

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات برنج کشور

گوگرد، عنصری تاثیرگذار بر گیاه برنج

نگارنده:

دکتر شهرام محمود سلطانی

عضو هیات علمی موسسه تحقیقات برنج کشور

بهار ۱۴۰۰

نشریه‌ی شماره‌ی ۵۵

حق چاپ برای موسسه‌ی تحقیقات برنج کشور محفوظ است.

انتشارات موسسه تحقیقات برنج کشور

عنوان نشریه: گوگرد، عنصری تاثیرگذار بر گیاه برنج

نگارنده: شهرام محمودسلطانی

ناشر: انتشارات موسسه تحقیقات برنج کشور

ویراستاران علمی: حمیدرضا ذبیحی، صاحب سودایی، حسن شکری، عباس شهدی، شهریار بابازاده

ویراستار ادبی: مهدی جلائیان

صفحه آرای: شهربانو حمیدزاده و فاطمه فرح‌دهر

طراحی جلد: محمدرضا عابدینی

چاپ اول: ۱۴۰۰

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۸۰۰۰ تومان

شماره‌ی ثبت: ثبت در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی به شماره‌ی ۵۹۵۱۶ و تاریخ ۱۴۰۰/۲/۱۸ می‌باشد.

نشانی: رشت، کیلومتر ۵ جاده تهران، موسسه تحقیقات برنج کشور، صندوق پستی: ۱۶۵۸، کد پستی: ۴۱۹۹۶-۱۳۴۷۵

تلفن: ۰۱۳۳۳۶۹۰۰۵۲، دورنگار: ۰۱۳۳۳۶۹۰۰۵۱، وبسایت: <http://berenj.areeo.ac.ir>

مسئولیت صحت مطالب با نویسنده است.

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
۳	۱- پیش‌گفتار
۳	۲- مقدمه
۴	۳- منابع طبیعی گوگرد
۴	۳-۱- خاک
۴	۳-۲- آب آبیاری
۵	۳-۳- گوگرد موجود در هوا و رسوبات اتمسفری
۵	۴- مطالعات انجام شده
۷	۵- عوامل موثر در بروز کمبود گوگرد اراضی شالیزاری (برادی و همکاران، ۲۰۱۶)
۸	۶- نشانه‌های کمبود گوگرد در گیاه برنج
۹	۷- چگونه نشانه‌های کمبود گوگرد را ارزیابی کنیم
۱۰	۸- حد بحرانی گوگرد و میزان بحرانی نسبت نیتروژن به گوگرد (N/S) در مراحل مختلف رشد
۱۱	۹- توصیه‌هایی برای مقابله با کمبود گوگرد
۱۱	۹-۱- روش‌های شناسایی کمبود
۱۱	۱۰- اصول مدیریت زراعی
۱۱	۱۰-۱- تولید نشاء
۱۲	۱۱- مزرعه
۱۳	۱۲- بهترین زمان مصرف کودهای گوگردی برای برنج
۱۴	۱۳- کنترل سمیت ناشی از گوگرد
۱۵	۱۴- مدیریت کاهش اثرات سمیت سولفید
۱۶	منابع

۱- پیش‌گفتار

برنج (*Oryza sativa* L.) غذای اصلی نزدیک به سه میلیارد نفر از جمعیت جهان، به‌ویژه در کشورهای آسیایی و آفریقایی است که در آنها بیش از ۹۰ درصد برنج تولیدی، توسط ساکنان‌شان مصرف می‌شود (آلوی، ۲۰۰۹؛ فائو، ۲۰۱۸). برنج ۲۱ درصد از انرژی و ۱۵ درصد از پروتئین مورد نیاز جمعیت‌های انسانی در کشورهای برنج‌خیز جهان را تامین می‌کند (فائو، ۲۰۱۳). با توجه به روند رو به‌افزایش جمعیت جهان، طبق آمارهای سازمان خواربار جهانی (فائو) تا سال ۲۰۲۵ به ۷۶۰ میلیون تن شلتوک نیاز خواهد بود تا بتوان پاسخگوی روند رو به رشد تقاضای جمعیت جهان به این منبع مهم غذایی بود. این درحالی است که بیشتر اراضی شالیزاری موجود هم اکنون زیر کشت قرار داشته و امکان افزایش سطح آن‌ها وجود نداشته و یا بسیار ناچیز است (فائو، ۲۰۱۸).

در طول پنج دهه گذشته عملکرد برنج دو جهش بزرگ (پیشرفت‌های ژنتیکی و به‌زراعی) داشته است که طی آن میزان عملکرد دانه برنج بیش از سه برابر افزایش یافته است (خوشگفتارمنش و همکاران، ۲۰۰۹؛ تونی‌نی و کابرا، ۲۰۱۱). ولی همچنان شکافی بزرگ بین عملکرد در زمین کشاورزان و ایستگاه‌های تحقیقاتی و نیازهای غذایی در کشورهای درحال توسعه وجود دارد. چرا که علاوه بر آب آبیاری کافی، عرضه متعادل عناصر پر و کم‌مصرف برای پوشش این فاصله‌ی عملکرد حیاتی و نیازمند توجه جدی است.

اگرچه امروزه از کودها به‌عنوان ابزاری برای نیل به حداکثر تولید در واحد سطح استفاده می‌شود، ولی متأسفانه مصرف کودهای شیمیایی در کشور نامتعادل بوده و مطابقتی با نیاز واقعی گیاه ندارد و غالباً کشاورزان باتوجه به توانایی مالی و تجربیات و گاهی اوقات نیز مبتنی بر تحقیقات ترویج شده نسبت به مصرف آن اقدام می‌کنند. امید است این مجموعه کوچک بتواند در شناسایی اولیه و رفع نیازها و کمبودهای عنصر غذایی گوگرد به کشاورزان کمک نماید.

۲- مقدمه

گوگرد یکی از عناصر مهم و ضروری در فرآیند تشکیل کلروفیل (رنگدانه سبز) گیاه برنج می‌باشد. این عنصر هم‌چنین در فعال‌سازی آنزیم‌ها و ساخت ویتامین‌هایی مانند بیوتین، تیامین و ویتامین B که برای رشد گیاه ضروری هستند، نقش فراوان دارد. گوگرد عنصری ضروری برای گیاهان بوده و عمدتاً در ساخت پروتئین و روغن دخالت دارد (برادی و همکاران، ۲۰۱۶). مقدار گوگرد جذب‌شده برای هر تن دانه‌های روغنی ۱۲ کیلوگرم، برای بقولات ۸ کیلوگرم و برای غلات ۴ کیلوگرم می‌باشد. این عنصر باعث افزایش جذب سایر عناصر غذایی، بهبود کمی و کیفی محصولات

کشاورزی، اصلاح بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های آهکی و سدیمی و کاهش تنش‌های ناشی از شوری و سدیمی بودن خاک می‌شود. نیاز گیاهان به گوگرد مشابه فسفر و حتی بیشتر است (ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۴). غلظت گوگرد در اکثر گیاهان بیشتر از دو برابر فسفر است که نشان‌دهنده لزوم توجه بیشتر به این عنصر است. شکل قابل‌استفاده گوگرد برای گیاه، یون سولفات است (ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۴). طی سالیان اخیر کمبود گوگرد در اراضی شالیزاری مناطق پست با کشت غرقابی برنج به‌علت مصرف کودهای شیمیایی فاقد گوگرد (به‌طور مثال اوره به جای سولفات آمونیوم) بسیار گسترش یافته و در کاهش میزان محصول بعضی از ارقام برنج کاشت شده در این مناطق، خصوصاً نقاطی که مصرف زیاد و منظم ازت، فسفر و پتاسیم در آن‌ها دیده می‌شود، دخالت مستقیم دارد. همچنین گوگرد موجب معطر، خوش پخت، خوشمزه و همچنین زودرس شدن محصول می‌شود. وجود ترکیبات پروتئین گوگرددار در بدن انسان سبب خواهد شد که عناصر سنگین (از قبیل سرب، کادمیوم و غیره) از بدن تخلیه شود (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۱). گوگرد ضد عفونی کننده خاک و قارچ‌کش بسیار قوی می‌باشد. گوگرد در کاهش موضعی واکنش خاک تاثیر به‌سزایی داشته و از این مسیر به افزایش قابلیت دسترسی تعدادی از عناصر کم‌مصرف (مارشور، ۲۰۱۱) و کاهش مقدار عناصر سنگین مانند آرسنیک و کادمیوم کمک می‌کند (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۱).

۳- منابع طبیعی گوگرد

۳-۱- خاک

گوگرد به شکل آلی و معدنی در خاک وجود دارد. مقدار گوگرد قابل‌دسترس در خاک‌های غرقابی، به‌روش عصاره‌گیری با محلول $\text{Ca}(\text{H}_2\text{SO}_4)_2$ یا KH_2PO_4 اندازه‌گیری می‌شود. بنابراین روش عصاره‌گیری در تخمین گوگرد قابل دسترس برای اراضی شالیزاری مناطق پست و غرقابی بسیار اهمیت دارد.

۳-۲- آب آبیاری

آب آبیاری یکی از منابع بسیار مهم گوگرد برای شالیزارهای تحت آبیاری است (ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۴). مقدار سولفات در آب آبیاری و آب‌های رودخانه‌ها از ۰/۲ تا ۴/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم در نوسان است. بنابراین اگر ۱۰۰۰ میلی‌لیتر آب برای برنج به‌کار رود و در آب فوق یک میلی‌گرم گوگرد باشد در نهایت طی چرخه رشد به‌میزان ۱۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار وارد خاک

شده و یا در دسترس گیاه قرار می‌گیرد. این درحالی است که به کمتر از دو کیلوگرم در هکتار گوگرد برای تولید یک تن برنج در ارقام اصلاح شده نیاز است. این محاسبه به‌روشنی نشان از اهمیت مقدار گوگرد فراهم شده توسط آب آبیاری دارد.

۳-۳- گوگرد موجود در هوا و رسوبات اتمسفری

غبارهای خروجی از آتشفشان‌های فعال و سوزاندن درختان و علف‌ها به جهت تبدیل این اراضی به اراضی کشاورزی، مجتمع‌های شیمیایی، گازهای خروجی از ماشین‌ها و مواد مورد استفاده به‌آسانی باعث ورود اکسید گوگرد به هوا می‌شود. گوگرد ممکن است به‌طور مستقیم توسط برگ‌ها جذب یا در آب باران حل شود و یا روی خاک بریزد و توسط ریشه‌ها جذب شود. مقدار گوگرد ناشی از رسوبات اتمسفری بین ۱۴۰-۰/۱ میلی‌گرم در هکتار در سال در نوسان است. بیشترین مقدار گوگرد در رسوبات از طریق مصرف سوخت‌های فسیلی، خصوصاً در مراکز صنعتی و سایر ترکیبات گوگرددار وارد هوا می‌شود (هالوین و همکاران، ۲۰۱۶؛ برادی و همکاران، ۲۰۱۶).

۴- مطالعات انجام شده

گوگرد (S) در سنتز اسیدهای آمینه و پروتئین، فعالیت‌های آنزیمی و متابولیسمی در گیاهان نقش دارد. بیش از ۹۰ درصد گوگرد در گیاه به شکل آلی است. نیاز گوگردی برنج باتوجه به‌میزان نیتروژن متفاوت است. هنگامی که میزان گوگرد (مصرفی یا ذاتی خاک) محدود می‌شود، افزودن نیتروژن باعث تاثیر مثبت روی عملکرد یا میزان پروتئین برنج نمی‌شود. گوگرد در اوایل رشد گیاه برنج مورد نیاز است. چنانچه میزان مصرف گوگرد در اوایل دوره رشد گیاه برنج تامین نشود پنجه‌زنی گیاه محدود و در نتیجه عملکرد نهایی آن کاهش می‌یابد (سینق و کومار، ۲۰۰۹). سینق و همکاران (۲۰۱۲)، سینق و همکاران (۲۰۱۱) و رحمان و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که مصرف ۲۰، ۳۰ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد سبب افزایش ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ در مراحل گوناگون رشد گیاه برنج (پنجه‌زنی، آغاز خوشه‌دهی، گلدهی و رسیدگی)، ماده خشک، عملکرد، تعداد دانه در خوشه، شاخص برداشت و تعداد خوشه در متر مربع شده و بیشترین میزان تاثیر مربوط به ۴۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بود. کوار و همکاران (۲۰۱۱) و دیک و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که برنجی با عملکرد ۷/۸ تن در هکتار قادر به جذب و خروج ۱۳ کیلوگرم گوگرد از یک هکتار خاک است.

اوو و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که مصرف ۲۰، ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد پودری سبب افزایش ارتفاع بوته ($4/3\%$)، تعداد پنجه بارور ($21/6\%$)، طول خوشه ($11/6\%$)، تعداد دانه پر (16%)، وزن هزاردانه ($6/3\%$)، عملکرد دانه ($8/8\%$)، عملکرد کاه ($32/94\%$) و عملکرد زیست‌توده ($24/8\%$) می‌شود و بیشترین میزان افزایش مربوط به بالاترین میزان تیمار مصرف گوگرد تعلق دارد. نتایج حاصل از آزمایش‌های مزرعه‌ای در کشورهای آسیای جنوب شرقی نشان می‌دهد که کاربرد مقادیر گوگرد کمتر از ۲۰ کیلوگرم در هکتار تأثیری در افزایش محصول نشان نداده و فقط می‌تواند با علائم کمبود مقابله نماید. بنابراین پیشنهاد شده است که کاربرد ۲۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد برای رفع کمبود در محصول برنجی که مقدار برداشت گوگرد آن $2/8 - 1/7$ کیلوگرم در هر تن برنج تولیدی است، کافی باشد. همچنین کاربرد ۴۰-۲۰ کیلوگرم در هکتار از چهار منبع کودی مختلف باعث افزایشی در حدود ۹۲ تا ۱۰۰ درصدی محصول شده است. این منابع به ترتیب اهمیت عبارت‌اند از سولفات آمونیوم، گوگرد عنصری، گچ و اوره گوگردی (ماماریل و همکاران، ۱۹۹۱). وانگ (۱۹۷۶) حد بحرانی گوگرد در اراضی شالیزاری را ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم گوگرد (به شکل سولفات) عنوان کرد و مشاهده نمود که در مقادیر بیش از این حد، گیاه به مصرف کود گوگرد پاسخ نمی‌دهد. این مقدار در اندونزی توسط اسلام (۱۹۸۱) ۹ میلی‌گرم در کیلوگرم برآورد شده است.

سینق و همکاران (۲۰۱۲) گزارش نمودند که مصرف تمام سطوح گوگرد به‌صورت پودر بر صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد برنج در شرایط غرقابی در خاک سیلت رسی لوم با اسیدیته حدود ۷ تأثیر معنی‌دار و مثبت داشته و بیشترین تأثیر در مقدار ۸ تن گوگرد در هکتار و به‌ترتیب ارتفاع بوته ($19/75\%$ درصد)، شاخص سطح برگ (6% درصد)، تعداد خوشه در مترمربع ($14/7\%$ درصد)، تعداد دانه در خوشه ($14/1\%$ درصد) و عملکرد (5% درصد) افزایش یافت. سینگ شیناری و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای با بررسی اثر کود اوره و اوره پوشش‌دار شده با گوگرد بر عملکرد برنج گزارش نمودند که کود اوره با پوشش گوگردی به‌طور مؤثری نیتروژن، بازیافت نیتروژن و عملکرد دانه برنج را نسبت به کود اوره معمولی افزایش می‌دهد. سیف الاسلام و همکاران (۲۰۰۹) گزارش دادند که کود اوره با پوشش گوگرد منجر به افزایش وزن هزار دانه و عملکرد دانه ارقام برنج شد. هر دو این پژوهشگران این تأثیر را به‌دلیل وجود عنصر غذایی گوگرد و تأثیر جانبی آن بر اسیدیته خاک عنوان نمودند. حسینی و همکاران (۱۳۹۸) در بررسی مقایسه کود اوره با کود اوره پوشش‌دار گوگردی بر عملکرد کمی و کیفی برنج گزارش نمودند که کود اوره پوشش‌دار گوگردی عملکرد برنج رقم عنبر نجفی را ۲۴ درصد بیشتر از کود اوره معمولی افزایش داد. رحمان و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی تأثیر گوگرد پودری بر عملکرد برنج غرقابی نشان دادند که کاربرد ۲۰ تن در هکتار سبب

افزایش معنی دار عملکرد دانه (۵/۵۷ تن در هکتار)، عملکرد کاه و کلش (۷/۲۵ تن در هکتار) و زیست توده (۱۲/۸۲ تن در هکتار) نسبت به شاهد شده که با مقادیر کمتر از آن نیز اختلاف معنی دار داشت. سجاد السلام و همکاران (۲۰۱۶) با کاربرد سطوح مختلف گوگرد در آزمونی مزرعه‌ای اعلام نمودند که مصرف گوگرد سبب افزایش ۳۶/۵ درصدی مقدار عملکرد دانه در مقایسه با شاهد (۳/۷۲ تن در هکتار) شد.

در استان مازندران طی سه آزمایش اثرات گوگرد برای محصول برنج بررسی شد. تشکری و همکاران (۱۳۷۶) نوع و میزان و نحوه استفاده از گوگرد را در کشت برنج بررسی و مصرف ۲۸/۴ تن در هکتار گچ را در زمان کشت توصیه نمود و همچنین اعلام کردند طی این پژوهش نسبت جذب سدیم (SAR) خاک از ۶۰ به ۱۴ کاهش یافته و تولید برنج نسبت به تیمار شاهد با ۴۷/۷ درصد افزایش به ۳۷۰۸ کیلوگرم در هکتار رسیده است. تشکری همچنین در آزمایش فوق روش و مقدار مصرف گچ به دو صورت مصرف مستقیم در خاک و قرار دادن آن در مسیر آب با مقادیر ۱۹۵، ۲۸، ۳۶/۵ تن در هکتار گچ را بررسی نموده و گزارش کرد که تاثیر این مقدار گچ و هر دو روش مصرف تاثیر معنی داری بر عملکرد برنج دارد. اگرچه روش مصرف مستقیم در خاک از نظر عددی نسبت به روش دیگر برتری داشت.

احمد پهلوانی (۱۳۷۷) حد علایم کمبود را ۰/۰۶۳ - ۰/۰۵۳ درصد و حد متوسط را ۰/۱۱۸ - ۰/۱ درصد در برگ و ساقه برنج اعلام کرده است. بررسی‌ها حاکی از آن است که برای گیاه برنج با محصول ۶/۳ تن در هکتار میزان برداشت گوگرد از خاک ۱۱/۴ کیلوگرم در هکتار است. افزایش ۷۵ کیلوگرم گوگرد عنصری باعث افزایش عملکرد در حدود ۲۰۰ - ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار برای ارقام پرمحصول شده است.

۵- عوامل موثر در بروز کمبود گوگرد اراضی شالیزاری (برادی و همکاران، ۲۰۱۶)

- ✓ مصرف زیاد کودهایی که مقدار گوگرد در آن‌ها کم و یا وجود ندارد
- ✓ برداشت زیاد گیاه از منابع بومی گوگرد قابل دسترس مانند خاک، آب آبیاری و اتمسفر
- ✓ افزایش کشت فشرده و متمرکز
- ✓ کاربرد ارقام پرمحصول که نیاز آن‌ها به ازت، فسفر و پتاسیم و گوگرد به طور بالقوه زیاد است
- ✓ کاهش مصرف آفت‌کش‌های حاوی گوگرد
- ✓ کاهش آلاینده‌های موجود در اتمسفر که باعث کاهش میزان گوگرد باران می‌شود
- ✓ از دست رفتن گوگرد در اثر فرسایش و آبشویی خاک
- ✓ کاهش مصرف کودهای آلی.

۶- نشانه‌های کمبود گوگرد در گیاه برنج

- ✓ علایم کمبود گوگرد به طور معمول ۲ تا ۳ هفته بعد از غرقاب وقتی گیاهان شروع به رشد می‌کنند به صورت نقاط قهوه‌ای مایل به قرمز روی برگ‌های پیرتر دیده می‌شود و همزمان رشد گیاه نیز کند می‌شود. رگبرگ‌های میانی برگ‌های جوان‌تر به‌ویژه در قسمت قاعده برگ، دچار سوختگی می‌شوند. در ادامه رشد گیاه متوقف شده و پنجه‌زنی کاهش می‌یابد. در این شرایط کاهش اندازه پهنک برگ اتفاق می‌افتد اما غلاف برگ کمتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد.
- ✓ توقف رشد گیاه برنج که همراه با از بین رفتن کلروفیل بوده و برگ به رنگ زرد یا سبز کم‌رنگ درخواهد آمد. گیاه در این حالت نشانه‌هایی شبیه به کمبود نیتروژن را نشان می‌دهد (زردی برگ‌ها)، با این تفاوت که زردی در کمبود گوگرد از برگ‌های جوان آغاز می‌شود.
- ✓ کاهش رنگ سبز (از دست رفتن کلروفیل) به تدریج تمام برگ‌های گیاه را در بر گرفته یا ممکن است به‌طور بسیار شدید فقط برگ‌های جوان را فرا گیرد.
- ✓ رشد بی‌رویه ریشه‌ها به همراه زردی عمومی برگ‌های بالایی و جوان بوته که به سمت برگ‌های پایین‌تر در حال گسترش بوده و سرانجام تمام گیاه را دربر می‌گیرد.
- ✓ به استثنای کمبودهای بسیار شدید، زردی در تمام سطوح مزرعه یکنواخت نبوده و غالباً در تمام مراحل رشد بین ۲ هفته بعد از کاشت تا حداکثر پنجه‌زنی دیده می‌شود.
- ✓ خوشه‌ها کم و کوتاه و مقدار خوشچه‌ها در زمان بلوغ بسیار کم می‌شود.
- ✓ کمبود گوگرد سبب کاهش محصول و افزایش گچی شدن دانه می‌شود.
- ✓ زردی نشاء در خزانه، با تأخیر رشد و افزایش تلفات در نشاء بعد از کاشت آن.
- ✓ در شرایط غرقاب دائم، گیاه برنج در سطح تمام مزرعه و در یک دید کلی طبیعی بوده و هیچ مشکلی را نشان نمی‌دهد ولی با مشاهده دقیق و بررسی در سطح کوچک‌تر علائم کمبود به وفور دیده می‌شود.
- برگ‌های جوان به رنگ سبز کم‌رنگ در آمده یا قهوه‌ای می‌شوند. نوک گیاه نیز ممکن است دچار سوختگی شود.
- اگر کمبود گوگرد در دوره رویشی بروز نماید. ارتفاع گیاه کاهش یافته، تعداد پنجه‌ها کم می‌شود، توقف در رشد به وقوع می‌پیوندد و عملکرد کاهش می‌یابد.
- تعداد خوشه و تعداد سنبلچه در خوشه کاهش می‌یابد.
- تاخیر در توسعه گیاه و رسیدگی به مدت ۱ تا ۲ هفته.

- زردی نشاها در خزانه با تاخیر در رشد، افزایش تلفات بعد از کشت نشا و کاهش مقاومت گیاه به شرایط غیرمعمول مثل سرما در شرایط کمبود گوگرد (شکل ۱) (هالوین و همکاران، ۲۰۱۶؛ ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۴).



شکل ۱ - علایم کمبود گوگرد در گیاه برنج غرقابی (کاهش ارتفاع و زردی عمومی)

<http://www.knowledgebank.irri.org/training/fact-sheets/nutrient-management/deficiencies-and-toxicities-fact-sheet/item/sulfur-deficiency>

زردی ناشی از کمبود گوگرد مگرچه بعد از حداکثر پیچیدگی به جسم نمی آید ولی با تأثیر آن تعداد پیچه‌ها و ارتفاع گیاه کاهش می‌یابد.

۷- چگونه نشانه‌های کمبود گوگرد را ارزیابی کنیم

کمبود گوگرد عمدتاً یک اختلال تغذیه‌ای در محصولات زراعی دیم در مناطق آپلند بوده و در اراضی پست و غرقابی به‌ندرت رخ می‌دهد (ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۴). گرچه اولین علائم کمبود گوگرد در گیاه برنج در سال ۱۹۳۸ توسط سن و همکاران گزارش شد ولی در یکی دو دهه اخیر کمبود گوگرد به‌طور گسترده‌تر مشاهده شده است. نشانه‌های کمبود گوگرد در تمام مراحل رشد رویشی گیاه برنج بروز می‌کند. اغلب نتایج تجزیه‌های آزمایشگاهی خاک نشان‌دهنده میزان کافی گوگرد سولفات خاک می‌باشد. ولی گیاه هنوز کمبود گوگرد را از خود بروز می‌دهد. این موضوع حاکی از آن است که تجزیه شیمیایی خاک گاهی اوقات روش تشخیص مناسبی برای تعیین مقدار نیاز گیاه در اراضی غرقابی نمی‌باشد و لازم است با نمونه‌برداری تکمیلی گیاه و مقایسه آن با جدول شماره ۱ نسبت به رفع کمبود گوگرد در خاک‌های شالیزاری اقدام نمود (محمود سلطانی و همکاران، ۱۳۹۹).

۸- حد بحرانی گوگرد و میزان بحرانی نسبت نیتروژن به گوگرد (N/S) در مراحل مختلف رشد

دو سطح بحرانی در جدول شماره ۲ تعریف شده است:

حد بحرانی گوگرد و حد بحرانی نسبت نیتروژن به گوگرد (N/S) در بافت گیاه که برای تعیین حداکثر وزن خشک گیاه به کار می‌رود و همچنین در تعیین ۵۰ درصد حداکثر وزن خشک گیاه نیز کاربرد دارد. حد بحرانی گوگرد در کاه برای حداکثر وزن خشک ۰/۱۶ درصد در زمان پنجه‌زنی، ۰/۰۶ درصد در زمان گلدهی و ۰/۰۶ درصد در زمان رسیدن در نوسان است. نسبت نیتروژن به گوگرد (N/S) در کاه برای حداکثر وزن ۲۳ در مرحله پنجه‌زنی، تا ۱۳ در مرحله رسیدن در نوسان است. از آن‌جا که تعیین نسبت نیتروژن به گوگرد (N/S) هزینه زیادی دارد، تجزیه گوگرد تنها در بافت گیاه برای شناسایی وضعیت گوگرد در گیاه برنج بسیار مناسب است.

جدول ۱- دامنه مناسب و سطح بحرانی گوگرد در بافت‌های گیاهی

مرحله رشد گیاه برنج	بافت گیاهی مورد تجزیه	دامنه مناسب (٪)	غلظت بحرانی (٪)
پنجه‌زنی	برگ جوان		کمتر از ۰/۱۶
پنجه‌زنی	ساقه	۰/۱۵ - ۰/۳۰	کمتر از ۰/۱۱
گلدهی	برگ پرچم	۰/۱۰ - ۰/۱۵	کمتر از ۰/۱۰
گلدهی	ساقه		کمتر از ۰/۰۷
رسیدن دانه	اندام هوایی		کمتر از ۰/۰۶

جدول ۲- حد بحرانی گوگرد و مقدار نسبت N/S در مراحل مختلف رشد

مراحل رشد گیاه	نسبت بحرانی N/S				درصد بحرانی گوگرد			
	ساقه		برگ		ساقه		برگ	
	DC ₅₀	DC ₁₀₀	DC ₅₀	DC ₁₀₀	DC ₅₀	DC ₁₀₀	DC ₅₀	DC ₁₀₀
پنجه‌زنی	۲۳	۴۴	۲۹	۴۵	۰/۱۶	۰/۰۶	۰/۱۶	۰/۰۶
گلدهی	۲۳	۶۳	۲۴	۵۲	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۱۰	۰/۰۵
برداشت	۱۳	۴۰	۱۶	۲۵	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۴

۱- گوگرد مورد نیاز برای دستیابی به حداکثر ماده خشک

۲- گوگرد مورد نیاز برای دستیابی به ۵۰ درصد ماده خشک

۹- توصیه‌هایی برای مقابله با کمبود گوگرد

۹-۱- روش‌های شناسایی کمبود

تشخیص علائم کمبود گوگرد مشکل است. علائم آن بعضی اوقات با کمبود نیتروژن اشتباه می‌شود. دلایل کمبود گوگرد شامل مقدار قابل استفاده کم گوگرد در خاک، تخلیه گوگرد خاک در نتیجه کشت متراکم و استفاده از منابع کودی فاقد گوگرد (مثل اوره به جای سولفات آمونیم، سوپرفسفات تریپل به جای سوپرفسفات ساده و کلرید پتاسیم به جای سولفات پتاسیم می‌باشد. در بیشتر کشورهای درحال توسعه مقدار گوگرد موجود در ته نشت‌های (رسوبات) اتمسفری به دلیل سطح آلودگی کم صنعتی ناچیز می‌باشد. غلظت گوگرد در آب زیرزمینی دارای دامنه وسیعی است. آب آبیاری دارای مقدار خیلی زیادی از غلظت سولفات می‌باشد. خاک‌هایی که در معرض کمبود گوگرد هستند شامل خاک‌های حاوی آلفان‌ها (مثل اندی سول‌ها)، خاک‌های دارای مواد آلی کم، خاک‌های با هوادیدگی زیاد و مقادیر بالای اکسیدهای آهن و خاک‌های شنی می‌باشند. حد بحرانی گوگرد برای وقوع کمبود گوگرد به شرح زیر می‌باشد:

عصاره‌گیری با اسید کلریدریک، ۰/۰۵ مولار، کمتر از ۵ میلی گرم گوگرد در کیلوگرم در خاک

عصاره‌گیری با کلرید پتاسیم، ۰/۲۵ مولار، کمتر از ۶ میلی گرم گوگرد در کیلوگرم در خاک

عصاره‌گیری با فسفات کلسیم ۰/۰۱ مولار، کمتر از ۹ میلی گرم گوگرد در کیلوگرم در خاک

عصاره‌گیری به روش مهلیچ ۳، کمتر از ۲۲/۹ میلی گرم در کیلوگرم (ست و همکاران، ۲۰۱۸)

کوار و همکاران (۲۰۱۱) دیک و همکاران (۲۰۰۸) گزارش نمودند هرگاه در مرحله پنجه‌زنی از گیاه کامل نمونه‌برداری شود و میزان گوگرد در بافت گیاه برنج کمتر از ۰/۱۰ درصد باشد گیاه دچار کمبود، بین ۰/۱۰ تا ۰/۲۰ درصد باشد کم‌تر از حد کفایت، ۰/۲۰ تا ۰/۳۰ درصد باشد در حد کفایت است.

۱۰- اصول مدیریت زراعی

۱۰-۱- تولید نشا

در خزانه جعبه‌ایی تنظیم واکنش خاک مورد استفاده برای خاک درون جعبه نشاء مهم است. به‌طوری‌که ابتدا باید واکنش خاک اندازه‌گیری شود و در صورتی که بالاتر از میزان مناسب (۵-۶) باشد باید با استفاده از گوگرد عنصری آن را تنظیم کرد. برای کاهش واکنش خاک به میزان ۲ تا ۲/۵ واحد در خاکی به وزن ۱۰۰ تا ۱۲۵ کیلوگرم به حدود ۲۰۰ تا ۲۵۰ گرم گوگرد عنصری نیاز است (ادیبی و ترابی جفروودی، ۱۳۹۰).

۱۱- مزرعه

در بیشتر اراضی با سیستم کشت غرقابی تأمین گوگرد از منابع طبیعی یا کودهای گوگردی به اندازه یا بیش از برداشت گوگرد توسط گیاه می‌باشد. غلظت گوگرد در آب باران دارای دامنه وسیع بوده و از طرف ساحل یا مناطق صنعتی با فاصله کم می‌شود. در آسیا، ته نشست (رسوب) سالانه گوگرد در بارندگی‌ها از ۲ تا ۵۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار می‌باشد. آب آبیاری به‌طور معمول به‌مقدار ۳۰-۱۰ کیلوگرم گوگرد را به شکل سولفات تأمین می‌کند. کمبود گوگرد به راحتی با استفاده از کودهای حاوی گوگرد برطرف می‌شود. بعضی از روش‌های مدیریتی برای مقابله با کمبود گوگرد شامل تخمین مقدار ورودی گوگرد از اتمسفر برای رفع نیاز به گوگرد، کاربرد گوگرد در بستر بذر (خزانه برنج) به‌وسیله استفاده از کودهای حاوی گوگرد مثل سولفات آمونیم و سوپرفسفات ساده، مخلوط کردن بقایای گیاهی با خاک به‌جای برداشت کامل یا سوزاندن آن (در حدود ۶۰-۴۰ درصد گوگرد در بقایای گیاهی در طی سوزاندن از بین می‌رود) و بهبود مدیریت خاک برای جذب بهتر گوگرد توسط گیاه می‌باشد. نفوذپذیری مناسب (۵ میلی‌متر در روز) برای ممانعت از شرایط احیاء، انجام شخم بعد از برداشت برای افزایش میزان اکسیداسیون سولفیدها در طی دوره بعدی کشت از جمله اقدامات مهم در بهبود شرایط خاکی است. رفع کمبود گوگرد نیاز به تعادل بین منابع کودی گوگرد و ورودی گوگرد از منابع دیگر مثل اتمسفر، آبیاری و مقدار موجود در خاک دارد. اگر کمبود گوگرد در مرحله اول رشد باشد، پاسخ به کاربرد کود گوگردی سریع بوده و بازگشت علائم در طی ۵ روز از کاربرد کود گوگردی می‌تواند رفع شود. در رفع کمبود گوگرد به‌وسیله کودهای گوگردی به نکات زیر توجه شود:

- در مناطقی که وضعیت حاصلخیزی خاک از نظر گوگرد خوب است و آب دارای مقادیر بالای گوگرد باشد کود گوگردی استفاده نشود.
- در جایی که کمبود نسبی گوگرد مشاهده می‌شود، کاربرد ۱۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و در خاک‌های با کمبود شدید گوگرد کاربرد ۲۰-۴۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار توصیه می‌شود.
- کاربرد ۱۵-۲۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار دارای اثرات باقیمانده برای دوره بعدی کشت برنج می‌باشد.
- استفاده از کود سولفات آمونیوم به‌جای اوره و سوپرفسفات ساده و سولفات پتاسیم میزان گوگرد مورد نیاز گیاه را تأمین می‌کند.
- آب باران دارای ۲ تا ۵۰ کیلوگرم گوگرد به‌طور سالیانه برای هر هکتار می‌باشد.

- مخلوط کردن بقایای گیاهی با خاک به جای سوزاندن یا برداشت کامل (کف بر کردن) باعث تامین گوگرد می شود ۴۰ تا ۶۰ درصد گوگرد طی سوزاندن بقایای گیاهی از بین می رود (محمود سلطانی و همکاران، ۱۳۹۹؛ موسسه تحقیقات برنج کشور، ۱۳۹۰).

بنابراین:

گرچه کاربرد ۲۰ کیلوگرم در هکتار برای رفع کمبود کافی است ولی کاربرد ۲۰-۴۰ کیلوگرم به افزایش محصول نیز کمک می کند.

جدول ۳- منابع کودهای حاوی گوگرد (گوار و همکاران، ۲۰۱۱؛ دیک و همکاران، ۲۰۰۸)

منابع کودی حاوی گوگرد	درصد گوگرد	مقدار درصد موثر در تغذیه گیاه
سولفات آمونیوم	۲۴/۲	۴۵
سولفات نیترات آمونیوم	۵/۰	۳۵
سولفات فسفات آمونیوم	۱۵/۴	۵۱
گوگرد عنصری	۸۸-۹۸	۳۸
گچ (کلسیم سولفات)	۱۸	
اوره گوگردی	۱۵-۱۸	
سوپرفسفات	۲۰/۰	
سوپرفسفات ساده	۱۲-۱۴	۳۰-۳۴
سولفات پتاسیم - منیزیم	۲۲	۴۷۵
سولفات پتاسیم	۱۶-۱۸	
سولفات بنتونات	۹/۰	۶۹
سولفات روی	۱۷/۸	
کود حیوانی (مرغ)	متغیر	متغیر

۱۲- بهترین زمان مصرف کودهای گوگردی برای برنج

✓ اثرات باقی مانده مصرف گوگرد در تناوب گیاهی برنج با سایر محصولات حتی در مقدار مصرف ۲۰ کیلوگرم در هکتار نیز مشاهده شده است. ولی مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار آن حتی در تناوب دوم نیز اثر مثبت دارد.

✓ برای ارقام دیررس و متوسط‌رس گوگرد می‌تواند تا ۳۰ روز بعد از نشاء نیز توصیه شده ولی نبایستی دیرتر مصرف شود.

✓ برای ارقام زودرس کاربرد پایه (بویژه در گوگرد عنصری) نسبت به مصرف سرک در سایر مراحل برتری دارد. بنابراین نبایستی دیرتر از ۱۵ روز بعد از نشاء به کار رود.

۱۳- کنترل سمیت ناشی از گوگرد

سمیت ناشی از سولفید و غلظت بالای سولفید هیدروژن (H_2S) در محلول خاک به علت شرایط احیای شدید و رسوب کم سولفید آهن (FeS) و همچنین کاهش در قدرت اکسیداسیون ریشه به علت وضعیت نامناسب تغذیه گیاه از جمله کمبود پتاسیم، فسفر، کلسیم و منیزیم اتفاق می‌افتد. کاربرد اضافی سولفات‌ها در کودها و فاضلاب‌های صنعتی در اراضی با زهکشی ضعیف و خاک‌های دارای شرایط احیای شدید به ایجاد شرایط سمیت ناشی از احیای گوگرد و تشکیل سولفید کمک می‌نماید. اگر مقادیر کافی از آهن آزاد وجود داشته باشد، غلظت سولفید هیدروژن به علت تشکیل سولفید آهن غیرمحلول، کاهش می‌یابد. سمیت به طور معمول همراه با مقادیر کم آهن در خاک می‌باشد. به دلیل این که باکتری‌های احیاکننده کاتیون سولفات در pH بیش از ۵ فعال می‌شوند، سمیت سولفید هیدروژن به طور معمول بعد از غرقاب طولانی مدت به وجود می‌آید. علائم سمیت سولفید به صورت کلروز بین رگبرگی در جوانه‌های برگ‌گی، در ریشه با رنگ قهوه‌ای تیره و افزایش وقوع بیماری مثل پوسیدگی قهوه‌ای به دلیل عدم تعادل عناصر غذایی بروز می‌نماید. سمیت سولفید بستگی به غلظت سولفید در محلول خاک دارد. سمیت سولفید هیدروژن وقتی غلظت آن در محلول خاک بیش از ۰/۰۷ میلی گرم در لیتر باشد به وقوع می‌پیوندد. علائم برگ‌گی سمیت سولفید با علائم کمبود آهن شباهت دارد. در غلظت بالای سولفید هیدروژن در خاک، جذب عناصر غذایی به دلیل کاهش در ترشح ریشه کاهش می‌یابد. مقادیر بالای سولفید هیدروژن اثر معکوسی بر متابولیسم گیاه برنج دارد. ریشه‌های گیاه برنج اکسیژن را برای اکسیداسیون سولفید هیدروژن در ریزوسفر آزاد می‌کنند. سمیت سولفید هیدروژن بستگی به قدرت اکسیداسیون ریشه، غلظت سولفید هیدروژن در محلول خاک و ذخیره عناصر غذایی در ریشه دارد. گیاه برنج جوان قبل از توسعه شرایط اکسیداسیون در ریزوسفر نسبت به سمیت سولفید حساس است.

۱۴- مدیریت کاهش اثرات سمیت سولفید

واريته‌های برنج با ظرفيت بالا در آزادسازی اکسيژن از ريشه‌ها تحمل بالايی به سميت سولفيد دارند. در آب و هوای معتدل، پوشش بذرها با اکسيدانت (مثل پراکسيداز) برای افزايش ذخيره اکسيژن و بهبود جوانه‌زنی بذر مناسب می‌باشد. ممانعت از غرقاب طولانی مدت و استفاده از آبیاری متناوب در خاک‌هایی که دارای غلظت بالای گوگرد و مواد آلی می‌باشند به بهبود شرایط کمک می‌نماید.

تغذیه متعادل برنج به‌منظور بهبود قدرت اکسیداسیون ریشه توصیه می‌شود. کاربرد مقادیر کافی از پتاسیم و ممانعت از مصرف مقادیر بالای مواد آلی از جمله مدیریت‌های کودی در کاهش اثرات سمی سولفید می‌باشد. انجام شخم در شرایط رطوبتی خشک بعد از برداشت برنج به‌منظور افزايش اکسیداسیون گوگرد و آهن نیز توصیه می‌شود (ملکوتی، ۱۳۸۳).

منابع

- ادیبی، ش. و ترابی جفرودی. ۱۳۹۰. مدیریت خزانه برنج. سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان.
- تشکری، ا. ۱۳۷۶. گوگرد و گیاه برنج. گزارش نهایی موسسه تحقیقات برنج کشور.
- فلاح، و. ۱۳۶۲. راهنمای مصرف کودهای شیمیایی در شالیزار. نشریه شماره ۶۵. مؤسسه تحقیقات خاک و آب.
- فلاح، و. ۱۳۶۴. فرمول‌های کودی قابل توصیه برنج مازندران. نشریه ترویجی شماره ۴. اداره خاکشناسی و حاصلخیزی خاک مازندران.
- محمود سلطانی، ش.، کاووسی، م.، شکری واحد، ح. و همکاران. ۱۳۹۹. ارزیابی حاصلخیزی خاک و توصیه های کودی برنج. موسسه تحقیقات برنج کشور (در دست چاپ).
- ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۸. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کود در ایران.
- ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۰. نقش گوگرد، کلسیم و منیزیم در افزایش عملکرد و بهبود محصولات کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی.
- ملکوتی، م. ج. ؛ م. کاوسی. ۱۳۸۳. تغذیه متعادل برنج. انتشارات معاونت زراعت وزارت جهاد کشاورزی.
- محمود سلطانی، ش.، کاووسی، م.، و همکاران. ۱۳۹۹. تغذیه برنج. موسسه تحقیقات برنج کشور (در دست انتشار).
- Alloway, B.J., 2009. Soil factors associated with zinc deficiency in crops and humans. *Environmental Geochemistry and Health*, 31(5), pp.537-548.
- Brady, N.C., Weil, R.R. and Weil, R.R., 2016. *The nature and properties of soils* (Vol. 13, pp. 662-710). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Daniels, W.L., 2016. The nature and properties of soils. *Soil Science Society of America Journal*, 80(5), pp.1428-1428.
- Dick, W.A., Kost, D. and Chen, L., 2008. Availability of sulfur to crops from soil and other sources. *Sulfur: A missing link between soils, crops, and nutrition*, 50, pp.59-82.

- Doberman, A., T. Farihurst. 2000. Rice: Nutrient disorders and nutrient management. International Rice Research Institute (IRRI). Sp. Los Banos, Philippines.
- FAO. Rice market monitor.2018. Vol. XVI, Trade and Markets Division. Rome: FAO.
- Havlin, J.L., Tisdale, S.L., Nelson, W.L. and Beaton, J.D., 2016. *Soil fertility and fertilizers*. Pearson Education India.
- Islam, M. Mujibal. 1981. Soil and plant tests for available in wetland rice soils. M. S. Thesis at UPLB. College, Laguna, Philippines.
- Khoshgoftarmansh, A.H., Sadrarhami, A., Sharifi, H.R., Afiuni, D. and Schulin, R. 2009. Selecting zinc-efficient wheat genotypes with high grain yield using a stress tolerance index. *Agronomy Journal*, 101(6), pp.1409-1416.
- Kovar, J.L. and Grant, C.A., 2011. Nutrient cycling in soils: Sulfur. *Soil management: Building a stable base for agriculture*, pp.103-115.
- Malakooti, M. J., and Kavosi, M. 2004. Balance nutrition of rice. SANA publication press. Tehran, Iran.p 610.
- Mamaril, C. P., P. B. Gonzales, and V. N. Cacnio. 1991. Sulfur management in Lowland rice. Paper presented at the International Symposium on the " Role of sulphur, Magnesium, and Micronutrients in Balanced plant Nutrition." Chengdu, Sichuan, Peoples Republic of China. April 3-10 15pp.
- Marschner, H., 2011. *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Academic press.
- Oo, N.M.L., Shivay, Y.S. and Kumar, D., 2007. Effect of nitrogen and sulphur fertilization on yield attributes, productivity and nutrient uptake of aromatic rice (*Oryza sativa*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 77(11), p.772
- Rahman, M. T., Jahiruddin, M., Humayan, M. R., Alam, M. J., & Khan, A. A. 2008. Effect of Sulphur and Zinc on Growth, Yield and Nutrient Uptake of Boro Rice (Cv. BrriDhan 29) . *J. Soil. Nature.*, 2, 10-15.
- Rahman, M.T., Jahiruddin, M., Humayan, M.R., Alam, M.J. and Khan, A.A., 2008. Effect of sulphur and zinc on growth, yield and nutrient uptake of boro rice (cv. BRRI DHAN 29). *J. Soil. Nature*, 2(3), pp.10-15
- Sajad al Islam, A.S., Rana, M.S., Rahman, M.M., Mian, M.J.A., Rahman, M.M., Rahman, M.A. and Naher, N., 2016. Growth, yield and nutrient uptake capacity of rice under different sulphur levels. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(7), pp.557-565.
- Sen, A. T. 1938. Further experiments on the occurrence of depressed yellow patch of paddy in Mandalay Farm. Burma Dept. Agric. Rep. 1937- 1938.
- Seth, A., Sarkar, D., Masto, R.E., Batabyal, K., Saha, S., Murmu, S., Das, R., Padhan, D. and Mandal, B., 2018. Critical limits of Mehlich 3 extractable phosphorous, potassium, sulfur, boron and zinc in soils for nutrition of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of soil science and plant nutrition*, 18(2), pp.512-523.
- Singh, A.K., Meena, M.K. and Upadhyaya, A., 2012. Effect of sulphur and zinc on rice performance and nutrient dynamics in plants and soil of Indo Gangetic plains. *Journal of Agricultural Science*, 4(11), p.162.
- Singh, A.K., Meena, M.K., Bharati, R.C. and Gade, R.M., 2013. Effect of sulphur and zinc management on yield, nutrient uptake, changes in soil fertility and economics in rice (*Oryza sativa*)–lentil (*Lens culinaris*) cropping system. *Indian J. Agril. Sci*, 83(3), pp.344-348.
- Tisdale, S. L., W. L. Nelson, J. D. Beaton, and J. L. Havlin. 2003. *Soil fertility and fertilizers*. 5 th eds. Prentice- Hall of India Limited. New Delhi, India. 634 pp.
- Tonini, A. and Cabrera, E. (2011). Opportunities for global rice research in a changing world (No. 2215-2019-1630).
- Wang, C. H., T. H. Liem, and D. S. Mikkelsen. 1976. Sulfur deficiency- a limiting factor in rice production in the lower Amazon Basin. Development of sulfur deficiency as a limiting factor for rice production. IRI Res. Inst. Inc. Bull. 47. 46 pp.

- Wang, C. H., T. H. Liem. 1976. Sulfur fertilization of rice. In the fertility application for rice. Pp. 149- 169. Food and fertilizer technology & center. ASPAC.
- Yoshida, S. 1981. Fundamental of Rice Crop Science. International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines. 269 pp.
- Zhang, J., Zhao, Q.Z., Duan, G.L. and Huang, Y.C., 2011. Influence of sulphur on arsenic accumulation and metabolism in rice seedlings. *Environmental and Experimental Botany*, 72(1), pp.34-40.

لیست نشریه‌های موسسه‌ی تحقیقات برنج کشور

شماره نشریه	عنوان	نویسنده (گان)	سال	قیمت (تومان)
۱	روش‌های آزمایشگاهی اندازه‌گیری ویژگی‌های کیفی دانه‌ی برنج	فاطمه حبیبی	۱۳۹۲	۵۰۰۰
۲	کرم ساقه‌خوار نواری برنج (شناسایی، زیست‌شناسی، خسارت و کنترل)	فرزاد مجیدی	۱۳۹۲	۵۰۰۰
۳	بیماری سوختگی باکتریایی برگ برنج	مریم خشکدامن	۱۳۹۲	۵۰۰۰
۴	مراحل فنولوژی برنج	مجید نحوی و مهرزاد اله‌قلی‌پور	۱۳۹۳	۵۰۰۰
۵	خصوصیات برخی از ارقام محلی برنج در شرایط استان گیلان	مهرزاد اله‌قلی‌پور و محمدصالح محمدصالحی	۱۳۹۳	۵۰۰۰
۶	اصلاح روش اندازه‌گیری میزان آمیلوز در دانه‌ی برنج بر اساس روش ایزو ۶۶۴۷	فاطمه حبیبی و همکاران	۱۳۹۳	۵۰۰۰
۷	بیماری سیاهک دروغی برنج	فریدون پادداشت و سمیه داریوش	۱۳۹۳	۵۰۰۰
۸	معرفی‌نامه‌ی موسسه تحقیقات برنج کشور	فرامرز علی‌نیا، مهدی جلالین، آتوسا فرحپور	۱۳۹۳	---
۹	پروانه‌ی تکنقطه‌ای برنج و روش‌های کنترل آن	فرزاد مجیدی	۱۳۹۳	۵۰۰۰
۱۰	راهنمای استفاده از تراکتور دو چرخ و خاک همزن	علیرضا علامه	۱۳۹۳	۵۰۰۰
۱۱	راهنمای ارزیابی مزارع برنج خسارت دیده	ناصر دوات‌گر و شهریار بابازاده	۱۳۹۴	۵۰۰۰
۱۲	زهرابه‌های قارچی در برنج	فریدون پادداشت و همکاران	۱۳۹۴	۵۰۰۰
۱۳	اهمیت تغذیه برگی عناصر کم مصرف در کشت برنج	حسن شکری‌واحد	۱۳۹۴	۵۰۰۰
۱۴	بومی‌سازی توسعه سریع نسل (RGA) در گیاه برنج	محسن قدسی و همکاران	۱۳۹۵	۵۰۰۰
۱۵	تبدیل کاه و کلش برنج به کمپوست و موارد استفاده از آن	تیمور رضوی‌پور و شهریار بابازاده	۱۳۹۵	۵۰۰۰
۱۶	کلکسیون قارچ‌های برنج ایران	فریدون پادداشت و سمیه داریوش	۱۳۹۵	۵۰۰۰
۱۷	پتاسیم در خاک و روش‌های عصاره‌گیری آن در خاک‌های شالیزاری	مسعود کاوسی	۱۳۹۵	۵۰۰۰
۱۸	ضرورت مصرف کود سیلیکاته در اراضی شالیزاری	الهیار فلاح و محمد محمدیان	۱۳۹۵	۵۰۰۰
۱۹	گیلانه، رقم جدید برنج	مهرزاد اله‌قلی‌پور	۱۳۹۵	۵۰۰۰
۲۰	دستورالعمل زراعی رقم جدید برنج، گیلانه	مهرزاد اله‌قلی‌پور و همکاران	۱۳۹۶	۵۰۰۰
۲۱	توده‌های محلی و ارقام برنج لنجان	احمد رمضان	۱۳۹۶	۵۰۰۰
۲۲	کمبود روی، علل، علائم و راه‌کارهای مقابله با آن	شهرام محمودسلطانی	۱۳۹۶	۵۰۰۰

لیست نشریه‌های موسسه‌ی تحقیقات برنج کشور (۱۳۹۸)

شماره نشریه	عنوان	نویسنده (گان)	سال	قیمت (تومان)
۲۳	کوتولگی برنج و مدیریت آن	بیژن یعقوبی	۱۳۹۶	۵۰۰۰
۲۴	دستورالعمل ملی کدگذاری لاین‌های اصلاحی برنج	مجید ستاری و همکاران	۱۳۹۶	۵۰۰۰
۲۵	معرفی شب‌پره برگ‌خوار قهوه‌ای برنج <i>Rivula sericealis</i> (اولین گزارش خسارت در مزارع برنج شمال ایران)	مهرداد عموقلی‌طبری و همکاران	۱۳۹۶	۵۰۰۰
۲۶	سابقه کشت برنج در اصفهان	احمد رضانی	۱۳۹۶	۵۰۰۰
۲۷	حلزون گیاهچه‌خوار برنج <i>Succinea putris</i> (زیست‌شناسی و کنترل)	مهرداد عموقلی‌طبری و همکاران	۱۳۹۶	۵۰۰۰
۲۸	اکولوژی برنج	الهیار فلاح و ناهید فتحی	۱۳۹۷	۵۰۰۰
۲۹	استفاده از روش میلگارد در ارزیابی خواص حسی برنج	فاطمه حبیبی و کبری تجددی‌طلب	۱۳۹۷	۵۰۰۰
۳۰	کرم سبز برگ‌خوار برنج و کنترل آن	فرزاد مجیدی‌شیل‌سر	۱۳۹۷	۵۰۰۰
۳۱	تغذیه روی در سیستم‌های کشت برنج	شهرام محمودسلطانی	۱۳۹۷	۵۰۰۰
۳۲	کاربرد جهش‌القایی در اصلاح برنج	علیرضا نبی‌پور و همکاران	۱۳۹۷	۵۰۰۰
۳۳	کشت برنج در اراضی شالیزاری بدون انجام عملیات گل‌خرابی	رضا اسدی	۱۳۹۷	۵۰۰۰
۳۴	تاثیر پارابویل بر خصوصیات تبدیل و کیفیت برنج	عاصفه لطیفی	۱۳۹۷	۵۰۰۰
۳۵	تنش خشکی و تاثیر آن بر رشد و عملکرد برنج	علی‌اکبر عبادی و فاطمه فرح‌دهر	۱۳۹۷	۵۰۰۰
۳۶	دستورالعمل پخت برخی ارقام محلی و اصلاح شده برنج مازندران	ناهید فتحی و همکاران	۱۳۹۸	۵۰۰۰
۳۷	مروری بر کشت مستقیم برنج با تأکید بر مدیریت علف‌های هرز	بیژن یعقوبی و مریم رجبیان	۱۳۹۸	۵۰۰۰
۳۸	استفاده از تله نوری و درجه حرارت موثر روزانه برای تعیین زمان مناسب ساقه‌خوار نواری برنج	فرزاد مجیدی‌شیل‌سر	۱۳۹۸	۵۰۰۰
۳۹	تاثیر تنش شوری بر مراحل مختلف رشدی گیاه برنج و راهکارهای مقابله با آن	الهیار فلاح	۱۳۹۸	۵۰۰۰
۴۰	آنام، رقم جدید برنج	مهرزاد اله‌قلی‌پور و مریم حسینی‌چالشتی	۱۳۹۸	۵۰۰۰
۴۱	مدیریت تولید برنج در روش خشکه‌کاری	عبدالعلی گیلانی	۱۳۹۸	۵۰۰۰
۴۲	دستورالعمل زراعی رقم جدید برنج، آنام	مهرزاد اله‌قلی‌پور و همکاران	۱۳۹۸	۵۰۰۰
۴۳	زیست‌شناسی و مدیریت علف‌هرز مهاجم سل‌واش در شالیزار	بیژن یعقوبی و زهرا حضرتی	۱۳۹۸	۸۰۰۰

لیست نشریه‌های موسسه‌ی تحقیقات برنج کشور (ادامه)

شماره نشریه	عنوان	نویسنده (کان)	سال	قیمت (تومان)
۴۴	دستورالعمل پخت سه رقم جدید برنج (گیلان، رش و آنام)	مهرزاد اله‌قلی‌پور و همکاران	۱۳۹۹	۸۰۰۰
۴۵	پرورش نشای مناسب کشت مکانیزه برنج بدون نیاز به جعبه نشاء در شرایط شیوع ویروس کرونا	بهمن امیری لاریجانی و همکاران	۱۳۹۹	۸۰۰۰
۴۶	اصول و مبانی ایمنی کار در آزمایشگاه زیست فناوری	علی‌اکبر عبادی، مجتبی کردرستمی	۱۳۹۹	۸۰۰۰
۴۷	دستورالعمل تولید برنج به‌روش کشت مستقیم در بستر خشک (استان گلستان)	علیرضا کیانی و همکاران	۱۳۹۹	۸۰۰۰
۴۸	راهکارهای مدیریت کنترل و ایجاد مقاومت به بیماری بلاست در برنج (با تأکید بر تکنیک‌های مولکولی)	مریم حسینی چالشتی، مجتبی کردرستمی	۱۳۹۹	۸۰۰۰
۴۹	دستورالعمل فنی تولید تربیتکاله به‌عنوان کشت دوم در اراضی شالیزاری (اقلیم گرم و مرطوب)	روح‌اله یوسفی، مریم حسینی چالشتی	۱۳۹۹	۸۰۰۰
۵۰	روش‌های تشخیص خلوص و کیفیت ارقام برنج	ناهید فتحی، علیرضا نبی‌پور	۱۳۹۹	۸۰۰۰
۵۱	طلوع، رقم جدید پرمحصول، مقاوم به بلاست و کیفی برنج	علی مومنی، مهرداد عموقلی‌طبری	۱۳۹۹	۸۰۰۰
۵۲	دستورالعمل زراعی رقم جدید برنج، «طلوع»	علی مومنی و همکاران	۱۳۹۹	۸۰۰۰
۵۳	دستورالعمل زراعی رقم جدید برنج، «تپسا»	رحمان عرفانی و همکاران	۱۳۹۹	۸۰۰۰
۵۴	خلأ عملکرد برنج و عوامل زراعی موثر بر آن	فاطمه فرح‌دهر و همکاران	۱۴۰۰	۸۰۰۰
۵۵	گوگرد، عنصری تاثیرگذار بر گیاه برنج	شهرام محمودسلطانی	۱۴۰۰	۸۰۰۰

علاقه‌مندان به خرید نشریه می‌توانند به آدرس موسسه‌ی تحقیقات برنج کشور مکاتبه نموده یا با مسئول کتابخانه‌ی موسسه تماس حاصل فرمایند. شماره‌ی تماس: تلفن: ۰۱۳-۳۳۶۹۰۰۵۲ داخلی ۲۲۳؛ دورنگار: ۰۱۳-۳۳۶۹۰۰۵۱