

Investigating the balance of sugarcane nutrients using the DRIS model in the fields of North Khuzestan

DOI: [10.22055/ppd.2025.48524.2241](https://doi.org/10.22055/ppd.2025.48524.2241)

Adel Neisi¹, Mostafa Charm^{2*}, Heydar Ghafari³, Jafar Alalekasir⁴

1- PhD Student, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Afhid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran (ad-neisi@stu.scu.ac.ir)

*2- Corresponding Author, Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran (m.chorom@scu.ac.ir)

3- Assistant Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran (h.ghafari@scu.ac.ir)

4- Assistant Professor, Sugarcane and Sideline Industries Development Project of Ahvaz, Khuzestan, Iran (Jalekasir1967@gmail.com)

Abstract

Introduction

Plant nutrition, as a very effective factor in plant yield, is a function of the interaction effects of nutrients. Fertilization management based on soil test results has not led to optimal crop yield in many cases in plant cultivation because it does not show the synergistic and antagonistic effects of nutrients in the soil and their absorption by the plant. By using leaf analysis, examining the status of its nutrients and interpreting the results correctly and accurately, very good information about the nutritional status of the plant is obtained. Diagnosis and Recommendation Integrated System Method: A bivariate method is proposed as a diagnostic tool to express the concept of nutritional balance and to minimize limitations in interpreting the nutritional status of plants. Sugarcane, scientifically known as *Saccharum officinarum*, is a perennial plant from the cereal family and is an important agricultural crop that is cultivated in many tropical and subtropical regions of the world. Recently, many studies have been conducted in the country on the management of nutrients in various agricultural and horticultural plants using the DRIS method. However, no research has been conducted in the country so far on the status of nutritional balance of sugarcane using this method. Therefore, the purpose of this study is to investigate the status of nutritional balance and determine the priority of nutrient needs in Ratoon sugarcane farms in the Shoaibieh region of northern Khuzestan province, in order to identify and eliminate critical levels or critical ranges of nutrients that limit sugarcane yield. Therefore, this study can help in identifying nutritional disorders, prioritizing nutrient needs, determining their optimal range in the plant, and improving fertilization management.

Materials and Methods

This research was conducted in the north of Khuzestan province, in the Shoaibieh region, in the sugarcane farms of Imam Khomeini Agricultural and Industrial Company located at 31°39' to 31°55' North and 48°39' to 48°48' East. In order to investigate the nutritional balance of sugarcane using the Integrated Diagnosis and Recommendation System (DRIS) method, a database was prepared using sampling and chemical analysis of sugarcane leaves and farm performance. In this research, 25 Ratoon (regrowth) sugarcane farms of the CP69-1062 variety with an area of 550 hectares were selected and leaf-soil tissue sampling was carried out. Thus, a composite sample of plant leaves including 10 fully visible and developed leaf samples (third leaf from the top) from each of the ten designated locations in each field and soil samples from a depth of 0-30 cm, totaling 750 samples, was collected. Including three replicate composite samples of 10 samples for each field.

Results and Discussion

Farm classification based on Sharma method, considering the yield of 112 tons. ha⁻¹ as the median yield, out of 25 studied ratoon sugarcane farms, 5 farms were in the high-yield group and 20 farms were in the low-yield group. The average sugarcane yield in the high-yield group and in the low-yield group was 117.05 and 94.18 tons. ha⁻¹, respectively. According to the results of DRIS nutritional indices, it was determined that in the low-yield sugarcane farms studied, potassium was the most negative among the high-yield elements and zinc was the most negative among the low-yield elements. The relative distribution of sugarcane nutritional status based on

nutrient indices showed that 65 percent of the farms in the low-yield group had $|IK| > NBI_a$ and $IK < 0$. This indicates a severe deficiency of ratoon sugarcane farms. Prioritization of nutritional needs in the studied farms was determined into two high-yield and low-yield categories as follows: $K > Ca > P > N > Mg$ and $Zn > Mn > Fe > Cu$.

Conclusion

Using the DRIS method, it was found that the nitrogen index in 30% of the studied farms was positive and higher than the average value of the nutrient balance index $|I_N| > NBI_a$ and $I_N > 0$, which indicates the high consumption of fertilizers containing this element and should be considered. The DRIS index for the nutrient element potassium was the most negative index among the most consumed elements, which indicates the low absorbable form in the soil and the lack of application of potassium fertilizer at the time of first cultivation, and the sugarcane plant's need for this element should be met from potash fertilizer sources in subsequent years (Ratoon).

Keywords: Leaf decomposition, Nutrient balance index, Nutrient detection, Ratoon sugarcane, Yield

بررسی تعادل عناصر غذایی نیشکر با استفاده از مدل DRIS در مزارع شمال خوزستان

عادل نیسی^۱، مصطفی چرم^{۲*}، حیدر غفاری^۳، جعفر آل کثیر^۴

- ۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران (ad-neisi@stu.scu.ac.ir)
- *۲- نویسنده مسئول: استاد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران (m.chorom@scu.ac.ir)
- ۳- استادیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران (h.ghafari@scu.ac.ir)
- ۴- استادیار، طرح توسعه نیشکر و صنایع جانبی اهواز، خوزستان، ایران (Jalekasir1967@gmail.com)

چکیده

روش سیستم یکپارچه تشخیص و توصیه (Diagnosis & Recommendation Integrated System) یک روش دو متغیره، به عنوان ابزار تشخیص جهت به حداقل رساندن محدودیت‌ها و بیانگر مفهوم تعادل تغذیه‌ای در تفسیر وضعیت تغذیه‌ای گیاهان است که برای شناسایی محدودیت‌های عناصر غذایی که با تحلیل نتایج آزمون خاک تشخیص داده نمی‌شوند، پیشنهاد شده است. بررسی وضعیت تعادل عناصر غذایی با کمک روش DRIS با به دست آوردن اعداد مرجع براساس مزارع دارای عملکرد مطلوب صورت می‌گیرد. پژوهشی به منظور بررسی وضعیت تعادل تغذیه‌ای نیشکر به روش سیستم یکپارچه تشخیص و توصیه (DRIS)، با انتخاب ۲۵ مزرعه به مساحت کل ۵۵۰ هکتار از مزارع نیشکر راتون کشت و صنعت امام خمینی واقع در شمال استان خوزستان با انجام نمونه برداری از برگ گیاه شامل ۱۰۰ نمونه برگ کامل (سومین برگ از بالا) از ده نقطه مشخص در هر مزرعه و نمونه برداری خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی متری شامل ۳۰ نمونه برای هر مزرعه در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ اجرا گردید. در این بررسی عملکرد ۱۱۲/۳۱ تن در هکتار نیشکر به عنوان عملکرد بحرانی یا حد واسط به دست آمد که براساس آن از بین ۲۵ مزرعه نیشکر مورد ارزیابی، ۵ مزرعه در گروه مزارع با عملکرد زیاد و ۲۰ مزرعه در گروه مزارع با عملکرد کم قرار گرفتند. میانگین عملکرد نیشکر در گروه مزارع با عملکرد زیاد و در گروه مزارع با عملکرد کم به ترتیب ۱۱۷/۰۵ و ۹۴/۱۸ تن در هکتار بود. نتایج نشان داد که با توجه به شاخص تعادل غذایی DRIS (NBI) عنصر پتاسیم از میان عناصر پرمصرف، منفی‌ترین شاخص و از میان عناصر کم مصرف، عنصر روی منفی‌ترین شاخص بود. براساس توزیع فراوانی نسبی و مقدار میانگین شاخص تعادل غذایی (I) از نظر عنصر پتاسیم، ۶۵ درصد مزارع دارای کمبود شدید، از نظر عنصر نیتروژن، ۳۰ درصد مزارع دارای بیش بود، از نظر عناصر منگنز، آهن و کلسیم، ۱۰۰ درصد مزارع در حد بهینه و همچنین از نظر عنصر فسفر، ۹۵ درصد مزارع در حد بهینه

تشخیص داده شد. شاخص تعادل غذایی برای عنصر مس برخلاف عنصر روی در کل مزارع مثبت بود که به عنوان مثبت‌ترین شاخص در میان عناصر کم مصرف شناسایی شد و نشان دهنده بیش‌بود این عنصر است که بایستی مورد توجه قرار گیرد. اولویت بندی نیاز عناصر غذایی در مزارع مورد مطالعه به تفکیک عناصر پرمصرف و کم مصرف بدین ترتیب مشخص شد ($Zn > Mn > Fe > Cu$ و $K > Ca > P > N > Mg$). رابطه رگرسیونی و همبستگی بالای منفی و معنی‌دار ($P < 0.01$) بین شاخص تعادل عناصر غذایی (NBI) و عملکرد نیشکر در مزارع مورد مطالعه برقرار بود که نشان‌دهنده مثبت بودن بررسی وضعیت عناصر غذایی با این روش است بنابراین می‌تواند در جلوگیری از کاهش عملکرد نیشکر مؤثر باشد.

کلید واژه‌ها: تجزیه برگ، تشخیص عناصر غذایی، شاخص تعادل غذایی، عملکرد، نیشکر راتون

مجله علمی پژوهشی
فصلنامه علمی پژوهشی
پژوهش‌های کاربردی
در کشاورزی

مقدمه

تغذیه بهینه گیاه برای افزایش کمیت و کیفیت محصول ضروری است. نه تنها تأمین هر ماده مغذی در مقادیر کافی، بلکه حفظ تعادل و نسبت‌های مناسب بین تمام مواد مغذی بسیار مهم است (Malakouti & Homaei, 2004). تغذیه گیاه به عنوان یک عامل بسیار مؤثر در عملکرد گیاه، تابعی از اثرات متقابل عناصر غذایی می‌باشد. مدیریت کوددهی براساس نتایج آزمون خاک در خیلی از موارد در کشت گیاهان منجر به عملکرد مطلوب محصول نشده است زیرا اثرات سینرژیستی و آنتاگونیسمی عناصر غذایی در خاک و جذب آن توسط گیاه را نشان نمی‌دهد. با استفاده از تجزیه برگ، بررسی وضعیت عناصر غذایی آن و تفسیر صحیح و دقیق نتایج، اطلاعات بسیار خوبی از وضعیت تغذیه ای گیاه به دست می‌آید (de Lima Neto *et al.*, 2022). بنابراین تعیین دقیق مقدار، ترتیب و اولویت نیاز عناصر غذایی هر گیاه نیازمند روش علمی مبتنی بر اندازه‌گیری و تفسیر صحیح است تا بتوان اختلالات تغذیه‌ای گیاه را شناسایی نمود (da Silva *et al.*, 2022). در تغذیه صحیح گیاه، نه تنها باید هر عنصر غذایی به اندازه کافی در دسترس گیاه قرار گیرد، بلکه باید تعادل میان نسبت مناسب همه عناصر غذایی در گیاه برقرار باشد (Sumner, 1997). به عبارت دیگر، اگر گیاه در شرایطی باشد که از میان همه عناصر غذایی مورد نیاز، تنها یک عنصر غذایی به مقدار کافی در دسترس گیاه نباشد، در این شرایط افزایش سایر عناصر غذایی اثر چندانی در رشد گیاه ندارد اما با افزایش عنصر غذایی محدود کننده، رشد گیاه به صورت چشم‌گیری افزایش می‌یابد (de Mello Prado & Rosen, 2020). از آنجایی که حفظ اراضی موجود و افزایش کمی و کیفی عملکرد محصول در واحد سطح از هدف‌های اساسی مدیریت منابع کشاورزی می‌باشد و مصرف بهینه کود و رعایت تناسب بین عناصر غذایی در افزایش کمی و کیفی محصول اهمیت زیادی دارد بر این اساس تغذیه صحیح گیاه برای بهبود کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی بسیار مهم است. نه تنها حصول

اطمینان از این که تمام عناصر لازم به اندازه کافی در دسترس گیاهان هستند، بلکه حفظ تعادل و نسبت مناسب بین تمام عناصر غذایی ضروری نیز مهم است. این تعادل برای دستیابی به رشد و نمو مطلوب گیاه، افزایش جذب عناصر غذایی و در نهایت بهبود کیفیت کلی محصولات برداشت شده ضروری است (Hosseini fard *et al.*, 2019; Jafarnejadi *et al.*, 2020). در حالت عدم تعادل تغذیه‌ای، افزودن مقدار معینی از عناصر غذایی نه تنها باعث بهبود عملکرد گیاه نمی‌شود، بلکه می‌تواند رشد گیاه را مختل کرده و در نهایت منجر به کاهش بهره‌وری شود. حفظ تعادل مناسب عناصر غذایی برای سلامت و بهره‌وری مطلوب گیاه مهم است (Malkooti *et al.*, 2008).

روش سیستم یکپارچه تشخیص و توصیه (Diagnosis & Recommendation Integrated System), یک روش دو متغیره، به عنوان یک ابزار تشخیص، بیانگر مفهوم تعادل تغذیه‌ای و برای به حداقل رساندن محدودیت‌ها، در تفسیر وضعیت تغذیه‌ای گیاهان پیشنهاد شده است (Beaufils, 1973). شناسایی محدودیت‌های عناصر غذایی که با تحلیل نتایج آزمون خاک تشخیص داده نمی‌شوند (Nziguheba *et al.*, 2009). بررسی وضعیت تغذیه با روش DRIS می‌تواند کارآمد باشد و بر روی محصول، مدیریت و ویژگی‌های گیاه منعکس شود (Ribeiro *et al.*, 2020). اندازه‌گیری و تعیین حد نرمال عناصر معدنی ضروری گیاهان (جذب شده) با کمک روش سیستم یکپارچه تشخیص و توصیه به تعیین قدرت حاصلخیزی خاک و رابطه آن با افزایش عملکرد می‌پردازد (Behera *et al.*, 2016; Franco-Hermida *et al.*, 2017). در این روش سعی شده است از تمام شرایط اکولوژیکی مانند خاک، آب و هوا استفاده شود. در روش DRIS برای تشخیص تغذیه‌ای در یک محصول، لازم است نرم‌ها یا استانداردهای DRIS را که می‌توان برای بافت گیاهی و یا خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به دست آورد، ایجاد کرد (Pereira da Silva & Justino Chiaia, 2021). بهترین استانداردها از یک پایگاه داده بزرگ برای یک ژنوتیپ خاص در یک

گندم آبی استان آذربایجان شرقی (Faizi & Baybordi, 2005) و تاکستان های استان کهگیلویه و بویر احمد (Godarzi & Hosseini Farhi, 2008) استفاده شده است.

در سال های اخیر پژوهش هایی به منظور بررسی وضعیت عناصر غذایی نیشکر در جهان انجام شده است از جمله این مطالعات، مطالعه ای توسط (da Silva et al., 2021) بر روی عناصر غذایی نیشکر در ایالت سائوپائولو برزیل نشان داد که سطح کم نیتروژن و سطوح بیش از حد مس موجب کاهش بهره وری نیشکر گردید. مطالعه دیگری توسط (Calheiros et al., 2018) نیشکر در شمال شرقی ایالت آلاگواس، برزیل، بیش از حد بودن نیتروژن و محدودیت های کلسیم، منیزیم، پتاسیم، منگنز، مس، روی و بور را در نیشکر شناسایی کردند.

نیشکر با نام علمی *Saccharum officinarum* L. گیاهی چند ساله از تیره غلات یک محصول کشاورزی مهم است که در بسیاری از مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری جهان کشت می شود (Salman et al., 2023). گیاه نیشکر مساحتی بالغ بر ۲۶/۹ میلیون هکتار را در بیش از ۱۰۹ کشور اشغال می کند (Choudhary et al., 2016). این گیاه به عنوان محصولی طبقه بندی می شود که به عناصر غذایی فراوانی از خاک نیاز دارد و برای تولید ۱۰۰ تن در هکتار، ورودی ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۳۴ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۳۳۲ کیلوگرم در هکتار پتاسیم برآورد می شود (Bokhtiar et al., 2001; Dotaniya et al., 2016). اخیراً مطالعات زیادی در مورد مدیریت عناصر غذایی در گیاهان مختلف زراعی و باغی با روش DRIS در کشور انجام شده است (Daryashenas & Rezaei, 2010; Hosseini, 2016; Giklovi et al., 2019; Hosseini Fard et al., 2019; Taheri et al., 2019; Mashtari et al., 2020; Mashtari et al., 2021) اما در مورد بررسی وضعیت تعادل عناصر غذایی نیشکر با این روش تاکنون پژوهشی در کشور انجام نشده است. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی وضعیت تعادل تغذیه ای و تعیین اولویت نیاز به عناصر غذایی مزارع نیشکر راتون در منطقه

منطقه کشاورزی اکولوژیکی خاص، که در آن متغیرهای اقلیمی، آب و هوا، شیوه های مدیریت یکپارچه محصول، عملکرد محصول، غلظت عناصر غذایی در گیاه و متغیرهای شیمیایی و فیزیکی خاک به رابطه خاک - محیط - گیاه مرتبط است (Franco-Hermida et al., 2020; Herrera, 2015; Landriscini et al., 1997). در سال های گذشته، مطالعات متعددی با هدف توسعه استانداردهای تغذیه از جمع آوری داده های محصولات تجاری با استفاده از DRIS انجام شده است (McCray et al., 2013; Politi et al., 2006). اما محدود به شرایط اکوفیزیولوژیکی یا مدیریتی خاص است (Dias et al., 2017). با این حال، به دست آوردن استانداردهای منطقه ای می تواند به استفاده منطقی از نهاده ها و دستاوردهای بهره وری تولید محصولات کشاورزی کمک کند (McCray et al., 2015). روش DRIS برای مناطقی که مصرف کوددهی نامتعادل می باشد، بسیار مفید است (Calheiros et al., 2018). این روش از غلظت عناصر غذایی در گیاهان با عملکرد بالا به عنوان معیاری برای بررسی رشد گیاه و دستیابی به حداکثر عملکرد استفاده می کند. در روش DRIS، جداسازی گروه های با عملکرد بالا و پایین براساس میانگین عملکرد مزارع منتخب است، بدین ترتیب که مزارع دارای عملکرد کمتر از میانگین را در گروه عملکرد پایین و مزارع دارای عملکرد بیشتر از میانگین را در گروه عملکرد بالا دسته بندی می کنیم. براساس این فرض که نمونه های با کارایی بالا دارای توزیع مرجع و همگن در غلظت عناصر غذایی هستند (Walworth & Sumner, 1987). در این روش برای هر عنصر شاخص تعادل غذایی (NBI) محاسبه می شود که می تواند مثبت و منفی باشد و هرچه به عدد صفر نزدیک تر باشد بهترین حالت برای تعادل خواهد بود (da Silva, et al., 2021; Beaufils, 1973). اولین پژوهش هایی که در کشور از روش DRIS نیز در تعیین حد بهینه اعداد مرجع عناصر غذایی محصولاتی چون سیب زمینی، ذرت، چغندر قند، پسته و توت (Sajjadi, 1996) گندم (Toshih, 1992) باغات سیب (Esmaili et al., 2000)

قابل مشاهده و توسعه یافته (سومین برگ از بالا) گرفته شد که در پایان یک نمونه مرکب برگ (تعداد ۱۰۰ برگ) برای هر مزرعه تهیه شد و در مجموع ۲۵۰۰ برگ برای ۲۵ مزرعه جمع آوری گردید. به منظور حذف ذرات خاک، ابتدا نمونه‌های برگ با آب مقطر شستشو داده شدند و پس از هواخشک نمودن آن‌ها، حدود ۲۰ سانتی متر از قسمت میانی نمونه برگ‌ها را جدا کرده و رگبرگ اصلی آن‌ها حذف شد. سپس درون آن در دمای ۶۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده تا خشک شدند و در مرحله بعد با دستگاه آسیاب گیاه، آسیاب شده اند. به منظور آنالیز شیمیایی سطوح N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn و Zn با توجه به روش توصیف شده توسط باتاگالیا و همکاران (Bataglia et al., 1983) انجام شد.

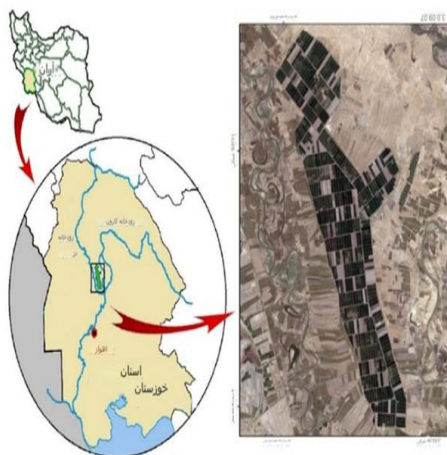


Figure 1 - Location of the study area

در فصل برداشت مزارع نیشکر راتون، عملکرد مزارع مورد نظر جمع آوری و به پایگاه داده اضافه گردید.

مدل DRIS (روش سیستم یکپارچه تشخیص و توصیه)
بررسی وضعیت تعادل عناصر غذایی با کمک روش DRIS با به دست آوردن اعداد مرجع براساس مزارع دارای عملکرد مطلوب صورت می‌گیرد (Sumner, 1997). در این پژوهش جداسازی مزارع مورد مطالعه براساس عملکرد و به دست آوردن عملکرد بحرانی براساس روش شارما و همکاران (Sharama et al., 2005) صورت گرفت و مزارع با عملکرد زیاد جهت تعیین اعداد مرجع مشخص شدند. بدین شیوه که با محاسبه میانگین و انحراف معیار

شعبه شمال استان خوزستان می‌باشد که سطوح بحرانی یا محدوده‌های بحرانی عناصر غذایی محدود کننده عملکرد نیشکر را مشخص و برطرف نماید. بنابراین این بررسی می‌تواند در شناسایی اختلالات تغذیه‌ای، اولویت بندی نیاز عناصر غذایی و تعیین محدوده بهینه آن‌ها در گیاه و اصلاح مدیریت کوددهی کمک نماید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در شمال خوزستان منطقه شعبه، مزارع نیشکر شرکت کشت و صنعت امام خمینی واقع در ۳۱ درجه و ۳۹ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی و ۴۸ درجه و ۳۹ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی انجام شد (شکل ۱). مدیریت کوددهی مرسوم در کشت و صنعت نیشگری شمال خوزستان بدین صورت که در سال اول کشت ۱- کود فسفات (سوپرفسفات تریپل) ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به صورت جامد در خاک ۲- کود آلی کمپوست (بقایای نیشکر) ۳۵-۴۰ تن در هکتار و ۳- کود ازته (اوره) ۴۰-۴۰ کیلوگرم در هکتار به صورت کود آبیاری بوده اما در سال-های بعدی (بازروئی) فقط از کود ازته (اوره) ۳۵۰- کیلوگرم در هکتار کود آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. آبیاری مزارع نیشکر توسط لوله‌های هیدروفلوم کم فشار به صورت جوی ته بسته انجام می‌شود. به منظور بررسی وضعیت تعادل تغذیه‌ای نیشکر به روش سیستم یکپارچه تشخیص و توصیه (DRIS)، بانک اطلاعاتی با استفاده از نمونه برداری و تجزیه شیمیایی برگ‌های کامل نیشکر عملکرد مزارع تهیه گردید.

در این پژوهش ۲۵ قطعه زراعی از مزارع نیشکر راتون با واریته CP69-1062 به مساحت کل ۵۵۰ هکتار انتخاب و نمونه برداری بافت برگ براساس روش نمونه برداری ارائه شده توسط مؤسسه تحقیقات و آموزش کشاورزی دانشگاه فلوریدا (McCray & Mylavarapu 2020) انجام شد. در این روش نمونه‌های برگ نیشکر در هفته اول شهریور پس از گذشت دوره رشد حداکثری گیاه نیشکر تهیه گردید. در این روش جهت نمونه برداری برگ، در هر مزرعه ده نقطه مکان تعیین شد و از هر نقطه مکان ۱۰ نمونه برگ کامل

عملکرد کل مزارع مورد مطالعه، تقسیم بندی یا گروه بندی مزارع انجام شد (روابط ۱ و ۲).

$$\text{رابطه (۱)} \quad (SD + M) \leq A$$

$$\text{رابطه (۲)} \quad (SD + M) > B$$

که در این روابط SD و M و A و B به ترتیب بیانگر انحراف معیار و میانگین عملکرد مزارع، گروه مزارع با عملکرد زیاد و گروه مزارع با عملکرد کم است.

به منظور محاسبه توابع نسبت دو گانه عناصر غذایی براساس روش داسیلوا و همکاران (۲۰۲۱) عمل شد:

در این روابط توابع f با توجه به شروط موجود بر اساس یکی از روابط ۳ تا ۵ محاسبه شده و در رابطه شاخص DRIS (معادلات ۶ و ۷) به کار رفت. در روابط ۳، ۴ و ۵، N/P مرجع انتخابی بین عناصر N و P در نمونه برگ محصول با عملکرد پایین، n/p اعداد مرجع بین عناصر N و P در میانگین نمونه برگ محصول با عملکرد بالا و CV ضریب تغییرات مرجع عناصر در محصول با عملکرد بالا است.

گام بعدی محاسبه شاخص تعادل برای تک تک عناصر مورد بررسی بود. بدین ترتیب که این شاخص ها به طور مثال برای عناصر P و N با استفاده از روابط ۶ و ۷ تعیین شد. در این روابط Z برابر تعداد عناصر مورد بررسی و B معادل تک تک دیگر عناصر غذایی مورد بررسی مزارع با عملکرد کم است.

در نهایت، شاخص تعادل تغذیه ای (NBI) که مجموع قدر مطلق شاخص های DRIS همه عناصر است، محاسبه می شود این شاخص مربوط به عملکرد محصول است و تعادل عمومی عناصر غذایی در گیر در تغذیه گیاه را تعیین می کند (Chacón-Pardo et al., 2013). به همین ترتیب، شاخص تعادل تغذیه ای میانگین (NBI_a) که از تقسیم شاخص NBI بر تعداد شاخص های عناصر غذایی مورد

بررسی است، محاسبه می شود این شاخص درجه کفایت هر عنصر غذایی را نشان می دهد (Herrera Pena, 2015; López-Montoya et al., 2018).

برای تفسیر کلی در مورد نتایج شاخص NBI و NBI_a از روابط ۸ تا ۱۰ استفاده می شود (Akhtar, 2011). برای تحلیل شاخص NBI_a با تغییرات شاخص DRIS هر یک از عناصر، یکی از حالت های زیر استفاده می شود. برای مثال برای شاخص DRIS عنصر N :

(۸) اگر و کمبود این عنصر وجود دارد.

(۹) اگر در حد بهینه موجود است.

(۱۰) اگر و بیش بود این عنصر وجود دارد.

شاخص های عناصر مورد مطالعه مثبت یا منفی بوده و نظر به اینکه تفاوت نسبی غلظت عناصر را از حد متعادل (نرم تعیین شده) نشان می دهد بنابراین جمع کلیه شاخص ها معادل صفر خواهد بود. هر قدر شاخص عنصری بزرگتر باشد نیاز گیاه به آن عنصر کمتر است.

به منظور بررسی وضعیت حاصلخیزی خاک و توانایی آن در تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه نیشکر و مطابقت با نتایج بررسی وضعیت تعادل عناصر غذایی با استفاده از روش DRIS، برای تهیه نمونه یکنواخت، نمونه برداری از خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی متری در سه تکرار انجام شد و برای هر مزرعه، ده نقطه مکان نمونه برداری مشخص گردید. در مجموع، ۷۵۰ نمونه خاک از ۲۵ مزرعه مورد مطالعه جمع آوری شد که امکان انجام سه آزمایش برای هر مشخصه را فراهم کرده و میانگین هر پارامتر گزارش شد. نمونه های خاک، هواخشک شده و به منظور تعیین ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک، کوبیده شده و از الک ۲ میلیمتری عبور داده شدند، سپس ویژگی های شیمیایی خاک شامل قابلیت هدایت الکتریکی خاک در عصاره گل اشباع (Rhoades, 1996) برای به دست آوردن بافت خاک از روش هیدرومتر استفاده شد (Gee, 1986). مقدار کربن آلی با استفاده از روش اکسیداسیون تر اندازه گیری شد (Nelson & Sommers, 1996). نیتروژن کل به روش کجلدال (Bremner & Mulvaney, 1982) و

انحراف معیار آن‌ها (۱۳/۵۵) همچنین براساس محاسبات انجام شده روابط ۱ و ۲ مدل DRIS عملکرد حدواسط مبنای تقسیم بندی برابر با ۱۱۲/۳۱ تن در هکتار به دست آمد که تقریباً برابر با میانگین عملکرد مزارع نیشکر راتون (۱۱۰ تن در هکتار) است که به طور معمول با مدیریت مطلوب تر و صحیح تر به دست می‌آید. بنابراین از بین ۲۵ مزرعه نیشکر راتون مورد بررسی، ۵ مزرعه در گروه مزارع با عملکرد زیاد و ۲۰ مزرعه در گروه مزارع با عملکرد کم قرار گرفتند. میانگین عملکرد نیشکر در گروه مزارع با عملکرد زیاد و در گروه مزارع با عملکرد کم به ترتیب ۱۱۷/۰۵ و ۹۴/۱۸ تن در هکتار بود.

غلظت عناصر غذایی گروه مزارع با عملکرد زیاد به عنوان اعداد مرجع جهت بررسی عناصر غذایی در مزارع نیشکر راتون در نظر گرفته شد. بررسی نتایج محاسبات نشان داد که در مزارع گروه عملکرد زیاد، غلظت آهن، روی، مس و منگنز و کلسیم بیشتر از غلظت این عناصر در مزارع گروه عملکرد کم می‌باشد. در مورد سایر عناصر غذایی مورد بررسی اختلاف زیادی مشاهده نشد (جدول ۱)

غلظت فسفر قابل جذب خاک به روش استخراج با بیکربنات سدیم (Olsen et al., 1954) عصاره گیری و غلظت آن به روش رنگ سنجی (Murphy & Riley, 1962) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (HACH DR 3900) اندازه گیری شد. درصد آهک یا کربنات کلسیم معادل به روش خنثی سازی با اسید و تیتراسیون اندازه گیری شد (Marzi et al., 2024). غلظت پتاسیم قابل جذب خاک به روش عصاره گیری با استات آمونیوم (Helmke & Sparks, 1996) و با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر (BWB Technologies) همچنین غلظت عناصر غذایی کم مصرف (آهن، منگنز، روی و مس) به روش عصاره گیری با 0.005 DTPA مولار و با استفاده از دستگاه طیف سنج جذبی AAS اندازه گیری شد (Lindsay & Norvell, 1978). رسم نمودار با Excel و رگرسیون با نرم افزار SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

طبقه بندی مزارع براساس عملکرد میانی: با توجه به میانگین عملکرد کل مزارع مورد مطالعه (۹۸/۷۵ تن در هکتار) و

Table 1. The results of the concentration of nutrients in the leaves of Ratoon sugarcane farms (mean \pm Standard deviation & percentage coefficient of variation)

Ratoon sugarcane farms Variable	Average \pm Standard deviation		Percentage coefficient of variation (CV)	
	Low yielding farms	High-yielding farm	Low yielding farms	High-yielding farms
Yield (tons per hectare)	94.18 \pm 10.93	117.05 \pm 3.38	0.12	0.03
Nitrogen (%)	1.65 \pm 0.14	1.70 \pm 0.14	0.08	0.08
Phosphorus (%)	0.26 \pm 0.03	0.27 \pm 0.01	0.12	0.05
Potassium (%)	1.27 \pm 0.12	1.26 \pm 0.06	0.10	0.05
Calcium (%)	0.61 \pm 0.05	0.67 \pm 0.04	0.08	0.05
Magnesium (%)	0.3 \pm 0.05	0.33 \pm 0.02	0.16	0.05
Iron (mg/kg)	143.24 \pm 16.69	165.80 \pm 4.38	0.12	0.03
Zinc (mg/kg)	15.33 \pm 2.90	20.56 \pm 0.62	0.19	0.03
Copper (mg/kg)	6.73 \pm 1.44	8.68 \pm 0.15	0.21	0.02
Manganese (mg/kg)	24.85 \pm 2.14	28.04 \pm 1.22	0.09	0.04

مزارع از کمتر بوده بنابراین در حد بهینه قرار می‌گیرد. مقدار قدر مطلق شاخص عناصر آهن و کلسیم نیز در ۱۰۰ درصد مزارع از کمتر بوده و در حد بهینه قرار گرفتند. در ۹۵ درصد مزارع عنصر فسفر در حد بهینه بوده که شاخص آن مثبت و از مقدار کمتر است. شاخص عنصر مس در کل مزارع با گروه عملکرد کم مثبت بوده و برخلاف عنصر روی به عنوان مثبت ترین شاخص شناسایی شد که نشان دهندهٔ بیشبود است و بایستی مورد توجه قرار گیرد (شکل ۴). اولویت بندی نیاز عناصر غذایی در مزارع مورد مطالعه به تفکیک عناصر پرمصرف و کم مصرف بدین ترتیب مشخص شد $Zn > Mn > Fe > Cu$ و $K > Ca > P > N > Mg$ (شکل ۳).

با توجه به نتایج شاخص‌های عناصر غذایی DRIS مشخص شد که در مزارع نیشکر راتون مورد مطالعه گروه با عملکرد کم، عنصر پتاسیم از میان عناصر پرمصرف، منفی‌ترین شاخص و از میان عناصر کم مصرف، عنصر روی منفی‌ترین شاخص بود (شکل ۲). توزیع نسبی وضعیت تغذیه‌ای نیشکر براساس شاخص‌های عناصر غذایی نشان داد که ۶۵ درصد مزارع با گروه عملکرد کم و بود. که کمبود شدید در مزارع نیشکر راتون را تداعی می‌کند. همچنین در ۳۰ درصد مزارع، عنصر نیتروژن دارای شاخص مثبت بوده و مقدار آن بزرگ‌تر از میانگین شاخص تعادل غذایی است که نشان دهندهٔ بیشبود آن می‌باشد. سومین شاخص منفی مربوط به عنصر منگنز بوده اما مقدار قدر مطلق آن در ۱۰۰ درصد

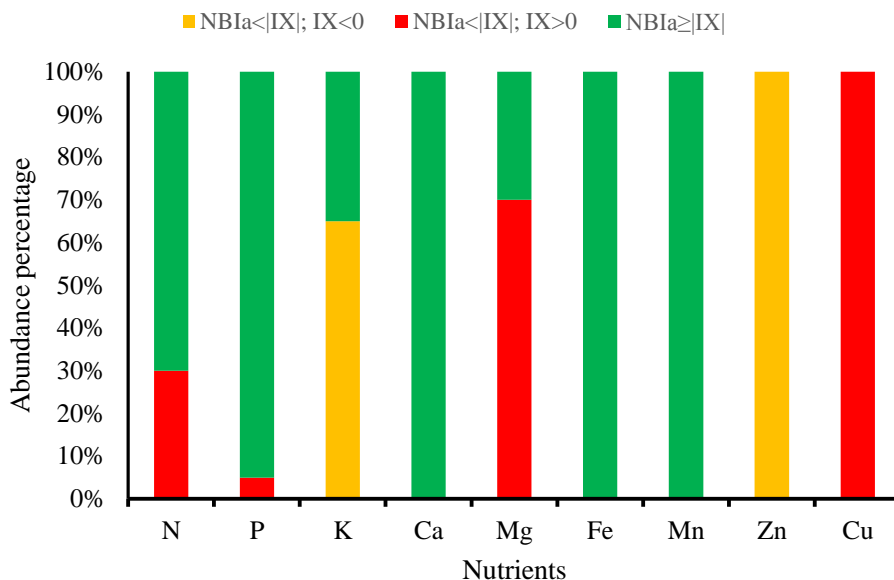


Figure 2- The frequency of the relative distribution of sugarcane nutritional status based on the average nutritional balance index (NBIa) & sugarcane nutritional elements indices (IX)

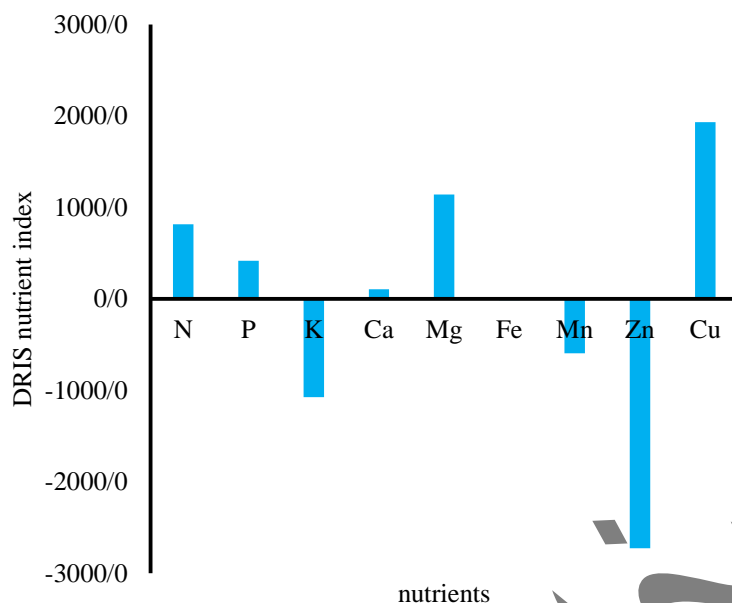


Figure 3- Average indicators of DRIS nutrients in the studied farms

آلی در ۶۱/۶ درصد از اراضی کشاورزی ایران کمتر از یک درصد بوده که حکایت از ناپایداری حاصلخیزی خاکها دارد (Belali *et al.*, 2014). همچنین کمپر و کوچ (Kemper & Koch 1966) نشان دادند که اگر کربن آلی خاک کمتر از ۲ درصد باشد، بسیاری از خاکها در غرب ایالات متحده و کانادا دچار کاهش قابل توجهی در پایداری ساختاری می‌شوند. به طور مشابه، گرینلند و همکاران (Greenland *et al.*, 1975) به این نتیجه رسیدند که خاکهای انگلستان و ولز با کمتر از ۲ درصد کربن آلی مستعد تخریب ساختاری هستند (جدول ۲).

نتایج ارزیابی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع مورد مطالعه که از میانگین سه تکرار آزمایش به دست آمده است نشان داد از میان عناصر پرمصرف، میانگین غلظت عنصر پتاسیم در مزارع با گروه عملکرد زیاد و کم به ترتیب ۱۸۵/۳۳ و ۱۲۸/۱۵ درصد است و از میان عناصر کم مصرف، میانگین غلظت عنصر روی در مزارع با گروه عملکرد زیاد و کم به ترتیب ۹/۳۴ و ۷/۱۷ میلی گرم بر کیلوگرم بود که با کمبود آن در تجزیه برگ این مزارع مطابقت دارد و در مزارعی که خاک دچار کمبود نبوده، عملکرد مطلوب بوده است. مقدار درصد کربن آلی خاک (معادل با ۱/۷۲۴ درصد ماده آلی) در خاک مزارع مورد مطالعه، با توجه به حد بحرانی کربن آلی در بیشتر تحقیقات انجام شده در ایران کمتر از یک درصد در نظر گرفته شده، کمتر از حد مطلوب نشان داد. حد بحرانی کربن آلی خاک یک درصد در نظر گرفته شده است (Dewan & Famouri, 1964). در برخی منابع خاک‌هایی با کربن آلی کمتر از ۲ درصد را بیشات از جنبه فیزیکی و خاکدانه معرفی کرده اند (Angers & kay, 1999). میزان کربن

Table 2. The average physical & chemical characteristics of the soil of the studied fields

Property	Unit	High-yielding farms	Low yielding farms
EC	dS m ⁻¹	1.39	1.58
pH	-	7.64	7.60
N	%	0.08	0.08
P		8.97	8.50
K	mg kg ⁻¹	185.33	128.15
Ca		4.83	4.59
Mg	meq L ⁻¹	6.23	6.86
CaCO ₃		35.50	35.38
O.C		0.87	0.85
Clay	%	42.67	41.22
Silt		47.67	47.30
Sand		9.67	11.80
Fe		20.09	15.84
Zn		9.34	7.17
Cu	mg kg ⁻¹	3.57	2.97
Mn		29.83	24.63

آهن، از موقعیت آن‌ها نسبت داده می‌شود، به طوری که سمیت مس شبیه کمبود آهن است. علاوه بر این، عرضه بیش از حد مس از رشد ریشه جلوگیری می‌کند (Mengel & Kirkby, 1987).

رابطه رگرسیونی و همبستگی بالای منفی و معنی دار ($P < 0.01$) بین شاخص تعادل عناصر غذایی (NBI) و عملکرد نیشکر در مزارع مورد مطالعه برقرار بود که نشان دهنده مثبت بودن بررسی وضعیت عناصر غذایی با این روش است که می‌تواند در جلوگیری از کاهش عملکرد نیشکر مؤثر باشد (شکل ۴).

از طرفی دیگر کمبود پتاسیم در مزارع با عملکرد کم نیز می‌تواند به رقابت یونی و عدم تعادل آن با کاتیون‌های کلسیم و منیزیم در خاک ارتباط داشته باشد که عدم توانایی گیاه در جذب آن را به دلیل عدم تعادل بودن غلظت آن با سایر کاتیون‌ها را تأیید می‌نماید (Rhodes *et al.*, 2018). Olsen (1972) به سازوکارهای ممکن برای توضیح روابط متضاد اشاره کرد. برهم کنش سفر و روی در خاک موجب کاهش نرخ انتقال روی از ریشه به قسمت هوایی می‌شود. بنابراین کمبود روی احتمالاً به دلیل مصرف زیاد کودهای فسفره باشد. اثر رقت ساده بر روی محتوای روی در قسمت هوایی به دلیل رشد در پاسخ به جذب فسفر اضافی و اختلالات متابولیک در سلول‌های گیاهی، مربوط به عدم تعادل بین روی و فسفر است. کاربرد کودهای فسفره در زراعت نیشکر و عدم توجه به مقدار آن در خاک همچنان نیاز فیزیولوژیکی روی را در گیاه بدلیل اثر آنتاگونیستی افزایش می‌دهد، عمدتاً به دلیل وقوع مساعد بودن رشد ریشه به دلیل در دسترس بودن بیشتر فسفر در خاک که می‌تواند با عدم تعادل بین P و Zn تشدید شود (Bull *et al.*, 2008). در مطالعه ای نشان داده شد که مس اضافی در بافت گیاهی احتمالاً می‌تواند در محصولاتی که از سموم آفت کش استفاده می‌کنند، اتفاق بیفتد (March *et al.*, 2013). تغییرات فیزیولوژیکی ناشی از مس اضافی در بافت تا حدودی به توانایی آن در حذف سایر یون‌ها، به ویژه

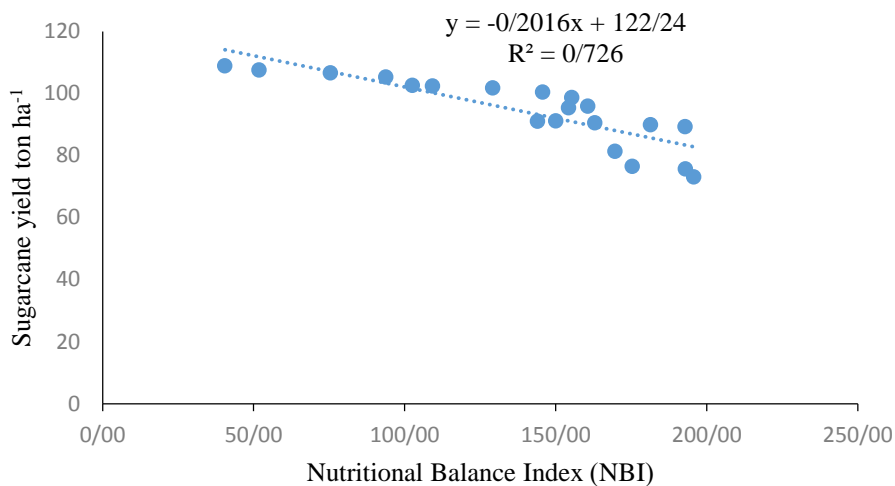


Figure 4- Regression relationship between food balance index & sugarcane yield

نتیجه گیری

میزان عنصر همراه (مس) در انتخاب سم توجه ویژه‌ای شود. ۴- به برقراری تعادل در مصرف کودهای حاوی نیتروژن و پتاسیم در مدیریت تغذیه توجه ویژه شود. ۵- با توجه به این که خاک از نظر ماده آلی در وضعیت نسبتاً ضعیف تا متوسط قرار دارد بنابراین مقدار کود آلی کمپوست متناسب با آن در برنامه مدیریت کودی قرار گیرد. ۶- در تنظیم برنامه کودی مزارع به حفظ میزان شوری خاک در محدوده ریشه گیاه توجه ویژه شود تا تعادل غلظت عناصر در خاک حفظ و رقابت یونی موجب اختلال در جذب برخی عناصر توسط گیاه نشود. این مطالعه از طریق تجزیه و تحلیل جامع نمونه‌های بافت برگ، اهمیت نظارت بر مواد مغذی کلیدی مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم و ریز مغذی‌های ضروری را برجسته کرده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که اجرای مدیریت مواد مغذی مبتنی بر DRIS می‌تواند منجر به بهبود قابل توجهی در عملکرد و کیفیت نیشکر شود و بهره‌وری کلی کشاورزی را افزایش دهد. علاوه بر این، ادغام روش DRIS در شیوه‌های معمول کشاورزی، کشاورزی پایدار را با ترویج استفاده کارآمد از مواد مغذی و کاهش اثرات زیست محیطی کود دهی بیش از حد تسهیل می‌کند. موفقیت این رویکرد در مناطق مختلف جغرافیایی بر تطبیق پذیری و کاربرد آن در زمینه‌های کشاورزی متنوع تأکید دارد. در نتیجه، روش

با استفاده از روش DRIS مشخص شد که شاخص نیتروژن در ۳۰ درصد مزارع مورد مطالعه مثبت و بیشتر از مقدار میانگین شاخص تعادل عناصر غذایی و بود که نشان دهنده مصرف زیاد کودهای حاوی این عنصر است و بایستی مورد توجه قرار گیرد. شاخص DRIS برای عنصر غذایی پتاسیم منفی‌ترین شاخص در بین عناصر پرمصرف بود که نشان دهنده کم بودن شکل قابل جذب آن در خاک و عدم کاربرد کود پتاسیم در زمان کشت اول است و ضروری است که نیاز گیاه نیشکر به این عنصر از منابع کودی پتاسه در سال‌های بعدی (راتون) تأمین گردد. در میان عناصر ریز مغذی که در محدودیت تغذیه‌ای نیشکر برجسته بودند، بیش‌بود مس است. منفی بودن شاخص روی در بین عناصر کم مصرف در کل مزارع بدلیل کافی نبودن شکل قابل جذب این عنصر در خاک و عدم کاربرد کودهای حاوی آن در کشت نیشکر است که بایستی به آن در برنامه مدیریت کوددهی توجه شود. بنابراین براساس نتایج باید: ۱- عنصر پتاسیم از میان عناصر پرمصرف و عنصر روی از میان عناصر کم مصرف در الگوی مدیریت کودی گنجانده شود. ۲- به میزان مصرف کود فسفر دقت کرده تا تعادل مناسبی بین فسفر و روی در خاک ایجاد شود. ۳- در صورت کاربرد سموم آفت کش برای کنترل آفات مزارع نیشکر به

سپاسگزاری

از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه (پژوهانه SCU.AS1403.692) و از مدیریت محترم شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی، کشت و صنعت امام خمینی به دلیل حمایت مالی و در اختیار قرار دادن تمام امکانات نمونه برداری از مزارع نیشکر سپاسگزاری می‌شود.

DRIS ابزار ارزشمندی برای تولیدکنندگان نیشکر است که به دنبال افزایش عملکرد و پایداری محصول هستند. تحقیقات آتی باید بر پالایش پارامترهای DRIS و گسترش استفاده از آن برای ترکیب فناوری‌های نوظهور کشاورزی متمرکز شود و اطمینان حاصل شود که کشت نیشکر در مواجهه با تغییر شرایط محیطی و افزایش تقاضای جهانی قابل دوام و مولد باقی می‌ماند.

References

- Akhter, N. (2011). Comparison of DRIS and critical level approach for evaluating nutrition status of wheat in District Hyderabad, Pakistan. Thesis at Faculty of Agriculture, University of Bonn, p. 115.
- Bataglia, O.C., Furlani, A.M.C. Teixeira, J.P.F., Furlani, P. R., & Gallo, J.R. (1983). Métodos de análise química de plantas. Campinas, Instituto Agronômico. (Boletim Técnico, 78).
- Beaufils, E.R. (1973). Diagnosis & recommendation integrated system (DRIS), A general scheme for experimentation & calibration based on principles developed from research in plant nutrition, 132. Pietermaritzburg, University of Natal.
- Behera, S. S., & Ray, R. C. (2016). Solid state fermentation for production of microbial cellulases, recent advances & improvement strategies. *International journal of biological macromolecules*, 86: 656-669.
- Belali, M.R., Rezaei, H. & Moshiri, F. (2014). Fertility status of the country's soils and 17. In - The necessity of improving its capacity to provide services to agricultural products. P. 48 Book: Khavazi, K. et al. (authors). Comprehensive program for soil fertility and nutrition 2014. Volume - Plant towards increasing self-reliance of strategic crops 2024 First, Soil and Water Research Institute, Karaj, Iran. [In Persian]
- Bokhtiar, S. M., Paul, G. C., Rashid, M. A., & Mafizur Rahman, A. B. M. (2001). Effect of press mud & organic nitrogen on soil fertility & yield of sugarcane grown in high Ganges river flood plain soils of Bangladesh. *Indian Sugar*, 51 (4): 235-240.
- Bremner, J. M., & Mulvaney, C. S. (1982). Nitrogen-total. Methods of soil analysis, part 2 Chemical & Microbiological Properties, 9: 595-624.
- Bull, L. T., A. Novello, J. C. Corrêa & R. L. V. Bôas. (2008). Doses de fósforo e zinco na cultura do alho em condições de casa de vegetação. *Bragantia*, 67: 941-949, doi,10.1590/S0006-87052008000400017.
- Calheiros, L. C., Freire, F. J., Moura Filho, G., Oliveira, E. C., Moura, A. B., Costa, J. V., & Rezende, J. S. (2018). Assessment of nutrient balance in sugarcane using DRIS & CND methods. *Journal of Agricultural Science*, 10 (9): 164-79.
- Chacón-Pardo, E., Camacho-Tamayo, J. H., & Arguello, O. (2013). Establishment of DRIS norms for the nutritional diagnosis of rubber (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) clone RRIM 600 on the Eastern Plains of Colombia. *Agronomía Colombiana*, 31(2): 215-222.
- Choudhary, R. L., Wakchaure, G. C., Minhas, P. S., & Singh, A. K. (2016). Response of ratoon sugarcane to stubble shaving, off-barring, root pruning & b& placement of basal fertilizers with a multipurpose drill machine. *Sugar Tech.*, 19 (1): 33-40.
- da Silva, G. P., Wadt, P. G. S., Prado, R. D. M., Caione, G., & Moda, L. R. (2022). Accuracy of plant response potential to fertilization in nutritional diagnoses for phosphorus in sugarcane. *Journal of Plant Nutrition*, 45(11): 1702-1711.
- da Silva, L. C., Freire, F. J., Filho, G. M., de Oliveira, E. C., Freire, M. B. G. D. S., Moura, A. B., & Rezende, J. S. (2021). Nutrient balance in sugarcane in Brazil, diagnosis, use & application in modern agriculture. *Journal of Plant Nutrition*, 44 (14): 2167-2189.
- Daryashenas, A., Rezaei, H. (2010). Determination of DRIS Reference Standards (DRIS) for Sugar Beet in Khuzestan Province, *Sugar Beet Journal*, 26 (2): 185-204. [In Persian]
- de Lima Neto, A. J., Natale, W., Rozane, D. E., de Deus, J. A. L., & Rodrigues Filho, V. A. (2022). Establishment of DRIS & CND standards for fertigated 'Prata' banana in the Northeast, Brazil. *Journal of Soil Science & Plant Nutrition*, 22(1): 765-777.

- de Mello Prado, R., & Rozane, D. E. (2020). Leaf analysis as diagnostic tool for balanced fertilization in tropical fruits. *Fruit crops*, 131-143.
- Dewan, M.L. & Famouri, J. (1964). The Soils of Iran. FAO.
- Dias, J. R. M., P. G. S. Wadt, F. L. Partelli, M. C. Espindula, D. V. Perez, F. R. Souza, A. C. Bergamin, E. A. Delarmelinda. (2017). Normal nutrient ranges & nutritional monitoring of 'Pera' Orange trees based on the CND method in different fruiting stages. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 52 (9): 776–85.
- Dotaniya, M. L., Datta, S. C., Biswas, D. R., Dotaniya, C. K., Meena, B. L., Rajendiran, S., & Lata, M. (2016). Use of sugarcane industrial by-products for improving sugarcane productivity & soil health. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 5 (3): 185-194.
- Emami, A. (1996). Methods of plant analysis (Volume 1). Technical Journal No. 982. Soil and Water Research Institute. Tehran, Iran. [In Persian]
- Faizi Asl, & A. Baybourdi, (2005). Determination of the norms of the integrated diagnostic and recommendation system (DRIS) for diagnosing the nutritional status and studying the balance of nutritional elements of wheat in East Azerbaijan province. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 7(4): 298-309. [In Persian]
- Franco-Hermida, J. J., Quintero, M. F., Cabrera, R. I., & Guzman, J. M. (2017). Determination of diagnostic standards on saturated soil extracts for cut roses grown in greenhouses. *PloS one*, 12(5): e0178500.
- Franco-Hermida, J. J., Quintero-Castellanos, M. F., Guzmán, A. I., Guzmán, M., & Cabrera, R. I. (2020). Validating integrative nutrient diagnostic norms for greenhouse cut-roses. *Scientia horticultrae*, 264: 109094.
- Gee, G. W. (1986). Particle size analysis. Methods of soil analysis/ASA and SSSA.
- Giklovi, A., Reyhani Tabar, A. & Najafi, N. (2019). Determination and validation of references for the detection of nutritional elements for wheat in the Moghan region. *Journal of Soil Research*, 32 (30): 330-319. [In Persian]
- Goodarzi, K. & Hosseini Farhi, M. (1999). Evaluation of nutritional balance in vineyards of Kohgiluyeh and Boyer Ahmad provinces using the DRIS method. Volume 9, Number 1, *Journal of Horticultural Sciences and Technologies*. Tehran, Iran. [In Persian]
- Greenland, D.J., Rimmer, D., Payne, D., 1975. Determination of the structural stability class of English and Welsh soils, using a water coherence test. *Journal of Soil Science*, 26: 294-303.
- Helmke, P. A., & Sparks, D. L. (1996). Lithium, sodium, potassium, rubidium, & cesium. Methods of soil analysis, Part 3 chemical methods, 5: 551-574.
- Herrera Peña, G. E. (2015). Obtención del sistema integrado de diagnóstico y recomendación integral (DRIS) en el cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).
- Hosseini Fard, S. J., Heydarinejad, A., Mohammadi M. A., Sedaghati, N., Heydari, M. & Nikoei Dastjerdi, M. (2019). Determination of DRIS Norms and Nutrients Deficiency Diagnosis in Owhadi Cultivar of Pistachio (*Pistacia vera* L.) Trees, *Pistachio Science and Technology*, 4(7): 148-163. [In Persian]
- Hosseini. (2016). Application of the Dries method to assess the nutritional status of lime orchards in Hormozgan province. *Soil Research*, 30(4): 379-390. [In Persian]
- Ismaili, M., Golchin, A. & Daroudi, M. S. (2000). Determination of balanced nutrient levels in apples by DRIS method, Volume 12, Number 8, *Soil and Water Journal*, Tehran, Iran. [In Persian]
- Jafarnejadi, A., Meskini Vishkai, F., Mousavi Fadl, M., Ayneh, G. & Behbahani, L. (2020). Study of the effect of trace elements iron & zinc on the quantitative & qualitative yield of wheat under salt stress in the Khuzestan climate, *Agricultural Engineering*, 44 (4): 381-367. [In Persian]
- Kay, B.D. & Angers, D.A. (1999). Soil Structure. In: Handbook of Soil Science. Sumner, M.E. pp. 229-276. CRC Press, Boca Raton, USA.
- Kemper, W.D., Koch, E.J., (1966). Aggregate stability of soils from Western United States and Canada. USDA Technical Bulletin No. 1355, Washington, DC, USA.
- Landriscini, M.R., Galantini, J.A., Rosell, R.A. NORMS, U.S.R.W., (1997). Determinación de normas para la aplicación del sistema DRIS en el cultivo de trigo de la región semiárida Bonaerense. *Ciencia del Suelo*, 15(1): 17-21.
- Lindsay, W. L., & Norvell, W. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, & copper. *Soil science society of America journal*, 42(3): 421-428.
- López-Montoya, J., Fernández-Paz, J.A., Vásquez, H.D. & Menjivar-Flores, J.C. (2018). Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS) para piña (*Ananas comosus*), variedad Oro Miel (MD-2). *Rev. Colomb. Cienc. Hortic.*, 12(2): 319- 328. <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i2.7387>

- Malkouti, M.J. & Homaei, M. (2004). Soil fertility of arid & semi-arid regions "Problems & solutions", Tarbiat Modares University Press, Tehran, Iran, 508 pages. [In Persian]
- Malkouti, M.J., Keshavarz, P., & Karimian, N. A. (2008). Comprehensive methods for diagnosing & recommending optimal fertilizer for sustainable agriculture. Tarbiat Modares University Press, Tehran, Iran, 750 pages. [In Persian]
- March, S., S. É. Parent, J. P. & Del, L. É. (2013). Parent, Nutrient signature of quebec (Canada) cranberry (*Vaccinium macrocarpon* AIT.). *Revista Brasileira De Fruticultura*, 35: 199-209. doi,10.1590/S0100- 29452013000100034.
- Marzi, M., Shahbazi, K., Glasshoff, S., Ferguson, R., & Beheshti, M. (2024). The Optimization & Comparison of Calcimetry & Back Titration Methods for Determination of Calcium Carbonate Equivalent in Calcareous Soils. *Communications in Soil Science & Plant Analysis*, 1-14.
- Mashtari, M., Khosravinejad, A., Tavassoli, A. & Basirat, M. (2020). Assessment of the nutritional status of nutrients in East Azerbaijan vineyards using the deviation from the optimal percentage and combined nutritional detection method, *Soil Research*, 34 (1): 28-17. [In Persian]
- McCray, J. M., Mylavarapu, R. (2020). Sugarcane Nutrient Management Using Leaf Analysis, SS-AGR-335/AG345, 2/2020. EDIS, 2020(11).
- McCray, J. M., Newman, P. R., Rice, R. W., & Ezenwa, I. V. (2015). Sugarcane leaf tissue sample preparation for diagnostic analysis. IFAS Extension, 1-4.
- McCray, J. M., Rice, R. W., Ezenwa, I. V., Lang, T. A., & Baucum, L. (2006). Sugarcane plant nutrient diagnosis. Florida Sugarcane Handbook. Agronomy Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Mengel, K., & E. A. Kirkby. (1987). Principles of plant nutrition, 687. Worblaufen-Bern: International Potash Institute.
- Murphy, J. A. M. E. S., & Riley, J. P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica chimica acta*, 27: 31-36.
- Nelson, D. W., & Sommers, L. E. (1996). Total carbon, organic carbon, & organic matter. Methods of soil analysis, Part 3 Chemical methods, 5: 961-1010.
- Nziguheba, G., B. K. Tossah, J. Diels, A. C. Franke, K. Aihou, E. N. O. Iwuafor, C. Nwoke, & R. Merckx. (2009). Assessment of nutrient deficiencies in maize in nutrient omission trials & long-term field experiments in the West African Savanna. *Plant & Soil* 314 (1-2): 143-57. doi,10.1007/s11104-008-9714-1.
- Olsen, S. R. (1972). Micronutrient interactions. In Micronutrients in agriculture, ed. J. J. Mortvedt, P. M. Giordano, & W. L. Lindsay, 243-64. Madison, SSSA.
- Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, E. S., & Dean, L. A. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *United States Department of Agriculture Circular*, 939: 1-18.
- Pereira da Silva, G., & Justino Chiaia, H. L. (2021). Limitation due to nutritional deficiency & excess in sugarcane using the Integral Diagnosis & Recommendation System (DRIS) & Nutritional Composition Diagnosis (CND). *Communications in Soil Science & Plant Analysis*, 52(12): 1458-1467.
- Politi, L. S., Flores, R. A., Silva, J. A. S., Wadt, P. G. S., Pinto, P. A. C., Prado, R. M. (2013). Estado Nutricional de magueiras determinados pelos métodos DRIS e CND. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17 (1): 11-18.
- Rhoades, J. D. (1996). Salinity, Electrical conductivity & total dissolved solids. Methods of soil analysis, Part 3 Chemical methods, 5: 417-435.
- Rhodes, R., Miles, N. & Hughes, J. C. (2018). Interactions between potassium, calcium & magnesium in sugarcane grown on two contrasting soils in South Africa. *Field Crops Research*, 223, 1-11.
- Ribeiro, F. O., Fernandes, A. R., Galvão, J. R., de Matos, G. S. B., Lindolfo, M. M., dos Santos, C. R. C., & Pacheco, M. J. B. (2020). DRIS and geostatistics indices for nutritional diagnosis and enhanced yield of fertirrigated acai palm. *Journal of Plant Nutrition*, 43(12), 1875-1886.
- Sajjadi, A. Al. (1996). Balanced limit of nutrients in sugar beet using DRIS method, No. 984, Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran. [In Persian]
- Salman, M., Inamullah, J. A., Mihoub, A., Saeed, M. F., Radicetti, E. & Pampana, S. (2023). Composting Sugarcane Filter Mud with Different Sources Differently Benefits Sweet Maize. *Agronomy*, 13 (3), 748.
- Sharama, V. K. (2005). A preliminary study on fertilizer management in buckwheat. *Fagopyrum*, 22, 95-97.
- Sumner, M.E. (1977). Use of the DRIS system in foliar diagnosis of crops at high yield levels. *Communications in Soil Science & Plant Analysis*. 8, 251-268.
- Taheri, M., Vahedi, S. & Abbasi, M. (2019). Comparison of nutrient status in different olive cultivars using nutritional indices, *Fruit Research*, 5 (1): 44-59. [In Persian]

Toshih, W. (1992). Determination of balanced nutrient levels in wheat by DRIS method. Collection of articles on soil and water, Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran. [In Persian]
Walworth, J. L., & Sumner, M. E. (1987). The diagnosis & recommendation integrated system (DRIS). In Advances in soil science (pp. 149-188). New York, NY, Springer New York.

نسخه چاپی از انتشار