نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب) / الف / جلد 34 / شماره 2 / 1399
Archive of SID

تشخیص تعادل عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در چغندرقند با استفاده از تخمین‌گرهای[1] فاصله ماهالانوبیس[2]، فاصله ایچسن[3] و تعادل ترازویی[4]

عبدالمحمد دریاشناس،[5] کبری ثقفی و محمد حسین داوودی

استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب کشور،سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران،ایران؛ amdaryashenas1335@gmail.com

محقق موسسه تحقیقات خاک و آب کشور،سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران؛ Kobra_sagafi@yahoo.com

استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب کشور،سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران؛ davoodi_mh@yahoo.com

دریافت: 99/4/3 و پذیرش: 99/7/15

چکیده

از داده‌های تجزیه آزمایشگاهی خاک، آب و گیاه می‌توان به منظور بهینه کردن مصرف کودها، افزایش کمی و کیفی عملکردها و حفظ محیط زیست از اثرات منفی این کودها استفاده کرد مشروط بر آنکه تجزیه و تحلیل این داده‌ها مبتنی بر نگرشی سیستمی و جامع و لحاظ اثرات متقابل عناصر و تفکیک اثرات آنتاگونیستی و سینرژیستی عناصر باشد. مدل های دریس و CND-$_{clr}$[6] قادرند D جزو تشخیص را برآورد کنند در حالیکه می‌توان D-1 جزو تشخیص را در فضای چند بعدی هیلبرت (Hilbert Space) بوسیله CND-$_{ilr}$[7] برآورد کرد. هدف از این تحقیق مقایسه فاصله ماهالانوبیس و فاصله ایچسن حاصل شده از "نسبت لگاریتم ایزومتریک" (ilr) به عنوان دو تخمین‌گر تعادل عناصر غذایی، همچنین تعیین نرم‌های مرجع CND-$_{ilr}$ برای عناصر پرمصرف و کم‌مصرف و استفاده از روش تعادل ترازویی برای تشخیص وضعیت عناصر غذایی است. داده‌های عملکرد ریشه و تجزیه بافت گیاهی از 170 مزرعه چغندرقند زمستانی استان خوزستان جمع آوری و عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس اندازه‌گیری شد. عناصر غذایی به ده فرم تعادلی ilr_1: [Fe|Cu, Zn, Mn], ilr_2: [Mn|Zn, Mn], ilr3: [Zn|Cu], ilr_4 : [P | N], ilr_5 : [NP | K], ilr_6 : [Fe | Mn], ilr_7 : [Zn | Cu], ilr_8 : [Fe,Mn| Zn,Cu], ilr_9 : [N,P,K|Mn,Zn,Fe,Cu], ilr_{10} : [F_V|N,P,K, Mn, Zn, Fe, Cu] طراحی و مقدار ilr برای آنها محاسبه شد. کل جامعه مشاهداتی به روش " منحنی عملیاتی دریافت کننده " (ROC[8]) و حد بحرانی فاصله ماهالانوبیس 4/2 و عملکرد ریشه حد واسط (Cut-off yield)به میزان 60/325 تن در هکتار با میزان دقت 85% پوشش زیر منحنی ROC به دو گروه متعادل (عملکرد بالا) و غیرمتعادل (عملکرد پایین) برای ilr_4 تا ilr_{10} تقسیم شدند. مقایسه بین تخمین‌گرهای فاصله ماهالانوبیس و فاصله ایچسن تفاوت قابل توجه‌ایی را نشان نداد. با استفاده از روش تعادل ترازویی بین هفت تعادل گروه مرجع TN وگروه TP به غیر از تعادل ilr_7 با استفاده از آزمون توکی ($P\leq 0.05$) اختلافات معنی دار شد. نتایج نشان داد برای افزایش عملکرد ریشه چغندرقند نیازی به مصرف کود آهن نیست ولی باید کوددهی نیتروژن را کاهش و پتاسیم را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: اثرات متقابل عناصر غذایی، تحلیل داده‌های ترکیبی، نسبت لگاریتم ایزومتریک عناصر غذایی

---

1. Predictor
2. Mahalanobis distance
3. Aitchson distane
4. Pan balance or Mobile and fulcrums balance system
5. نویسنده مسئول، آدرس: کرج، میدان استاندارد بعد از رزکان نو بلوار امام خمینی (ره) موسسه تحقیقات خاک و آب کد پستی 3177993545
6. Compositional Nutrient Diagnosis - centered log ratio
7. Compositional Nutrient Diagnosis - isometric log ratio
8. Receiver Operation Characteristic Curve – ROC

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

تعداد زیادی آزمایشگاه خصوصی در سال های اخیر در کشور ایران تأسیس شده است و انبوهی از داده¬های تجزیه خاک و آب و گیاه ایجاد نموده است که می¬توان از این داده¬ها در جهت بهینه کردن مصرف کودها استفاده کرد مشروط بر آنکه بتوان از روش¬ها و مدل های مبتنی بر نگرشی سیستمی و جامع مانند CND-clr و CND-ilr بیانگر وضعیت تعادل عناصر استفاده کرد. روش تجزیه گیاه وسیله عملی مفیدی است که نقش اساسی در بهینه کردن توصیه‌های کود از طریق نمایش میزان جذب و صحت آزمون خاک دارد. روش تجزیه گیاه بویژه در بهینه کردن کود در گیاهان زراعی نظیر چغندر قند که کیفیت محصول وابسته به مقدار کوددهی است و همچنین درختان مثمر و غیر مثمر، اهمیت فراوان دارد. بهینه کردن با مصرف تعدادی از عناصر غذایی مانند نیتروژن و عناصر کم‌مصرف در طول دوره رشد بصورت سرک‌دهی و برگپاشی با استفاده از روش تجزیه گیاه امکان پذیر است.

مصرف بیشتر کودها بویژه نیتروژن از یکسو باعث افزایش قابل توجه عملکرد چغندرقند ولی از سوی دیگر موجب کاهش کیفیت محصول می‌شود. به سبب این تأثیر متضاد، تغذیه متعادل چغندرقند اهمیت زیادی دارد. روش‌های مختلف برای تشخیص وضعیت تغذیه عناصر غذایی گیاهان زراعی و باغی شامل غلظت بحرانی (باتس، 1972) و روش تلفیقی تشخیص و توصیه (DRIS) (بیوفیلز، 1973) و روش CND-clr (پرنت و دافیر،1992) است که از نتایج هر سه روش ارتباط خوب تا متوسطی بین عملکرد محصول و شاخص‌های عناصر غذایی روش‌های مذکور برای ارزیابی تغذیه گیاهان نشان داده شده است (والورث و سامنر، 1987؛ ملکوتی و همکاران، 1387؛ دریاشناس و رضایی، 1384، دریاشناس و ثقفی، 1390؛ حسینی یعقوب، 1395، بصیرت و همکاران، 1395،). دریاشناس و ثقفی (1390) روش‌شناسی رویکرد CND-clr را معرفی کردند و با استفاده از این رویکرد، نرم‌های استاندارد CND-clr را برای داده‌های عملکرد ریشه و نمونه‌های گیاهی 383 مزرعه چغندرقند تهیه نمودند و نهایتاً به منظور اعتبارسنجی این نرم‌ها داده‌های تعدادی از آزمایش‌های کودی چغندرقند را آزمون کرده و نتایج رضایت‌بخشی گزارش کردند. این روش‌ها به رغم داشتن مزایا دارای کاستی‌هایی از جهت تفسیر نتایج حاصل از تجزیه گیاه می‌باشند که ممکن است به تشخیص نادرست منتهی شوند (پرنت و دافیر،1992). نارسایی عمده روش غلظت بحرانی اینست که اثرات متقابل عناصر درون غلظت‌های مرجع پنهان است و قابل تفکیک نیستند. روش دریس علیرغم اینکه برتری‌هایی نسبت به روش غلظت بحرانی دارد ولی اثرات متقابل عناصر در آن بصورت تابعی از نسبت‌های دو عنصری (dual ratio) است و نه نسبت‌های چند عنصری. روش CND-clr با در نظر گرفتن نسبت‌های چند عنصری (multi ratio) تا حدود زیادی نارسایی‌های روش دریس را برطرف نموده است. اما هر دو روش علیرغم داشتن مزایا دارای اریب‌هایی (bias) هستند که می‌توان این اریب‌ها را با انتخاب مدل‌های اختصاصی ad hoc برطرف نمود. به عبارت دیگر مدل‌های دریس و CND-clr قادرند D جزتشخیص را برآورد کنند در حالیکه می توان D-1 جز تشخیص را در فضای چند بعدی هیلبرت (Hilbert Space) برآورد کرد (پرنت، ال. ای، 2011). یک تابع اریب بدین معنی است که مقدار واقعی تغییرات با مقادیر محاسبه شده (یا امید ریاضی) منطبق نباشد. با انتخاب مدل‌های اختصاصی ad hoc می‌توان فرم‌های بیانی از عناصر غذایی را انتخاب کرد که با واقعیت اثرات متقابل عناصر منطبق بوده و توسط دانش تغذیه گیاه و محققین عرصه کشاورزی و اکولوژی طی تجربه‌های چندین ساله تأئید شده مورد توجه و ملاک قرار گرفته است.بطور مثال اثر آنتاگونیسم (برهمکنش منفی) عنصر فسفر در مقابل عناصر کم¬مصرفی مثل عنصر روی یا مصرف توأم فسفر و نیتروژن و پتاسیم (NPK) در مقابل عناصر کم‌مصرف در خاک های آهکی ایران که بطور واقعی ثابت شده است.

بهرحال طراح و تحلیل‌گر داده مسلط به شناخت وضعیت شیمی و حاصلخیزی می‌تواند مناسب‌ترین نوع عنصر و فرم تعادل‌هائی را که بیان واقعی وضعیت شیمیایی موجود در خاک‌های یک منطقه باشد برای بررسی اثر متقابل انتخاب کند (مودستو و همکاران،2014و دریاشناس و همکاران، 1396).اولین اریب در این روش‌ها این است که این ایده‌ها، ممکن است تعدادی از نسبت عناصر غذایی را به عنوان نرم مرجع معرفی کنند که نسبت‌های فزون‌یافته (Redundancy) و اضافی و غیرواقعی هستند و بیانگر وضعیت واقعی تغذیه گیاه نباشند یا به عبارت دیگر بیانی از وضعیت اثرات متقابل عناصر غذایی نباشند. (دریاشناس و همکاران، 1396، مارشنر، 1995 ، برگمن، 1988، پرنت، ال. ای، 2011). اریب دیگر این است که داده‌های تجزیه گیاه که به فرم درصد و یا نسبت بیان می‌شوند و محصور بین یک محدوده ثابتی هستند، معمولاً دارای توزیع نرمال نیستند

www.SID.ir

Archive of SID

اما داده‌هائی که مقادیر بین ∞- تا ∞+ را اختیار می‌کنند می‌توانند توزیع نرمال داشته باشند وفاصله اطمینان کمتر از صفر و بالاتر از 100 را بیان می‌کنند لذا با تبدیل داده‌های نتایج تجزیه گیاه مثلا تبدیل لگاریتمی آنها را به توزیع نرمال و (یا نزدیک به توزیع نرمال) تبدیل می‌کنند. (پرنت، ال. ای، 2011 و رضائی ،1376). با استفاده از روش ilr می‌توان مولفه‌های پراهمیت‌تر که درون یک مجموعه داده هستند (و ممکن است متناقض و دارای توزیع غیرنرمال باشند) ، تفکیک و مورد بررسی قرار داد. به عبارتی دیگر با این روش می‌توان مولفه‌های نامرتبط را حذف نمود. (دریاشناس و همکاران، 1396، پرنت، ال. ای، 2011 ، پرنت، اس. ای و همکاران، 2013 و پرنت، اس. ای و همکاران، 2012ab). بنابر این برای رفع این اریب‌ها، می‌توان از روش‌های مبتنی بر "تحلیل داده‌های ترکیبی" (CDA: Compositional Data Analysis) و روش "نسبت لگاریتم ایزومتریک" استفاده کرد. دریاشناس و همکاران (1396) روش CND تلفیق شده با نسبت لگاریتم ایزومتریک عناصر غذایی ($CND-_{ilr}$) را برای تشخیص اثرات متقابل عناصر کم‌مصرف بر عملکرد ریشه و قند چغندرقند استفاده کرده و نتیجه گرفتند که ضرورتی به مصرف کود آهن نیست. شاخص‌های پیش بینی کننده (Predictors) در علم آمار و ریاضی امکاناتی هستند که به وسیله آن می‌توان با تغییرات یک یا چند متغیر مستقل (Variable) میزان متغیر وابسته (Response) را پیش‌بینی کرد. جمع مجذور فواصل اقلیدسی نظیر فاصله ایچسن و فاصله ماهالانوبیس می‌توانند به عنوان بیانی از وضعیت تعادل عناصر غذایی بصورت تفاوت نمونه‌های مطالعاتی نسبت به نمونه مرجع (Reference point) استفاده شوند.

فاصله ایچسن بطور ساده فقط با تبدیل لگاریتمی غلظت‌ها و نسبت‌های عناصر غذایی ولی فاصله ماهالانوبیس با لحاظ ماتریس کوواریانس تبدیل یافته لگاریتمی این تفاوت و تفاضل‌ها یعنی تفاوت بین غلظت-ها و نسبت‌های عناصر غذایی تبدیل یافته لگاریتمی نمونه‌های مطالعاتی نسبت به نمونه مرجع استفاده می‌شوند. در این تحقیق ، ضمن استفاده از روش ilr دو شاخص پیش‌بینی کننده (تخمین‌گر) تعادل عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف یکی فاصله ایچسن و دیگری فاصله ماهالانوبیس را معرفی و مقایسه کرده است. همچنین نرم‌های مرجع برای عناصر پرمصرف و کم-مصرف تعیین و در نهایت روش تعادل ترازویی، برای تشخیص و توصیه عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف با تأکید بر تعادل عناصر غذایی مبتنی بر تفکیک اثرات سینرزیستی و آنتاگونیستی تشریح گردیده است.

تئوری

فضای داده‌های ترکیبی[1]

یک بردار ترکیبی (Compositional vector) بسته شده بین یک مقدار معین مثلا بین اعداد صفر تا 100 درصد برای داده‌های تجزیه گیاه بشرح رابطه‌ی ذیل بیان می‌شود(پرنت،2011؛ ایچسن و گرینکر،2002 ؛اگوزسو و همکاران،2003).

(1)

$$S_D = C(c_1, c_2, \dots c_D) = \left(\frac{c_1 k}{\sum_{i=1}^{D} c_i}, \frac{c_2 k}{\sum_{i=1}^{D} c_i}, \dots, \frac{c_D k}{\sum_{i=1}^{D} c_i}\right)$$

که در آن (S^D) یک سادک (simplex) و K واحد اندازه‌گیری (مثلاً درصد یا گرم در کیلوگرم یا قسمت در میلیون و....) و C_i برابر iامین قسمت از یک مجموعه ترکیبی با D قسمت است. در این رابطه مقدار باقیمانده عناصر (F_V- filling value) از تفریق مقادیر اندازه‌گیری شده عناصر غذایی از عدد صد یا هزار یا میلیون بدست می‌آید. داده‌های ترکیبی که به فرم درصد و یا نسبت بیان می‌شوند و محصور بین یک محدوده ثابتی هستند، معمولاً دارای توزیع نرمال نیستند اما داده‌هائی که مقادیر بین ∞- تا ∞+ را اختیار می‌کنند می‌توانند توزیع نرمال داشته باشند و فاصله اطمینان کمتر از صفر و بالاتر از 100 را بیان می‌کنند لذا با تبدیل داده‌های نتایج تجزیه گیاه مثلاً تبدیل لگاریتمی آنها را به توزیع نرمال و (یا نزدیک به توزیع نرمال) تبدیل می‌کنند. (پرنت، ال. ای، 2011 و رضائی ،1376).

"نسبت لگاریتم ایزومتریک" (ilr) و طراحی مقایسات دوتائی متوالی2 (تعادل‌های متعامد یا SBP)

ایده تفسیر نتایج برای نسبت‌های دو عنصری A/B (مانند روش دریس) و یا نسبت یک عنصر به چند عنصر (روش $CND-_{clr}$) ممکن است برای بعضی از نسبت عناصر مناسب باشد باشد ولی این روش ها، همیشه تعدادی از نسبت عناصر غذایی را به عنوان نرم مرجع نشان می‌دهند که نمایانگر شرایط تغذیه گیاه نیست و یک نرم اضافی از بیان تعادل عناصر غذایی می‌باشند (مارشنر، 1995، برگمن، 1988، پرنت، ال. ای، 2011). بنابراین می‌توان رویکرد نسبت عناصر که دارای D-1 درجه آزادی است را به ایده تعادل‌های مستقل خطی[3] برای D-1 جزء تبدیل کرد که متقابلاً به جای تعداد D×(D-1) /2 جفت

1. Compositional data space
2. Sequential Binary Partition - SBP
3. linearly independent balance

www.SID.ir

Archive of SID

عناصر (مانند N/P و N/K و....) می‌توان تعداد $D\times(D-1)^2/2$ دوتائی متوالی از «نسبت‌های آمیخته» مانند N/ (P, K) و... با درجه آزادی D-1 جزء ممکن استخراج کرد. براین اساس روش نسبت لگاریتمی ایزومتریک (ilr) پیشنهاد شده است (ایچسن و گرینکر،2002 و اگوزسو و همکاران،2003). به عبارت دیگر این روش اجازه می‌دهد یک سادک (Simplex) متشکل از داده‌های ترکیبی را در یک فضای اقلیدسی به تعداد D-1 مقایسه لگاریتمی متعامد (orthogonal log contrast) بدون هم‌پوشانی مقایسات انجام داد که تحت عنوان تعادل‌های متعامد یا نسبت‌های ژئومتریک نیز گفته می‌شود. بنابراین می‌توان یک سامانه مبتنی بر رویکرد تعادلی را به شکل مقایسات دوتائی متوالی (SBP) طراحی نمود. در واقع SBP یک ماتریس $D\times(D-1)$ مقایسات دوتایی متوالی است که یک جزء از یک مقایسه در صورت کسر (group numerator) با علامت +1 و یک جزء دیگر از مقایسه در مخرج کسر (group denominator) با علامت -1 مشخص می‌شود و برای یک مقایسه دوتائی متوالی (یک تعادل متعامد) به کار می‌رود. در نتیجه مقدارilr بصورت زیر محاسبه می‌شود. (مودستو و همکاران، 2014 و اگوزسو و همکاران، 2003).

(2)

$$ilr = \sqrt{\frac{n_j^+ n_j^-}{n_j^+ + n_j^-}} \operatorname{Log} \frac{g(c_j^+)}{g(c_j^-)}$$

n^+_jوn^-_j : تعداد اجزاء تشکیل‌دهنده گروه صورت و مخرج کسر

$g(c^+_j)$و$g(c^-_j)$: میانگین هندسی اجزاء تشکیل‌دهنده گروه مثبت صورت (+1) وگروه منفی مخرج (-1)

ilr : نسبت لگاریتمی ایزومتریک برای یک تعادل متعامد

در نتیجه تعادل بصورت { گروه +1 | گروه -1 } فرموله می‌شود برای مثال تعادل عنصر Fe در مقابل عناصر Cu, Zn, و Mn به صورت [- Fe| + (Mn, Zn, Cu)] برآورد می‌شود. بررسی اثر متقابل یک یا چند عنصر در مقابل سایر عناصر غذایی یک تعادل نامیده می‌شود.

طراحی مقایسات دوتائی متوالی(SBP) یا تعادل‌های متعامد

به تعداد $D\times(D-1)^2/2$ تعادل می‌توان از یک مجموعه داده ترکیبی با D قسمت بدست آورد مثلاً برای سه عنصر N, P, K می‌توان تعداد سه جفت تعادل آمیخته K|P,N و P|N,K و N|P,K طراحی کرد. تعادل‌ها براساس اطلاعات و دانش‌های قبلی و کارشناسی ثابت شده در یک منطقه طراحی می‌شوند (مودستو و همکاران،2014) مثلاً در مناطق استوایی تعادل‌های عناصر Mg, Ca, K اهمیت درجه یک دارند در حالیکه در خاک‌های آهکی ایران تأثیر متقابل عناصر Fe و Mn و Zn و Cu اهمیت دارند.

شاخص فاصله ماهالانوبیس (Mahalanobis Distance) و شاخص فاصله ایچسن (Atchison Distance) به عنوان تخمین‌گر تعادل عناصر غذایی

فاصله ایچسن بطور ساده فقط با تبدیل لگاریتمی غلظت‌ها و نسبت‌های عناصر غذایی ولی فاصله ماهالانوبیس با لحاظ ماتریس کوواریانس تبدیل یافته لگاریتمی این تفاوت و تفاضل‌ها یعنی تفاوت بین غلظت-ها و نسبت‌های عناصر غذایی تبدیل یافته لگاریتمی نمونه‌های مطالعاتی نسبت به نمونه مرجع استفاده می‌شوند. رابطه‌های 3 و 4 به ترتیب بیان فاصله ایچسن و فاصله ماهالانوبیس می‌باشند.

$$A = \sqrt{\sum_{i=1}^{D=1}(ilr_i - ilr_i^*)^2} \qquad (3)$$

A: فاصله ایچسن

ilr_i: نسبت لگاریتمی ایزومتریک برای یک نمونه مطالعاتی و ilr_{i*} : نسبت لگاریتمی ایزومتریک برای نمونه مرجع

(4)

$$M = \sqrt{(ilr_i - ilr_i^*)^T COV^{-1}(ilr_i - ilr^*)}$$

M : فاصله ماهالانوبیس T : ماتریس ترانهاده Cov $^{-1}$: معکوس ماتریس کوواریانس

شاخص فاصله ایچسن (A) و شاخص فاصله ماهالانوبیس (M) همانند شاخص تعادلی NII در سامانه DRIS و شاخص تعادلی r^2 درسامانه CND_{clr}، یک پیش‌بینی کننده (Predictor) است که معمولاً به وسیله آن می‌توان عملکرد محصولات و تعادل عناصر غذایی را پیش‌بینی کرد. هرچه مقادیر فاصله ایچسن (A) و فاصله ماهالانوبیس (M) کمتر باشد عملکرد بیشتری را می‌توان پیش‌بینی کرد و نشانه‌ای از تعادل بیشتر عناصرغذایی در گروه عملکردهای بالا می‌باشد (پرنت اس. ای و همکاران، 2012_b).

گروه‌بندی تعادل عناصر غذایی و آزمون تشخیصی

گروه‌بندی تعادل عناصر غذایی

فواصل ایچسن و فواصل ماهالانوبیس (M) در یک مجموعه مقایسات دوتائی متوالی (SBP) با عملکرد، همبستگی معکوس خوبی را بیان می‌کنند. یک پیش‌بینی کننده مانند فاصله ایچسن و یا فاصله ماهالانوبیس به

www.SID.ir

Archive of SID

عنوان یک شاخص جداکننده گروه‌های عملکرد بالا و پائین است که در عین‌حال می‌تواند به عنوان بیانی از تفکیک حد کفایت و تعادل عناصر غذایی از حد ناکافی و نامتعادل عناصر غذایی بکار رود. از نقطه پیش‌بینی کننده روی محورهای مختصات چهار مربع به روش گروه‌بندی کیت- نلسون (نلسون و اندرسون،1984) بشرح زیر قابل تقسیم و تعریف است (پرنت اس.ای و همکاران، 2012_b) و (شکل 2).

TP: قسمت صحیح مثبت (نامتعادل عناصر غذایی): عملکرد پایینی که نامتعادل است .در این قسمت عملکرد پایین اما شاخص پیش‌بینی کننده تعادل عناصر غذایی (فاصله ایچسن و ماهالانوبیس) بزرگ است.

FP: قسمت غلط مثبت (اشتباه نوع اول): عملکرد بالایی که نامتعادل است. در این منطقه عملکرد بالا و شاخص پیش‌بینی کننده تعادل (فاصله ایچسن و ماهالانوبیس) بزرگ است.احتمالاً مصرف لوکس عناصر غذایی اتفاق افتاده است.

TN: قسمت صحیح منفی (منطقه تعادل عناصر غذایی): عملکرد بالائی که متعادل است. در این منطقه عملکرد بالا و شاخص پیش‌بینی کننده تعادل (فاصله ایچسن و ماهالانوبیس) کوچک است این قسمت به منطقه مرجع معروف است.

FN: قسمت غلط منفی (اشتباه نوع دوم): عملکرد پائینی که به اشتباه متعادل اعلام شده است. در این منطقه عملکرد پایین و شاخص پیش‌بینی کننده تعادل (فاصله ایچسن و ماهالانوبیس) کوچک است. احتمالاً عوامل محدودکننده دیگری غیر از عوامل تغذیه‌ای تأثیر داشته است.

آزمون تشخیصی

خطوط جداکننده باید به گونه‌ایی جابجا شوند که بیشترین تعداد در بخش TN و TP قرار گیرد. کارآمدی داده‌های مرقوم در چهار مربع TP و TN و FP و FN بوسیله یک آزمون تشخیصی بوسیله ضرایب زیر برآورد می‌شود:

ضریب حساسیت (Sensitivity): احتمال اینکه یک عملکرد پایین، نامتعادل باشد را بررسی می‌کند و از رابطه‌ی (TP/ TP+ FN) محاسبه می‌شود.

ضریب ویژگی (Specificity): احتمال اینکه یک عملکرد بالا، متعادل باشد و از رابطه‌ی (TN/ TN+ FP) محاسبه می‌شود.

درجه پیش‌بینی مثبت (PPV): احتمال اینکه یک تشخیص نامتعادل به علت عملکرد پایین باشد و از رابطه‌ی (TP+ FP) /TP محاسبه می‌شود.

درجه پیش بینی منفی (NPV): احتمال اینکه یک تشخیص متعادل مربوط به عملکرد بالا باشد و از رابطه‌ی(TN+ FN) /TN محاسبه می‌شود.

ضریب تشخیص درست (Accuracy): احتمال اینکه یک مشاهده اعم از متعادل یا نامتعادل، صحیح تشخیص داده شود و از رابطه‌ی (TP+ TN+FP+FN) /(TP+ TN) محاسبه می‌شود.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری و تجزیه‌های آزمایشگاهی

تعداد 364 نمونه گیاه (برگ و غده) از 170 مزرعه چغندرقند پراکنده در اطراف شهرستان‌های دزفول، شوش، اندیمشک و هفت‌تپه از واحدهای کشت و صنعت، زارعین و کرت‌های آزمایشی در مدت هفت سال متناوب (1379- 1373) جمع‌آوری شد. نمونه‌های گیاهی از مزارعی که 90 تا 120 روز از تاریخ کاشت آنها گذشته بود و از بوته‌های بالغ کاملاً بازشده (بین جوانترین برگ‌ها در مرکز بوته و برگهای مسن‌تر) تهیه شد. از هر مزرعه دو نمونه مرکب بدین‌گونه تهیه شد که از 30 نقطه واقع در هر مزرعه، 30 بوته انتخاب و اندام‌های پهنک و دمبرگ تفکیک شد. تجزیه‌های گیاهی شامل ازت کل به روش میکروکلدال و با استفاده از دستگاه اتوآنالیزر کجلتک، فسفر به روش کالریمتری توسط اسپکتروفتومتر، پتاسیم به وسیله دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد. عناصر روی، منگنز، آهن و مس به روش استخراج با هضم خشک انجام و توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. (امامی، 1375). خاک های منطقه تحت مطالعه این تحقیق تا عمق سی سانتیمتر دارای پی هاش عصاره اشباع حدود 7/8-7/5 و شوری عصاره اشباع کمتر از یک دسی زیمنس بر متر، میزان آهک در حدود 50-30 درصد، بافت های متوسط تا کمی سنگین سیلتی لوم تا سیلتی کلی لوم، میزان مواد آلی کمتر از 0/7 در صد، فسفر قابل جذب 12- 6 و پتاسیم قابل جذب 210-150 و آهن در محدوده 3-2 و منگنز در حدود 3/5-4/5 و مس در محدوده 0/9-0/6 و روی در حدود 1/1- 0/98 میلی گرم بر کیلوگرم می باشد. در زمان برداشت میزان عملکرد ریشه هر مزرعه محاسبه گردید.

طراحی مقایسات دوتائی متوالی (تعادل‌ها یا SBP)

براساس روش مطرح در بخش تئوری در فضای داده‌های ترکیبی X، کل غلظت عناصر غذایی حاصل از تجزیه بافت گیاه چغندرقند آزمایش را می‌توان بشرح رابطه ذیل بیان کرد:

$X = (N, P, K, Fe, Mn, Zn, Cu, Fv) = 1000g\ Kg^{-1}$

www.SID.ir

Archive of SID

در این رابطه، بخش باقیمانده (Fv) از تفریق غلظت سایر عناصر از 1000 گرم در کیلوگرم محاسبه گردید به دلیل اهمیت اثرات متقابل عناصر آهن، منگنز، روی و مس جمعاً سه تعادل متعامد ilr_1 و ilr_2 و ilr_3 و به سبب اهمیت اثرات متقابل عناصر کم مصرف و پر مصرف هفت تعادل ilr_4, ilr_5, ilr_6, ilr_7, ilr_8 , ilr_9, ilr_{10} بطور جداگانه که همپوشانی نداشته و اثرات متقابل آنها توسط تجارب و دانش تغذیه گیاه گزارش شده است، (باکستر و همکاران،2008؛ مارشنر، 1995 ؛ برگمن، 1988 ؛ مالاولتا، 2006) طراحی گردید که مشخصات این تعادل ها در جدول 1 ارائه شده است.

محاسبات آماری

داده‌های خام مربوط به غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی، مس و عملکرد ریشه 170 مزرعه چغندرقند بر حسب تن در هکتار در محیط نرم افزار اکسل وارد شد. سپس کلیه محاسبات شامل نسبت لگاریتم ایزومتریک (ilr- isometric log ratio) و نسبت لگاریتم تمایل به مرکز (clr- centered log ratio) در نرم-افزار فرمول‌نویسی و محاسبه گردید. نرم‌های مرجع ilr و clr با لحاظ سه تعادل حاصل از چهار عنصر کم‌مصرف آهن، منگنز، روی و مس و هفت تعادل با لحاظ هفت عنصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس و باقیمانده عناصر و همچنین با استفاده از روش گروه‌بندی کیت - نلسون (نلسون و اندرسون، 1984) ارتباط فاصله ایچسن بحرانی (A) و فاصله ماهالانوبیس (M) با عملکرد ریشه تعیین گردید. به منظور تشخیص وضعیت عناصر غذایی با تأکید بر تعادل عناصر از روش تعادل ترازویی استفاده گردید.

جدول 1- طراحی تعادل‌های متعامد دوتائی متوالی(SBP) هفت عنصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس برای چغندرقند پائیزه

	N	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu	Fv	n^+_j	n^-_j	تعادل ilr
ilr_1	0	0	0	-1	1	1	1	0	3	1	[Fe| Mn, Zn, Cu]
ilr_2	0	0	0	0	-1	1	1	0	2	1	[Mn| Zn, Cu]
ilr_3	0	0	0	0	0	-1	1	0	1	1	[Zn|Cu]
ilr_4	1	-1	0	0	0	0	0	0	1	1	[P | N]
ilr_5	-1	-1	1	0	0	0	0	0	1	2	[NP | K]
ilr_6	0	0	0	-1	1	0	0	0	1	1	[Fe | Mn]
ilr_7	0	0	0	0	0	-1	1	0	1	1	[Zn | CU]
ilr_8	0	0	0	-1	-1	1	1	0	2	2	[Fe,Mn| Zn,Cu]
ilr_9	-1	-1	-1	1	1	1	1	0	4	3	[N,P,K|Mn,Zn,Fe,Cu]
ilr_{10}	1	1	1	1	1	1	1	-1	7	1	[F_V|N,P,K, Mn, Zn, Fe, Cu]

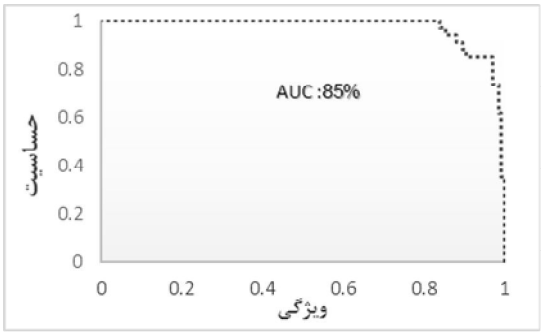
نتایج و بحث

تعیین نرم‌های مرجع CND_{ilr} و $CND\text{-}_{clr^*}$ برای 10 تعادل عناصر غذایی در چغندرقند پائیزه

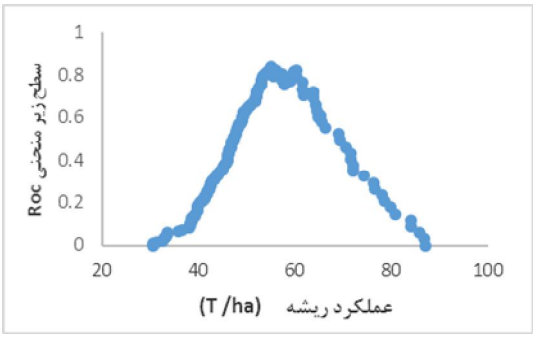
بر اساس روش‌شناسی CND، از طریق کاربرد تابع تجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی و تابع توزیع مربع کای و به استناد مطالعات قبلی و استفاده از روش CND-clr برای چغندرقند پائیزه (دریاشناس و ثقفی، 1390 و دریاشناس و همکاران، 1396) و همچنین روش " منحنی عملیاتی دریافت کننده " (ROC) و کاربرد شاخص یودن (1- ویژگی + حساسیت =Youden index) (پرنت، ال. ای، و همکاران، 2013) میزان عملکرد ریشه به میزان 60/325 تن در هکتار به عنوان عملکرد حدواسط (Cut - off yield) بین گروه عملکرد بالا و پائین در نظر گرفته شد (شکل 1 الف و ب). از مجموع 170 مزرعه تعداد 34 مزرعه در گروه عملکرد بالا و 136 مزرعه در گروه عملکرد پایین قرار گرفتند. سه تعادل ilr_1 و ilr_2 و ilr_3 برای بررسی سه اثر متقابل جداگانه بین عناصر Fe, Mn, Zn, Cu و هفت تعادل ilr_4, ilr_5, ilr_6, ilr_7, ilr_8 , ilr_9, ilr_{10} برای بررسی هفت اثر متقابل جداگانه با لحاظ همه عناصر شامل هفت عنصر به اضافه باقیمانده عناصر (F_v) برای 170 مزرعه در نظر گرفته شد. تعیین نرم تعادل‌های مذکور به ترتیب برای سه تعادل و هفت تعادل تشریح می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 1- ب: منحنی ROC متناسب با حداکثر سطح زیر منحنی (حساسیت در مقابل ویژگی)



شکل 1- الف: سطح زیر منحنی ROC در مقابل عملکرد ریشه حدواسط (cut-off yield)

تعیین نرم¬های مرجع سه تعادل: مقدار CND-ilr* مرجع و CND-clr* مرجع برای سه تعادل مذکور از طریق محاسبه آماره میانه (Median) و یا میانگین (Mean)مقادیر ilr قابل محاسبه است ولی برای تحقیق ما تفاوتی را نشان نداد. پرنت، ال. ای، (2011) در این ارتباط اظهار داشت با توجه به اینکه تخمین¬گر ماهالانوبیس نسبت به تخمین¬گر ایچسن حساس‌تر (Sensetive) است آماره میانه را پیشنهاد داده است. بنابراین کلیه نرم¬های مرجع ما از محاسبه میانه ارائه گردیده است. نرم¬های مرجع برای 4 عنصر تأثیر گذار معمول از عناصر کم¬مصرف آهن، منگنز، روی و مس در گروه عملکرد ریشه بالای 60 تن در هکتار (30 مزرعه واقع در ربع TN) محاسبه گردید که در جدول 2 برای چغندرقند پائیزه استان خوزستان ارائه شده است.

جدول 2- نرم‌های مرجع عناصر غذایی CND_{ilr*} وCND_{clr*} برای سه تعادل متشکل از چهار عنصر کم‌مصرف در چغندرقند پاییزه

عناصر غذایی	نرم‌های مرجع (clr)	انحراف معیار	تعادل	نرم‌های مرجع (ilr)	انحراف معیار
Fe	-1/77	0/17	ilr_1	-1/61	0/17
Mn	-2/72	0/15	ilr_2	-1/13	0/18
Zn	-3/83	0/13	ilr_3	-0/48	0/12
Cu	-4/50	0/14			

تعیین نرم‌های مرجع هفت تعادل

مقدار CND-ilr* مرجع و CND-clr* مرجع برای هفت تعادل مذکور از طریق محاسبه میانه (Median) مقادیر ilr برای هفت عنصر به اضافه باقیمانده عناصر (Fv) در گروه عملکرد ریشه بالای 60 تن در هکتار (31 مزرعه واقع در ربع TN) محاسبه گردیدکه در جدول سه و چهار برای چغندرقند پائیزه استان خوزستان ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 3- نرم‌های مرجع عناصر غذایی CND_{clr} برای هفت عنصر و باقیمانده عناصر (Fv) در چغندرقند پاییزه

عناصر غذایی	نرم‌های مرجع(clr)	انحراف معیار
N	3/05	**0/12**
P	0/43	**0/07**
K	3/07	**0/12**
Fe	-1/77	**0/17**
Mn	-2/72	**0/15**
Zn	-3/83	**0/13**
Cu	-4/50	**0/14**
Fv	6/28	**0/06**

جدول 4- نرم‌های مرجع عناصر غذایی $CND - _{ilr}$ برای هفت تعادل متشکل از هفت عنصر و باقیمانده عناصر(Fv) در چغندرقند پاییزه

تعادل	نرم‌های مرجع (ilr)	انحراف معیار
ilr_4	1/84	**0/07**
ilr_5	1/12	**0/15**
ilr_6	-0/68	**0/18**
ilr_7	-0/48	**0/13**
ilr_8	-1/89	**0/18**
ilr_9	-7/04	**0/11**
ilr_{10}	-6/74	**0/07**

تعیین و تحلیل تخمین‌گرهای فاصله ماهالانوبیس(M) و فاصله ایچسن(A)

تخمین‌گرهای فاصله ماهالانوبیس(M) و فاصله ایچسن(A) به منظور پیش بینی وضعیت تعادل عناصر غذایی در دو حالت با استفاده از فرمول های 2 و3 محاسبه شد. یکی اینکه سه تعادل ilr_1 و ilr_2 و ilr_3 برای چهار عنصر کم‌مصرف و دیگر حالت برای هفت تعادل $ilr_4, ilr_5, ilr_6, ilr_7, ilr_8, ilr_9, ilr_{10}$ با استفاده از دو فرمول فاصله ماهالانوبیس و فاصله ایچسن مندرج در بخش تئوری برای 170 مزرعه چغندرقند پاییزه محاسبه گردیدکه تشریح می‌شوند (شکل های 2 و 3 و 4 و 5).

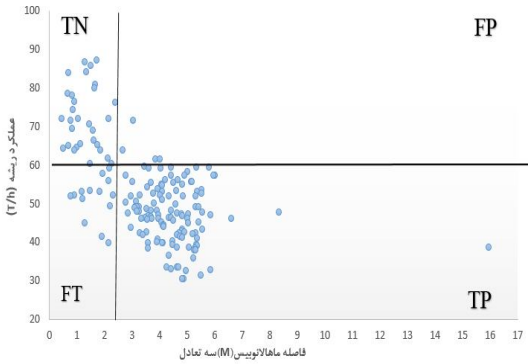
تخمین‌گرهای فاصله ماهالانوبیس و فاصله ایچسن در حالت اول که شامل سه تعادل متشکل از عناصر کم-مصرف طراحی شده بود به ترتیب به مقدار 2/3 و 0/37 با عملکرد ریشه حدواسط 60 تن درهکتار بدست آمد (شکل 2و 3). بررسی این نتایج نشان داد از مجموع 170 مزرعه به ترتیب برای تخمین‌گر فاصله ماهالانوبیس(M) و فاصله ایچسن (A) به تعداد 30 مزرعه و 29 مزرعه در ربع TN به عنوان مزارع مرجع قرار گرفت و بیانگر این موضوع است که متوسط غلظت عناصر کم‌مصرف در این مزارع می‌توانند به عنوان غلظت‌های مرجع برای حصول عملکرد بالای 60 تن در هکتار ملاک قرار گیرند. به عبارت دیگر در واقع غلظت‌های متعادلی هستند که ذاتاً حاصل از برهمکنش‌های عناصر کم‌مصرف بوده و به عنوان غلظت بهینه مرجع با مناسب‌ترین تعادل عناصر کم-مصرف انتخاب گردید.

تخمین‌گرهای فاصله ماهالانوبیس (M) و فاصله ایچسن (A)در حالت دوم که شامل هفت تعادل متشکل از هفت عنصر N,P,K,Fe,Mn,Zn,Cu و بخش باقیمانده (Fv) طراحی شده بود به ترتیب به مقدار 4/2 و 0/5 با عملکرد ریشه حد واسط 60 تن در هکتار بدست آمد (شکل 4 و 5). بررسی این نتایج نیز نشان داد از مجموع

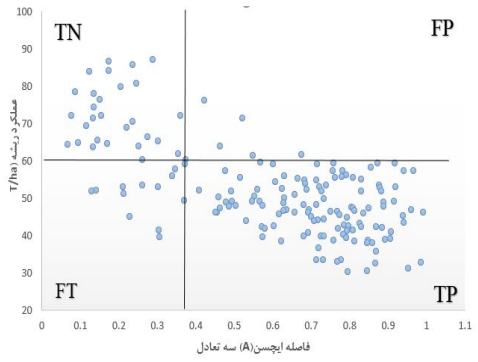
www.SID.ir

Archive of SID

170مزرعه به ترتیب برای تخمین‌گر ماهالاتوبیس و ایچسن به تعداد 31مزرعه و 28 مزرعه در ربع TN به عنوان مزارع مرجع قرار گرفت و بیانگر این موضوع است که متوسط غلظت عناصر N,P,K,Fe,Mn,Zn,Cu در این مزارع می‌توانند به عنوان غلظت‌های مرجع برای حصول عملکرد بالای 60 تن در هکتار ملاک قرار گیرند و به عبارت دیگر در واقع غلظت‌های متعادلی هستند که ذاتاً حاصل از برهمکنش‌های این هفت عنصر بوده و به عنوان غلظت بهینه مرجع با مناسب‌ترین تعادل انتخاب شوند. روزان دانیلو ادواردو و همکاران (2011) فاصله ایچسن بحرانی برای 108 باغ مرکبات منطقه سائوپالو برزیل را 0/47با عملکرد بحرانی 154 کیلوگرم در هر درخت (55 تن در هکتار)گزارش نمودند. پرنت اس. ای و همکاران (2012_b) فاصله ماهالانوبیس بحرانی را برای 431 باغ کیوی نیوزلند با احتساب 11 تعادل عناصر غذایی به میزان 4/41 با عمکرد بحرانی 46339 کیلوگرم در هکتار گزارش نمودند. مودستو و همکاران (2014) مقدار فاصله ماهالانوبیس بحرانی را برای 758 مزرعه ذرت دانه‌ایی کانادا با احتساب نه تعادل عناصر غذایی به میزان 4/21 و عملکرد دانه 11/825 تن در هکتار گزارش نمودند.



شکل 2- ترسیم گروه بندی کیت نلسون برای عملکرد ریشه و فاصله ماهالانوبیس – سه تعادل



شکل 3- ترسیم گروه بندی کیت نلسون برای عملکرد ریشه و فاصله ایچسن – سه تعادل

گروه‌بندی تعادل عناصر غذایی و آزمون تشخیصی

از نقطه پیش‌بینی کننده بر روی محورهای مختصات چهار مربع به‌روش گروه‌بندی کیت- نلسون (نلسون و اندرسون،1984) بشرح زیر تقسیم و تعریف شد و با استفاده از آزمون تشخیصی، دقت و صحت و ارزش نقاط بر روی قسمت‌بندی کیت-نلسون ارزیابی گردید. با توجه به تعداد قرار گرفتن نقاط در چهار مربع TN و FN و TP و FP آماره‌های ضریب حساسیت (Sensitivity)، ضریب ویژگی (Specificity)، ضریب تشخیص درست (Accuracy)، درجه پیش‌بینی مثبت (PPV) و درجه پیش‌بینی منفی (NPV) محاسبه و در جدول 5 – الف، ب، ج، د ارائه شده است (دریاشناس و همکاران، 1396،مودستو و همکاران، 2014 و یاسری و همکاران، 1391). بررسی جدول مذکور نشان داد محدوده ضریب حساسیت به میزان 94-90 درصد و ضریب ویژگی به میزان 94-85 درصد و ضریب تشخیص درست به میزان 93-89 برای دو تخمین‌گر ماهالانوبیس و ایچسن در دو حالت سه تعادلی و هفت تعادلی حاکی از دقت، صحت و ارزش قابل توجه برای تأیید تخمین‌گرهای ماهالانوبیس و ایچسن و نرم‌های تعادل عناصر غذایی استخراج شده از این رویکرد می‌باشد. قرار گرفتن تعداد مشاهدات بسیار کم در مربع FN و FP بدین معنی است که علت اصلی کاهش عملکردها به علت نامتعادلی عناصر غذایی است. پرنت، ال. ای، و همکاران (2013) این ضرایب حساسیت و ویژگی را برای گیاه Cloudberry به ترتیب 84 و 91 درصد و روزان دانیلو ادواردو و همکاران (2011) ضریب تشخیص درست (Accuracy) را برای باغات مرکبات منطقه سائوپالو برزیل 64 درصد گزارش کردند.

www.SID.ir

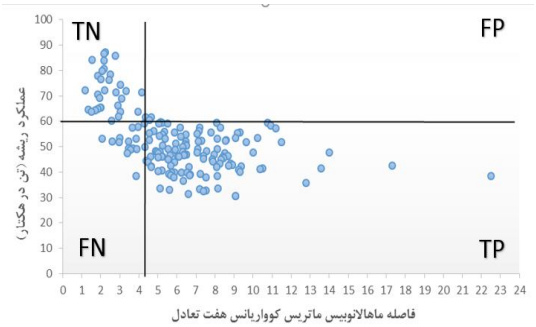
Archive of SID

جدول 5- گروه‌بندی داده‌های فاصله ماهالانوبیس و ایچسن و عملکرد چغندرقند پاییزه

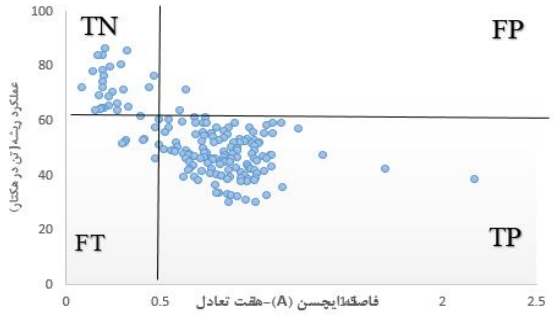
	انواع تخمین‌گر	مقدار تخمین‌گر	تعداد تعادل	عملکرد (تن در هکتار)	Accuracy	NPV	PPV	Specificity	Sensitivity	FP	TP	FN	TN
الف	M	2/4	3	60	90	68	97	91	90	4	123	14	30
ب	A	0/37	3	60	89	69	96	91	91	5	123	13	29
ج	M	4/2	7	60	91	70	96	91	91	2	124	13	31
د	A	0/5	7	60	93	78	97	94	94	4	130	8	28

TP:تعداد تشخیص های درست مثبت TN :تعداد تشخیص های درست منفی FP :تعداد تشخیص های غلط مثبت FN: تعداد تشخیص های غلط منفی

M : فاصله ماهالانوبیس A: فاصله ایچسن



شکل 4- ترسیم گروه بندی کیت نلسون برای عملکرد ریشه و فاصله ماهالانوبیس – هفت تعادل



شکل 5- ترسیم گروه بندی کیت نلسون برای عملکرد ریشه و فاصله ایچسن – هفت تعادل

همبستگی بین تخمین‌گرهای فاصله ماهالانوبیس (M) و فاصله ایچسن (A) با استفاده از ilr و clr

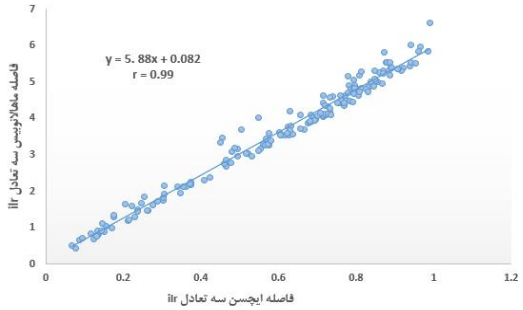
ارتباط و همبستگی بین این دو تخمین‌گر به عنوان دو متغیر در دو حالت یکی با طراحی سه تعادل و دیگری با لحاظ هفت تعادل بررسی گردید که تشریح می‌گردد.

در حالت سه تعادلی ضریب همبستگی (r) بین فاصله ماهالانوبیس (M) و فاصله ایچسن (A) با لحاظ ilr به میزان 0/99 بدست آمد (شکل 6). در حالت هفت تعادلی نیز ضریب همبستگی (r) بین این دو تخمین‌گر به میزان 92/ 0بدست آمد که البته این میزان از همبستگی از یک معادله درجه دو حاصل شد (شکل7). پرنت، ال. ای، (2011) نیز میزان همبستگی بین فاصله ماهالانوبیس (M) و فاصله ایچسن (A) را برای درختان سیب با پنج تعادل به همین میزان و پیروی از یک معادله درجه دو گزارش نمود. همچنین ارتباط بین تخمین‌گر فاصله ایچسن با لحاظ دو متغیر clr و ilr محاسبه گردید که مقدار ضریب همبستگی (r) برای حالت سه تعادلی به میزان 0/95 (شکل8) و برای حالت هفت تعادلی به میزان 0/90 بدست آمد (شکل 9). موضوع دیگر اینکه بطور معمول فاصله ماهالانوبیس با استفاده از ilr از طریق محاسبه ماتریس کوواریانس در فرمول پیشنهادی فاصله ماهالانوبیس محاسبه می‌شود. اما همبستگی بین فاصله ماهالانوبیس با لحاظ ماتریس کوواریانس در مقابل فاصله ماهالانوبیس با لحاظ ماتریس واریانس نیز بررسی گردید که ضریب همبستگی (r) بین این دو متغیر برای حالت سه تعادلی0/96 (شکل 10 و جدول 6) و برای حالت هفت تعادلی 0/90 (شکل11) بدست آمد که نشانگر کاربرد تقریباً مشابه آماره ماتریس کوواریانس و ماتریس واریانس می‌باشد. نتیجه این همبستگی‌های معنی‌دار می‌تواند این باشد که اولاً هر دو تخمین‌گر فاصله ماهالانوبیس(M) و فاصله ایچسن(A) با عملکرد محصول می‌توانند به عنوان شاخصی مفید برای بیان تعادل عناصر غذایی مد نظر قرار گیرند و با توجه به اینکه هر دو تخمین‌گر نسبت به هم ضریب همبستگی بالایی داشته‌اند بنابراین از هر دو تخمین‌گر می‌توان برای بیان وضعیت تعادل عناصر غذایی استفاده کرد. اما بررسی دقیق‌تر این همبستگی‌ها نشان

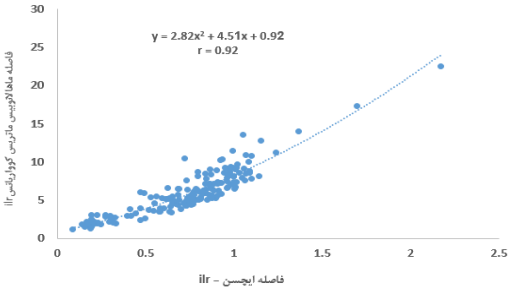
www.SID.ir

Archive of SID

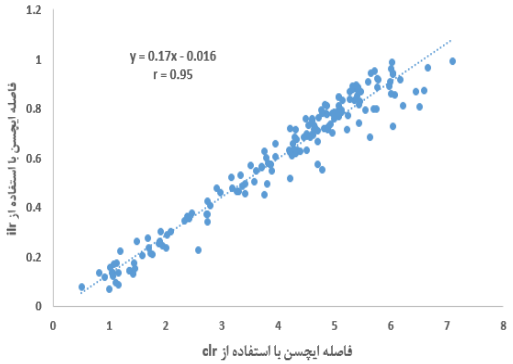
می‌دهد درجه ضریب همبستگی در حالاتی که تعداد تعادل‌ها کمترباشد (سه تعادل) بیشتر از حالاتی است که تعادل‌ها بیشتری (هفت تعادل) انتخاب می‌شود.



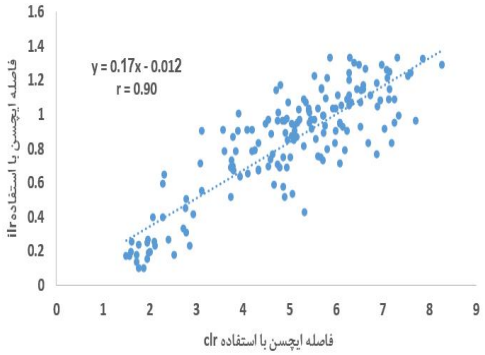
شکل 6- ارتباط بین فاصله ایچسن (ilr) و فاصله ماهالانوبیس (ilr) - سه تعادل



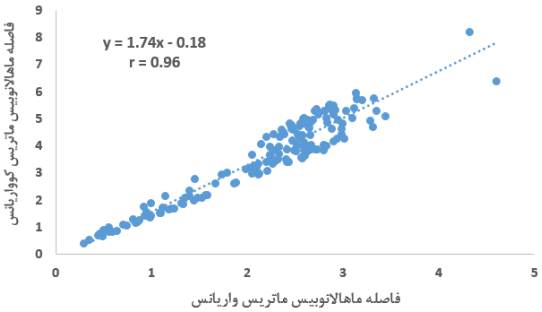
شکل 7- ارتباط بین فاصله ایچسن (ilr) و فاصله ماهالانوبیس (ilr) - هفت تعادل



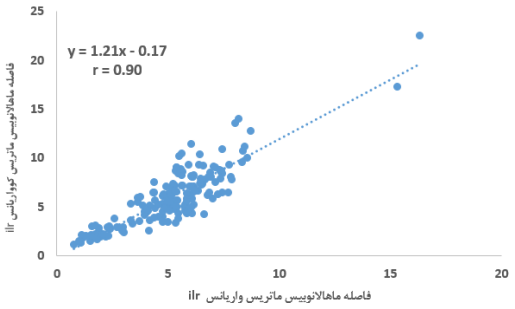
شکل 8- ارتباط بین فاصله ایچسن (clr) و فاصله ایچسن (ilr) - سه تعادل



شکل 9- ارتباط بین فاصله ایچسن (clr) و فاصله ایچسن (ilr) – هفت تعادل



شکل 10- ارتباط بین فاصله ماهالانوبیس کوواریانس ماتریس (ilr) و فاصله ماهالانوبیس ماتریس واریانس (ilr) -سه تعادل



شکل 11- ارتباط بین فاصله ماهالانوبیس کوواریانس ماتریس (ilr) و فاصله ماهالانوبیس ماتریس واریانس (ilr) - هفت تعادل

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 6- نرم‌های مرجع ilr ازگروه مرجع TN ، ماتریس کوواریانس و ماتریس واریانس

نرم‌های تعادل عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف							
	ilr_4	ilr_5	ilr_6	ilr_7	ilr_8	ilr_9	ilr_{10}
	1/84	1/12	-0/68	-0/48	-1/89	-7/04	-6/74
ماتریس کوواریانس							
	ilr_4	ilr_5	ilr_6	ilr_7	ilr_8	ilr_9	ilr_{10}
ilr_4	0/005						
ilr_5	-0/008	0/022					
ilr_6	0/001	0/001	0/032				
ilr_7	0/001	-0/005	0/001	0/015			
ilr_8	-0/010	0/012	-0/002	0/003	0/030		
ilr_9	-0/001	0/006	-0/007	-0/002	0/001	0/012	
ilr_{10}	-0/004	0/007	-0/004	-0/001	0/007	0/005	0/005
ماتریس واریانس							
ilr_4	0/005	0	0	0	0	0	0
ilr_5	0	0/022	0	0	0	0	0
ilr_6	0	0	0/032	0	0	0	0
Ilr_7	0	0	0	0/015	0	0	0
ilr_8	0	0	0	0	0/030	0	0
ilr_9	0	0	0	0	0	0/012	0
ilr_{10}	0	0	0	0	0	0	0/005

کاربرد نرم‌های مرجع *ilr برای تشخیص وضعیت عناصر غذایی چغندرقند پاییزه

از نرم‌های استاندارد *ilr حاصله از تحقیق، مندرج در جدول 4 و 6 می‌توان تعادل‌های عناصر غذایی مورد نظر را برای چغندرقند، تفسیر و ارزیابی کرد. ذیلاً وضعیت عناصر غذایی یک مزرعه چغندرقند مطالعاتی را با رویکرد تعادل عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز ، روی و مس برحسب گرم در کیلوگرم در ماده خشک برگ به ترتیب به مقادیر 43/2 ، 3/3 ، 25 ، 0/4، 0/066، 0/045 و 0/019 و فاصله ماهالانوبیس 6/40 و عملکرد ریشه 46/786 تن در هکتار که در گروه عملکرد کمتر از 60 تن در هکتار قرار گرفته ارزیابی می‌گردد. و غلظت همین عناصر مربوط به نرم مرجع به ترتیب 36/8 ، 2/6 ، 37/4 ، 0/301، 0/115، 0/038 و 0/019 گرم در کیلوگرم در ماده خشک برگ و مقدار فاصله ماهالانوبیس بحرانی 4/3 می‌باشد(جدول 4 و 5 و شکل 12). مقادیر $ilr_4, ilr_5, ilr_6, ilr_7, ilr_8, ilr_9, ilr_{10}$ برای نمونه مطالعاتی با استفاده از رابطه 2 در بخش تئوری به ترتیب به میزان1/82 و 0/60 و 1/27- و 0/61- و 1/72- و 7/07- و 6/77- محاسبه گردید.نرم‌های مرجع *ilr نیز از جدول 4 استخراج و در محاسبه استفاده شد.

ilr_6-ilr_6*= -0/60 ilr_5-ilr_5*= -0/51 ilr_4-ilr_4*= -0/02

ilr_9-ilr_9*= -0/03 ilr_8-ilr_8*=0/17 ilr_7-ilr_7*= -0/13

ilr_{10}-ilr_{10}*= -0/30

فاصله ماهالانوبیس (M) برای نمونه مطالعاتی 6/40 بدست آمد و مقدار آن از فاصله ماهالانوبیس مرجع (M=4/3) بیشتر است که بیانگر عدم تعادل بین عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز ، روی و مس می‌باشد. اما کدامیک از هفت تعادل بیشترین تأثیر را بر نامتعادلی عناصر غذایی نمونه مطالعاتی داشته است؟ تعادل ilr_6 یا (Fe| Mn) با اختصاص 0/60- و ilr_5 یا (NP | K) با اختصاص 0/51- بیشترین فاصله بین نمونه

www.SID.ir

Archive of SID

مطالعاتی از نرم مرجع را داشته است که بدین معنی است که ilr_6 و ilr_5 نامتعادل‌ترین است .اکنون با توجه عدم تعادل Mn با Fe در ilr_6 و K با NP در ilr_5 مقادیر غلظت منگنز و آهن و نیتروژن و پتاسیم و فسفر متعلق به نرم‌ها را با غلظت‌های متناظردر نمونه مطالعاتی قرار می‌دهیم مقدار فاصله ماهالانوبیس نمونه مطالعاتی از 6/4 به 1/81 یعنی زیر حد بحرانی ماهالانوبیس4/3 کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر با اصلاح مقدار منگنز و آهن و نیتروژن و پتاسیم و فسفر تعادل عناصر غذایی بهبود یافته و احتمالاً عملکرد ریشه و شکر نیز بهبود خواهد یافت.

تشخیص وضعیت عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در چغندرقند پاییزه به روش تعادل ترازویی

تشخیص تعادل عناصر غذایی پرمصرف و کم-مصرف با استفاده از یک روش عملی زمانی ارزشمند است که در نهایت بتواند منجر به توصیه کاربردی عناصر غذایی مبتنی بر تفکیک اثرات سینرژیستی و آنتاگونیستی عناصر غذایی شود. یک روش مناسب و کارآمد استفاده از روش تعادل ترازویی (Pan balance) است که با استفاده از داده‌های تبدیل یافته ilr امکان پذیر است(دریاشناس و همکاران،1396، و پرنت اس. ای، ab 2012)، این رویکرد با استعاره از اجزای توزین ترازو یعنی شاهین ترازو (fulcrum) و عقربه دورگرد (mobile) و کفه ترازو (bucket) به عنوان نمادی از شاخص‌های بیانگر وضعیت تعادل عناصر غذایی استفاده می‌شود. در این روش با توجه به اینکه عملکردهای بالا با داشتن مناسبترین تعادل عناصر غذایی در مربع TN و عملکردهای پایین با تعادل غذایی نامناسب در مربع TP قرار می‌گیرند، می‌توان با استفاده از روش تعادل ترازویی مشخص کرد کدامیک از تعادل‌های عناصر در گروه TP نامطلوب بوده و چگونه می‌توان با تغییر (کاهش و افزایش) عناصر غذایی در کفه ترازو (bucket) تعادل‌های نامطلوب TP را به تعادل‌های مطلوب TN (تعادل مرجع) تبدیل کرد.

هفت تعادل حاصل از ادغام هفت عنصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف و باقیمانده عناصر (Fv) برای 123 مزرعه چغندرقند پاییزه با عملکرد ریشه کمتر از 60 تن در هکتار (60-27تن در هکتار) قرار گرفته در مربع TP در مقایسه با 30 مزرعه چغندرقند با عملکرد ریشه بیشتر از 60 تن در هکتار واقع در مربع TN (تعادل مرجع) به روش تعادل ترازویی ارزیابی گردید که در جدول 7 و شکل 12 ارائه شده است .در این جدول مقادیر آماره‌های میانه و حدود اطمینان ilrهای 123 مزرعه واقع در مربع TPو30 مزرعه مرجع واقع در مربع TN برای هفت تعادل ($\pm t_{0.05}$) محاسبه شده است. تعادل‌ها را می‌توان بصورت یک دندوگرام ترسیم و تصور کرد که بوسیله تغییر عقربه دورگرد ترازو (mobile) و شاهین ترازو (fulcrum) سنجش می‌شود بگونه‌ایی که تعادل برقرار شود. روش محاسبه بدین‌گونه بود که بیشترین و کمترین مقادیر حد پایین و بالا ilr مربوط به TN و TP مندرج در جدول 7 مرتبط با هر یک از تعادل‌ها را در جهت افقی هر ستون دندوگرام قرار داده، سپس مقادیر حد بالا و پایین مربوط به TN و TP را جداگانه روی همان محور افقی عددگزاری و ترسیم گردید. در شکل 12 با تغییر میزان عناصر در کفه ترازو (bucket) می‌توان تعادل عناصر غذایی را کنترل کرد.این نکته یک مزیت است که شاخص تعادل عناصر غذایی بوسیله تغییر عناصر غذایی سنجیده می‌شود و نه بوسیله شاخص‌های مرکب دیگر (پرنت-اس.ای، 2012a) و تغییر غلظت عناصر در کفه ترازو باعث متعادل شدن سیستم به سوی تعادل با تغییر و محاسبه ilr صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر انتخاب ilr یک فرم و شاخص مناسب برای سنجش عناصر غذایی است که هم داده‌های زاید و اضافی حذف می‌شود و هم می‌توان با تغییر خود عنصر، شاخص تعادلی ilr را تغییر داد که از جنبه عملی اهمیت دارد.

در شکل 12 تشخیص وضعیت عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف برای چغندرقند پاییزه بروش تعادل ترازویی برای هفت تعادل ilr_{10} ,ilr_9 , ilr_8 ,ilr_7, ilr_6, ilr_5, ilr_4,به صورت یک دندوگرام با علائم نمادین ترازو برای 123 مزرعه TP در مقایسه با 30 مزرعه مرجع TN منعکس شده است. بررسی نتایج بر روی این دندوگرام نشان می‌دهد به غیر از تعادل $Ilr_{7=}$ [Zn| Cu] بقیه شش گروه تعادل دیگر با استفاده از آزمون توکی با 95 در صد اطمینان($P \leq 0.05$) بین تعادل‌های TP و TN تفاوت معنی‌داری وجود دارد، که تفاوت آنها بصورت TP-TN نسبت به نقطه صفر جایگذاری شده است (شکل 13) و همچنین تحلیل نتایج برای هفت تعادل ilr_4 تا ilr_{10} با ارجاع به شکل12 و 13تشریح می‌شود: در تعادل ilr_4 بین تعادل P|N گروه مرجع TN با تعادل P|N گروه TP تفاوت معنی‌دار شد ($P \leq 0.05$). تفسیر چنین نتیجه‌ایی این است که غلظت نیتروژن به میزان 40/7 میلی گرم در کیلوگرم در گروه TP (گروه عملکرد پایین) زیاد بوده و باید کوددهی نیتروژنی در گروه TP کاهش یابد و به مقدار 36/8 میلی‌گرم در کیلوگرم برسد. این نتیجه با واقعیت‌های مدیریت تغذیه مزارع چغندرقند پاییزه خوزستان تطابق دارد که بطور معمول چغندرکاران منطقه برای افزایش عملکرد تمایل به مصرف بیشتر کودهای نیتروژنی دارند که عملاً تعادل بین نیتروژن و فسفر و حتی

www.SID.ir

Archive of SID

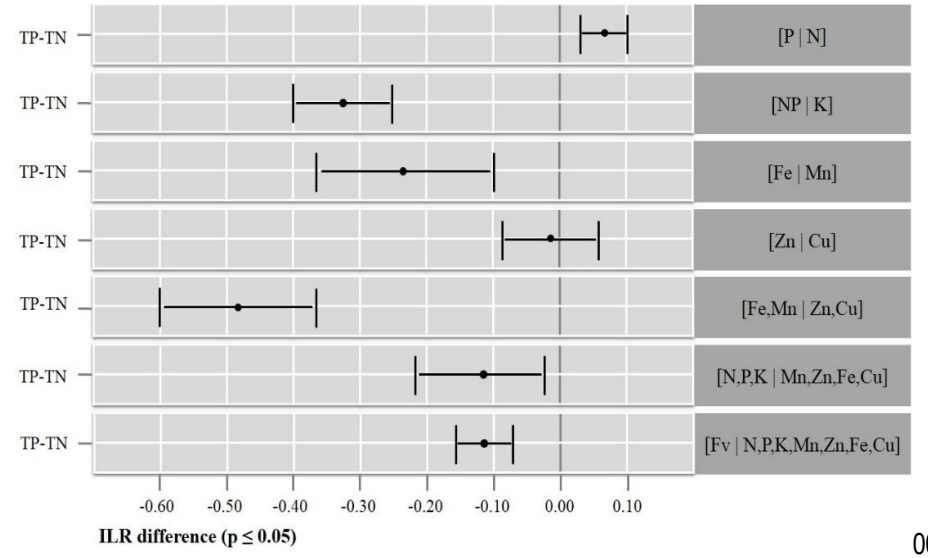
سایر عناصر را برهم می‌زنند. در تعادل ilr_5 بین تعادل NP|K گروه مرجع TN با تعادل NP|K گروه TP نیز تفاوت معنی‌دار بدست آمد. مقدار پتاسیم در گروه مرجع TN به میزان 37/4 در حالیکه در گروه TP به میزان کمتر 28/2 بود، بنابراین آیا باید کوددهی پتاسیمی را در گروه TP افزایش داد تا اثرات متقابل بین عنصر پتاسیم با دو عنصر نیتروژن و فسفر متعادل گردد؟. باید توجه داشت در منطقه شمال خوزستان که این داده‌ها از آنجا جمع‌آوری شده است در آن منطقه کود پتاسیمی برای گیاه چغندرقند مصرف نمی‌شود بنابراین با لحاظ اثرات متقابل تعادل قبلی که با کاهش میزان نیتروژن در گروه مرجع TN مقدار جذب پتاسیم به 37/4 میلی گرم در کیلوگرم افزایش یافته و تعادل مناسبی بین سه عنصر برقرار شده است (که موجب افزایش عملکرد به بالای 60 تن در هکتار شده است) در نهایت می‌توان توصیه کرد که فقط با کاهش مصرف نیتروژن تعادل مناسب بین سه عنصر برقرار شده است و دیگر نیازی به مصرف پتاسیم نیست. این نتیجه بیانگر واضح و دقیقی از توصیه با توجه به اثرات متقابل عناصر غذایی می‌باشد. به عبارت دیگر اگر کوددهی نیتروژنه را بخواهیم به همین میزان داشته باشیم (یعنی 40/7 میلی گرم در کیلوگرم در گروه TP) می‌توان کود پتاسیمی را توصیه به مصرف نمود.

این نتیجه نشان می‌دهد که همزمان با افزایش کافی و بیشتر نیتروژن (که موجب رشد کافی خواهد شد) باید سایر عناصر مانند پتاسیم هم به تناسب افزایش داد در غیر این صورت به علت "اثر حداقل عناصر لیبیک" (Liebig's law of minimum) عملکردها یا کاهش یافته و یا افزایش نخواهند داشت. در تعادل ilr_6 بین تعادل Fe|Me گروه مرجع TN با تعادل Fe|Me گروه TP نیز تفاوت معنی‌دار ($P \leq 0.05$) بدست آمد. معمولا اثرات آنتاگونیستی نسبتاً شدیدی بین آهن و منگنز در خاک‌های آهکی وجود دارد که به کمبود تحمیلی منگنز توسط آهن معروف است و در تعدادی تحقیقات نیز گزارش شده است. چغندرقند از میان عناصر کم‌مصرف بیشترین حساسیت را به کمبود منگنز نشان می‌دهد که به اسپیکلد یلو (Spikled yellow) معروف است و در خاک‌های با پی هاش بالا و پی هاش‌های اسیدی مشاهده می‌شود (درایکوت، 2006 و 2003 ، ملکوتی، 1387 ، ارجالا، 1986 و دریاشناس و همکاران، 1396). بررسی تفاوت معنی‌دار بین گروه TP با TN در تعادل ilr_6 نشان داد که با افزایش غلظت آهن در گروه TP (گروه عملکرد پایین- نامتعادل) به میزان 412 /0 میزان غلظت جذب منگنز به 0/109 میلی‌گرم در کیلوگرم کاهش یافته است اما بطور متناظر با کاهش غلظت آهن در گروه TN (گروه عملکرد بالا- متعادل) به میزان 0/301 مقدار جذب منگنز به 0/115 میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش یافته است. بنابراین برای برقراری تعادل مناسب در مزارع چغندرقند گروه عملکرد پایین توصیه می‌شود اگر کوددهی آهن صورت گرفته است میزان آن کاهش و یا متوقف شود و یا اگر کوددهی آهن مدنظر است ضروری است به همراه آن کود حاوی منگنز داده شود. اخیرا شرکت‌های سازنده کود کلات آهن خاک مصرف جدید (مانند EDDHA و EDDMA) به منظور کاهش اثر آنتاگونیستی بین آهن و منگنز، کود کلات منگنز را به کلات‌های آهن خاک مصرف اضافه می‌کنند. در ilr_8 بین تعادل Fe, Mn| Zn, Cu گروه مرجع TN با همین فرم تعادل در گروه TP اختلاف معنی‌دار نشان داد ($P \leq 0.05$) که می‌توان تفسیر کرد با متعادل شدن Fe | Mn در ilr_6 یعنی کاهش مقدار آهن و یا افزایش مقدار منگنز در گروه مرجع TN، تناسبی مطلوب از عناصر آهن، منگنز، روی و مس در گروه TN (نسبت به TP) حاصل شده است. به عبارت دیگر تا عنصرآهن در گروه TP متعادل نشود سایر عناصر کم‌مصرف نسبت به هم نامتعادل خواهند ماند.

در ilr_9 تعادل مجموعه عناصر کم‌مصرف در مقابل عناصر پرمصرف تعریف شده است که تفاوت آنها در TP و TN معنی‌دار شد ($P \leq 0.05$) و این بدین معنی است که به دنبال متناسب شدن عناصر کم‌مصرف و پرمصرف در تعادل‌های P|N و NP|K و Fe|Mn در TN، تعادل مناسبی از عناصر شکل گرفته و باعث افزایش عملکرد بالای 60 تن در هکتار در گروه TN شده است. بنابراین برای برقراری تعادل در گروه TP توصیه نهایی این است که کود نیتروزنه را کاهش داد و یا کود پتاسیمی را افزایش داد و همچنین مصرف کود آهن را کاهش و یا کود منگنز را افزایش داد. به عبارت دیگر با تغییر وزنه عناصر نیتروژن و پتاسیم و آهن و منگنز در کفه ترازو (bucket) می‌توان متعادل‌ترین توصیه کودی را با لحاظ اثرات سینرژیستی و آنتاگونیستی برای افزایش عملکرد چغندرقند بالای 60 تن درهکتار توصیه نمود.

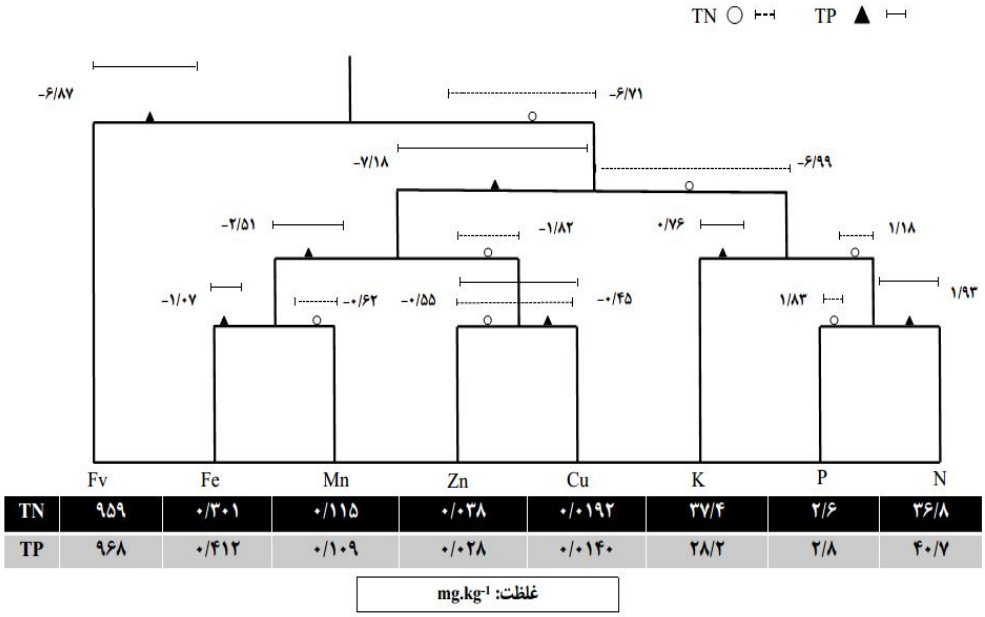
www.SID.ir

Archive of SID



00

شکل 13- آزمون توکی ($P \leq 0.05$) برای اختلاف ilr بین عملکرد ریشه گروه TN و TP. اختلافات قرار گرفته در یک طرف محور صفر معنی‌دار هستند



	Fv	Fe	Mn	Zn	Cu	K	P	N
TN	۹۵۹	۰/۳۰۱	۰/۱۱۵	۰/۰۳۸	۰/۰۱۹۲	۳۷/۴	۲/۶	۳۶/۸
TP	۹۶۸	۰/۴۱۲	۰/۱۰۹	۰/۰۲۸	۰/۰۱۴۰	۲۸/۲	۲/۸	۴۰/۷

غلظت: $mg.kg^{-1}$

شکل 12- دندوگرام تعادل عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف برای عملکرد چغندر قند به روش تعادل ترازویی (Pan Blance)

جدول 7- حدود اطمینان و میانه $ilr \pm t_{0.05}$ برای TP و TN مزارع چغندرقند پاییزه

تعادل ها	TN			TP		
	حد پایین	میانه	حد بالا	حد پایین	میانه	حد بالا
$Ilr_{4=}$ [P| N]	1/83	1/84	1/86	1/89	1/91	1/93
$Ilr_{5=}$ [N,P| K]	1/08	1/13	1/18	0/76	0/80	0/83
$Ilr_{6=}$ [Fe| Mn]	-0/77	-0/70	-0/62	-1/07	-1	-0/93
$Ilr_{7=}$ [Zn| Cu]	-0/55	-0/50	-0/45	-0/54	-0/49	-0/45
$Ilr_{8=}$ [Fe, Mn| Zn, Cu]	-1/94	-1/88	-1/82	-2/51	-2/45	-2/39
$Ilr_{9=}$ [N, P, K| Fe, Mn, Zn, Cu]	-7/07	-7/03	-6/99	-7/18	-7/13	-7/08
$Ilr_{10=}$ [FV| N, P, K, Fe, Mn, Zn, Cu]	-6/75	-6/73	-6/71	-6/87	-6/84	-6/82

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

دو تخمین‌گر تعادل عناصر غذایی یکی فاصله ماهالانوبیس و دیگری فاصله ایچسن تشریح و حدود بحرانی آنها تعیین و سپس نسبت به هم مقایسه گردید که تفاوت قابل ملاحظه‌ایی نداشتند. نرم‌های مرجع CND_{ilr} و CND_{clr} برای عناصر پرمصرف و کم‌مصرف برای تعیین وضعیت عناصر غذایی مذکوردر چغندرقند پاییزه محاسبه گردید. با استفاده از روش تعادل ترازویی (Pan balance) وضعیت هفت عنصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف برای چغندرقند پاییزه با تأکید بر تعادل عناصر و اثرات آنتاگونیستی و سینرژیستی عناصر تحلیل شد که بر این اساس توصیه گردید: نیازی به مصرف کودآهن نیست ولی باید کوددهی نیتروژن را کاهش وپتاسیم را افزایش داد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاری‌های آقایان مهندس مهراد افخمی و دکتر فرشید نورالوندی بسیار سپاسگزارم

فهرست منابع:

1. امامی، ع. 1375. روش‌های تجزیه گیاه. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره 982، تهران، ایران.
2. بصیرت، م.، ا. اخیانی.، ع. م دریاشناس 1395. برآورد اعداد مرجع برای انگور رقم شاهرودی به روش تشخیص چند گانه عناصر غذایی یا (CND). مجله پژوهش‌های خاک، جلد 30، شماره 1. موسسه تحقیقات خاک و آب.
3. بی نام.1382 . واژه‌ها و اصطلاحات وآماری، پژوهشکده آمار. چاپ دوم.
4. حسینی یعغوب،. 1395. کاربرد روش دریس برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ایی باغ‌های لیمو ترش در استان هرمزگان،نشریه پژوهش‌های خاک، جلد 30 ، شماره 4 . موسسه تحقیقات خاک و آب
5. دریاشناس، ع. م ، م. بصیرت، ع. پاک‌نژاد، س. دریاشناس 1396 . روش تحلیل داده‌های ترکیبی برای تشخیص وضعیت عناصر غذایی کم‌مصرف با رویکرد تعادل عناصر در چغندرقند پاییزه. مجله پژوهش‌های خاک، جلد 31، شماره، 4. موسسه تحقیقات خاک و آب.
6. دریاشناس، ع. و ح. رضایی. 1389. تعیین نرم‌های استاندارد دریس(DRIS) برای چغندرقند پاییزه در استان خوزستان. مجله چغندرقند، دوره 26، شماره 35 . موسسه تحقیقات خاک و آب.
7. دریاشناس، ع. و ک. ثقفی. 1390. تشخیص چند گانه عناصر غذایی (CND) برای چغندرقند. مجله پژوهش‌های خاک. دوره25.شماره1 . موسسه تحقیقات خاک و آب.
8. رضائی، ع. 1376. مفاهیم آمار و احتمالات، نشر مشهد.
9. ملکوتی م. ج.، پ. کشاورز، و ن. ج. کریمیان. 1387. روش جامع تشخیص و ضرورت مصرف بهینه کود برای کشاورزی پایدار. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران .
10. یاسری م.، م. س. یکانی نژاد، ا. پاکپورحاجی آقا، س. رحمانی، ج. رنگین و آ. اکابری.1391. خودآموز مفاهیم ارزیابی آزمون‌های تشخیصی به روش تصویری حساسیت، ویژگی، ارزش اخباری مثبت و ارزش اخباری منفی. مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، 1391، (4)2. صفحه 275 تا282.
11. Aitchison J. and M. Greenacre. 2002. “Biplots of Compositional Data,” Journal of the Royal Statistical Society Series C Applied, Vol. 51, No. 4, pp. 375-392.
12. Bates, T.E. 1971. Factors affecting critical nutrient concentrations in plant and their evaluation: A review. Soil Sci. 112:116–130.
13. Baxter I. R., Vitek O., Lahner B., Muthukumar B., Borghi M., Morrissey J., et al. 2008. The leaf ionome as a multivariable system to detect a plant’s physiological status. Proc Natl Acad Sci U S A. 105(33):12081-6.

www.SID.ir

Archive of SID

14. Beaufils E. R. 1973. “Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS),” in Soil Science, Bulletin, 1 (Pietermaritzburg: University of Natal), 1–132.
15. Bergmann, W. 1988. Ernährungs-störungen bei Kulturpflanzen. 2. Auflage. Gustav Fischer.
16. Draycott, A. Philip and Donald R. Christenson. 2003. Nutrients for sugar beet production page: 162-165. CABI publishing.
17. Draycott, A. Philip. 2006. Sugar beet, Blackwell publishing. PaCAge: 198
18. Egozcue, J. J., Pawlowsky-Glahn, V., Mateu-Figueras, G., and Barceló-Vidal, C. 2003. Isometric log ratio transformations for compositional data analysis 1. Math. Geol. 35, 279–300.
19. Malavolta, E. Manual de nutrição de plantas. 2006. Pav. Chimica, ESALQ and Ed. Agron. CERES, São Paulo, Brazil, 631 p.
20. Marschner, P. 2011. *Mineral Nutrition of Higher Plants, 3rd Edn*. London: Academic Press.
21. Matti Erjala, 1986. Control of manganese deficiency in sugar beet by placement. Journal of agriculture science in Finland, Vol. 58:215- 220.
22. Modesto Viviane Cristina, Serge-Étienne Parent, William Natale, Léon Etienne Parent. 2014. Foliar Nutrient Balance Standards for Maize (Zea mays L.) at High-Yield Level. American Journal of Plant Sciences, 2014, 5, 497-507.
23. Nelson, L. A.; Anderson, R. L. 1984. Partitioning of soil test-crop response probability. p. 19-38in M. Stelly (Eds), Soil testing: Correlating and interpreting the analytical results. ASA Special Publication 29, ASA, Madison, WI.
24. Parent SE, Parent LE, Rozane DE, Natale W .2013. Plant ionome diagnosis using sound balances: case study with mango (Mangifera Indica). Frontiers in Plant Science 4 :(article 449)1-12. [Online].Available at:://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3824108/.
25. Parent SÉ. Parent L. E., Rozane D. E., Hernandes A., Natale W. 2012_a. “Nutrient balance as paradigm of plant and soil chemometrics,” in Soil Fertility, (ed.) Issaka R. N., editor. (New York: In Tech Publications), 83–114. [Online].Available at: http://dx.doi.org/10.5772/53343.
26. Parent Serge-Étienne, Philip Barlow and Léon E. Parent1. 2012_b. Balance-based Nutrient Diagnosis of New Zealand kiwifruit orchards. Available at:://www.biosoil.co.nz/vdb/document/6.
27. Parent, L .E. and M. Dafir. 1992. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 117:239–242.
28. Parent, L .E .2011. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. Rev. Bras. Frutic. vol.33 no.1 Jaboticabal Mar. 2011. [Online].Available at: http://dx.doi.org/10.1590/S0100- 29452011000100041.
29. Parent, L .E, Parent SE, V. Hebert-Gentile, K. Naess, L. Laponinte. 2013_b. Mineral balance plasticity of cloudberry in Quebec-labrador bogs, American Journal of Plant Sciences, 2013, 4, 1508-1520.
30. Rosanne Danilo Eduardo, Dirceu de mattos junior , Serge-Etienne Parent , William Natale , Leon Etienne Parent.2011.Compositional meta-analysis of Citrus varieties in the state of São Paulo, Brazil
31. Walworth, J. L and M. E. Sumner. 1987. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) Adv. In Soil Sci. Vol. 6: 149-188.

www.SID.ir

Archive of SID

Diagnosis of Macro and Micro Nutrients Balance in Sugar Beet Using Mahalanobis Distance, Aitchison Distance, and Pan Balance

A. M. Daryashenas[1], K. Saghafi, and M. H. Davoodi

Assistant Professor, Soil and Water Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran; E-mail: amdaryashenas1335@gmail.com
Senior Expert, Soil and Water Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran; E-mail: Kobra_sagafi@yahoo.com
Assistant Professor, Soil and Water Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran; E-mail: davoodi_mh@yahoo.com
Received: June, 2020 and Accepted: October, 2020

Abstract

Soil, water, and plant test data can be used to optimize fertilizers use, increase the quantity and quality of crops yields, and to protect the environment from the negative effects of excess fertilizers. To achieve these goals, the analysis of these data should be based on a systematic and comprehensive approach, especially in terms of nutrients' interactions and separation of nutrients synergistic and antagonistic effects. DRIS and CND_{clr} can diagnose D number of components, while D-1 could be diagnosed in the D-compositional "Hilbert space" across CND_{ilr}. The objective of this paper was to compare "Aitchison" and "Mahalanobis" distances (as a predictor) across ilr coordinates as measures of nutrient imbalance, as well as determination of macro and micro reference norms for sugar beet using $CND\text{-}_{ilr}$ and "Pan Balance " technique for diagnosing nutrients status. We collected 170 root yield and foliar samples in fall sugar beet fields of Khuzestan province in Iran and analyzed seven nutrients in leaf (N, P, K, Fe, Mn, Zn, and Cu). Then, nutrients were arranged into ten balances: ilr_1: [Fe|Cu, Zn, Mn], ilr_2: [Mn|Zn, Mn], ilr_3: [Zn|Cu], ilr_4: [P | N], ilr_5: [NP | K], ilr_6: [Fe | Mn], ilr_7: [Zn | CU], ilr_8: [Fe,Mn| Zn,Cu], ilr_9: [N,P,K|Mn,Zn,Fe,Cu], and ilr_{10}: [FV|N,P,K,Mn,Zn,Fe,Cu], which were computed as isometric log ratios (ilr). Total population of observations' classification performed by a customized <<Receiver Operating Characteristic>> procedure (ROC technique) showed that a critical "Mahalanobis" distance of 4.2 separated balanced (low yield) from imbalanced (high yield) specimens about yield cut-off of 60.32 t/ha with test performance of 85%, as measured by the area under the ROC curve for ilr_4 to ilr_{10}. Comparing the "Mahalanobis" distance with the "Aitchison" distance showed that they were similar. By using Pan balance technique, comparing total nutrient balance between reference (TN) and none reference (TP) group of total fields by Tukey's test showed seven significant differences ($P \leq 0.05$), except ilr_7. Results showed that in order to increase sugar beet root yield in the study area, it was not necessary to use iron fertilizers and N-fertilization should be reduced, while potassium fertilizer should be increased.

Keywords: Nutrient interactions; Compositional Data Analysis; Isometric log Ratio

[1]. Corresponding author: Karaj, Emam Khomini Bld. Soil and Water Research Institute

www.SID.ir