اثر منابع مختلف کودهای آلی و نیتروژن بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی، کمی و کیفی برنج

حسن نیسی[۱]، محمد رفیعی‌الحسینی[۲*]، محمودرضا تدین[۳]، سیدرضا احمدپور[۴] و اکبر کریمی[۵]

۱) دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.
۲) دانشیار گروه زراعت، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.
۳) استادگروه زراعت، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.
۴) معاون آموزش، ترویج و برنامه‌ریزی پژوهشی موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان، اهواز، ایران.
۵) محقق گروه تحقیقات به‌زراعی، موسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان، اهواز، ایران.

***نویسنده مسئول: m_rafiee_1999@yahoo.com**

این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.

تاریخ دریافت:۱۴۰۰/۱۱/۱۹ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۲۲**

چکیده

به‌منظور بررسی اثر منابع مختلف کودهای آلی و نیتروژن بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی، کمی و کیفی برنج در کشت مستقیم، آزمایشی مزرعه‌ای در سال زراعی ۰۰-۱۳۹۹، به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در اهواز انجام شد. فاکتور اصلی کاربرد کودهای آلی در سه سطح (اسید هیومیک، اسید فولویک و تیمار شاهد) و کاربرد کود نیتروژن در شش سطح (کود اوره گرانوله، کود اوره با پوشش گوگردی، کود سولفات‌آمونیوم، محلول اوره و نیترات‌آمونیوم، ترکیب کود اوره با پوشش گوگردی و کود اوره گرانوله و عدم مصرف هیچ‌گونه کود نیتروژنه به‌عنوان تیمار شاهد) به‌عنوان فاکتور فرعی بودند. مقایسه میانگین اثرهای ساده نشان داد که بیش‌ترین درصد پروتئین کل برگ، عملکرد شلتوک، وزن هکتولیتر، طول دانه شلتوک، عرض دانه سفید پس از پخت و کم‌ترین درصد خرد شدن دانه‌ها پس از سفید شدن در کاربرد اسید هیومیک مشاهده شد. افزایش عملکرد شلتوک، طول دانه شلتوک و عرض دانه سفید پس از پخت در تیمار کاربرد اسید هیومیک در مقایسه با شاهد به‌ترتیب ۱۹/۴، ۵/۴ و ۵/۶ درصد بود. بیش‌ترین درصد پروتئین کل برگ، طول دانه شلتوک، عرض دانه سفید پس از پخت و کم‌ترین درصد خرد شدن دانه‌ها پس از سفید شدن با کاربرد اوره با پوشش گوگردی و یا اوره با پوشش گوگردی همراه با اوره گرانوله به‌دست آمد. مقایسه میانگین برهم‌کنش فاکتورها نشان داد که بیش‌ترین شاخص سطح برگ به تیمار کاربرد اوره با پوشش گوگردی و یا کاربرد اوره با پوشش گوگردی همراه با اوره گرانوله × کاربرد اسیدفولویک و بیش‌ترین میزان کلروفیل a، b، کاروتنوئیدها و طول دانه سفید پس از پخت به تیمار کاربرد اوره با پوشش گوگردی همراه با اوره گرانوله × کاربرد اسید هیومیک تعلق داشت. به‌نظر می‌رسد فراهمی نیتروژن در خاک در مراحل مختلف رشد و نمو برنج تحت کاربرد تیمارهای کودهای نیتروژنی و بهبود ویژگی‌های خاک در اثر کاربرد کودهای‌آلی و در نتیجه دستیابی کافی به عناصر غذایی، بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیک، کمی و کیفی برنج را در پی داشته است.

واژه‌های کلیدی: اسید فولویک، اسید هیومیک، اوره با پوشش گوگردی و برنج.

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) از مهم‌ترین محصولات کشاورزی دنیا بوده و بعد از گندم جایگاه دوم را از نظر تولید سالانه به خود اختصاص داده است. این گیاه غذای اصلی نیمی از مردم دنیا را تشکیل می‌دهد و تولید برنج جزء جدایی‌ناپذیر اقتصاد بسیاری از کشورها است (Amgain *et al*., 2021). به‌طورکلی ۹۰ درصد از برنج دنیا در آسیا تولید و مصرف می‌شود (FAO, 2017). سطح زیر کشت آن در ایران ۸۹۲ هزار هکتار و تولید کل ۴/۴ میلیون تن با متوسط عملکرد ۴۹۵۶ کیلوگرم که از این مقدار، سطح زیرکشت ۲۰۶ هزار هکتار و تولید کل ۷۹۹ هزار تن با متوسط عملکرد ۳۸۸۱ کیلوگرم مربوط به استان خوزستان است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹). با توجه به پایین بودن میانگین عملکرد این گیاه در استان خوزستان در قیاس با میانگین کشوری، به کارگیری روش‌های نوین افزایش عملکرد این گیاه با در نظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی ضروری است. در گیاهان مختلف، اثر منبع و میزان مصرف کود نیتروژنه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عناصر در تغذیه گیاه مورد توجه بسیار قرار گرفته و بسیاری از پژوهش‌گران نشان داده‌اند که استفاده از کودهای کندرهاشونده نیتروژن، باعث افزایش راندمان مصرف نیتروژن و کاهش هزینه مصرف کود می‌شود (Kandil *et al*., 2010). گزارشات نشان می‌دهد که کاربرد هم‌زمان کودهای آلی، زیستی و شیمیایی به‌ویژه نیتروژن سبب بهبود فراهمی عناصر غذایی در خاک و افزایش جذب آن‌ها طی مراحل مختلف رشد برنج شده که در نهایت منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه برنج می‌شود (مصلحی و همکاران، ۱۳۹۵). تلفات نیتروژن به‌صورت گاز آمونیاک با استفاده از کود اوره همراه با پوشش گوگردی، بسیار کم‌تر از سایر منابع کودی است و به‌همین دلیل جذب نیتروژن توسط گیاه را افزایش داده و درنهایت سبب افزایش عملکرد در خاک‌های مختلف می‌گردد (Zhang *et al*., 2015). مصرف کود نیتروژن در برنج به‌مقدار ۹۰ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین طول خوشه و عدم مصرف کود نیتروژن کم‌ترین طول خوشه را داشته است که این مهم نشان‌دهنده نقش عنصر نیتروژن در رشد زایشی و مؤثر بودن آن بر عملکرد است (کاوسی و یزدانی، ۱۳۹۹). بررسی اثر نوع تغذیه نیتروژنی بر پیری برگ برنج نشان داد که کاربرد نیترات‌آمونیوم موجب افزایش تجمع ماده تر و خشک در گیاه، پروتئین محلول و فعالیت ویژه آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز شد (حسینی و همکاران، ۱۳۸۸). کاربرد سولفات‌آمونیوم، سبب دسترسی بالای گیاه در مراحل اولیه رشد خود به نیتروژن و درنتیجه آب‌شویی آن بوده، اما در مراحل حساس رشد با کمبود نیتروژن مواجه می‌شود (Wu *et al*., 2020). بررسی کاربرد مقادیر مختلف نیتروژن در مزرعه برنج نشان داد که عملکرد دانه برنج با افزایش مقدار نیتروژن افزایش یافت. به‌نظر می‌رسد افزایش مصرف نیتروژن از طریق افزایش دوام و شاخص سطح برگ باعث می‌گردد تا شرایط مطلوب‌تری برای دریافت نور خورشید و تولید مواد فتوسنتزی فراهم شود و در نتیجه افزایش معنی‌دار عملکرد را به‌دنبال داشته باشد (Yoseftabar, 2013). برخی محققان گزارش کردند که بیش‌ترین وزن هزار دانه، عملکرد دانه و ماده خشک در گندم

به‌ترتیب از کودهای اوره، نیترات آمونیوم و سولفات آمونیوم به‌دست آمد (عباسی و حمزه ئی، ۱۳۹۶). ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه برنج اغلب در واکنش به‌میزان دسترسی به منابع کودی به‌خصوص کود نیتروژن، دچار تغییر می‌شود و یکی از نقش‌های فیزیولوژیک نیتروژن، اثر آن بر فتوسنتز است (فرجی و همکاران، ۱۳۹۱).

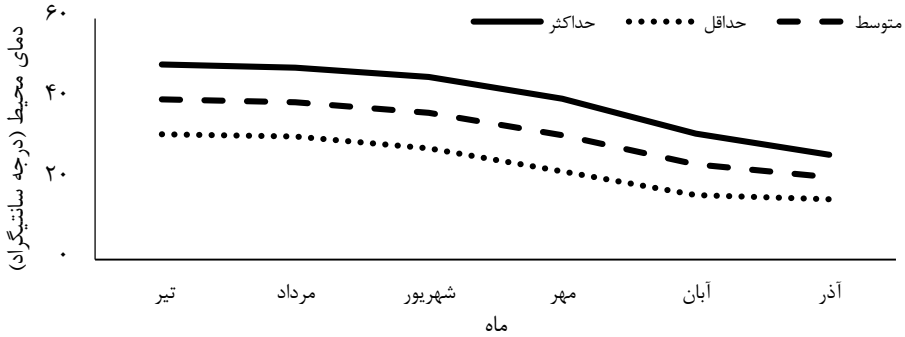
امروزه به‌دلیل اثرات منفی کاربرد کودهای شیمیایی و خطرات زیست‌محیطی آن‌ها، استفاده از کودهای آلی سازگار با محیط‌زیست برای بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی گیاهان زراعی و باغی رواج یافته است. کاربرد اسید هیومیک علاوه‌بر اینکه جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن را افزایش می‌دهد، با کاهش pH خاک در ریزوسفر می‌تواند کارایی مصرف کودهای نیتروژنی را افزایش دهد (Yuan *et al*., 2017). اسید هیومیک به‌دلیل وجود ترکیبات اسیدهای آلی و هورمون‌ها، موجب بالارفتن جذب عناصر غذایی، افزایش اجزای عملکرد و در نهایت عملکرد دانه برنج می‌شود (Cong *et al*., 2011). اسید هیومیک به‌طور مؤثر می‌تواند عملکرد برنج را به میزان ۱۰ تا ۲۵ درصد افزایش دهد (Mindari *et al*., 2019). کاربرد اسید هیومیک مواد آلی خاک را افزایش داده که پیامد آن افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک، بهبود حفظ موادغذایی و دسترسی به حجم وسیع‌تری از خاک است (Ahmed *et al*., 2010). اسید هیومیک به‌دلیل اثرهای هورمونی، در بهبود جذب مواد غذایی و افزایش زیست‌توده ریشه و شاخساره، مانند یک اسید آلی مشتق از هوموس عمل می‌کند (Nikbakht and Kafi, 2008; اسماعیلی و تدین، ۱۳۹۸). مصرف اسیدهیومیک در گندم، با افزایش وزن هزاردانه و افزایش تعداد دانه در سنبله، باعث افزایش عملکرد دانه شد. همچنین مصرف کود اوره با پوشش گوگردی و کاربرد اسیدهیومیک، ضمن افزایش عملکرد نهایی محصول، هدررفت کودهای نیتروژن را کاهش داد (عباسی و حمزه‌ئی، ۱۳۹۶). بررسی اثر کاربرد اسید فولویک بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد برنج نشان داد که این ترکیب سبب افزایش عملکرد دانه، شاخص سطح برگ و محتوای کلروفیل گیاه می‌شود (Omar *et al*., 2020).

با توجه به کارایی پایین کودهای نیتروژنی مرسوم و مزایای فراوان بیان شده در مورد اسید هیومیک و اسید فولویک، از سوی دیگر کمبود اطلاعات در زمینه اثر کاربرد این ترکیبات به‌همراه انواع مختلف کودهای نیتروژنی بر رشد و عملکرد برنج، ضروری به‌نظر می‌رسد که اثر این ترکیبات به همراه کودهای نیتروژنی همچون سولفات‌آمونیوم، کود اوره با پوشش گوگردی، اوره و آمونیوم‌نیترات در شرایط کشت مستقیم (بستر مرطوب) مورد بررسی و ارزیابی قرارگیرد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت مزرعه‌ای در سال زراعی۰۰-۱۳۹۹ در ۱۵ کیلومتری شهرستان اهواز (روستای گبیر یک) در استان خوزستان با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۶ دقیقه و عرض ۳۱ درجه و ۲۷ دقیقه و با ارتفاع ۱۹ متر از سطح دریا اجرا شد. نتایج داده‌های هواشناسی در زمان اجرای آزمایش در شکل ۱ ارائه شده است. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب

طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و کشت برنج با سیستم کشت مستقیم با بستر مرطوب اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل نوع کودآلی به‌عنوان فاکتور اصلی در سه سطح شامل: ۱- اسید هیومیک، ۲- اسید فولویک (اسید هیومیک فلوریش) و ۳- بدون کاربرد کودآلی (شاهد) و کاربرد انواع متفاوت کود نیتروژن در شش سطح شامل: ۱- تأمین کل نیتروژن مصرفی از کود اوره گرانوله (۴۶ درصد نیتروژن)، ۲- تأمین کل نیتروژن مصرفی از منبع کود اوره با پوشش گوگردی (۳۰ درصد نیتروژن و ۳۰ درصد گوگرد)، ۳- تأمین کل نیتروژن مصرفی از منبع کود سولفات آمونیوم (۲۱ درصد نیتروژن و ۲۴ درصد گوگرد)، ۴- تأمین کل نیتروژن مصرفی از منبع محلول اوره و نیترات‌آمونیوم (۳۰ درصد نیتروژن)، ۵- تأمین یک سوم نیتروژن مورد نیاز از منبع کود اوره با پوشش گوگردی به‌عنوان پایه و دو سوم از منبع کود اوره گرانوله و ۶- بدون کاربرد کود نیتروژن (شاهد)، به عنوان فاکتور فرعی بودند. پیش از شروع آزمایش از خاک مزرعه (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری) نمونه‌برداری و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شد. خاک مورد مطالعه دارای ماده آلی کم، قلیایی و لب شور بود (جدول ۱).



شکل ۱: حداکثر، حداقل و متوسط دمای محیط از زمان انتقال به زمین اصلی تا برداشت

جدول ۱: برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه محل اجرای آزمایش

پتاسیم	فسفر	اسیدیته	هدایت الکتریکی	ماده آلی	نیتروژن	شن	رس	سیلت	بافت خاک
میلی‌گرم بر کیلوگرم			دسی زیمنس بر متر		درصد				
۱۱۶	۵/۱	۷/۷۴	۲/۷۱	۰/۳۷	۰/۰۳۲	۶۸	۱۵	۱۷	لومی شنی

رقم برنج مورد استفاده در این پژوهش رقم غالب منطقه و عنبربو پاکوتاه در نظر گرفته شد. به‌منظور اجرای این پژوهش ابتدا عملیات آماده‌سازی زمین (شخم، نهرکشی، ماله‌کشی، مرزبندی و کرت‌بندی) انجام و پس از آماده‌سازی زمین زراعی بر اساس روش کشت مرسوم منطقه، کاشت به‌صورت دست‌پاش یا غیرردیفی در بستر مرطوب و براساس میزان بذر محاسبه شده برای هر کرت (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) انجام شد (سیادت و همکاران، ۱۳۹۲). ابعاد هر کرت فرعی چهار متر در پنج متر در نظر گرفته شد و کاشت در تاریخ ۱۴۰۰/۰۴/۰۱ صورت گرفت. مقدار مصرف اسید هیومیک و اسید فولویک براساس کاتولوگ شرکت تولید کننده (شرکت صنایع شیمیایی شیمی کرد)، نتایج پژوهش‌های پیشین و ویژگی‌های خاک مزرعه و

توصیه آزمایشگاه خاک و آب، ۵ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد که ۵۰ درصد از کودهای آلی یک ماه پس از کاشت و ۵۰ درصد دیگر دو ماه بعد از کاشت همراه با آبیاری در اختیار گیاه قرار گرفت (Hatami *et al*., 2018). مجموع نیتروژن دریافتی در هر کرت آزمایشی پس از بررسی نتایج آزمون خاک و نیاز گیاه محاسبه شد و در سه مرحله پایه (کد ۰۰ زادوکس) به مقدار ۴۰ درصد، سرک اول در مرحله حداکثر پنجه‌زنی (کد ۲۹ زادوکس) به مقدار ۳۰ درصد و سرک دوم در مرحله تشکیل گل یا آغاز گل‌دهی (کد ۵۱ زادوکس) به مقدار ۳۰ درصد و همراه با آبیاری در اختیار گیاه قرار گرفت. با توجه به ماهیت قلیایی و آهکی بودن خاک‌های منطقه و پایین بودن فسفر و پتاسیم قابل دسترس و بر اساس نتایج آزمون خاک و حد بحرانی و محدوده بهینه فسفر و پتاسیم در خاک و نیاز گیاه، ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل و ۲۷۵ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم مورد استفاده قرار گرفتند. صفاتی از جمله پروتئین کل برگ و شاخص سطح برگ در مرحله حداکثر توسعه برگ پرچم (گل‌دهی) و کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئیدها در زمان خوشه‌دهی مورد ارزیابی واقع شدند. صفات عملکرد شلتوک، وزن هکتولیتر، طول دانه شلتوک، عرض دانه شلتوک، طول دانه سفید پس از پخت، عرض دانه سفید پس از پخت، درصد خردشدن دانه‌ها پس از سفیدشدن در زمان رسیدگی کامل دانه‌ها با برداشت مساحت دو متر مربع از میانه هر کرت بعد از حذف اثر حاشیه با رطوبت ۱۴ درصد اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ در زمان آغاز گل‌دهی از هر کرت فرعی، ۳ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و سپس به‌صورت کف‌بر برداشت شد. سطح برگ با استفاده از عکس‌برداری (Leaf Area Meter مارک ΔT ساخت کشور انگلستان) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها به‌روش پیشنهادی Welburn (۱۹۹۴) و حصیبی (۱۳۸۲) در زمان خوشه‌دهی انجام شد. بدین‌صورت که ۰/۲۵گرم از بافت تازه برگ با مقداری نیتروژن مایع در یک هاون چینی به‌طور همگن ساییده شد. سپس ۱۰ سی‌سی استون ۸۰ درصد به نمونه اضافه و با آن مخلوط شد. مخلوط حاصل را در فالکون قرار داده و به‌مدت ۲۰ دقیقه با استفاده از ورتکس به شدت هم‌زده شد و در پایان از کاغذ صافی عبور داده و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر شدت جذب محلول در طول موج‌های ۴۸۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر قرائت و مقدار کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها با استفاده از رابطه‌های ۱، ۲ و ۳ محاسبه شد.

رابطه ۱: $\text{Chlorophyll a} = [12.7\ (D663) - 2.59\ (D645)] \times [V/W \times 1000]$

رابطه ۲: $\text{Chlorophyll b} = [22.9\ (D645) - 4.69\ (D663)] \times [V/W \times 1000]$

رابطه ۳: $\text{Carotenoids} = (1000\ D480 - 1.8\ \text{Chlorophyll a} - 85/02\ \text{Chlorophyll b} / 198)$

در روابط فوق، D663 مقدار جذب نور در طول موج ۶۶۳ نانومتر؛ D645 مقدار جذب نور در طول موج ۶۴۵ نانومتر؛ D480 مقدار جذب نور در طول موج ۴۸۰ نانومتر؛ V حجم نهایی نمونه و W وزن نمونه تازه برگ برحسب گرم است.

برای سنجش پروتئین کل برگ (در زمان حداکثر توسعه برگ پرچم، گل‌دهی)، ابتدا نمونه‌های مورد آزمایش آسیاب شده و سپس مقدار ۰/۱ گرم از آن را به‌و سیله ترازوی الکترونیکی توزین و درون ظروف مخ صوص کاغذی قرار داده شد. مقدار یک گرم کاتالیزور و ۳/۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک به آن اضافه شده سپس نمونه‌ها را درون لوله آزمایش مخصوص د ستگاه ه ضم گذا شته و به‌مدت پنج ساعت جهت ه ضم داخل د ستگاه ه ضم قرار داده شد. در انتها با قراردادن تمامی نمونه‌ها در دستگاه کجلدال و افزودن سود (سدیم هیدروکسید)، اسیدبوریک و آب مقطر مطابق روش اندازه‌گیری نیتروژن و پروتئین، مرحله تقطیر انجام شد. تیترا سیون محلول حا صل از تقطیر با ا سید کلریدریک ۰/۱ انجام شده، تا رنگ محلول درون ارلن به‌رنگ ارغوانی تغییر یافته و ثابت شد. در پایان محتوای پروتئین کل برگ از حاصل‌ضرب میزان نیتروژن × عدد ۵/۹۵ به‌د ست آمد (Ashraf *et al*., 2006; Gu *et al*., 2020). طول دانه شلتوک، عرض دانه شلتوک، طول دانه سفید بعد از پخت، عرض دانه سفید بعد از پخت با انتخاب ۱۰ عدد دانه سالم اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری درصد خرد شدن دانه‌ها، پس از رساندن رطوبت بذور توسط آون به رطوبت ۱۱ درصد، مقدار ۲۵۰ گرم شلتوک از هر نمونه برنج با دستگاه پوست‌کن و سفیدکن شرکت ساتاکه ژاپن به برنج قهوه‌ای و برنج سفید تبدیل شدند و پس از شمارش تعداد بذور سالم و خرد شده، درصد خرد شدن دانه‌ها محاسبه شد. جهت اندازه‌گیری طول دانه شلتوک، عرض دانه شلتوک، طول دانه سفید بعد از پخت و عرض دانه سفید بعد از پخت از کولیس دیجیتالی و برای اندازه‌گیری عملکرد شلتوک و وزن هکتولیتر از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم استفاده شد. به‌منظور اندازه‌گیری وزن هکتولیتر، شلتوک‌ها در یک ظرف با حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر ریخته شدند و بعد از اینکه ظرف کاملاً پر شد، بذرها وزن شدند (ندیمی دفرازی و همکاران، ۱۳۹۶). تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

پروتئین کل برگ

پروتئین کل برگ در واکنش به کود آلی (در سطح یک درصد) و کود نیتروژن (در سطح پنج درصد) اختلاف آماری معنی‌دار نشان داد (جدول ۲). از بین سطوح کود آلی، بیش‌ترین میزان پروتئین کل برگ (۹/۸۷ درصد) با تیمار کاربرد اسیدهیومیک و در بین سطوح مختلف کود نیتروژن، تیمار اوره با پوشش گوگردی و اوره گرانوله و اوره با پوشش گوگردی به‌ترتیب با میزان ۱۰/۰۶ و ۹/۷۵ درصد بیش‌ترین مقادیر درصد پروتئین برگ را به خود اختصاص دادند (جدول‌های ۳ و ۴). اسید هیومیک با بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک موجب افزایش جذب عناصر به‌ویژه نیتروژن می‌شود، با افزایش جذب نیتروژن فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاه تسریع شده و ترکیبات نیتروژنه از جمله پروتئین‌ها و ترکیبات

آنزیمی افزایش می‌یابند (Delfin *et al*., 2005). افزایش اسید هیومیک با بهبود تولید قندها، پروتئین‌ها و ویتامین‌ها درگیاه به‌دلیل افزایش میزان جذب نیتروژن و نیز اثر مثبتی که بر جنبه‌های مختلف فتوسنتز دارد، در افزایش عملکرد و کیفیت محصول مؤثر است. از سوی دیگر با افزایش فعالیت آنزیم رابیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌شود (Delfin *et al*., 2005).

جدول ۲: تجزیه واریانس پروتئین کل برگ، عملکرد شلتوک و وزن هکتولیتر در شرایط کاربرد منابع مختلف کودآلی و کود نیتروژن

		میانگین مربعات (MS)		
منبع تغییرات	**درجه آزادی**	پروتئین کل برگ	عملکرد شلتوک	وزن هکتولیتر
بلوک	۲	۰/۱۰ ns	۳۲۵۴۱۸۰ ns	۸۱۲۹۸/۳**
کود آلی	۲	۲/۰۳**	۳۸۵۹۸۱۳**	۳۱۳۰/۲*
خطای کرت اصلی	۴	۰/۳۱	۱۰۱۷۵۶۲	۹۲۳/۸
کود نیتروژن	۵	۲/۸۷*	۳۸۵۹۸۱ ns	۳۲۴۴۰/۱ns
کود آلی × کود نیتروژن	۱۰	۰/۶۸ ns	۱۴۹۶۸۹ ns	۱۱۸۷/۳ns
خطای کرت فرعی	۳۰	۰/۵۶	۵۰۱۸۵۹	۷۲۶۵/۷
ضریب تغییرات (درصد)	-	۷/۹۳	۱۶	۱۶/۱۴

*و**: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد، ns: فاقد اختلاف معنی‌دار

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر اصلی کود آلی بر پروتئین کل برگ، عملکرد شلتوک، وزن هکتولیتر، طول دانه شلتوک، عرض دانه سفید بعد از پخت و درصد خرد شدن دانه‌ها بعد از سفید شدن

	پروتئین کل برگ (درصد)	عملکرد شلتوک (کیلوگرم در هکتار)	وزن هکتولیتر (گرم در لیتر)	طول دانه شلتوک (میلی‌متر)	عرض دانه سفید بعد از پخت (میلی‌متر)	درصد خرد شدن دانه ها بعد از سفید شدن
شاهد: عدم کاربرد	۹/۰۸b	۳۸۵۰/۵۶b	۴۸۵/۰۳b	۸/۸۶b	۲/۷۰b	۱۶/۰۱a
کاربرد اسید هیومیک	۹/۸۷a	۴۷۷۶/۶۷a	۵۷۰/۰۶a	۹/۳۷a	۲/۸۶a	۱۱/۵۳c
کاربرد اسید فولویک	۹/۴۰ab	۴۳۲۰/۰۰ab	۵۲۸/۹۴ab	۹/۱۷ab	۲/۷۷b	۱۴/۱۲b

حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف آماری معنی‌دار هستند.

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر اصلی کود نیتروژنی بر پروتئین کل برگ، طول دانه شلتوک، عرض دانه سفید بعد از پخت و درصد خرد شدن دانه‌ها بعد از سفید شدن

	پروتئین کل برگ (درصد)	طول دانه شلتوک (میلی‌متر)	عرض دانه سفید بعد از پخت (میلی‌متر)	درصد خرد شدن دانه ها بعد از سفید شدن
بدون کاربرد کود نیتروژن	۸/۷۲c	۸/۸۶	۲/۶۱c	۱۵/۰۹a
اوره گرانوله	۹/۶۱ab	۹/۱۶ab	۲/۸۲a	۱/۴۴a
اوره با پوشش گوگردی	۹/۷۵a	۹/۲۱a	۲/۸۲a	۱۳/۱۰b
سولفات آمونیوم	۹/۱۲bc	۹/۱۰ab	۲/۷۲bc	۱۴/۵۷a
اوره آمونیوم نیترات	۹/۴۵ab	۹/۱۳ab	۲/۷۸ab	۱۳/۷۶ab
اوره با پوشش گوگردی و اوره گرانوله	۱۰/۰۶a	۹/۳۴a	۲/۹۱a	۱۲/۳۶b

حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف آماری معنی‌دار هستند.

Santri و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که کاربرد کود اسید هیومیک و اوره می‌تواند به‌ترتیب ۲۸ و ۴۲ روز پس از کاربرد باعث افزایش آمونیاک و نیترات خاک شود که این موضوع سبب افزایش جذب نیتروژن و تولید پروتئین در گیاه

می‌گردد. در مطالعه حاضر نیز کاربرد ترکیبی کودهای نیتروژنی با پوشش گوگردی و گرانوله باعث افزایش پروتئین کل در برگ شد. پژوهش‌های دیگر نشان داده است که کودهای اوره با پوشش گوگردی می‌توانند به‌طور قابل‌توجهی مانع از تلفات نیتروژن از طریق تبخیر آمونیاک شوند و جذب نیتروژن را افزایش دهند (Li *et al*., 2018 and 2021).

عملکرد شلتوک

عملکرد شلتوک در واکنش به کودهای آلی در سطح یک درصد تفاوت آماری معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). بیش‌ترین میزان عملکرد شلتوک (۴۷۷۶/۶۷ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کاربرد اسید هیومیک به‌دست آمد (جدول ۳). نتایج آزمایش حاضر نیز نشان داد که کاربرد اسید هیومیک سبب بهبود ویژگی‌های رشدی گیاه از جمله عملکرد شلتوک (۲۴ درصد) نسبت به شاهد شد. افزایش عملکرد شلتوک ممکن است به‌دلیل استفاده کارآمدتر از مواد غذایی در تیمارهای اعمال شده با اسید هیومیک باشد. اثر مطلوب اسید هیومیک بر افزایش عملکرد شلتوک، احتمالاً به افزایش پارامترهای رشد مانند افزایش سطح محتوای کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید در برگ‌ها و افزایش فعالیت فتوسنتزی و جذب بیش‌تر مواد غذایی و تولید کربوهیدرات‌ها مرتبط است. در این راستا Mindari و همکاران (۲۰۱۹) بیان کردند که اسید هیومیک به‌طور مؤثر می‌تواند عملکرد برنج را به میزان ۱۰ تا ۲۵ درصد افزایش دهد. Koochaki and Seyyedi (۲۰۱۵) نشان دادند که افزایش جذب هر یک از عناصر نیتروژن یا فسفر از طریق تحریک رشد ریشه گیاه باعث جذب بهتر سایر عناصر از خاک می‌شود. اسید هیومیک به‌دلیل وجود ترکیبات اسیدهای آلی و هورمون‌ها موجب بالارفتن جذب عناصر غذایی، افزایش اجزای عملکرد و در نهایت عملکرد دانه برنج می‌شود (Cong *et al*., 2011). اسید هیومیک سبب جذب عناصر پرمصرف و افزایش عملکرد می‌شود. این یافته‌ها با نتایج تحقیقات Kumar و همکاران (۲۰۱۸) همسو بود. عامل تعیین‌کننده اصلی افزایش عملکرد دانه در گیاه برنج، قدرت مبدا، مقصد و ظرفیت تولید مواد پرورده است. ترکیبات گوگردی اثر مثبتی بر این عوامل و در نتیجه عملکرد دانه برنج دارند. این ترکیبات بر انتقال مواد فتوسنتزی و قدرت مبدا و مقصد مؤثرند (Li *et al*., 2018). همچنین اثرهای افزایشی این ترکیبات بر عملکرد دانه ممکن است به علت اثر مثبت آن‌ها بر فرآیندهای متابولیکی برنج باشد.

وزن هکتولیتر

اثر اصلی کاربرد کودهای آلی بر این صفت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج جدول تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر اصلی کاربرد کود نیتروژن بر وزن هکتولیتر فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین وزن هکتولیتر به تیمار کاربرد اسیدهیومیک (۵۷۰/۰۶ گرم در لیتر) اختصاص داشت (جدول ۳). احتمالاً، کاربرد اسید هیومیک از طریق بهبود ویژگی خاک و نیز تامین به‌موقع و کافی عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن برای گیاه سبب افزایش وزن دانه شده است. به نظر می‌رسد کاربرد این ترکیب از طریق افزایش عواملی همچون محتوای کلروفیل a، b و کاروتنوئید

در برگ‌ها، افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه و جذب بیش‌تر مواد غذایی، تولید بیش‌تر کربوهیدرات‌ها و افزایش در طول دانه شلتوک سبب افزایش وزن هکتولیتر شده است. میرزاخانی (۱۳۹۸) با بررسی پاسخ کارایی مصرف نیتروژن و برخی صفات زراعی گندم زمستانه به مقدار، زمان و روش مصرف نیتروژن بیان کرد که مقدار نیتروژن مصرفی بر وزن هکتولیتر اثر معنی‌دار نداشت، اما اثر روش‌های مصرف نیتروژن (کاربرد در خاک، آب و روی برگ) بر وزن هکتولیتر معنی‌دار بود. کافی قاسمی و اصفهانی (۱۳۸۴) نیز با بررسی اثر سطوح کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت بیان کردند که بیش‌ترین وزن هکتولیتر در تیمار مصرف ۲۰۷ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به دست آمد. عباسی و حمزه‌ئی (۱۳۹۶) گزارش کردند که مصرف اسید هیومیک در گندم، با افزایش وزن هزار دانه و افزایش تعداد دانه در سنبله، باعث افزایش عملکرد دانه شد. کلته و همکاران (۱۴۰۱) بیان کردند که کاربرد اسید هیومیک موجب افزایش شش درصدی وزن هزار دانه برنج شد. کاوسی و یزدانی (۱۳۹۹) نیز گزارش کردند که افزایش سطح کاربرد کود اوره سبب افزایش وزن هزار دانه برنج در مقایسه با شاهد شد. تیموریان و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر سه رقم برنج افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک و طول خوشه را با افزایش مصرف نیتروژن از ۱۰۰ به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند. از طرفی این محققین بیان داشتند که افزایش مصرف نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در خوشه، شاخص برداشت و عملکرد شلتوک نداشت.

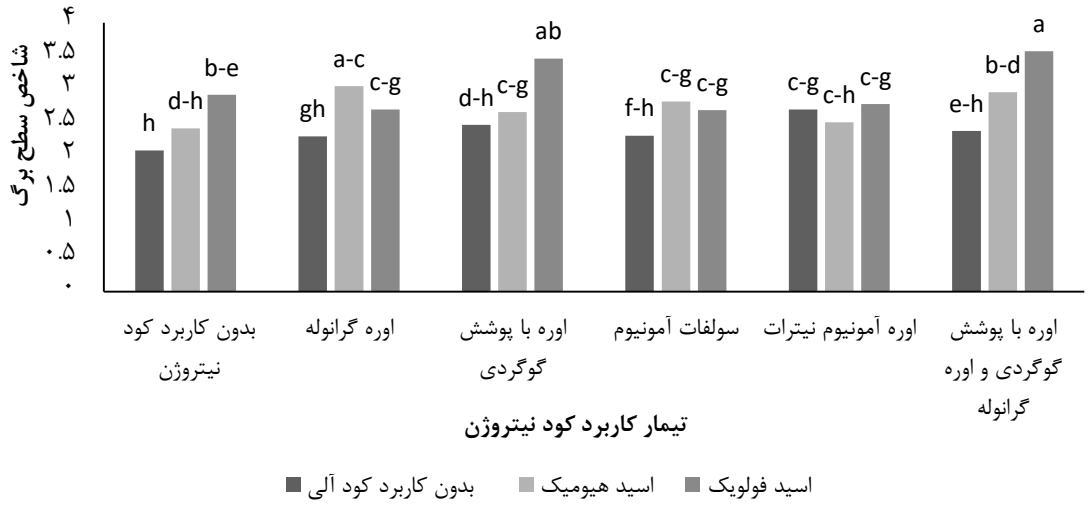
شاخص سطح برگ

نتایج جدول تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر کاربرد کودهای آلی (اسید هیومیک و اسید فولویک)، بر شاخص سطح برگ فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بود (جدول ۵). در میان تیمارهای مورد بررسی بیش‌ترین مقدار شاخص سطح برگ (با میانگین ۳/۵۸) به تیمار کاربرد اسید فولویک و ترکیب اوره با پوشش گوگردی و اوره گرانوله و کم‌ترین میزان (با میانگین ۲/۱) به تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن و کود آلی تعلق داشت (شکل ۲).

جدول ۵: تجزیه واریانس شاخص سطح برگ، کلروفیل a، کلروفیلb و کاروتنوئیدها در شرایط منابع مختلف کودآلی و کود نیتروژن

		میانگین مربعات (MS)			
منبع تغییرات	درجه آزادی	شاخص سطح برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئیدها
بلوک	۲	۰/۱۳ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۱ns
کود آلی	۲	۰/۲۹ ns	۰/۰۱۴*	۰/۰۱*	۰/۰۳**
خطای کرت اصلی	۴	۰/۱۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
کود نیتروژن	۵	۱/۸۸**	۰/۱۰۰**	۰/۰۳**	۰/۰۸**
کود آلی × کود نیتروژن	۱۰	۰/۲۵*	۰/۰۱۴**	۰/۰۰۰۷**	۰/۰۱**
خطای کرت فرعی	۳۰	۰/۱۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۲/۲۶	۶/۷۲	۱۱/۵۵	۱۲/۷

*و**: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد، ns: فاقد اختلاف معنی‌دار



شکل ۲: مقایسه میانگین برهم‌کنش کود آلی وکود نیتروژن بر شاخص سطح برگ

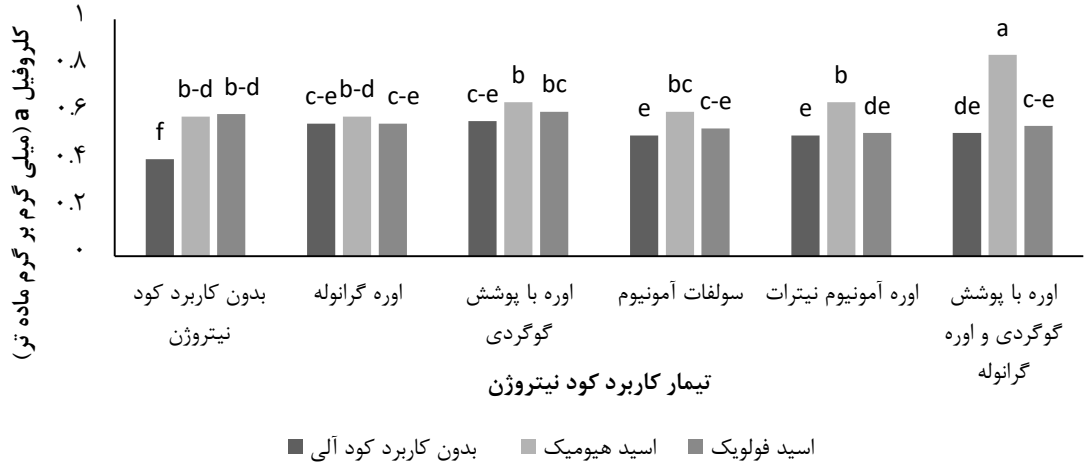
حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف آماری معنی‌دار هستند.

شاخص سطح برگ یک پارامتر زراعی مهم است که رشد محصول را منعکس و عملکرد محصول را پیش‌بینی می‌کند. تقریباً تمام زیست‌توده از طریق فتوسنتز برگ تشکیل می‌شود که یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی عملکرد فتوسنتزی جمعیت‌های گیاهی است. اسید فولویک از طریق افزایش جذب نیتروژن گیاه، موجب افزایش شاخص سطح برگ و همچنین سرعت بالاتر گسترش سطح برگ می‌شود که در نتیجه افزایش صفات مذکور، آسیمیلات بیش‌تری به سمت اندام‌های زایشی منتقل شده و درنهایت عملکرد نسبت به شرایط عدم کاربرد اسید فولویک افزایش می‌یابد. این نتایج با نتایج اسماعیلی و تدین (۱۳۹۸) و Sharif و همکاران (۲۰۰۲) مطابقت دارد. نتایج برخی بررسی‌ها نشان داده است که ارتفاع بوته، وزن خشک بوته، شاخص سطح برگ، نسبت سطح برگ و وزن مخصوص برگ سورگوم دانه‌ای در اثر استفاده از کودهای آلی به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافتند (Amal *et al*., 2010). کاربرد کودهای نیتروژنی با پوشش گوگردی و گرانوله از طریق کاهش سرعت رهاسازی عناصر غذایی، کارایی مصرف کود را افزایش می‌دهد. همچنین، عناصر غذایی را برای مدت طولانی‌تری برای محصولات کشاورزی فراهم می‌کند و باعث رشد و نمو محصول می‌شود. این عوامل شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک را افزایش داده و در نهایت عملکرد خوبی را فراهم می‌کند (Zhu and Zhang *et al*., 2017 ;Wang *et al*., 2018). این امر می‌تواند به قابلیت ترکیبات آلی برای بهبود محیط بیوشیمیایی خاک از طریق ارتقاء فعالیت آنزیمی خاک، فعالیت و جمعیت میکروبی، ظرفیت تبادل کاتیونی و حفظ آب خاک که در نهایت رشد گیاه و جذب عناصر غذایی را افزایش می‌دهد، مرتبط باشد. افزایش سطح برگ می‌تواند باعث تشکیل خوشه‌های مؤثر، دانه در خوشه و دانه‌های کامل در خوشه شود و سرعت پر شدن دانه را بهبود بخشد که تاییدکننده‌ای برای اثر ترکیبات آلی همچون فولویک‌اسید بر بهبود سرعت دریافت تشعشعات در برنج و در نهایت، افزایش بازده نیتروژن است (Wei *et al*., 2010). در آزمایش حاضر کاربرد

ترکیب اوره با پوشش گوگردی و اوره گرانوله این مشکل را مرتفع نمود. به‌نظر می‌رسد تامین نیتروژن اولیه از اوره گرانوله و پس از آن از طریق اوره با پوشش گوگردی بوده است. از سوی دیگر ممکن است نیتروژن مازاد رها شده از اوره با پوشش گوگردی در مراحل میانی رشد که توسط برنج جذب و استفاده نمی‌شود توسط میکروارگانیسم‌ها در خاک تثبیت شود و هنگامی که عرضه نیتروژن خاک در مراحل پایانی ناکافی بود، دوباره آزاد شود که زمان مؤثر را طولانی می‌کند (Ni *et al*., 2014). البته برخی دیگر از پژوهش‌گران بیان کردند که اوره با پوشش گوگردی نمی‌تواند نیاز جذب نیتروژن را در مرحله آخر رشد محصول برآورده کند، زیرا پوشش گوگردی آن به راحتی شکسته می‌شود. البته کیفیت پوشش گوگرد و مواد آب‌بندی بیرونی نیز بر دوره انتشار اوره با پوشش گوگردی اثر می‌گذارد (Gu *et al*., 2011).

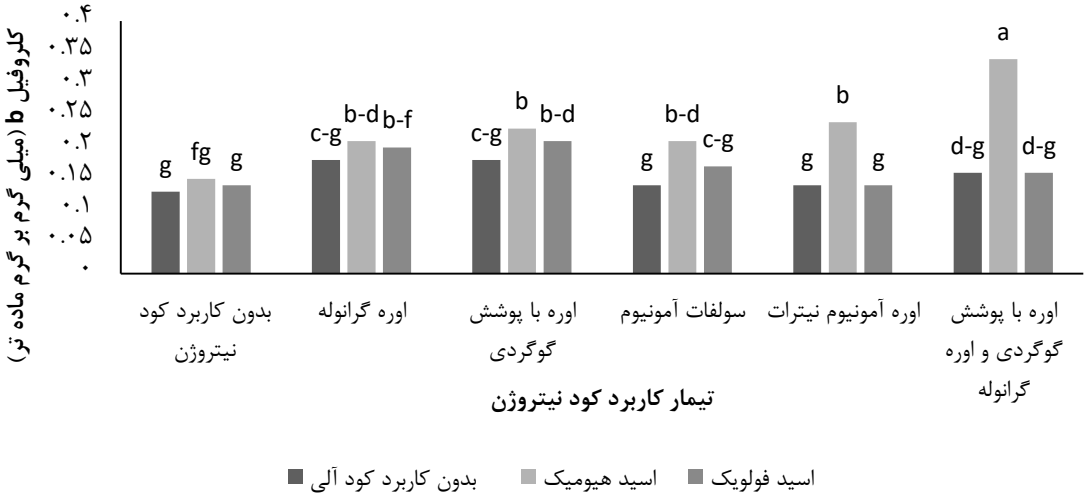
کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها

نتایج جدول تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر کاربرد کود آلی (اسید هیومیک و اسید فولویک)، بر محتوای کلروفیل a و b در سطح پنج درصد و محتوای کاروتنوئیدها در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۵). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش‌های نشان داد، بیش‌ترین میزان محتوای کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها در شرایط کاربرد اسید هیومیک و اوره با پوشش گوگردی و گرانوله به‌دست آمد (شکل‌های ۳، ۴ و ۵). کاربرد اسید هیومیک موجب پیش‌گیری از کلروز گیاهان می‌شود که احتمالاً به دلیل توانایی آن‌ها برای نگهداری آهن خاک به فرم قابل جذب است که این پدیده می‌تواند در خاک‌های قلیایی و آهکی مؤثر باشد (سردشتی و علیدوستی، ۱۳۸۶). از سوی دیگر کاربرد تیمار ترکیب اوره با پوشش گوگردی و گرانوله به دلیل تامین عناصر غذایی مورد نیاز به میزان کافی و در فرصت مناسب سبب افزایش توانایی فتوسنتز و جلوگیری از تخریب رنگیزه‌ها شده است. نتایج مطالعه‌های مختلف نشان داده است که کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش طول و وزن ریشه، تعداد ریشه‌های جانبی و آغازه‌های ریشه و افزایش جریان شیره از آوندها می‌شوند (Omar *et al*., 2020). همچنین از طریق افزایش تقسیم سلولی و رشد گیاه، جوانه‌زنی و قوه نامیه بذور، فتوسنتز، جذب مواد غذایی توسط گیاه، رشد ریشه، مقاومت گیاه به خشکی، مقاومت به آفات و بیماری‌ها، میزان ویتامین‌ها و آنزیم‌ها در گیاه و درصد جوانه‌زنی بذور، باعث افزایش کمیت و کیفیت محصولات زراعی از جمله گندم، ذرت و غیره می‌شود. همچنین اسید هیومیک می‌تواند سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی خاک شود.



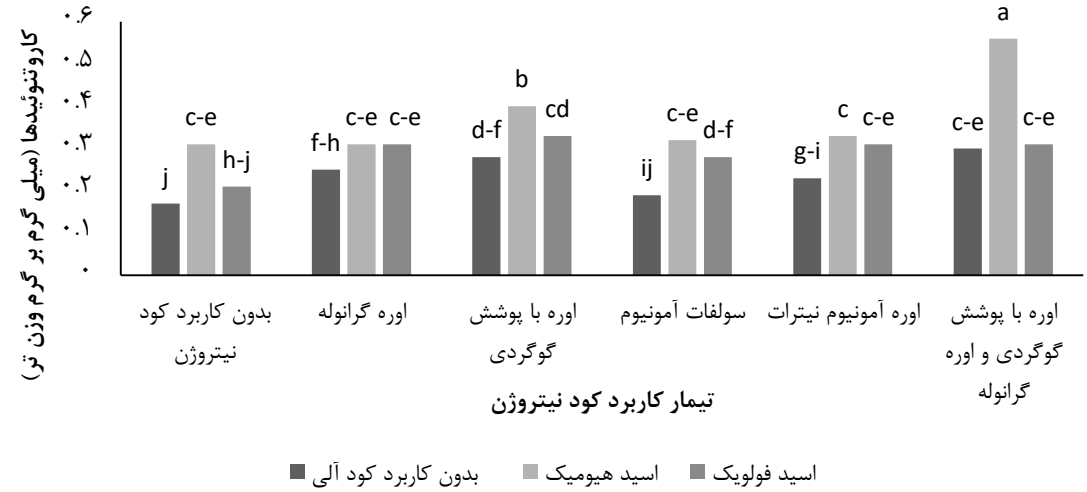
شکل ۳: مقایسه میانگین برهم‌کنش کود آلی و کود نیتروژن بر محتوای کلروفیل a

حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف آماری معنی‌دار هستند..



شکل ۴: مقایسه میانگین برهم‌کنش کود آلی و کود نیتروژن بر محتوای کلروفیل b

حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف آماری معنی‌دار هستند..



شکل ۵: مقایسه میانگین برهم‌کنش کود آلی و کود نیتروژن بر محتوای کاروتنوئیدها

حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف آماری معنی‌دار هستند..

طول و عرض دانه شلتوک

نتایج جدول تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر اصلی کاربرد کودهای آلی (اسید هیومیک و اسید فولویک)، بر طول دانه شلتوک در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. تحت کاربرد کودهای نیتروژنی، صفت طول دانه شلتوک در سطح یک درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین طول دانه شلتوک نشان داد که بیش‌ترین میزان این صفت به تیمار کاربرد اسید هیومیک (۹/۳۷ میلی‌متر) تعلق داشت (جدول ۳). از نظر کاربرد کودهای نیتروژنی بیش‌ترین مقدار در تیمار اوره با پوشش گوگردی و اوره گرانوله (۹/۳۴ میلی‌متر) و اوره با پوشش گوگردی (۹/۲۱ میلی‌متر) مشاهده شد (جدول ۴). اجزای عملکرد گیاه برنج عمدتاً در واکنش به اندازه مقصد (طول و عرض دانه) قرار دارند. اندازه مقصد، عاملی است که تحت اثر فعالیت‌های آنزیمی قرار دارد یا از آن‌ها متأثر می‌شود (Li *et al*., 2018). چنان‌چه فعالیت‌های آنزیمی افزایش یابند، افزایش بیش‌تری در اندازه مقصد رخ می‌دهد. اسید هیومیک با افزایش تامین عناصر مورد نیاز گیاه، بهبود هوادهی و ظرفیت نگهداری آب موجب افزایش جذب عناصر توسط گیاه می‌شود و این موضوع افزایش در فعالیت‌های آنزیمی و فیزیولوژیکی در گیاه و به‌ویژه در مقصد را در پی دارد. جذب بهتر مواد غذایی موجب افزایش شکل‌گیری دانه گرده و تولید بذر می‌شود (جلوگیری از سقط) و بهبود تولید فرآورده‌های فتوسنتزی را موجب می‌گردد. این نتایج با یافته‌های Yadi و همکاران (۲۰۱۲) و Tejas-Des (۲۰۰۹) مطابقت داشت. در پژوهش Vanitha and Mohandass (۲۰۱۴) نتایج نشان داد وقتی که ۱۰۰ درصد کودهای NPK همراه با اسید هیومیک مصرف شدند، حداکثر طول ریشه، محتوای کلروفیل، دوره سبزینگی برگ، درصد پرشدگی دانه و عملکرد به‌دست آمد.

جدول ۶: تجزیه واریانس طول و عرض دانه شلتوک، طول و عرض دانه سفید پس از پخت، درصد خرد شدن دانه‌ها پس از سفید شدن در شرایط منابع مختلف کود آلی و نیتروژن

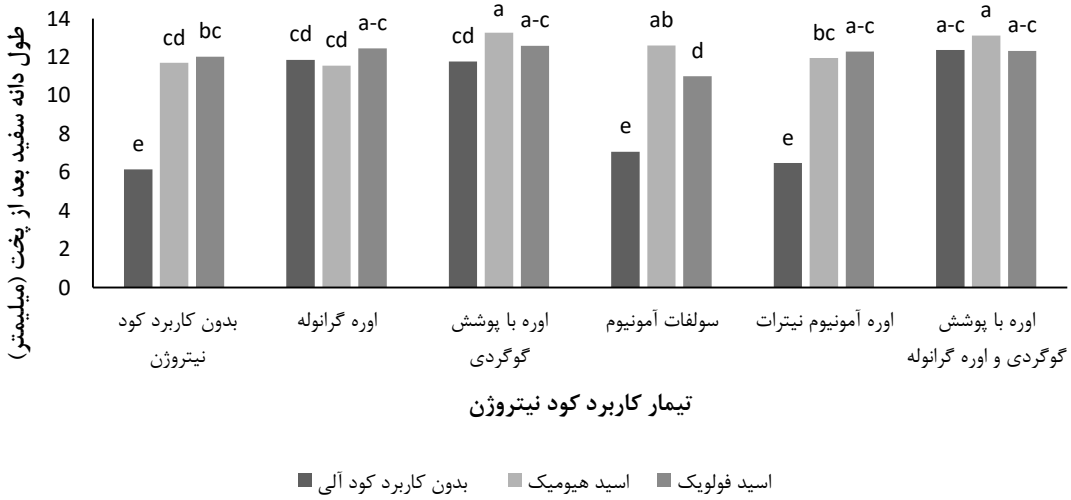
منبع تغییرات	درجه آزادی	طول دانه شلتوک	عرض دانه شلتوک	طول دانه سفید پس از پخت	عرض دانه سفید پس از پخت	درصد خرد شدن دانه‌ها پس از سفید شدن
بلوک	۲	۰/۱۸ ns	۰/۰۲ ns	۰/۰۲ ns	۰/۰۶ ns	۳۴/۸**
کود آلی	۲	۰/۲۲*	۰/۰۲ ns	۱۳/۲۲**	۰/۱۸*	۹/۷**
خطای کرت اصلی	۴	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۲۴	۰/۰۳	۱/۹
کود نیتروژن	۵	۱/۲۳**	۰/۰۱ ns	۴۹/۸**	۰/۳۷ *	۸۷/۲**
کود آلی × کود نیتروژن	۱۰	۰/۲۱ ns	۰/۰۱ ns	۸/۳۵**	۰/۱۴ ns	۷/۸ns
خطای کرت فرعی	۳۰	۰/۱۲	۰/۰۱	۰/۱۸	۰/۰۹	۷/۴
ضریب تغییرات (درصد)	-	۳/۸۲	۳/۵۱	۳/۷۳	۱۰/۵۳	۱۹/۶

* و**: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد، ns: فاقد اختلاف معنی‌دار

طول و عرض دانه سفید بعد از پخت

نتایج جدول تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر اصلی کاربرد کودهای آلی (اسید هیومیک و اسید فولویک)، بر طول و

عرض دانه سفید بعد از پخت به‌ترتیب در سطح یک درصد و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). اثر اصلی کاربرد کودهای نیتروژنی بر صفت طول دانه سفید بعد از پخت در سطح یک درصد و عرض دانه سفید بعد از پخت در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). برهم‌کنش کاربرد کودهای آلی و کود نیتروژنی بر طول دانه سفید بعد از پخت در سطح یک درصد اختلاف آماری معنی‌دار نشان دادند (جدول ۶). مقایسه میانگین برهم‌کنش کودهای آلی و کود نیتروژنی بر طول دانه سفید بعد از پخت نشان داد تیمار کاربرد اسید هیومیک و اوره با پوشش گوگردی (۱۳/۲۸ میلی‌متر) و اوره با پوشش گوگردی و اوره گرانوله (۱۳/۱۳ میلی‌متر) بیش‌ترین میزان را داشتند (شکل ۶). بیش‌ترین عرض دانه سفید بعد از پخت به تیمار کاربرد اسید هیومیک (۲/۸۶ میلی‌متر) و در واکنش به کود نیتروژن، به کاربرد ترکیب اوره با پوشش گوگردی و اوره گرانوله (۲/۹۱ میلی‌متر)، اوره با پوشش گوگردی (۲/۸۲ میلی‌متر) و اوره گرانوله (۲/۸۲ میلی‌متر) تعلق داشت (جدول‌های ۳ و ۴). اسید هیومیک با افزایش جمعیت موجودات زنده خاک، اصلاح وضعیت فیزیکی اثرهای آنزیمی و هورمونی، pH خاک، تعدیل رشد گیاه، مقاومت گیاه به تنش، باعث افزایش قدرت جذب مواد غذایی، افزایش جوانه‌زنی و رشد ریشه و بهبود کمی و کیفی محصول می‌شود (Cangi *et al.*, 2006). این نتایج با یافته‌های Ahmed و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت دارد.



شکل ۶: مقایسه میانگین برهم‌کنش کود آلی و کود نیتروژن بر طول دانه سفید بعد از پخت

حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف آماری معنی‌دار هستند.

درصد خرد شدن دانه‌ها بعد از سفید شدن

نتایج جدول تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر اصلی کاربرد کودهای آلی (اسید هیومیک و اسید فولویک)، بر درصد خردشدن دانه بعد از سفید شدن در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). تحت تیمار کودهای نیتروژنی، درصد خردشدن دانه بعد از سفید شدن در سطح یک درصد اختلاف آماری معنی‌دار داشتند (جدول ۶). امقایسه میانگین داده‌ها نشان داد درصد خردشدن دانه پس از سفیدشدن تحت تیمار بدون کاربرد کود آلی دارای بیش‌ترین میزان (۱۶/۰۱ درصد) و اسید هیومیک دارای کم‌ترین میزان (۱۱/۵۳ درصد) بود (جدول ۳). تیمار بدون کاربرد کود نیتروژن دارای بیش‌ترین میزان درصد

خرد شدن دانه پس از سفید شدن (۱۵/۰۹ درصد) و ترکیب اوره با پوشش گوگردی و اوره گرانوله دارای کم‌ترین میزان (۱۲/۳۶ درصد) بود (جدول ۴). Congi و همکاران (۲۰۰۶) بهبود کمی و کیفی محصول و کاهش درصد خرد شدن دانه را از جمله اثرهای مثبت اسید هیومیک به دلیل افزایش اثرهای آنزیمی و هورمونی و افزایش قدرت جذب موادغذایی دانستند.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر نشان داد که بیش‌ترین میزان عملکرد شلتوک برنج در تیمار کاربرد اسید هیومیک به‌دست آمد و این ترکیب سبب بهبود ویژگی‌های رشدی گیاه و نهایتاً عملکرد شلتوک نسبت به شاهد شد. از سوی دیگر احتمالاً کاربرد اسید هیومیک از طریق بهبود ویژگی‌های خاک و نیز تامین به‌موقع و کافی عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن برای گیاه سبب افزایش وزن هکتولیتر شد. درصد خردشدن دانه پس از سفیدشدن نیز در تیمار کاربرد اسید هیومیک دارای کم‌ترین میزان بود. به‌نظر می‌رسد تامین، فراهمی و رهاسازی نیتروژن در خاک در مراحل مختلف رشدی برنج تحت کاربرد تیمار کودهای نیتروژنی و نیز تامین عناصر غذایی و بهبود ویژگی‌های خاک در کاربرد کودهای آلی و در نتیجه دستیابی کافی به عناصر در مراحل مختلف رشد و نمو گیاه، بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیک از قبیل افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی و شاخص سطح برگ و خصوصیات کمی و کیفی برنج را در پی داشت. به طور کلی و بر اساس نتایج به دست آمده در این آزمایش به نظر می‌رسد کاربرد ترکیبی اسید هیومیک و یا اسید فولویک همراه با کود اوره با پوشش گوگردی و یا اوره با پوشش گوگردی همراه با اوره گرانوله در شرایط مشابه قابل توصیه باشد.

منابع

احمدی، ک.، عباد زاده، ح.، حاتمی، ف.، عبدشاه، ه. وکاظمیان، آ. ۱۳۹۹. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷: محصولات زراعی. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری و اطلاعات. ۹۷ صفحه.

اسماعیلی، ا. و تدین، م. ر. ۱۳۹۸. تأثیر تنش خشکی و اسید هیومیک بر رشد، عملکرد و شکر تولیدی چغندرقند (*Beta vulgaris* L.). بوم شناسی‌کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۱: ۱۹۸-۱۸۵.

تیموریان، م.، گلوی، م.، پیردشتی ه. و م. نصیری. ۱۳۸۸. واکنش عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم مختلف برنج در واکنش به محدودیت منبـع و مخزن و کود نیتروژن. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی، ۱۶(۳):۶۶-۴۹.

حسینی، س. م.، حدادچی، غ. ر.، صادقی‌پور، ح. ر. و یغمایی، ف. ۱۳۸۸. اثر نوع تغذیه نیتروژنی بر پیری برگ برنج (رقم طارم). مجله پژوهش‌های تولید گیاهی، ۱۶(۲): ۱۹۴-۱۷۳.

سردشتی، ع. و علیدوست، م. ۱۳۸۶. تعیین و شناسایی ترکیبات اسید هیومیک خاک‌های جنگلی شمال ایران. پانزدهمین همایش بلورشناسی و کانی شناسی ایران. دانشگاه فردوسی مشهد. ایران.

سیادت، ع.، مدحج، ع. و اصفهانی، م. ۱۳۹۲. غلات. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۵۲ صفحه.

عباسی، ه. و حمزه‌ئی، ج. ۱۳۹۶. اثر منابع مختلف کودهای محتوی نیتروژن پایه و اسید هیومیک بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک گندم رقم پیشتاز. فصل‌نامه پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۹(۳۵):۷۳-۸۸.

فرجی، ف.، اصفهانی، م.، کاووسی، م.، نحوی، م. و ربیعی، ب. ۱۳۹۱. اثر مقادیر و نحوه تقسیط کود نیتروژن بر شاخص‌های رشد و عملکرد برنج رقم خزر. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۳(۲): ۳۳۳-۳۲۳.

کافی قاسمی، ع. و اصفهانی، م. ۱۳۸۴. بررسی تاثیر سطوح کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای در منطقه گیلان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲(۵): ۳۷-۲۳.

کاوسی، م. و یزدانی، م. ر. ۱۳۹۹. اثر دور آبیاری و میزان کود نیتروژن بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد برنج (*Oryza sativa* L.) رقم هاشمی. نشریه علوم زراعی ایران، ۲۲: ۱۸۲-۱۶۸.

کلته، م.، عجم‌نوروزی، ح.، فرجی، ا.، حقیقی، ع. و غلامعلی‌پور علمداری، ا. ۱۴۰۱. بررسی تأثیر تراکم بوته و اسید هیومیک بر عملکرد شلتوک، کارایی مصرف آب و صفات بیوشیمیایی برنج (*Oryza sativa* L.) در سیستم خشکه‌کاری در شمال ایران. نشریه گیاهی فیزیولوژی محیطی، ۶۵(۳): ۱۴۰-۱۱۵.

مصلحی، ن.، نیک نژاد، ی.، فلاح آملی، ه. و خیری، ن. ۱۳۹۵. اثر کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی، آلی و زیستی بر برخی صفات مرفوفیزیولوژیک برنج (*Oryza sativa* L.). رقم طارم هاشمی. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۸: ۱۰۳-۸۷.

میرزاخانی، م. ۱۳۹۸. پاسخ کارایی مصرف نیتروژن و برخی صفات زراعی گندم زمستانه به مقدار، زمان و روش مصرف نیتروژن. علوم گیاهان زراعی ایران، ۵۰(۲): ۸۷-۷۷.

ندیمی دفرازی، م.ح.، اصفهانی، م. و اعلمی، ع. ۱۳۹۶. اثر زمان نشاکاری بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و انتقال مجدد در سه رقم برنج (*Oryza sativa* L.) در شرایط اقلیمی رودبار. مجله تحقیقات غلات، ۷(۴):۴۸۳-۴۷۱.

Ahmed, A. G., Orabi, S. A. and Gaballah, M. S. 2010. Effect of Bio-N-P fertilizer on the growth, yield and some biochemical components of two sunflower cultivars. International Journal of Academic Research, 2(4): 271-277.

Amal, G. A., Orabi, S. and Gomaa, A. M. 2010. Bio-organic farming of grain sorghum and its effect on growth, physiological and yield parameters and antioxidant enzymes activity. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 6: 270-279.

Amgain, N. R ., Zacharias, Q. and Rabbany, A. 2021. Effect of sulfur on rice water quality, nutrient uptake, and yields grown on shallow histosols. Journal of Rice Research and Developments, 4(1): 324-330.

Ashraf, M., Fakhra, K. and Rasoul, E. 2006. Interactive effects of gibberellic acid (GA3) and salt stress on growth, ion accumulation and photosynthetic capacity of two corn differing in salt tolerance. Plant Growth Regulation, 36: 49-59.

Cangi, R., Tarakcioglu, C. and Yasar, H. 2006. Effect of humic acid applications on yield, fruit characteristics and nutrient uptake in Ercis grape (*V. vinifera* L.) cultivar. Asian Journal Chemistry, 18:1493-1499.

Cong, P. T., Dung, T. D., Hien, N. T., Choudhury, A. T., Rose, M. T., Kecskes, M. L., Deaker, R. and Kennedy, I. R. 2011. Effects of a multistrain biofertilizer and phosphorus rates on nutrition and grain yield of paddy rice on a sandy soil in Southern Vietnam. Journal of plant nutrition, 34(7): 1058-1069.

Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E. and Alvino, A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy for Sustainable, 25:183-191.

FAO. 2017. FAOSTAT. Statistical Databases. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at http:/ www.fao.org.

Gu, G. L., Xu, K., Fu, T. M., Zhang, D. L., Tong, G. X., Luo, J., Tong, E. J., Yi, W. P. and Xu, Q. M. 2011. Nitrogen release characteristics of different hermetic material sulfur-coated urea and their effects on summer maize. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 17: 630–637.

Guo, N., Gu, M., Hu, J., Qu, H. and Xu, G. 2020. Rice OsLHT1 Functions in Leaf-to-Panicle Nitrogen Allocation for Grain Yield and Quality. Fronteies of Plant Science, 11:1150.

Hatami, E., Shokouhian, A. A., Ghanbari, A. R. and Naseri, L. A. 2018. Alleviating salt stress in almond rootstock using of humic acid. Scientia Horticulturae, 237: 296-302.

Kandil, E. A., Fawzi, M. I. F. and Shahin, M. F. M. 2010. The effect of some slow release nitrogen fertilizers on growth, nutrient status and fruiting of "Mit Ghamr" peach trees. Journal of American Science, 6(12): 195-201.

Koocheki, A. and Seyyedi, S. M. 2015. Relationship between nitrogen and phosphorus use efficiency in saffron (*Crocus sativus* L.) as affected by mother corm size and fertilization. Industrial Crops Products, 71: 128–137.

Kumar, R., Verma, K. K., Kumar, A., Kumar, P. and Yadav, K. 2018. Effect of levels and sources of sulfur on growth, yield, economics and quality of rice (*Oryza sativa* L.) under partially reclaimed Sodic soil. Plant science, 7(8):41–44.

Li, P., Chang, T., Chang, S., Ouyang, X., Qu, M., Song, Q. and Zhu, X. G. 2018. Systems model-guided rice yield improvements based on genes controlling source, sink, and flow. Journal of Integrative Plant Biology, 60(12): 1154-1180.

Li, P., Lu, J., Wang, Y., Wang, S., Hussain, S., Ren, T., Cong, R. and Li, X. 2018. Nitrogen losses, use efficiency, and productivity of early rice under controlled-release urea. Agricultural Ecosystem and Environmental, 251: 78–87.

Mindari, W., Sasongko, P. E., Kusuma, Z., Syekhfani, A. and Aini, N. 2019. Efficiency of various sources and doses of humic acid on physical and chemical properties of saline soil and growth and yield of rice. The 9th International Conference on Global Resource Conservation (ICGRC) and AJI from Ritsumeikan University.

Ni, K., Pacholski, A. and Kage, H. 2014. Ammonia volatilization after application of urea to winter wheat over 3 years affected by novel urease and nitrification inhibitors. Agriculture, Ecosystems and Environment, 197: 184–194.

Nikbakht, A. and Kafi, M. 2008. Effect of humic acid on plant growth. Journal of Plant Nutrition, 31: 2155-2167.

Omar, A., Zayed, B., Salam, A. A., Hafez, Y. and Abdelaal, K. 2020. Folic acid as foliar application can improve growth and yield characters of rice plants under irrigation with drainage water. Fresenius Environmental Bulletin, 29(10): 9420-9428

Santri, A., Huang, L., Hansen, B., Yang, X., Zijian, M., Songyan, M., Guangmei, X. and Zhengy, W. H. 2015. Effects of humic acid application on cadmium accumulation in brown rice under wheat-rice rotation. Environmental Pollution, 287: 117-125.

Sharif, M., Khattak, R. A. and Sarir, M. S. 2012. Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plants. Plant Analysis, 33: 3567–3580.

Thejas-Das, K. 2009. Foliar nutrition of rice for enhancing the micronutrient concentration in grain and straw for nutritional health security. M. Sc. (Ag.) Thesis, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, Tamil Nadu, India.

Vanitha, K. and Mohandass, S. 2014. Effect of humic acid on plant growth characters and grain yield of drip fertigated aerobic rice (*Oryza sativa* L.). The Bioscan, 9: 45-50.

Wang, L., Xue, C., Pan, X., Chen, F. and Liu, Y. 2018. Application of controlled-release urea enhances grain yield and nitrogen use efficiency in irrigated rice in the Yangtze River basin China. Frontiers in Plant Science, 9: 999-1014.

Wei, Y. H., He, S. H. and Xu, C. M. 2010. Influence of water-fertilizer coupling on rice LAI and yield under the condition of controlling irrigation. System Science of Agriculture, 26: 500–505.

Wellburn, A. R. 1994. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. Journal of Plant Physiology, 144: 307-313.

Wu, X., Zhang, T., Wang, X., Wang, X., Zhao, J., Wang, L., Yang, D., Li, G. and Xiu, W. 2020. Effects of chemical fertilizer reduction combined with application of organic fertilizer and straw on fluvo-aquic soil aggregate distribution and stability in north China. Ecology and Environmental Scinces, 29: 933–941.

Yadi, R., Dastan, S. and Yasari, E. 2012. Role of zinc fertilizer on grain yield and some qualities parameters in Iranian rice genotypes. Annals of Biological Research, 3(9): 4519-4527.

Yoseftabar, S. 2013. Effect of nitrogen management on panicle structure and yield in rice (*Oryza sativa* L.). International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5(11): 1224-1227.

Yuan, T., Wang, J., Sun, X., Yan, J., Wang, Z. and Niu, J. 2017. Effect of combi application of humic acid and nitrogen fertilizer on nitrogen uptake, utilization and yield of winter wheat. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 3: 74-82.

Zhang, Y. T., Wang, H. Y., Liu, S., Lei, Q. L., Liu, J., He, J. Q., Zhai, L. M., Ren, T. Z. and Liu, H. B. 2015. Identifying critical nitrogen application rate for maize yield and nitrateleaching in a Haplic Luvisol soil using the DNDC model. Science of the Total Environment, 514: 388–398.

Zhu, L. and Zhang, W. 2017. Effects of controlled-release urea combined with conventional urea on nitrogen uptake, root yield, and quality of Platycodon grandiflorum. Journal of Plant Nutrition, 40: 662–672.