آلی خاک می‌باشد.

جدول ۲- ضرایب همبستگی عوامل خاک، نیتروژن اندام‌های گیاهی و نیتروژن عصاره اشباع خاک در چهار مرحله نمونه‌برداری در تمامی باغات

	NSSE[1]	OM	EC	pH	CEC	N root	N stem	N old Leaf	N young Leaf	N fruit
NSSE*	۱	۰/۹۸۰**	۰/۱۲۵ns	۰/۰۹۵ns	۰/۰۷۰ns	۰/۸۰۰**	۰/۸۰۲**	۰/۸۳۸**	۰/۹۸۹**	۰/۹۷۰**
OM	۰/۹۸۰**	۱	۰/۴۰۰*	۰/۳۳۳*	۰/۷۵۹**	۰/۸۸۸**	۰/۰۸۰**	۰/۸۸۱**	۰/۹۹۰**	۰/۹۷۰**
EC	۰/۱۲۵ns	۰/۴۰۰*	۱	۰/۱۱۳ns	۰/۰۳۰ns	۰/۱۰۰ns	۰/۰۹۷ns	۰/۱۰۸ns	۰/۱۸۵*	۰/۰۶۰ns
pH	۰/۰۹۵ns	۰/۳۳۳*	۰/۱۱۳ns	۱	۰/۷۸۸**	۰/۰۶۵ns	۰/۱۰۰ns	۰/۰۷۰ns	۰/۰۹۱ns	۰/۰۸۱ns
CEC	۰/۰۷۰ns	۰/۷۵۹**	۰/۰۳۰ns	۰/۷۸۸**	۱	۰/۰۳۵ns	۰/۰۴۳ns	۰/۰۸۸ns	۰/۰۶۰ns	۰/۰۵۹ns
N root	۰/۸۰۰**	۰/۸۸۸**	۰/۱۰۰ns	۰/۰۶۵ns	۰/۰۳۵ns	۱	۰/۸۸۲**	۰/۸۳۰**	۰/۹۳۳**	۰/۸۷۵**
N stem	۰/۸۰۲**	۰/۰۸۰**	۰/۰۹۷ns	۰/۱۰۰ns	۰/۰۴۳ns	۰/۸۸۲**	۱	۰/۸۵۶**	۰/۹۲۱**	۰/۸۵۰**
N old Leaf	۰/۸۳۸**	۰/۸۸۱**	۰/۱۰۸ns	۰/۰۷۰ns	۰/۰۸۸ns	۰/۸۳۰**	۰/۸۵۶**	۱	۰/۹۲۰**	۰/۸۲۸**
N young Leaf	۰/۹۸۹**	۰/۹۹۰**	۰/۱۸۵*	۰/۰۹۱ns	۰/۰۶۰ns	۰/۹۳۳**	۰/۹۲۱**	۰/۹۲۰*	۱	۰/۹۳۷**
N fruit	۰/۹۷۰**	۰/۹۰۶**	۰/۰۶۰ns	۰/۰۸۱ns	۰/۰۵۹ns	۰/۸۷۵**	۰/۸۵۰**	۰/۸۲۸**	۰/۹۳۷**	۱

ns: معنی دار نمی‌باشد، * **به ترتیب در سطح ۵٪ و ۱٪ اختلاف معنی داری دارند.

*NSSE: نیتروژن عصاره اشباع خاک، OM: ماده آلی، EC: هدایت الکتریکی، pH: اسیدیته خاک، CEC: ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، N root: نیتروژن ریشه، N Stem: نیتروژن ساقه، N old leaf: نیتروژن برگ پیر، N young leaf: نیتروژن برگ جوان، N fruit: نیتروژن میوه.

همان‌طور که در معادله ۱ نشان داده شده است، نیتروژن عصاره اشباع خاک با شش متغیر همبستگی معناداری دارد و از آنجایی که اندازه‌گیری همه این متغیرها برای کشاورزان پرهزینه و گران است، این فرمول باید تا حد امکان ساده شود. از آنجایی که نیتروژن برگهای جوان بیشترین همبستگی را با نیتروژن سایر اندام‌ها و نیتروژن عصاره اشباع خاک دارد (جدول ۲) با تقسیم مقدار میانگین غلظت نیتروژن هر اندام گیاهی به میانگین غلظت نیتروژن در برگ‌های جوان (جدول ۴) نسبت نیتروژن بین هر یک از اندام‌های گیاه و برگ‌های جوان به دست می‌آید. با قرار دادن این نسبت‌ها در معادله ۱، تمام Xi به X1 تبدیل می‌شود (غلظت نیتروژن در برگ جوان) و معادله چند متغیره به معادله دو متغیره بین غلظت نیتروژن برگ جوان و میزان نیتروژن عصاره اشباع خاک به معادله ۲ تبدیل می‌شود.

جدول ۳- ضرایب رگرسیون متغیرهای خاک و گیاه با نیتروژن عصاره اشباع خاک در کلیه باغ‌ها

مدل	ضرایب غیر استاندارد		ضرایب استاندارد شده		
	B	Std. Error	Beta	t	Sig.
ضریب ثابت	۰/۰۰۰۳۷۰	۰/۰۰۰۱۲۶		۲/۹۳۸	۰/۰۰۳
نیتروژن میوه	−۰/۰۰۰۴۷۳	۰/۰۰۰۱۳۲	−۰/۰۴۳۷۷۵	−۳/۵۸۸	۰/۰۰۰
ماده آلی	−۰/۰۰۲۶۵۵	۰/۰۰۰۳۳۵	−۰/۱۸۸۵۴۳	−۷/۹۳۶	۰/۰۰۰
نیتروژن ریشه	۰/۰۰۱۰۹۴	۰/۰۰۰۱۷۷	۰/۰۶۵۵۱۲	۶/۱۹۰	۰/۰۰۰
نیتروژن ساقه	−۰/۰۰۱۱۷۶	۰/۰۰۰۱۸۰	−۰/۰۶۰۹۰۰	−۶/۵۱۵	۰/۰۰۰
نیتروژن برگ پیر	−۰/۰۰۰۹۰۲	۰/۰۰۰۰۸۳	−۰/۰۷۴۱۶۱	−۱۰/۸۱۵	۰/۰۰۰
نیتروژن برگ جوان	۰/۰۱۱۱۹۰	۰/۰۰۰۲۴۸	۱/۲۸۳۲۲۰	۴۵/۰۷۳	۰/۰۰۰

جدول ۴- میانگین نیتروژن اندام‌های گیاهی در چهار مرحله نمونه‌برداری در کلیه باغ‌ها

ماده آلی٪	نیتروژن ریشه٪	نیتروژن ساقه٪	نیتروژن برگ پیر٪	نیتروژن برگ جوان٪	نیتروژن میوه٪
۱/۳۴۱۴	۱/۸۳۹۸	۱/۷۱۷۰	۱/۵۰۴۶	۲/۱۳۹۵	۱/۸۱۶۶

$$\frac{\text{متوسط نیتروژن ساقه}}{\text{متوسط نیتروژن برگ جوان}} = 0.802524 \qquad \frac{\text{متوسط نیتروژن ریشه}}{\text{متوسط نیتروژن برگ جوان}} = 0.859920 \qquad \frac{\text{متوسط مواد آلی}}{\text{متوسط نیتروژن برگ جوان}} = 0.626969$$

$$\frac{\text{متوسط نیتروژن میوه}}{\text{متوسط نیتروژن برگ جوان}} = 0.849077 \qquad \frac{\text{متوسط نیتروژن برگ پیر}}{\text{متوسط نیتروژن برگ جوان}} = 0.703248$$

$$Y_1 = ۰/۰۰۰۳۷۰ + ۰/۰۱۱۱۹۰X_۱ + (۰/۰۰۱۰۹۴)(۰/۸۵۹۹۲۰)X_۱ - (۰/۰۰۰۴۷۳)(۰/۸۴۹۰۷۷)X_۱ - (۰/۰۰۱۱۷۶)(۰/۸۰۲۵۲۴)X - (۰/۰۰۰۹۰۲)(۰/۷۰۳۲۴۸)X_۱ - (۰/۰۰۲۶۵۵)(۰/۶۲۶۹۶۹)X_۱$$

با جمع جبری X_1 معادله فوق ساده و به معادله ۲ تبدیل می‌شود.

$$Y_1 = ۰/۰۰۰۳۷ + ۰/۰۰۸۴۸۶X_۱ \qquad (۲)$$

که: Y_1 نیتروژن عصاره اشباع خاک (gL^{-1}) و X_1 غلظت نیتروژن در برگ‌های جوان می‌باشد.

مدل رگرسیون در باغات پرمحصول:

همانطور که در جدول ۵ نشان داده شده است، برای باغات پرمحصول (n=۲۱۶)، بین غلظت نیتروژن عصاره اشباع خاک و ریشه، ساقه، برگهای پیر، برگهای جوان، میوه و مواد آلی خاک همبستگی معنی داری وجود دارد.

جدول ۵- ضرایب همبستگی عوامل خاک، نیتروژن اندام‌های گیاهی و نیتروژن اشباع خاک

	NSSE[1]	EC	pH	CEC	OM	N root	N stem	N old Leaf	N young Leaf	N fruit
NSSE	۱	۰/۱۱۲^{ns}	۰/۰۸۹^{ns}	۰/۰۹۹^{ns}	۰/۶۰۰**	۰/۱۵۳*	-۰/۲۴۷*	-۰/۲۶۱*	۰/۸۷۹**	۰/۳۵۹**
EC	۰/۱۱۲^{ns}	۱	۰/۱۰۶^{ns}	۰/۱۱۱^{ns}	۰/۱۳۶*	۰/۰۷۷^{ns}	۰/۰۷۱^{ns}	۰/۱۰۰^{ns}	۰/۰۹۸^{ns}	۰/۰۸۱^{ns}
pH	۰/۰۸۹^{ns}	۰/۱۰۶^{ns}	۱	۰/۵۶۸**	۰/۲۱۳*	۰/۰۳۲^{ns}	۰/۰۶۵^{ns}	۰/۰۹۱^{ns}	۰/۱۰۸^{ns}	۰/۰۷۷^{ns}
CEC	۰/۰۹۹^{ns}	۰/۱۱۱^{ns}	۰/۵۶۸**	۱	۰/۶۲۹**	۰/۰۶۶^{ns}	۰/۱۰۸^{ns}	۰/۰۷۹^{ns}	۰/۰۴۷^{ns}	۰/۰۶۳^{ns}
OM	۰/۶۰۰**	۰/۱۳۶*	۰/۲۱۳*	۰/۶۲۹**	۱	۰/۷۲۳**	-۰/۶۸۲**	۰/۷۳۴**	۰/۸۱۲**	۰/۴۲۱**
N root	۰/۱۵۳*	۰/۰۷۷^{ns}	۰/۰۳۲^{ns}	۰/۰۶۶^{ns}	۰/۷۲۳**	۱	۰/۷۳۳**	۰/۷۲۵**	۰/۸۱۹**	۰/۸۰۹**
N stem	-۰/۲۴۷*	۰/۰۷۱^{ns}	۰/۰۶۵^{ns}	۰/۱۰۸^{ns}	-۰/۶۸۲**	۰/۷۳۳**	۱	۰/۷۹۳**	۰/۹۷۶**	۰/۸۳۲**
N old Leaf	-۰/۲۶۱*	۰/۱۰۰^{ns}	۰/۰۹۱^{ns}	۰/۰۷۹^{ns}	۰/۷۳۴**	۰/۷۲۵**	۰/۷۹۳**	۱	۰/۹۳۱**	۰/۷۵۳**
N young Leaf	۰/۸۷۹**	۰/۰۹۸^{ns}	۰/۱۰۸^{ns}	۰/۰۴۷^{ns}	۰/۸۱۲**	۰/۸۱۹**	۰/۹۷۶**	۰/۹۳۱**	۱	۰/۹۶۹**
N fruit	۰/۳۵۹**	۰/۰۸۱^{ns}	۰/۰۷۷^{ns}	۰/۰۶۳^{ns}	۰/۴۲۱**	۰/۸۰۹**	۰/۸۳۲**	۰/۷۵۳**	۰/۹۶۹**	۱

ns: معنی دار نمی‌باشد، * '**به ترتیب در سطح ۵٪ و ۱٪ اختلاف معنی داری دارند.

*NSSE: نیتروژن عصاره اشباع خاک، OM: ماده آلی، EC: هدایت الکتریکی، pH: اسیدیته خاک، CEC: ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، N root: نیتروژن ریشه، N Stem: نیتروژن ساقه، N old leaf: نیتروژن برگ پیر، N young leaf: نیتروژن برگ جوان، N fruit: نیتروژن میوه.

جدول۶- ضرایب رگرسیون متغیرهای خاک و گیاه با نیتروژن عصاره اشباع خاک در باغ‌های با تولید بالا

	ضرایب غیر استاندارد		ضرایب استاندارد شده		
مدل	B	Std. Error	Beta	t	Sig.
ضریب ثابت	-۰/۰۰۲۴۶۵	۰/۰۰۱		-۲/۳۴۵	۰/۰۲۰
نیتروژن میوه	-۰/۰۰۰۵۴۰	۰/۰۰۰۲۱	-۰/۰۶۴	-۲/۵۶۷	۰/۰۱۱
ماده آلی	-۰/۰۰۴۰۰	۰/۰۰۰۵	-۰/۳۲۴	-۸/۳۵۴	۰/۰۰۰
نیتروژن ریشه	۰/۰۰۱۰۰	۰/۰۰۰۳۵	۰/۰۴۰	۱/۵۷۴	۰/۱۱۷
نیتروژن ساقه	-۰/۰۰۱۰۲	۰/۰۰۰۲۹	-۰/۱۳۸	-۴/۶۱۶	۰/۰۰۰
نیتروژن برگ پیر	۰/۰۰۱۰۰۰	۰/۰۰۰۱۵	-۰/۱۹۸	-۷/۱۹۴	۰/۰۰۰
نیتروژن برگ جوان	۰/۰۱۴۰۱	۰/۰۰۰۴۷	۱/۱۶۸	۲۸/۶۰۸	۰/۰۰۰

بنابراین با استفاده از جدول ۶ یک رابطه رگرسیون چند متغیره بین این متغیرها اجرا شد (R2adj= ۰/۸۹۸ ، n= ۲۱۶، ۰/۰۰۱>P). اگرچه غلظت نیتروژن ریشه با غلظت نیتروژن عصاره اشباع خاک در معادلات رگرسیون دو متغیره رابطه معنی‌داری داشت، اما در معادله رگرسیون چند متغیره، همبستگی معنی‌داری بین نیتروژن ریشه و غلظت نیتروژن عصاره اشباع خاک وجود نداشت (جدول ۴). روش Enter متغیرهایی را که همبستگی پایینی دارند حذف می‌کند و متغیرهای با همبستگی بالا را نگه می‌دارد و از آنجایی که همبستگی بین نیتروژن ریشه و نیتروژن خاک کم است از بین معادله حذف می‌شود. معادله برای ضرایب رگرسیون (B) در جدول ۶، یک معادله رگرسیونی برای تخمین غلظت نیتروژن عصاره اشباع خاک به شرح معادله ۳ به دست آمد.

$$Y_2=-۰/۰۰۲۴۶۵ +۰/۰۱۴۰۱\ x_۱ -۰/۰۰۰۵۴\ x_۲ -۰/۰۰۱۰x_۳ - ۰/۰۰۱۰۲\ x_۴ - ۰/۰۰۴۰\ x_۵ \quad (۳)$$

که: Y2 نیتروژن عصاره اشباع خاک، X1 نیتروژن برگهای جوان، X2 نیتروژن میوه، X3 نیتروژن ساقه، X4 برگهای پیر و X5 درصد مواد آلی خاک می‌باشد.

همانطور که در معادله ۳ نشان داده شده است، غلظت نیتروژن عصاره اشباع خاک با پنج عامل همبستگی معنی داری داشت. نیتروژن برگهای جوان بیشترین همبستگی را با غلظت نیتروژن عصاره اشباع خاک و نیتروژن در سایر اندامهای گیاهی داشت (جداول ۵ و ۶). بنابراین، با تقسیم میانگین نیتروژن در هر اندام گیاهی بر میانگین نیتروژن در برگ‌های جوان (جدول۷) به روشی که بیان شد نسبت نیتروژن بین هر اندام گیاه و برگ‌های جوان به دست می‌آید. با قرار دادن این نسبت‌ها در معادله ۳، تمام Xi ها به X1 (نیتروژن برگ جوان) تبدیل می‌شود و معادله چند متغیره به یک معادله دو متغیره بین نیتروژن در برگ جوان و نیتروژن در عصاره اشباع خاک تبدیل می‌شود (معادله ۴).

جدول۷- میانگین نیتروژن اندام‌های گیاهی در چهار مرحله نمونه‌برداری در باغ‌های با عملکرد بالا

نیتروژن میوه٪	نیتروژن برگ جوان٪	نیتروژن برگ پیر٪	نیتروژن ساقه٪	نیتروژن ریشه٪	ماده آلی٪
۲/۷۳۳۶	۳/۳۰۹۱	۲/۲۴۰۴	۲/۱۶۴۵	۲/۳۶۷۷	۲/۰۵۶۱

$$\frac{\text{متوسط نیتروژن ساقه}}{\text{متوسط نیتروژن برگ جوان}} = 0.654105 \qquad \frac{\text{متوسط مواد آلی}}{\text{متوسط نیتروژن برگ جوان}} = 0.621347$$

$$\frac{\text{متوسط نیتروژن میوه}}{\text{متوسط نیتروژن برگ جوان}} = 0.826086 \qquad \frac{\text{متوسط نیتروژن برگ پیر}}{\text{متوسط نیتروژن برگ جوان}} = 0.677042$$

$$Y_2 = -۰/۰۰۲۴۶۵ + ۰/۰۱۴۰۱X_۱ - (۰/۰۰۰۵۴)(۰/۸۲۶۰۸۶)X_۱ - (۰/۰۰۱۰۲)(۰/۶۵۴۱۰۵)X_۱ - (۰/۰۰۱۰)(۰/۶۷۷۰۴۲)X_۱ - (۰/۰۰۴۰)(۰/۶۲۱۳۴۷)X_۱$$

با جمع جبری X_1 معادله فوق ساده و به معادله ۴ تبدیل می‌شود.

$$Y2 = -۰/۰۰۲۴۶۵ + ۰/۰۰۹۷۳۴۳X۱ \quad (۴)$$

که: Y2 نیتروژن عصاره اشباع خاک (gL-1)، X1 و نیتروژن در برگهای جوان(درصد) می‌باشد.

نتیجه حاصل از این تحقیق، معادلات ۲ و ۴ می‌باشد. معادله ۲ برای همه باغ‌ها (باغ‌های با هر میزان عملکرد) و معادله ۴ برای باغ‌های پرتقال واشنگتن ناول پرمحصول. برای توصیه کود نیتروژن، نمونه‌ای از برگ‌های جوان باغات پرمحصول و نمونه‌ای از باغی که احتمالاً دارای کمبود نیتروژن است انتخاب شده و میزان نیتروژن آنها اندازه‌گیری می‌شود. با قرار دادن مقدار نیتروژن برگ‌های جوان باغ پرمحصول به جای X2 در رابطه ۴، غلظت نیتروژن خاک در باغ پرمحصول (Y2)به دست می‌آید و این غلظت شاخص نیتروژن خاک برای پرتقال واشنگتن ناول در این منطقه است. همچنین با قرار دادن مقدار نیتروژن برگ‌های جوان باغ دیگری که کمبود نیتروژن دارد، به جای X1 در رابطه ۲، مقدار نیتروژن خاک آن باغ (Y1)به دست می‌آید. با کم کردن Y1 از Y2، مقدار نیتروژن مورد نیاز برای افزایش عملکرد آن باغ کم محصول به باغی پرمحصول به دست می‌آید. با استفاده از معادلات ۲ و ۴ و مثال زیر می‌توان مقدار N مورد نیاز را با روش سیستم یکپارچه گیاه و خاک (IPSS)محاسبه کرد.

با فرض اینکه مقدار نیتروژن در برگ جوان یک درصد ماده خشک باشد، میانگین عمق ریشه ۸۰ سانتی‌متر و شعاع متوسط گسترش ریشه‌ها ۱/۵۰ متر از تنه درخت باشد. چه مقدار نیترات آمونیوم (۳۳ درصد نیتروژن) با راندمان ۷۰ درصد برای افزایش عملکرد این باغ به باغ‌های پرمحصول برای هر درخت لازم است. (بافت خاک لوم و درصد اشباع ۳۰ درصد). با توجه به اینکه میانگین نیتروژن در برگ‌های جوان در باغ‌های پرمحصول ۳/۳۰۹۱ درصد است، با جایگزینی این مقدار به جای X2 در رابطه ۴، غلظت نیتروژن در عصاره اشباع خاک در باغ‌های پرمحصول (Y2)برابر ۰/۰۲۹۷۵گرم در لیتر خواهد بود. (این شاخص غلظت نیتروژن در خاکهای تحت کشت پرتقال در این منطقه است). همچنین در این مثال مقدار نیتروژن برگ‌های جوان دارای کمبود ۱ درصد می‌باشد، با جایگزینی آن به جای X1 در معادله ۲، غلظت نیتروژن در عصاره اشباع خاک (Y1) برابر ۰/۰۰۸۸۵۶گرم در لیتر می‌شود. با کم کردن نیتروژن خاک این باغ (Y1) از باغات پرمحصول (Y2)، مقدار N مورد نیاز ۰/۰۲۰۸۹۴ گرم در لیتر خواهد بود.

$$Y2-Y1=۰/۰۲۹۷۵ - ۰/۰۰۸۸۵۶ = ۰/۰۲۰۸۹۴ \quad gL\text{-}1$$

از آنجایی‌که اشباع خاک ۳۲ درصد است، مقدار نیتروژن مورد نیاز عبارت است از:

$$۰/۰۲۰۸۹۴ \times ۰/۳۲ = ۶/۶۸۶ \times ۱۰^{-۳} \quad g\ kg\text{-}1$$

میانگین نیترات آمونیوم با ۳۳درصد نیتروژن و راندمان ۷۰ درصد به ازای هر کیلوگرم خاک برابر است با:

۶/۶۸۶ × ۱۰−۳× (۱۰۰÷۷۰) ×(۱۰۰÷۳۳) = g kg-1soil ۰/۰۲۸۹۴

$$W= BD * h * A \quad (۵)$$

که: Wوزن خاک (kg)، BDوزن مخصوص ظاهری (kgm-3)، hعمق متوسط ریشه (m)، Aسطح گسترش ریشه (m2) می‌باشد.

با توجه به اینکه میانگین وزن مخصوص ظاهری(BD) ۱۳۵۰ کیلوگرم خاک در مترمکعب است:

مساحت گسترش ریشه برای یک درخت (m2)	A= πr2 => ۳/۱۴ × (۱/۵۰)۲ =۷/۰۶۵
وزن خاک اطراف ریشه یک درخت (kg)	W= ۱۳۵۰ × ۰/۸ × ۷/۰۶۵ =۷۶۳۰/۲

بنابراین مقدار نیترات آمونیوم برحسب گرم برای هر درخت در این باغ:

۰/۰۲۸۹۴ × ۷۶۳۰/۲ = ۲۲۰/۸۱ g

پس برای افزایش تولید این باغ به باغات پرمحصول (۶۰–۷۰ تن در هکتار)، برای هر درخت به ۲۲۰/۸۱ گرم کود نیترات آمونیوم نیاز است. اگر در هر هکتار ۲۵۰ اصله درخت به طور متوسط وجود داشته باشد، مقدار کود نیترات آمونیوم مورد نیاز (۵۵/۲۰۲ کیلوگرم در هکتار) می‌باشد.

کیلو گرم در هکتار ۵۵/۲۰۲ <= گرم در هکتار ۵۵۲۰۲ = ۲۵۰ × ۲۲۰/۸۱

نتایج نشان داد که بین مقدار نیتروژن عصاره اشباع خاک و نیتروژن اندامهای گیاه همبستگی معنی‌داری وجود دارد و بیشترین همبستگی بین نیتروژن برگ‌های جوان و نیتروژن عصاره اشباع خاک و کمترین همبستگی بین نیتروژن ریشه و نیتروژن عصاره اشباع خاک مشاهده شد. همچنین بین نیتروژن اندامهای گیاه همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت و بیشترین همبستگی بین نیتروژن برگهای جوان و نیتروژن سایر اندام‌های گیاهی به ویژه نیتروژن میوه مشاهده شد. به نظر می‌رسد برای توصیه نیتروژن غلظت نیتروژن در برگ‌های جوان مناسب‌تر از سایر اندام‌های پرتقال واشنگتن ناول باشد که احتمالاً به دلیل وجود نیتروژن در ساختار کلروفیل و نقش گسترده آن در فعالیت رویشی گیاه است (هالیک وهمکاران ۲۰۰۹؛ گوق و همکاران ۲۰۱۲). همان‌طوری که بیان شد در تمامی روش‌ها، توصیه کود به صورت کمی و بر اساس غلظت عنصر در خاک و یا گیاه می‌باشد و در هیچ یک از روش‌های متداول توصیه به صورت همبستگی بین غلظت عنصر در خاک و گیاه و به صورت کمی و دقیقاً براساس نیاز گیاه نمی‌باشد (میرابدولباقی ۲۰۱۵؛ مونتانز وهمکاران ۱۹۹۳؛ راقوپاتی و سرینویاس ۲۰۱۴؛ سینگ وهمکاران ۲۰۱۲). غلظت یک عنصر در خاک، صرف نظر از حالتی که در گیاه دارد، نمی‌تواند روش مناسبی برای توصیه کود باشد، زیرا اگرچه ممکن است کافی باشد، اما به دلایلی مانند تهویه نامناسب، سردی خاک، رقابت با سایر عناصر برای جذب توسط ریشه و حلالیت کم عنصر در محلول خاک، ممکن است غلظت آن در گیاه کافی نباشد. از سوی دیگر، اگرچه برگ جزء مهمی از گیاه است، اما به دلیل اینکه کلروفیل و برخی مواد دیگر در آن تولید می‌شود، توصیه همه عناصر بر اساس غلظت آنها صرفاً در برگ، صحیح نمی‌باشد، زیرا خواص شیمیایی هر عنصر با عناصر دیگر متفاوت بوده و نیز روش جذب توسط ریشه، مکانیسم انتقال در گیاه و نقش هر عنصر در گیاه با عناصر دیگر متفاوت است (شارات ۲۰۱۵؛ کورالت وهمکاران ۲۰۰۵، واتانابی ۲۰۰۷، ویر ۱۹۶۹، الکس ۲۰۱۰).

به همین دلیل است که غلظت هر عنصر از یک اندام به اندام دیگر متفاوت است. غلظت یک عنصر در برگ ممکن است کافی باشد، اما غلظت آن در میوه یا سایر اندام‌ها ممکن است کم یا بسیار زیاد باشد. در اکثر درختان میوه‌ها به صورت کروی بوده و سطح ویژه آنها نسبت به سطح برگ همان گیاه بسیار کمتر بوده که این امر موجب می‌شود گرچه ظاهراً مقدار عنصر در برگ کافی است ولی میوه دچار کمبود آن عنصر خواهد بود. در سیستم IPSS با استفاده از همبستگی بین غلظت نیتروژن در خاک و اندام‌های گیاه می‌توان مقدار نیتروژن و دیگر عناصر مورد نیاز گیاه را به صورت کمی دقیقاً محاسبه نمود (اجرائی و همکاران ۲۰۱۹؛ جین وهمکاران ۲۰۱۶، آندری وهمکاران ۲۰۱۸؛ کیو و همکاران ۲۰۱۷). این امر سبب می‌شود مقدار عناصر ضروری در حد بهینه در اختیار گیاهان قرار گیرد و در نتیجه عملکرد در واحد سطح مزارع و باغ‌ها افزایش یابد و از طرفی مقدار مصرف کودها بخصوص کودهای نیتروژنه تحت کنترل باشد و محیط زیست از خطر آلودگی مصون بماند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

همبستگی مثبت و معنی‌داری بین نیتروژن در اندام‌های گیاهی وجود دارد و در بین اندام‌های گیاهی، نیتروژن برگ بیشترین همبستگی را با نیتروژن عصاره اشباع خاک دارد. بنابراین، منطقی‌تر است که توصیه هر عنصر بر اساس همبستگی بین غلظت آن عنصر در خاک (به ویژه در عصاره اشباع خاک) و اندام‌های گیاه باشد، نه بر اساس غلظت عنصر در خاک یا

برگ‌های گیاه. کلیه روشهای توصیه کود کیفی بوده و قادر به بیان مقدار کود مورد نیاز گیاهان نیستند. در برخی از آنها مانند DRIS به جای تعیین غلظت عناصر در گیاه، نسبت بین آنها تعیین می‌شود. در روش CNC و CNR مقدار عناصر غذایی در خاک یا گیاه به صورت کم، زیاد، متوسط بیان می‌شود و یا در روش DOP غلظت عناصر در گیاه با کلمات مثبت و منفی نشان داده می‌شود. برخلاف روش‌های دیگر، IPSS یک روش کمی بسیار دقیق است و توصیه کوددهی بر اساس همبستگی بین مقدار عنصر در خاک و اندام‌های گیاهی است. از طرفی در اکثر روشهای توصیه کودی، برگ شاخصی برای تعیین وضعیت تغذیه عناصر است. در حالی که در IPSS برای هر عنصر، از اندامی که بیشترین همبستگی را با همان عنصر در خاک دارد، نمونه‌برداری می‌شود. همبستگی بین غلظت نیتروژن در خاک و اندامهای گیاه می‌توان مقدار نیتروژن و دیگر عناصر مورد نیاز گیاه را به صورت کمی دقیقاً محاسبه نمود. این امر سبب می‌شود مقدار عناصر ضروری در حد بهینه در اختیار گیاهان قرار گیرد و در نتیجه عملکرد در واحد سطح مزارع و باغ‌ها افزایش یابد و از طرفی مقدار مصرف کودها بخصوص کودهای نیتروژنه به مقدار زیای کاهش و تحت کنترل باشد و سبب آلودگی اتمسفر به جهت تخریب نیترات (دنیتریفیکاسیون) و تولید گازهای NO، NO2، N2O نشود. همچنین باعث آلودگی آبهای شرب سطحی و زیر زمینی به نیترات و نیتریت نیتریت گردد که خود سبب بیماری متهموگلوبینمیا یا سندرم چشم آبی کودکان می‌شود که در آن نیترات جایگزین اکسیژن روی سطح هموگلوبین شده و ایجاد اختلال در تنفس می‌کند و چهره برافروخته و متمایل به نیلی، سفیدی چشم آبی رنگ و دهان کودک به دلیل نقصان اکسیژن باز می‌ماند. از طرفی نیترات موجود در آب آلوده درسیستم گوارش به نیتروزامین تبدیل شده زیرا حدود ۵ درصد از نیترات ورودی به بدن ما در دستگاه گوارش و به کمک آنزیم ردوکتاز به نیتریت تبدیل می‌گردد .نیتریت نیز با قرار گرفتن در معرض اسید آمینه‌های تجزیه شده از فرآورده‌های گوشتی در معده، و تحت اثر محیط اسیدی می‌تواند به راحتی نیتروزآمین را تشکیل دهد که ترکیبی سرطان زاست. با توجه به موارد فوق کنترل و مصرف کمی کودهای نیتروژن و سایر کودهای شیمیائی راهی مؤثر در کاهش آلودگی محیط زیست و امنیت سلامت جامعه می‌باشد.

اگرچه در این مطالعه از روش IPSS برای توصیه نیتروژن برای WNO استفاده شد، اما این روش می‌تواند باعث جلوگیری از مصرف بیش از حد نه تنها کود نیتروژن بلکه سایر کودها برای تمامی گیاهان در سیستم‌های کشت هیدروپونیک و خاکی مورد استفاده قرار گیرد. وباعث شود علاوه بر تأمین غذا محیط زیست نیز از آلودگی مصون بماند.

قدردانی

از دانشگاه آزاد اسلامی واحد جهرم به دلیل استفاده از آزمایشگاه‌های آن کمال تشکر را داریم

References

1. Abira B, Chattopadhyay GN, Boyd CE. Determination of critical limits of soil nutrients for use in optimizing fertilizer rates for fish ponds in red, lateritic soil zones. *Aqu. Cul. Eng*, 2009; 40(3): 144-148. DOI: 10.1016/j.aquaeng.2009.02.003
2. Alva, A. K. and Tucker, D. P. H. Soils and Citrus Nutrition', in L. W. Timmer and L. W. Duncan (eds), Citrus Health Management, APS Press, St. Paul, Minnesota, 1999; pp. 59–71. DOI: 10.1023/a:1008764300753
3. Alva A K, Paramasivam S, Graham WD, Wheaton TA. Best irrigation and nitrogen management practices for citrus production in sandy soils. *WAT. AIR AND SOIL POLL*, 2003; 143, 139–154. DOI: 10.1023/a:1022883311070
4. Andre B, Djimasbé N, Sansan Y, Francois L, Opoku J. Improving the Profitability, Sustainability and Efficiency of Nutrients Through Site Specific Fertilizer Recommendations in West Africa Agro-Ecosystems, Soil Organic Carbon and Proper Fertilizer Recommendation, Springer-Verlag, 2018; 10, chapter 1, 1-10. DOI: 10.1007/978-3-319-58789-9_18
5. Augusto L, Achat DL, Jonard M, Vidal D, Ringeval B. Soil parent material-A major driver of plant nutrient limitations in terrestrial ecosystems. *Glob. Change Biol.* 2017,23(9), 3808- 3824. DOI: 10.1111/gcb.13691 # #
6. Bailey JS, Dils RA, Foy RH, Patterson D. The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) for diagnosing the nutrient status of grassland swards: III Practical applications. *Plant Soil*. 2000; 222(2): 255-262. DOI: 10.1023/a:1004827206618
7. Benito A, Garcia-Escudero E, Romero I, Ominguez N, Martin I. Sufficiency ranges (sr) and deviation from optimum percentage (DOP) references for leaf blade and petiole analysis in 'Red Grenache' grapevines. J *INT SCI VIGNE VIN*. 2015; 49(1): 143-151. doi.org/10.20870/oeno-one.2015.49.1.94

8. Beufils ER. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Soil Sci. Bull*. No. 1, Univ. Natal, South Africa. 1973; DOI:10.31018/jans.v8i4.1134
9. Broschat Timothy K. Relationships among soil and foliar nutrient levels and plant quality variables in field-grown *Salvia splendens* Sello. cv. Red Pillar: Canonical correlation analysis. *Commun Soil Sci Plant.* 1980; 11(1): 25-42. DOI: 10.1080/00103628009367013
10. Brown J R, Hergert GW. Status of Residual Nitrate-Nitrogen Soil Tests in the United States of America. Soil Testing: Sampling, Correlation, Calibration, and Interpretation. 1987; doi:10.2136/sssaspecpub21.c810.2136/sssaspecpub21.c8
11. Bujnovský R, Malík P, Švasta J. Evaluation of the risk of diffuse pollution of groundwater by nitrogen substances from agricultural land use as background for allocation of effective measures, *J. Ecol*. 2016; 35(1): 66-77. DOI: 10.1515/eko-2016-0005
12. Campbell CR, Plank CO. Preparation of plant tissue for laboratory analysis, P. 37-52. In: Kalra, Yash eds.), Handbook of Reference Methods for Plant Analysis || Determination Of Total Nitrogen In Plant Tissue. 1998; DOI: 10.1201/9781420049398.ch9
13. Cate, Jr., Nelson LA. A rapid method for correlation of soil test analysis with crop response data. In: International Soil Testing Series Technical Bulletin No. 1, North Carolina State University Agricultural Experiment Station, Raleigh, North Carolina, USA. 1965. 14. Dasberg S, Erner Y, Bielorai H. Nitrogen balance in a citrus orchard. *J. Environ. Qual*, 1984; 13: 353–356. https://doi.org/10.2134/jeq1984.00472425001300030006x
14. Desutter T, Prunty L, Hopkins D, Jia X, Wysocki D. Evaluation of 1:5 soil to water extract electrical conductivity methods. *Geoderma. J*, 2012; 185: 1-17. DOI: 10.1016/j.geoderma.2012.03.022
15. Dow, A., Roberts, S. "proposal: Critical Nutrient Ranges for crop diagnosis", *J. Agron*., 1982; 74:40. https://doi.org/10.2134/agronj1982.00021962007400020033x
16. Ejraei A, Mohammadi Ghehsareh A, Hodaji M, Besalatpor AA. Regression-based phosphorus recommendation model for Washington Navel. *J. Plant Nutr*., 2019; 42(18), 2189–2198. doi:10.1080/01904167.2019.1643364
17. Elekes CC, Dumitriu I, Busuioc G, Iliescu N. The appreciation of mineral element accumulation level in some herbaceous plants species by ICP–AES method, *J. env. sci. pollut. res.* 2010; 17(6): 1230-1236. DOI: 10.1007/s11356-010-0299-x
18. Embleton, TW, Matsumura M, Stolzy LH. Citrus nitrogen fertilizer management, groundwater pollution, soil salinity, and nitrogen balance. *J. Appl. Agric. Res*. 1986; 1: 57-64. ISSN:0179-0374
19. Embleton, TW, Jones WW. Nitrogen fertilizer management programs, nitrate pollution potential and orange productivity. In: Nielsen DR, MacDonald TG (eds) Nitrogen in the environment, vol 11. Academic, New York, 1978; pp. 275–297. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-518401-4.50022-5Get
20. Estefan G, Sommer R, Ryan J. Method of soil, plant and water analysis a manual for the West Asia and North Africa ragion, ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas), thirth edition, Box114/5055, Beirut, Lebanon, 2013; ICARDA@cgiar.org www.icarda.org. DOI: 10.4271/902153
21. Fageria NK, Baligar VC, Jones CA. Growth and mineral nutrition of field crop, Marcel Dekker, New York. 1991. https://doi.org/10.1002/jpln.19931560420
22. Fernandez-Escobar R, Benlloch M, Herrera E, Garcia-Novelo JM. Effect of traditional and slow-release N fertilizers on growth of olive nursery plants and N losses by leaching, *Sci. Hortic*. 101: 39-492004. DOI: 10.1016/j.scienta.2003.09.008
23. 2Gareau Stephen E. Analysis of plant nutrient management strategies: Conventional and alternative approaches. *Agric. Human. Values*. 2004; 21(4): 347-353. DOI: 10.1016/j.scienta.2003.09.008 2
24. Gough L, Gross KL, Cleland EE, Clark CM, Collins SC, Fargione JE, Pennings SC, Suding KN. Incorporating clonal growth form clarifies the role of plant height in response to nitrogen addition, *J. Ecol*. 2012; 169(4): 1053-1062. DOI: 10.1007/s00442-012-2264-5
25. Haag Richard W. Nutrient limitations to plant production in two tundra communities. *Can. J. Bot.*, 1974; 52(1): 103- 116. DOI: 10.1139/b74-014 26.
26. Hallik L, Kull O, Niinemets UA. Contrasting correlation networks between leaf structure, nitrogen and chlorophyll in herbaceous and woody canopies, *Basic Appl*. Ecol. 2009; 10(4): 309-118. DOI: 10.1016/j.baae.2008.08.001 26. 27. He ZL,
27. Alva AK, Yan P, Li YC, Calvert DV, Stoffella PJ, Banks DJ. Nitrogen mineralization and transformation from compost and biosolids during field incubation in a sandy soil. *Soil Sci.* 2000; 165: 161–169. DOI:10.1097/00010694-200002000-00007
28. Jin, Z, Prasad R, Shriver J, Zhuang Q. Crop model- and satellite imagery-based

recommendation tool for variable rate N fertilizer application for the US Corn system. Precision Agriculture, 2016; 18(5), 779–800. doi:10.1007/s11119-016-9488-z

29. Jones CA. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analyses, *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 1981; 12: 785-794. https://doi.org/10.1080/00103628109367194
30. Jones B Jr. Field sampling procedures for conducting plant analysis, P. 25-35. In: Y. P. Kalra (eds.), Handbook of Methods for Plant Analysis, Soil and Plant Analysis Council,1nc. 1998. DOI: 10.1002/(sici)10970126(199709)44:1<113:aid-pi825>3.0.co;2-o
31. Kjeldahl, J. Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern, Z. Anal. Chem, 1883; 22,366-382. DOI: 10.1007/bf01338151 32. Landau
32. S, Everitt BS. A Handbook of Statistical Analyses using SPSS. New York Washington, D.C. Chapman and Hall/CRC Press LLC. 2004. DOI: 10.1201/9780203009765.www.academia.dk/BiologiskAntropologi/.../SPSS_Statistical_Analyses_using_SPSS.pd.
33. Mirabdulbaghi M. Investigations on Determination of Nutritional Status of Pear Trees According to a New Index - Deviation From Optimum Percentage (DOP), Cercetari Agronomice in Moldova. 2015; 47(4): 83-98. DOI: 10.1515/cerce-2015-0007
34. Monge E, Montañés L, Val J, Sanz M. A comparative study of the DOP and the DRIS methods, for evaluating the nutritional status of peach trees, *Acta Hortic*. 1995. 383: 191-199. DOI: 10.17660/ActaHortic.1995.383.19
35. Montañés L, Heras, L, Abadía J, Sanz M. Plant analysis interpretation based on a new index: Deviation from optimum percentage (DOP), *J. Plant Nutr*. 1993; 16(7): 1289-1308. DOI:10.1080/01904169309364613
36. Park BB, Barter, DH, Park K, Banderis AD, Bae K. Diagnosis of plant nutrient and growth responses on fertilization with vector analysis and morphological index. *For. Sci. Technol.* 2015; 11(1): 1-10. DOI: 10.1080/21580103.2014.931257.
37. Pettipas FC, Lada RR, Caldwell CD, Miller C. Leaf Tissue Testing and Soil and Plant Tissue Relationships for Nitrogen Management in Carrots. *Commun. Soil Sci. Plant Anal*. 2006; 37(12): 1597-1609. DOI: 10.1080/00103620600710199
38. Queralt I, Ovejero M, Carvalho ML, Marques JM, Llabrés AF. Quantitative determination of essential and trace element content of medicinal plants and their infusions by XRF and ICP techniques, X-Ray Spectrometry. 2005; 34(3): 214-217. DOI: 10.1002/xrs.795
39. Raghupathi HB, Srinivas S. Spatial Variability Studies in Banana for Identification of Nutrient Imbalance Using Diagnosis and Recommendation Integrated System, *Commun. Soil Sci. Plant Anal*. 2014; 45(12): 1667-1686. DOI: 10.1080/00103624.2014.907914 .
40. Ramos, C., Agut, A., Lidòn, AL. Nitrate leaching in important crops of the Valencian community region (Spain). *Environ Pollut.* 2002; 118: 215–223. DOI: 10.1016/s0269-7491(01)00314-1
41. Reginato JC, Blengino JL, Tarzia DA. Analysis and Use of Cumulative Nutrient Uptake Formulas in Plant Nutrition and the Temporal Weight Averaged Influx. *J. Plant Nutr*. Accepted Manuscript. 2017; DOI: 10.1080/01904167.2017.1346664
42. 42. Roney Mendes G, Leonardo Angelo A, Junia Maria C, Luiz Paulo Dornelas Dos S, Mundstock Xavier C, Xavier A, Oliveira F. Foliar Diagnosis Indexes for Corn by the Methods Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) and Nutritional Composition (CND). *Commun. Soil Sci. Plant Anal*. 2017; 48(1):11-19. DOI: 10.1080/00103624.2016.1253714
43. Ryan J, Estefan G, Rashid A. Soil and Plant Analysis Laboratory Manual. 1977.
44. Ryan, J. Soil and plant analysis in the Mediterranean region: Limitations and potential. *Commun. Soil Sci. Plant Anal*. 2000; 31(11 – 14): 2147 – 2154. https://doi.org/10.1080/00103620009370571 # #
45. Sharath AA, Ghosh SN. Effect of organic and inorganic nutrition on plant and soil of karonda orchard (Carissa Carandas), a semi-wild fruit in India, *Acta Hortic*. 2015; 1074: 73-76. DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1074.10.
46. Shull CA. Hunger Signs in Crops. A Symposium. Botanical Gazette. 1941; 102(4): 819-820. DOI: 10.2307/2471974
47. Singh D, Singh K, Hundal HS, Sekhon KS. DIiagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) for evaluating nutrient status of Cotton (*Gossipium Hirsutum*), *J. Plant Nutr*., 2012; 35(2), 192-202. https://doi.org/10.1080/01904167.2012.636122
48. Sprague HB. Hunger Signs in crops, a symposium, 3th ed. David Mckay Co., Inc. USA. 1964.
49. Su H, Kang W, Xu Y, Wang J. Assessing Groundwater Quality and Health Risks of Nitrogen Pollution in the Shenfu Mining Area of Shaanxi Province, Northwest China, Exposure and Health, Online. 2017. DOI: 10.1007/s12403-017-0247-9
50. Vaneeckhaute C, Meers E, Michels E, Buysse J, Tack FMG. Ecological and economic benefits of the application of bio-based mineral fertilizers in

modern agriculture, *Biomass Bioenergy*. 2013; 49: 239-248. DOI: 10.1016/j.biombioe.2012.12.036

51. Walkley A. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of organic soil constituents, *Soil Sci*, 1947; 63: 251 – 263. DOI: 10.1097/00010694-194704000-00001
52. Watanabe T, Broadley MR, Jansen S, White PJ, Takada J, Satake K, Takamatsu T, Tuah SJ, Osaki M. Evolutionary control of leaf element composition in plants, *New Phytol*, 2007; 174(3): 516-523. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2007.02078.x
53. Weaver Kathleen F, Morales Vanessa D, Sarah L, Godde K, Weaver Pablo F. An Introduction to Statistical Analysis in Research (With Applications in the Biological and Life Sciences) || Basics in SPSS. Wiley Blackwell (John Wiley & Sons).539-559. 2017. doi:10.1002/9781119454205.ch13
54. Weinbaum SA, Brown PH, Johnson RS. Application of selected Macronutrient (N, K) in deciduous orchards: physiological and Agro technical perspectives. *Acta Hort*. 2002; 594: 59-64. Doi: 10.17660/ActaHortic.2002.594.3
55. Weir, CC. Nutrient element balance in citrus nutrition, *Plant Soil*. 1969; 30(3): 405-414 DOI: 10.1007/bf01881966.
56. Wen-yuan H, Yao-chi L, Noel D. Uri. An assessment of soil nitrogen testing considering the carry-over effect. *Appl. Math. Model*. 2001; 25(10): 843-860. DOI: 10.1016/s0307-904x(98)10001-x
57. Xu, X, He P, Yang F, Ma J, Pampolino MF, Johnston AM, Zhou W. Methodology of fertilizer recommendation based on yield response and agronomic efficiency for rice in China, *Field Crops Res.* 2017; 206: 33-42. DOI: 10.1016/j.fcr.2017.02.011

Research Article

Journal of New Researches in Environmental Engineering

Volume 1, Issue 4, Winter 2024, Pages 12-24

ISSN (Online): 2981-0930

Using the IPSS Method in the Quantitative Recommendation of Nitrogen Fertilizer to Reduce Environmental Pollution

Abdolkarim Ejraei* Assistant professor, Department of soil science, Jahrom Branch, Islamic Azad University, Jahrom, Iran

Rakhshan HakimElahi Assistant professor, Department of chimistry, Jahrom Branch, Islamic Azad University, Jahrom, Iran

Received: 19 Nov 2023

Accepted: 17 Feb 2024

Keywords: Fertilizer recommendation, Environmental pollution, Correlation of soil nitrogen and plant organs, Regression model.

Extended Abstract

Introduction: Chemical fertilizers are one of the most important factors that pollute the environment. Chemical fertilizers can cause air, soil, surface and underground water pollution and cause irreparable damage to the environment. Among the chemical fertilizers, nitrogenous fertilizers have the largest amount of consumption and can be affected by the oxidation and reduction process and affect the environment the most. So far, many methods have been presented to recommend chemical fertilizers, but all these methods are qualitative and cannot calculate the quantity of fertilizer required by the plant. The Integrated Plant and Soil System (IPSS) was first described in 2019. In this method, the amount of elements needed by plants is calculated quantitatively.

Materials and Methods: There was a significant correlation between nitrogen of saturated soil extract and nitrogen of plant organs, and the highest correlation was observed between the nitrogen of young leaves and the nitrogen of saturated soil extract. Also, the highest correlation was between the nitrogen of young leaves and other plant organs. Organs of plants whose nitrogen had a significant correlation with soil nitrogen were selected and multivariate regression equations were determined between them and soil saturated extract nitrogen. By simplifying them, two equations with two variables were obtained, according to which the required fertilizer can be calculated.

Results and Discussion: There was a significant correlation between nitrogen of saturated soil extract and nitrogen of plant organs, and the highest correlation was observed between the nitrogen of young leaves and the nitrogen of saturated soil extract. Also, the highest correlation was between the nitrogen of young leaves and other plant organs. Organs of plants whose nitrogen had a significant correlation with soil nitrogen were selected and multivariate regression equations were determined between them and soil saturated extract nitrogen. By simplifying them, two equations with two variables were obtained, according to which the required fertilizer can be calculated.

Conclusion: The results of this research are two bivariate regression equations, based on which the amount of fertilizer required by plants can be calculated quantitatively and accurately, and the environment can be protected from the risk of chemical fertilizer contamination. This method can be used for all elements and plants in hydroponic and soil cultivation systems.

Corresponding author: Abdolkarim Ejraei

Address: Department of soil science, Jahrom Branch, Islamic Azad University, Jahrom. **Tel:** +989177109196

Email: soiliran@yahoo.com

Citation: Ejraei A K, HakimElahi R. Using the IPSS Method in the Quantitative Recommendation of Nitrogen Fertilizer to Reduce Environmental Pollution.Journal of New Researches in Environmental Engineering. 2024; 1(4): 12-24.

© 2024, This article published in Journal of New Researches in Environmental Engineering (JNREE) as an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0). Non-commercial use, distribution and reproduction of this article is permitted in any medium, provided the original work is properly cited.