

بهینه‌سازی توصیه کودهای شیمیایی برای گندم با استفاده از برنامه کامپیوتری

زهرا خادمی، محمدجعفر ملکوتی، پرویز مهاجرمیلانی و محمدرضا بلالی^{1*}

چکیده

به منظور بهینه‌سازی توصیه کودهای شیمیایی و آلی برای گندم آبی با استفاده از برنامه کامپیوتری، طرحی به مدت پنج سال از سال 1377 تا سال 1381 انجام گردید. با استفاده از داده‌های به دست آمده از نتایج طرحهای تحقیقاتی و نیز با کمک طرح‌های پتانسیل سنجی، حداکثر توان منابع خاک و آب مناطق مختلف برای تولید گندم آبی تعیین شد. طبق بررسی‌های به عمل آمده، شوری آب آبیاری، شوری خاک، مقدار کربنات کلسیم معادل خاک و بافت از مهم‌ترین متغیرهای آب و خاک کنترل کننده سطح تولید شناخته شد و تأثیر هر یک از این متغیرها بر عملکرد محصول و پتانسیل تولید خاک تخمین زده شد. پس از تعیین پتانسیل تولید مزرعه مورد نظر و غلظت عناصر غذایی موجود در خاک، با استفاده از جداول مربوط به هر عنصر غذایی، میزان کودهای مورد نیاز برای گندم تحت شرایط خاص مزرعه تعیین گردید. در این برنامه، پس از وارد نمودن نتایج تجزیه نمونه‌های خاک و آب، نام استان و شهر مورد نظر با انتخاب کلید «تأیید» توصیه کودهای پرمصرف، کم مصرف، اطلاعات مربوط به نوع رقم، تاریخ کاشت و میزان بذر و اطلاعات ورودی بر روی صفحه مانیتور ظاهر و به طور خودکار در بانک اطلاعاتی ذخیره می‌گردد، به طوری که می‌توان با انتخاب کلید «چاپ» آن را مشاهده نمود. این برنامه با استفاده از نرم‌افزار Visual Basic تهیه گردیده است. در این تحقیق سعی گردید کلیه نتایج تحقیقاتی در یک برنامه متمرکز شده تا امکان دستیابی کمی به اطلاعات مورد نیاز به سادگی امکان‌پذیر گردد. از نکات مهم این برنامه مکانیزه بودن آن می‌باشد که سعی شده علاوه بر پارامترهای خاکی و آبی، ارقام مورد توصیه در هر منطقه، تاریخ مناسب کاشت و میزان بذر مورد نیاز گندم نیز گنجانده شود.

واژه‌های کلیدی: گندم، برنامه کامپیوتری، توصیه کودی، بهینه‌سازی، کودهای شیمیایی

مقدمه

اطلاعات صحیح، دقیق و به روز یکی از ابزارهای مهم شناخت و بعضاً زمینه ساز مطلوب، برای هر گونه برنامه‌ریزی و سیاستگذاری است (دفتر آمار و فن‌آوری اطلاعات، 1383). بر اساس آمارهای موجود نسبت مروج به زارع در کشور حدود یک به هزار و نسبت محقق به زارع نیز در همین حدود است و با در نظر گرفتن تعداد 64 هزار روستا در کشور با پراکندگی وسیع و اینکه هر مروج مسئول 10 روستای مجاور می‌باشد، به خوبی عدم توانایی سامانه موجود در رفع نیازهای ترویجی و به روز کشاورزان نمایان است چرا که در چنین شرایطی به دلیل تعداد کم مروج نسبت به زارع، امکان ترویج به موقع و به هنگام

پیچیدگی و گستردگی مسایل اجتماعی و اقتصادی جهان امروز، امور مربوط به پژوهش و تحقیق و نیز برنامه‌ریزی مدیریت را بسیار مشکل و حساس نموده تا آنجا که بدون اتکاء به روش‌های علمی و بهره‌گیری از فن‌آوری‌های نوین، سیاست‌گذاری و تدوین برنامه‌های میان مدت و بلند مدت امری دشوار و غیر ممکن به نظر می‌رسد. جایگاه ویژه بخش کشاورزی در امور اقتصادی و اجتماعی جامعه چنان مؤثر و مهم است که آن را محور توسعه اقتصادی کشور بر شمرده‌اند (دفتر آمار و فن‌آوری اطلاعات، 1383). بدون شک در دسترس بودن آمار و

1- عضو هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب؛ استاد دانشگاه تربیت مدرس و اعضای هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب.

* وصول: 84/4/26 و تصویب: 85/6/28

ثالثاً این توهم برای کشاورز ایرانی به وجود آمده که هر قدر کود شیمیایی بیشتری مصرف کند، عملکرد بیشتری خواهد داشت، به طوری که هم اکنون در بعضی نقاط استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی علاوه بر خسارتهای مالی و تشدید عدم تعادل عناصر غذایی در خاک، خطرات جدی را در رابطه با آلودگی خاک و آب و محیط زیست به وجود آورده است (بای‌وردی و همکاران، 1379). برای پرهیز از این بی‌برنامگی‌ها و افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی در راه نیل به تولید پایدار، نیازمند مدلی برای توصیه کودی مناسب هستیم.

هدف از این بررسی تهیه برنامه‌ای برای بهره‌برداران است که بتوانند با وارد نمودن متغیرهای اقلیم، خاک و آب بهترین و مناسب‌ترین توصیه کودی همراه با توصیه‌های مدیریتی را برای محصولات مختلف ارائه نمایند.

اطلاعات پایه‌ای

۱- عوامل مؤثر در تخمین نیاز کودی

معمولاً یکی از راههای افزایش تولید در یک منطقه بررسی وضعیت عناصر غذایی موجود در خاک و تعیین کمبود احتمالی این عناصر و سپس کاربرد مناسب و متعادل کودها می‌باشد. برای تشخیص کمبود، انجام آزمایشهای ساده پاسخ گیاه به کودها و تعیین مقدار مناسب از هر کود که حداقل برای محصولات سالانه مانند گندم چندان مشکل هم به نظر نمی‌رسد، لازم می‌باشد. برای تعیین ارتباط بین مقدار نیاز کودی، عملکرد و محاسبه مقدار مناسب نیاز کودی، انجام آزمایشهای کودی متعددی ضرورت دارد. اما در این راه مشکلاتی وجود دارد. اولاً شدت کمبودها متغیر بوده و در نتیجه نیاز کودی گیاهان نیز به دلیل اقلیم، تنوع نوع خاک، شرایط فصل رشد، عملیات کشاورزی و همچنین نتایج تحقیقات که از یک منطقه تا منطقه دیگر و از سالی به سال دیگر متغیر می‌باشد، متفاوت خواهد بود. ثانیاً مسئله دیگر تعیین بازده اقتصادی کاربرد کودها می‌باشد که در واقع حداکثر بازدهی اقتصادی را برای کشاورز به همراه داشته باشد (Reid و همکاران، 2005). ثالثاً مصرف کودها نباید مسائل زیست محیطی از قبیل آلودگی آبهای زیرزمینی را در پی داشته باشند (Van Alphen و Stoorvogel، 2000).

متأسفانه فاکتورهایی که رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند، مانند شرایط جوی معمولاً غیرقابل اصلاح هستند، لذا تعیین میزان مناسب کود برای گیاهان فقط در حد تخمین برآورد می‌شود. داده‌های به دست آمده از مناطق مختلف نشان می‌دهد بهترین تخمین از داده‌هایی به دست می‌آید که بر اساس آمار و احتمالات آنالیز شده و با

وجود نداشته و فاصله بین تحقیقات و مولدین کشاورزی کماکان وجود خواهد داشت (بلالی و همکاران، 1379).

استفاده از برنامه‌های رایانه‌ای هوشمند در مدیریت تغذیه‌ای می‌تواند این امکان را برای کشاورزان و مروجان فراهم نماید تا به طور پیوسته و همزمان از تخصص‌های مختلف بهره‌گیرند. در واقع این قبیل مدلها انبوهی از تجربیات و دانش را در خود جای می‌دهند که هزینه انتقال آنها بسیار کم بوده و اختلاف طبقاتی اطلاعات کاهش داده شده است (Reid و همکاران، 2005). جمع‌آوری اطلاعات و تجربیات از دیگر مزایای این مدلها بوده تا آنجا که از آن بعنوان «موتور محرکه» تحقیقات یاد می‌شود. استفاده از نتایج تحقیقات گذشته، ارتباط فاکتورهای مؤثر در تولید از بخش‌های علمی مختلف، افزایش سرعت انتقال یافته‌های تحقیقاتی، جلوگیری از دوباره کاری و شفاف‌سازی سؤالات دقیق در سامانه، نیز از جمله مزایای دیگر این مدلها بوده که محققین را وادار به پاسخ می‌نماید. به بیان دیگر این مدلها به عنوان یک برنامه تحقیقاتی عمل نموده و مفهوم فرآوری داده‌ها و نهایتاً بهره‌برداری را محقق می‌نمایند (Reid و همکاران، 2005).

اگرچه تحقیقات در مورد خاک و آب در ایران سابقه‌ای 50 ساله دارد، ولی متأسفانه فقدان مدیریت اطلاعات، سبب گردیده که نتایج تحقیقات یا در زمانی لازم به دست استفاده‌کنندگان این اطلاعات که محققین، مروجین و زارعین می‌باشند، نرسد و یا آنکه تجمع یافته و نهایتاً موجب کاهش تأثیر آن در فرآیند تولید گردد. به هرحال استفاده از سامانه‌های خبره در کشور، در جهت هدفمند شدن تحقیقات و تسهیل در ترویج، امری ضروری به نظر می‌رسد. از طرف دیگر با توجه به محدودیت توسعه سطح زیرکشت، تهیه غذای کافی برای جمعیت سریعاً در حال افزایش کشور فقط در صورتی امکان پذیر خواهد بود که بازدهی محصولات کشاورزی در واحد سطح افزایش یابد. یکی از راههای حصول به این هدف، بالابردن سطح حاصلخیزی اراضی زیر کشت و استفاده بهینه از پتانسیل هر زمین برای تولید مناسب است (بای‌وردی و همکاران، 1379). اگر چه استفاده از کودهای شیمیایی به منظور ارتقاء سطح حاصلخیزی و تولید، از سالها پیش در سطح جهان و از حدود 50 سال پیش در ایران آغاز شده و از آن زمان تا به حال به طور روزافزونی گسترش یافته است، ولی ارائه توصیه‌های کودی در ایران غالباً بر اساس ارزیابی صحیح وضعیت حاصلخیزی خاک و با توجه به محدودیت‌های زمین، آب و اقلیم صورت نگرفته و در نتیجه اولاً افزایش عملکرد مورد انتظار حاصل نشده، ثانیاً تعادل عناصر غذایی در خاک برهم خورده و

توجه به آزمایشهای بلند مدت به دست آمده باشد (بلالی و همکاران، 1379).

2- تعیین مناسب ترین مقدار مصرف کود

بر اساس تعریف، مناسب ترین میزان مصرف کود، مقداری است که حداکثر بازده اقتصادی را داشته باشد. افزون بر این بایستی این میزان کود اثرات نامطلوب بر روی محیط زیست نداشته باشد. بر اساس این تعریف، اگر میزان کاربرد کود X و سود حاصله π باشد، ارتباط بین این دو به صورت معادله $\pi = f(X)$ در آمده و مناسب ترین میزان توصیه کودی از مشتق معادله فوق حاصل می شود. در نتیجه برای مقدار X ، حداکثر سود حاصل به دست می آید.

اگر ارتباط چندین عنصر غذایی با سود حاصله مد نظر باشد $\pi = f(N, P, \dots, S)$ ، مناسب ترین میزان برای N, P و به وسیله حل معادله $d\pi/dN = d\pi/dP = \dots$ خواهد بود (Mason و Brennan, 1998).

3- مدل سازی ارتباط کود و عملکرد

اثرات مدل روی نیاز کودی: ارتباط بین عملکرد و میزان کود توسط توابع کود - عملکرد که به وسیله فرمولهای ساده ریاضی نشان داده شده، مدل نامیده می شود. این توابع با استفاده از داده های مختلفی که از آزمایشها به دست می آید به صورت ریاضی ارتباط بین متغیرها را نشان می دهند. به عنوان مثال در تابع

$Y = b_0 + b_1 N^{0.5} + b_2 N + b_3 Lb$ ، قسمت اول معادله $b_0 + b_1 N^{0.5} + b_2 N$ اثر میزان مصرف نیتروژن روی عملکرد و قسمت دوم معادله $b_3 Lb$ اثرات محیط بر عملکرد را نشان می دهد. اگر اثرات دو عنصر غذایی N و P در عملکرد مطرح باشد، این معادله به صورت زیر خواهد بود:

$$Y = b_0 + b_1 N^{0.5} + b_2 P^{0.5} + b_3 (NP)^{0.5} + b_4 N + b_5 P + b_6 Lb + b_7 Qb$$

اما مشکلی که در این زمینه وجود دارد آن است که تئوری یا دانش پایه درباره این که کاربرد عناصر غذایی چگونه عملکرد را تحت تأثیر قرار می دهند، وجود ندارد تا بتوان بر اساس آن مدل ریاضی مشخصی را از قبل ارائه نمود (Colwell, 1994).

4- نرم افزارهای توصیه کودی

در این قسمت به نرم افزارهایی که توصیه کودی را برای محصولات مختلف ارائه می دهند، اشاره می شود.

الف - AFFIRM¹: بهینه سازی توصیه های کودی برای تولید محصول تحت تأثیر نوع خاک، گیاه، آب و هوا و فاکتورهای مدیریتی قرار می گیرد. اثرات متقابل این فاکتورها بسیار پیچیده است. هدف از تهیه این مدل، ایجاد یک سامانه هوشمند است که به استفاده کننده اجازه دهد بر اساس اصول اقتصادی نیاز کودی را ارزیابی نماید. این مدل بر اساس اطلاعاتی از جمله نوع محصول، شرایط آب و هوایی، مدیریت خاک، گیاه و آزمون خاک استوار است. علاوه بر این قیمت کود و پتانسیل عملکرد نیز به عنوان داده های ورودی مورد نیاز می باشند (Olsen, 2005).

ب- مدل نیتروژن: این مدل برای توصیه کودی برخی محصولات زراعی در شرایط آب و هوایی مشهد توسط یک تیم دانشگاهی در انگلستان طراحی گردیده است. (www.qpais.co.uk/nable/s-064816.htm)

ج - Cornell Cropware: این نرم افزار برای کمک به کشاورزان، متخصصان در زمینه مدیریت عناصر غذایی در دانشگاه کرنل طراحی گردیده است. در این نرم افزار از کلیدهای مختلفی استفاده شده است. با انتخاب هر کدام از این کلیدها، اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه نیاز کودی ذرت یا گیاهان علوفه ای دیگر وارد شده و در نهایت با انتخاب کلید Report، نتیجه محاسبات توسط نرم افزار ارائه می شود. در بین مدل هایی که در این قسمت بحث شد، این نرم افزار که فاکتورهای متعددی را برای محاسبه نیاز کودی، لازم دارد، جامع تر از همه آنها می باشد. مبنای محاسبات و معادلات مورد استفاده برای تهیه مدل در قسمت help آن موجود می باشد

(nmisp.css.cornell.edu/80ftwave/cropware.esp).

ورودیهای مدل عبارتند از نوع گیاه، زمان کاشت، زمانهای مصرف کود، قیمت، نوع و روش مصرف کود. همچنین خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک، پتانسیل عملکرد و اطلاعات مزرعه نیز وارد مدل می شوند. با انتخاب هر یک از کلیدهای مورد نظر می توان گزارش مربوطه را مشاهده نمود.

مواد و روشها

برای دستیابی به اهداف طرح که همانا انجام توصیه کودی بر اساس قدرت و توانمندی خاک در عرضه عناصر غذایی با توجه به میزان عملکرد مورد انتظار است، داده های زیادی مورد استفاده قرار گرفت. بر این اساس با استفاده از نتایج حاصل از اجرای طرحهای تحقیقاتی در مناطق مختلف، بانکهای اطلاعاتی حاصل از اطلاعات

پرمصرف، کم مصرف و آلی، اطلاعات مربوط به نوع رقم، تاریخ کاشت و میزان بذر و اطلاعات ورودی بر روی صفحه مانیتور ظاهر و به طور خودکار در بانک اطلاعاتی ذخیره می‌گردد، به طوری که می‌توان با انتخاب کلید چاپ آن را چاپ نمود. این برنامه با استفاده از نرم‌افزار Visual Basic به صورت الگوریتم تهیه گردیده است (شکل 1).

این برنامه بر روی هر کامپیوتر شخصی که دارای سیستم عامل ویندوز 98 (عربی) با فارسی‌ساز پارسا 99 با وضوح 600-800 باشد، قابل نصب و اجرا است. برای نصب برنامه ابتدا وارد شاخه حاوی فایل‌های راه‌انداز برنامه (Recom) شوید و سپس روی فایل Setup.exe دوبار کلیک کنید و پس از تعیین محل نصب برنامه (با پیش‌فرض شاخه Recom) توسط کاربر، برنامه را که در منوی Program ویندوز قرار گرفته، اجرا کنید. برای شروع، کلید شروع و برای خروج کلید خروج را انتخاب نمایید. با زدن کلید شروع، پنجره انتخاب نوع و نام محصول به نمایش در می‌آید. ابتدا نوع محصول (باغی یا زراعی) را انتخاب نموده و سپس از لیست مربوطه نام محصول را انتخاب کنید. مقادیر پیش فرض برای گزینه‌های بالا به ترتیب «محصولات زراعی» و «گندم» می‌باشند. پس از انتخاب نوع و نام محصول، فرم دریافت اطلاعات به نمایش در می‌آید. کلیه اطلاعات تجزیه خاک و آب، استان و شهرستان محل نمونه‌برداری، نوع کشت (دیم یا آبی) و همچنین برخی از فاکتورهای مدیریتی مؤثر در تخمین عملکرد محصول (پتانسیل تولید) در این فرم وارد می‌شوند. این برنامه داده‌های تجزیه خاک و آب را به عنوان اطلاعات ورودی دریافت کرده و پس از پردازش آنها بر اساس رهنمودهای ارائه شده در گزارش، مقدار کودهای شیمیایی پرمصرف، کم مصرف و آلی را محاسبه می‌کند و رهنمودهای مدیریتی لازم را نیز به همراه داده‌های تجزیه خاک و آب در فرم خروجی چاپ می‌نماید (فرمهای ظاهر شده در طول اجرای برنامه در شکل‌های 2 الی 5 ارائه شده است). با فشار کلید چاپ، پیش‌نمایش چاپ ظاهر می‌شود که در صورت تمایل می‌توانید با فشار دادن شمایل چاپگر در بالای صفحه، خروجی را به چاپگر بفرستید. در صورتی که تمایلی به چاپ فرم نداشته باشید می‌توانید با بستن پنجره پیش‌نمایش چاپ، به صفحه قبل بازگردید. کلیه اطلاعات ورودی و خروجی در بانک اطلاعاتی ذخیره خواهد شد که با فشار کلید بانک اطلاعاتی، می‌توانید به آن دسترسی پیدا کنید.

پرسشنامه‌های تکمیل شده توسط محققین و کارشناسان آشنا به مسائل کشاورزی سازمانهای کشاورزی استانها و با یاری گرفتن از مطالعات جهانی، برنامه توصیه کودی تهیه گردید (ملکوتی، 1375؛ فرشی و همکاران، 1376؛ خادمی و همکاران، 1378؛ مهاجر میلانی، 1378؛ مهاجر میلانی و همکاران، 1378؛ درودی و سیادت، 1378؛ ملکوتی و نفیسی، 1382). نتایج حاصل از اعمال تیمارهای مختلف کودی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر ریزمغذی مورد نیاز گندم) و تأثیر این تیمارها بر عملکرد گندم در طرحهای تحقیقاتی انجام شده در سالهای مختلف و در استانهای مختلف کشور جمع‌آوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و جداول توصیه کودی برای گندم تنظیم گردید. مهمترین فاکتورهای مؤثر بر تولید و حدود تغییرات این فاکتورها نیز مشخص شد. همچنین براساس نتایج حاصل از جمع‌بندی طرحهای تحقیقاتی گذشته و با اطلاعات حاصل از طرح پتانسیل‌سنجی¹ و نیز اطلاعات حاصل از پرسشنامه‌های ارسال شده به مناطق مختلف کشور حداکثر تولید در مناطق مختلف کشور تعیین و این مقدار به عنوان پتانسیل تولید منطقه در نظر گرفته شد. با بررسی نتایج و اطلاعات فوق‌الذکر و مطالعات جهانی مشخص گردید که مقدار و شوری آب آبیاری، مقدار کربنات کلسیم معادل، بافت و شوری خاک از مهمترین متغیرهای کنترل کننده سطح تولید محصول می‌باشند. تأثیر هر یک از متغیرهای فوق بر عملکرد محصول، پتانسیل تولید آن خاک را برآورد می‌نماید. برای ارائه توصیه کودی ضروری است ابتدا پتانسیل تولید مزرعه مشخص گردد. پس از تعیین پتانسیل تولید خاک مورد نظر و غلظت عناصر غذایی، با استفاده از جداول مربوط به هر عنصر غذایی، میزان کود مورد نیاز برای گندم و تحت شرایط مزرعه تعیین می‌گردد. با وارد نمودن نتایج تجزیه نمونه‌های خاک و آب، نام استان و شهر مورد نظر و در نهایت انتخاب کلید «تأیید» توصیه کودهای

۱- در طرح پتانسیل‌سنجی، کشاورزانی که تمایل به همکاری علمی با مراکز تحقیقاتی و سازمانهای کشاورزی داشتند، توسط محققان و کارشناسان مدیریت‌های کشاورزی شناسایی و انتخاب می‌شدند. مدیریت‌های کشاورزی با پرداخت تمام و یا قسمتی از هزینه‌های تجزیه خاک نامبردگان و در اختیار گذاشتن حواله دریافت کود مورد نیاز، توصیه‌های فنی لازم برای کشت گندم را ارائه و در طول دوره رشد از مزارع مزبور بازدید می‌نمودند و نهایتاً به هنگام برداشت محصول، با حضور در مزرعه، برداشت و توزین محصول قسمتی از مزرعه که دقیقاً مساحی شده بود، عملکرد هکتاری آن را تعیین و گزارش می‌نمودند.

نتایج و بحث

۱- برآورد پتانسیل تولید

برای محاسبه میزان نیتروژن مورد نیاز گندم، پس از برآورد پتانسیل تولید مزرعه با داشتن درصد کربن آلی خاک، ردیف متناسب انتخاب و براساس عملکرد مورد انتظار از ستونهای سمت راست انتخاب می‌شود. از تقاطع سطر و ستون انتخاب شده، مقدار نیاز خاک این مزرعه به کود نیتروژنه مشخص می‌گردد. برای سهولت کار، جدول سه برای کود اوره تنظیم شده است (می‌توان به کمک روابط ذکر شده در زیر جدول 3، مقدار سایر کودهای نیتروژنه را نیز محاسبه نمود). برآورد اوره مورد نیاز گندم برای اقلیم معتدل سرد در جدول 3 گنجانده شده است.

۳- محاسبه فسفر و پتاسیم مورد نیاز گندم

برای محاسبه فسفر و پتاسیم مورد نیاز گندم، پس از برآورد پتانسیل تولید در مزرعه و با علم به میزان فسفر و پتاسیم قابل جذب در خاک از متن جداول 4 و 5 مطابق آنچه در مورد نیتروژن بیان گردید، میزان کودهای فسفاته و پتاسیمی مورد نیاز گندم برآورد می‌گردد. برای سهولت کار، جدولهای 4 و 5 به جای فسفر و پتاسیم، برای سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم تنظیم گردیده است. لازم به ذکر است که در استفاده از برنامه کامپیوتری، دامنه وسیعی از غلظت عناصر غذایی موجود در خاک و پتانسیل تولید هر مزرعه مورد توجه قرار می‌گیرد، در حالیکه در روشهای رایج آزمون خاک، دامنه غلظت عناصر غذایی موجود در خاک محدود بوده و فقط برای تولید پتانسیل گیاه، توصیه کودی صورت می‌گیرد.

۴- محاسبه عناصر کم مصرف (ریزمغذی) مورد نیاز گندم

برای محاسبه عناصر کم مصرف (ریزمغذی) مورد نیاز گندم، از حدود بحرانی این عناصر در استانهای مختلف کشور استفاده گردید (الفتی و همکاران، 1378؛ بلالی و همکاران، 1378). با توجه به اینکه اطلاعات حاصل از اعمال تیمارهای مختلف کودهای ریزمغذی در خاکهای مختلف کشور برای تهیه جداول توصیه کودی عناصر ریزمغذی و برای عملکردهای مختلف گندم کفایت نمی‌کرد، لذا جداول براساس حدود بحرانی این عناصر تنظیم گردید. بدین ترتیب در صورتی که براساس نتایج تجزیه نمونه‌های خاک، غلظت این عناصر پایین تر از حد بحرانی نشان داده شود، کودهای محتوی عناصر ریزمغذی مصرف می‌گردد. هر چند مقدار مورد نیاز هر یک از این عناصر با توجه به غلظت آنها در خاک برای استانهای کشور تا حدودی تعیین شده است ولیکن بهتر است از جدول 6 برای برآورد کودهای ریزمغذی شود.

جمع بندی

سرعت جستجو و دسترسی به اطلاعات، یکی از نیازهای لاینفک پیشرفت در هر یک از شاخصهای

از آنجا که برای ارائه توصیه کودی گندم ضروری بود ابتدا پتانسیل تولید مزرعه مشخص گردد، لذا تأثیر تعداد دفعات آب آبیاری، شوری آب آبیاری، درصد کربنات کلسیم، شوری و بافت خاک بر عملکرد مورد انتظار گندم استخراج و در جدول 1 گنجانده شد. با استفاده از نتایج اندازه‌گیریها در خاک و تعداد دفعات آب آبیاری با کمک این جدول، ردیف مربوط به هر ستون تعیین و بنابراین میزان عملکرد مورد انتظار با توجه به هر فاکتور مستقلاً تعیین گردید. در نهایت پایین ترین عملکرد حاصل از ارقام قرار داده شده در جدول 1 به عنوان پتانسیل تولید در نظر گرفته شد. برای مثال در صورتی که میزان شوری خاک و شوری آب، کربنات کلسیم معادل و بافت خاک مزرعه‌ای به ترتیب معادل 8/2، 3/5 دسی‌زیمنس بر متر، 41 درصد و لومی (L) باشد، پتانسیل تولید مزرعه به ترتیب معادل 5/5، 6/5، 4/5 و 7/0 تن در هکتار خواهد شد که با در نظر گرفتن محدود کننده ترین عامل که در این مثال کربنات کلسیم است (چون پائین ترین حد تولید را نشان می‌دهد)، تولید 4/5 تن در هکتار به عنوان پتانسیل تولید مزرعه در نظر گرفته شده و توصیه کودی برمبنای آن صورت می‌گیرد. در این رابطه اثر شوری خاک و آب بر کاهش عملکرد دانه گندم و تعداد دیگر از محصولات زراعی در جدول 2 ارائه شده است (همایی، 1381؛ Ayers و Westcot، 1985؛ Rhoades و همکاران، 1992). شوری خاک ارتباط مستقیم با شوری آب آبیاری و وضعیت زهکشی اراضی (نفوذ آب در خاک) دارد. به عبارت دیگر شوری آب آبیاری می‌تواند شوری خاک را به طور مستقیم تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین در جدول 1 شوری آب ملحوظ شده است.

این برنامه برای شوری آب بیشتر از 15 و یا شوری خاک بیش از 22، به کاربر یادآوری می‌نماید که ابتدا بایستی خاک را اصلاح نموده و سپس نمونه خاک تهیه و توصیه کود گردد. ضمن اینکه برنامه، مقدار تقریبی آب مورد نیاز برای اصلاح خاک را نیز پیشنهاد می‌دهد.

2- محاسبه نیتروژن مورد نیاز گندم

نیتروژن مورد نیاز گندم برای کشت در اقلیم معتدل سرد، گرم و اقلیم سواحل دریای خزر به طور جداگانه در جداولی برآورد شده است که در اینجا فقط به اقلیم معتدل سرد اکتفا شده است¹.

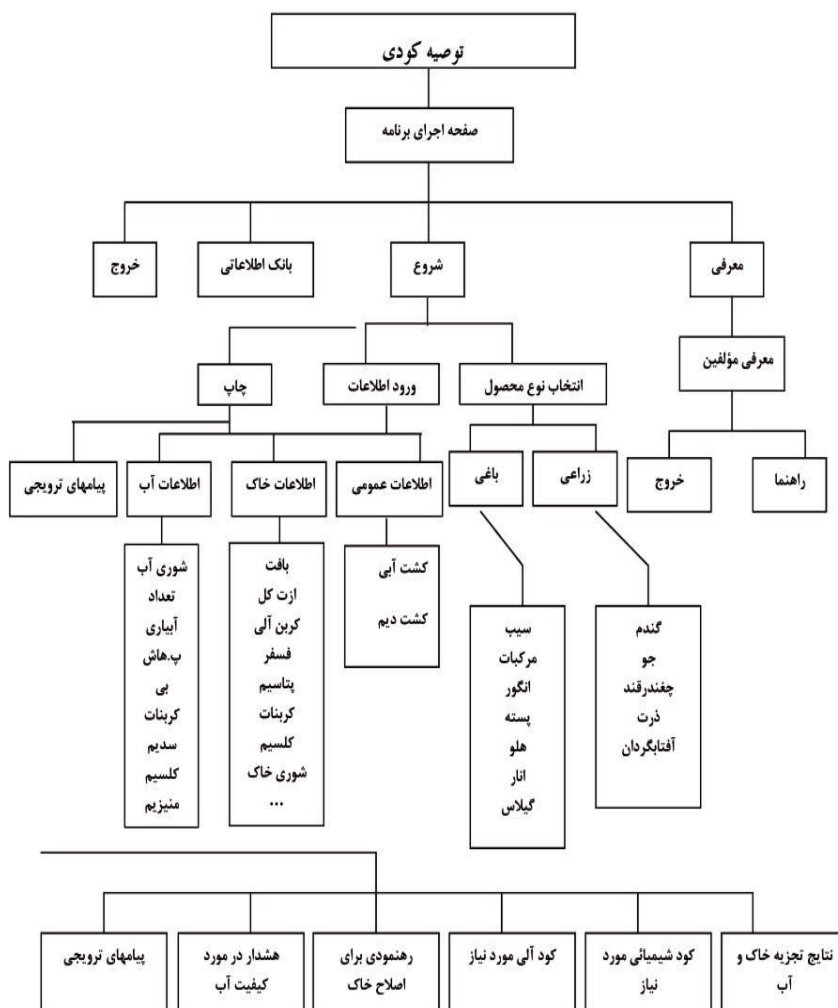
1- برای دستیابی به لوح فشرده مربوط به سایر اقلیم به موسسه تحقیقات خاک و آب مراجعه شود.

اساس جمع‌بندی نتایج تحقیقات و بررسیهای انجام گرفته تا این مقطع بوده است. امید است محققین محترم با ادامه تحقیقات در زمینه‌های مختلف برآورد پتانسیل تولید و توصیه‌های کودی به اصلاح و بهینه‌سازی برنامه مذکور کمک نمایند.

سپاسگزاری

بدینوسیله از شورای پژوهشهای علمی کشور - سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی به خاطر فراهم نمودن امکان این تحقیق، از آقای مهندس کریم شهبازی به خاطر تدوین برنامه کامپیوتری، محققین محترم در مراکز تحقیقات کشاورزی کشور به خاطر تکمیل و ارسال اطلاعات و سرکاران خانم‌ها اسدزاده و شامی به خاطر تایپ و تنظیم مقاله حاضر تشکر می‌نماید.

علوم می‌باشد. نرم‌افزار برنامه توصیه کودی گندم در برگیرنده کلیه جداول و محاسبات مورد نیاز است. این مدل شامل راهنما، دریافت اطلاعات ورودی، پردازش و ذخیره اطلاعات می‌باشد. این برنامه داده‌های تجزیه خاک و آب را به عنوان اطلاعات ورودی دریافت نموده و پس از پردازش آنها براساس رهنمودهای ارائه شده، مقدار کودهای مورد نیاز را برآورد می‌نماید. علاوه بر آن، این برنامه رهنمودهایی برای اصلاح خاکها و هشدارهایی در مورد کیفیت آب آبیاری ارائه و در فرم خروجی چاپ می‌کند. همچنین در فرم خروجی مناسب‌ترین رقم، مقدار بذر و تاریخ کشت توصیه می‌گردد. در قسمت راهنمای این نرم‌افزار نحوه نصب نرم‌افزار و سخت‌افزارهای مورد نیاز و همچنین طریقه استفاده گام به گام از آن ارائه شده است. لازم به ذکر است برآوردها و توصیه‌های برنامه بر



خروجی
دستگاه

شکل 1- فلوجارت برنامه توصیه کودی

جدول 1- درجه بندی فاکتورهای مؤثر در برآورد پتانسیل تولید گندم

عملکرد گندم (تن در هکتار)	بافت ³	کربنات کلسیم معادل خاک (%)	شوری خاک ² (dS.m ⁻¹)	شوری آب آبیاری (DS.m ⁻¹)	تعداد آب آبیاری ¹
	CL				
	CL				
	CL				
	CL				
	Si,SiL,SiCL				
	Si,SiL,SiCL				
	L,SC				
	L,SC				
	L,SC				
	L,SC,C				
10/0	L,SC,C	<10	<1/5	<1/0	8
9/5	L,SC,C	<10	<1/5	<1/0	8
9/0	SCL,SiC	<10	<1/5	<1/0	8
8/5	SCL,SiC	<10	1/5	1/0	8
8/0	SCL,SiC	10-20	2/3	1/5	8
7/5	SCL,SiC	10-20	3/0	2/0	8
7/0	SL,LfS	21-30	3/7	2/5	7
7/0	SL,LfS	21-30	4/5	3/0	7
6/5	SL,LfS	21-30	5/2	3/5	6
6/5	SL,LfS	21-30	6/0	4/0	6
6/0	SL,LfS	21-30	6/7	4/5	6
6/0	SL,LfS	21-30	7/5	5/0	6
5/5	LS,S,LcS,SiCm,C	31-40	8/2	5/5	5
5/5	m	31-40	9/0	6/0	5
5/0	LS,S,LcS,SiCm,C	31-40	9/7	6/5	5
5/0	m	31-40	10/5	7/0	5
4/5	LS,S,LcS,SiCm,C	41-60	11/2	7/5	4
4/5	m	41-60	12/0	8/0	4
4/5	LS,S,LcS,SiCm,C	41-60	12/7	8/5	4
4/0	m	41-60	13/5	9/0	4
4/0	LS,S,LcS,SiCm,C	41-60	14/2	9/5	4
4/0	m	41-60	15/0	10/0	4
3/5	LS,S,LcS,SiCm,C	>60	15/7	10/5	4
3/5	m	>60	16/5	11/0	4
3/5	LS,S,LcS,SiCm,C	>60	17/2	11/5	4
3/5	m	>60	18/0	12/0	4
3/0	LS,S,LcS,SiCm,C	>60	18/7	12/5	3
3/0	m	>60	19/5	13/0	3
3/0	LS,S,LcS,SiCm,C	>60	20/2	13/5	3
3/0	m	>60	21/0	14/0	3
3/0	LS,S,LcS,SiCm,C	>60	21/7	14/5	3
3/0	m	>60	22/2	15/0	3

(۱) تعداد دفعات آب آبیاری برای مناطق کم باران تنظیم شده است

(۲) شوری خاک همان شوری واقعی خاک است یعنی شوری که با آب آبیاری به تعادل رسیده باشد. بنابراین با اطلاع از موضوع به تعادل رسیدن

آب و خاک، شوری اندازه گیری شده از نمونه های خاک، شوری واقعی خاک خواهد بود.

لوم رسی سیلتی = SiCL	رس سیلتی = SiC	لوم سیلتی = SiL	(3)
لوم رسی شنی = SCL	رس شنی = SC	لوم شنی = SL	
C = رسی	سیلتی = Si	شنی = S	
Cm = رسی متراکم	رس سیلتی متراکم = SiCm	لومی = L	
خاکی با کمتر از 60% رس = C<60%		شن ریز = fS	
خاکی با بیشتر از 60% رس = C>60%		شن درشت = CS	

جدول 2- مقدار درصد کاهش نسبی محصول گندم، جو، ذرت، چغندر قند و سیب زمینی به ازاء شوری خاک و آب
کاهش نسبی محصول (درصد)

شیب کاهش (درصد)	کاهش نسبی محصول (درصد)										محصول
	100		50		25		10		0		
	آب	خاک	آب	خاک	آب	خاک	آب	خاک	آب	خاک	
7/1	13	20	8/1	13	6/3	9/5	4/9	1/5	<4	<6*	گندم
5	18	27	12	17	8/4	13	6/7	10	<5/3	<8*	جو
12	6/1	10	3/9	5/9	2/5	3/8	1/1	2/5	1/1	1/1	ذرت دانه ای
12	10	15	5/1	8/6	3/5	5/2	2/1	3/2	1/2	1/8	ذرت علوفه ای
5/9	16	24	10	15	7/5	11	5/8	9/5	<4/7	<7*	چغندر قند
2/5	6/1	10/0	3/9	5/9	2/5	13/8	1/1	2/5	<1/1	<1/1*	سیب زمینی
5/2	18/0	2/1/0	12/0	1/1/0	8/4	13/0	6/4	9/6	<5/1	<1/1*	پنبه
هنوز مشخص نشده است	>8	>12	8	12	6	9	2/7	4	<1/3	<2*	آفتابگردان

*شوری خاک و آب برحسب دسی زمینس بر متر (dS.m⁻¹) است. اقتباس از Rhoades و همکاران (1992) و Ayers و Westcot (1985)

جدول 3- برآورد اوره مورد نیاز گندم برحسب کیلوگرم در هکتار در اقلیم معتدل سرد

کربن آلی خاک (درصد)	عملکرد دانه (تن در هکتار)														
	3	3/5	4	4/5	5	5/5	6	6/5	7	7/5	8	8/5	9	9/5	10
0/10	320	350	380	410	440	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450
0/15	300	330	360	390	420	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450
0/25	260	290	320	350	380	410	440	450	450	450	450	450	450	450	450
0/30	240	270	300	330	360	390	420	450	450	450	450	450	450	450	450
0/40	200	230	260	290	320	350	380	410	440	450	450	450	450	450	450
0/45	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	450	450	450	450	450
0/55	140	170	200	230	260	290	320	350	380	410	440	450	450	450	450
0/60	140	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	450	450	450
0/70	140	140	140	170	200	230	260	290	320	350	380	410	440	450	450
0/75	140	140	140	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	450
0/85	140	140	140	140	140	170	200	230	260	290	320	350	380	410	440
0/90	140	140	140	140	140	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420
1/05	140	140	140	140	140	140	140	150	180	210	240	270	300	330	360
1/10	140	140	140	140	140	140	140	140	160	190	220	250	280	310	340
1/25	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	160	190	220	250	280
1/30	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	170	200	230	260
1/35	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	150	180	210	240
1/45	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	170	200
1/50 و بیشتر	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	150	180

- مقدار کود بر حسب سولفات آمونیوم = $2/2 \times$ مقدار کود اوره به دست آمده از جدول فوق.

- مقدار کود بر حسب نیترات آمونیوم = $1/5 \times$ مقدار کود اوره به دست آمده از جدول فوق.

جدول 4- برآورد سوپر فسفات تریپل مورد نیاز گندم بر حسب کیلوگرم در هکتار در اقلیم معتدل سرد

فسفر قابل استخراج به روش اولسن (میلی گرم در کیلوگرم)	عملکرد دانه (تن در هکتار)														
	۳	۳/۵	۴	۴/۵	۵	۵/۵	۶	۶/۵	۷	۷/۵	۸	۸/۵	۹	۹/۵	۱۰
۱	۱۸۰	۱۹۵	۲۱۰	۲۲۵	۲۴۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰
۲	۱۶۰	۱۷۵	۱۹۰	۲۰۵	۲۲۰	۲۳۵	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰
۳	۱۴۰	۱۵۵	۱۷۰	۱۸۵	۲۰۰	۲۱۵	۲۳۰	۲۳۵	۲۴۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰
۴	۱۲۰	۱۳۵	۱۵۰	۱۶۵	۱۸۰	۱۹۵	۲۱۰	۲۲۵	۲۴۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰
۵	۱۰۰	۱۱۵	۱۳۰	۱۴۵	۱۶۰	۱۷۵	۱۹۰	۲۰۵	۲۲۰	۲۳۵	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰
۶	۸۰	۹۵	۱۱۰	۱۲۵	۱۴۰	۱۵۵	۱۷۰	۱۸۵	۲۰۰	۲۱۵	۲۳۰	۲۴۵	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰
۷	۶۰	۷۵	۹۰	۱۰۵	۱۲۰	۱۳۵	۱۵۰	۱۶۵	۱۸۰	۱۹۵	۲۱۰	۲۲۵	۲۴۰	۲۵۰	۲۵۰
۸	۴۰	۵۵	۷۰	۸۵	۱۰۰	۱۱۵	۱۳۵	۱۴۵	۱۶۰	۱۷۵	۱۹۰	۲۰۵	۲۳۰	۲۳۵	۲۵۰
۹	۲۰	۲۵	۵۰	۶۵	۸۰	۹۵	۱۱۰	۱۲۵	۱۴۰	۱۵۵	۱۷۰	۱۸۵	۲۰۰	۲۱۵	۲۳۰
۱۰	۲۰	۲۰	۳۰	۴۵	۶۰	۷۵	۹۰	۱۰۵	۱۲۰	۱۳۵	۱۵۰	۱۶۵	۱۸۰	۱۹۵	۲۱۰
۱۱	۲۰	۲۰	۲۰	۲۵	۴۰	۵۵	۷۰	۸۵	۱۰۰	۱۱۵	۱۳۰	۱۴۵	۱۶۰	۱۷۵	۱۹۰
۱۲	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۳۵	۵۰	۶۵	۸۰	۹۵	۱۱۰	۱۲۵	۱۴۰	۱۵۵	۱۷۰
۱۳	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۳۰	۴۵	۶۰	۷۵	۹۰	۱۰۵	۱۲۰	۱۳۵	۱۵۰
۱۴	.	.	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۵	۴۰	۵۵	۷۰	۸۵	۱۰۰	۱۱۵	۱۳۰
۱۵	.	.	.	.	.	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۳۵	۵۰	۶۵	۸۰	۹۵	۱۱۰
>=۱۶	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

- مقدار کود دی آمونیوم فسفات = مقدار کود سوپر فسفات تریپل به دست آمده از جدول فوق.

- مقدار کود بر حسب سوپر فسفات ساده = $۲/۸۸ \times$ مقدار کود سوپر فسفات تریپل به دست آمده از جدول فوق.

جدول 5- برآورد سولفات پتاسیم مورد نیاز گندم بر حسب کیلوگرم در هکتار در اقلیم معتدل سرد

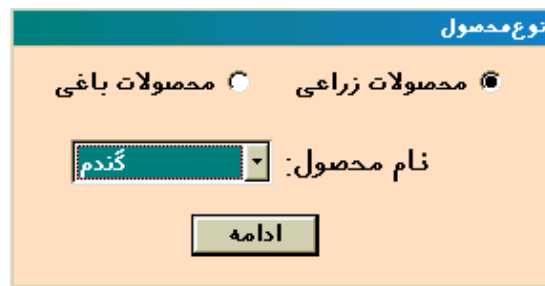
پتاسیم قابل استفاده خاک (میلی گرم در کیلوگرم)	عملکرد دانه (تن در هکتار)															
	3/0	3/5	4/0	4/5	5/0	5/5	6/0	6/5	7/0	7/5	8/0	8/5	9/0	9/5	10/0	
<80	295	305	315	325	335	345	355	365	375	385	395	405	415	425	435	
80	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	410	420	
90	265	275	285	295	305	315	325	335	345	355	365	375	385	395	405	
100	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	
110	235	245	255	265	275	285	295	305	315	325	335	345	355	365	375	
120	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	
130	205	215	225	235	245	255	265	275	285	295	305	315	325	335	345	
140	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	
150	175	185	195	205	215	225	235	245	255	260	275	285	295	305	315	
160	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	
170	145	155	165	175	185	195	205	215	225	235	245	255	265	275	285	
180	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	
190	115	125	135	145	155	165	175	185	195	205	215	225	235	245	255	
200	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	
210	85	95	105	115	125	135	145	155	165	175	185	195	205	215	225	
220	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	
230	55	65	75	85	95	105	115	125	135	145	155	165	175	185	195	
240	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	
250	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125	135	145	155	165	
260	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	
270	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125	135	
280	0	0	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
290	0	0	0	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	
300	0	0	0	0	0	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
> 300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

- مقدار کود بر حسب کلرید پتاسیم = $1/2 \times$ مقدار کود سولفات پتاسیم به دست آمده از جدول فوق.

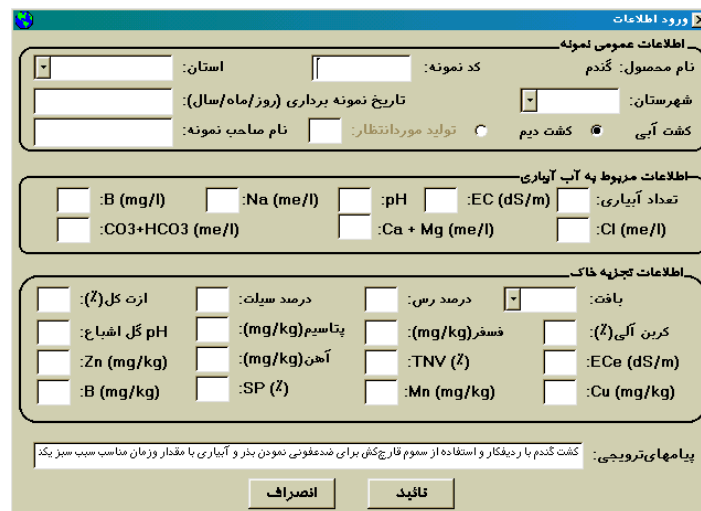
جدول 6- برآورد مقدار سولفات روی، سولفات مس و سولفات منگنز مورد نیاز گندم بر حسب (کیلوگرم در هکتار) غلظت عنصر (روی، مس و منگنز) در خاک (میلی گرم در کیلوگرم)

بزرگتر و مساوی ۷	۶	۵	۴	۳	۰/۹-۰/۲	۰/۷-۰/۹	۰/۵-۰/۷	۰/۳-۰/۵	۰/۱-۰/۳	کمتر از ۰/۱	عنصر
*	*	*	*	*	*	*	۱۵	۲۵	۳۰	۳۲	روی
*	*	*	*	*	*	*	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	مس
*	*	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۴۵	*	*	*	*	منگنز

*خطر مسمومیت به خاطر زیادی عنصر



شکل 2- فرم انتخاب نوع و نام محصول



شکل 3- صفحه ورود اطلاعات

مشاهده نتایج

کد نمونه	TNV: ۸	نام زارع	آهن: ۰
استان	آذربایجان شرقی	شهر	منگنز: ۰
تعداد آب	آذرشهر	بافت	روی: ۰
بافت	۱۰	یتاسیم	مس: ۰
یتاسیم	C	فسفر	پور: ۰
فسفر	۱۵	ازت کل	EC خاک: ۵
ازت کل	۵	درصد سیلت	pH خاک: ۰
درصد سیلت	۰.۰۲	درصد رمل	کربن آلی: ۲
درصد رمل	۰		

نتایج محاسبه شده

یتانسیل تولید	۲	سولفات روی	۰
اوره	۲۵۰	سولفات آهن	۰
سوپرفسفات	۱۱۵	سولفات منگنز	۰
سولفات یتاسیم	۳۰۵	سولفات مس	۰
کود آلی	۰	اسید بوریک	۰

Record: 1

انصراف چاپ حذف ذخیره و خروج

شکل 4- صفحه مشاهده نتایج

بسمه تعالی

مؤسسه تحقیقات خاک و آب

مدل جامع کامپیوتری توصیه کودهای شیمیایی و آلی برای گندم

کد نمونه: تاریخ نمونه برداری: نام صاحب نمونه: تعداد آبیاری: 10 استان: آذربایجان شرقی شهرستان: آذرشهر

نتایج تجزیه آب آبیاری

شوری آب: dSm 25.00	کلسیم و منیزیم آب: meL	کربنات و بی کربنات: meL
اسیدیته آب:	کلر آب: meL	SAR:
سدیم آب: meL	بر آب: meL	RSC: meL

نتایج تجزیه خاک

کربن آلی: % 3.00	آهن: mg/Kg	بافت: C
ازت کل: % 0.020	روی: mg/Kg	رس: %
فسفر: % 3.0	مس: mg/Kg	سیلت: %
یتاسیم: % 18	منگنز: mg/Kg	شن: %
درصد اشباع: %	شوری خاک: dSm 5.00	پور: mg/Kg
کربنات کلسیم: % 8.00		

توصیه های کودی و مدیریتی

اوره: Kg/ha 250	سولفات آهن: Kg/ha
سوپرفسفات تریپل: Kg/ha 118	سولفات منگنز: Kg/ha
سولفات یتاسیم: Kg/ha 308	سولفات مس: Kg/ha
سولفات روی: Kg/ha	کود دامی: Ton/ha
میزان بذری: 180-200	اسید بوریک: Kg/ha

میزان کود در مکتا
 رقم مورد توصیه: بزوستیا MV17، زوزن،
 توصیه برای اصلاح شوری خاک: نیاز به آبیاری ندارد
 نمودار در مورد کیفیت آب آبیاری:

ملاحظات:

شکل 5- صفحه پیش نمایش چاپ

فهرست منابع:

1. الفتی، منصور، محمدجعفر ملکوتی و محمدرضا بلالی. 1378. تعیین حد بحرانی پتاسیم برای محصول گندم در ایران. مجله خاک و آب، جلد 12 شماره 6 (ویژه نامه گندم)، صفحات 46 الی 53. تهران، ایران.
2. بای‌بوردی، محمد، محمدجعفر ملکوتی، هرمز امیرمکری و مهدی نفیسی. 1379. تولید و مصرف بهینه کود شیمیایی در راستای اهداف کشاورزی پایدار. معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، وزارت کشاورزی. کرج، ایران.
3. بلالی، محمدرضا، محمدجعفر ملکوتی، حمیدحسین مشایخی و زهرا خادمی. 1378. اثر عناصر ریزمغذی در افزایش عملکرد و تعیین حد بحرانی آنها در خاکهای تحت کشت گندم آبی ایران. مجله خاک و آب، جلد 12 شماره 6 (ویژه نامه گندم)، صفحات 111 الی 119. تهران، ایران.
4. بلالی، محمدرضا، پرویز مهاجر میلانی، زهرا خادمی، محمدسعید درودی، حمید حسین مشایخی و محمدجعفر ملکوتی. 1379. مدل جامع کامپیوتری توصیه کودهای شیمیایی در راستای تولیدات کشاورزی پایدار. گندم. نشریه بدون شماره. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران، ایران.
5. حوزه معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی وزارت جهاد کشاورزی. دفتر آمار و فن‌آوری اطلاعات. 1383. آمارنامه کشاورزی. جلد اول: محصولات زراعی و باغی، سال زراعی 82-1381. پست الکترونیک Info@agri-jahad-org. صفحه اینترنتی <http://www.maj.ir>. تهران، ایران.
6. خادمی، زهرا، محمدجعفر ملکوتی و محمدآقا لطف الهی. 1378. مدیریت بهینه نیتروژن در مزرعه گندم به منظور افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول. مجله خاک و آب جلد 12 شماره 6 (ویژه نامه گندم). صفحات 1 الی 6. تهران، ایران.
7. درودی، محمد سعید و حمید سیادت. 1378. تأثیر شوری آب آبیاری، کودهای سولفات پتاسیم و اوره بر عملکرد و غلظت عناصر غذایی در گندم. مجله خاک و آب، جلد 12 شماره 6 (ویژه نامه گندم). صفحات 197 الی 208. تهران، ایران.
8. فرشی علی‌اصغر، محمدرضا شریعتی، مهدی شهابی فر و مسعود تولایی. 1376. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور. انتشارات نشر آموزش کشاورزی وزارت کشاورزی، کرج، ایران.
9. ملکوتی، محمدجعفر. 1375. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران، نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران.
10. ملکوتی محمدجعفر و مهدی نفیسی. 1382. روشهای برآورد نیاز کودی کشور، نشریه فنی شماره 326، نشر آموزش کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی، کرج، ایران.
11. مهاجر میلانی، پرویز. 1378. تأثیر آب بسیار شور و کودهای نیتروژنه، فسفره و پتاسیمی بر روی عملکرد گندم. نشریه شماره 1071. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران، ایران.
12. مهاجر میلانی، پرویز، رضا وکیل و سعید سعادت. 1378. تغذیه گندم در شرایط شور استان قم. مجله خاک و آب، جلد 12 شماره 6 (ویژه نامه گندم). صفحات 187 الی 196. تهران، ایران.
13. همایی، مهدی. 1381. واکنش گیاهان به شوری. کمیته ملی آبیاری و زهشکی ایران. شماره انتشار 58. تهران، ایران.
14. Ayers, R. S. and D. W. Westcot. 1985. Water quality for agriculture, FAO. Irrigation and Drainage Paper No. 29. Rome, Italy.

15. Colwell, J. D. 1994. Estimating fertilizer requirements. CAB International Wallingford Oxford, UK.
16. Mason, M. G. and R. F. Brennan. 1998. Comparison of growth response on nitrogen uptake by canola and wheat following application of nitrogen fertilizer. Agriculture Western Australia, Albany Regional Office Australia.
17. Olsen, E. 2005. Alberta farm fertilizer information and recommendation manager. Alberta Agriculture, Food and Rural Development. Environmental Practice Unit. Technical Service Division, Canada.
18. Reid, J. B., T. J. Van Der Weerden and M. W. Willimott. 2005. Software providing an economic basis for fertilizer recommendations for root and tuber crops. International Symposium on Root and Tuber Crops. Netherlands.
19. Rhoades, J. D., A. Kandiah and A. M. Mashali. 1992. The use of saline waters for crop production. FAO. Irrigation and Drainage Paper No. 48. Rome, Italy.
20. Van Alphen, B. J. and J. J. Stoorvogel. 2000. A methodology for precision nitrogen fertilization in high-input farming systems. Precision Agriculture. 2: 319-332