Vol 25, No. 4, Winter 2023

University of Tehran Press

Journal of Crops Improvement

Online ISSN: 2345-6957

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

Evaluation of Humic Acid and Fulvic Acid with Different Sources of Nitrogen Fertilizer Effects on Agronomic Characteristics of Anbarboo Rice (*Oryza sativa* L.) Under Direct Cultivation Systems

Hasan Neisi[1] | Mohammad Rafieiolhossaini[2]✉ | Mahmoud Reza Tadayon[3] | Seyed Reza Ahmadpour[4] | Akbar Karimi[5]

1. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. E-mail: hasan.neisi@stu.sku.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. E-mail: rafiei@sku.ac.ir
3. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran. E-mail: -tadayyon_m@sku.ac.ir
4. Department of Training and Research, Khuzestan Sugarcane Research and Traning Instituite, Ahvaz, Iran. E-mail: sr.ahmadpour@iscrti.ir
5. Department of Agronomy Research, Khuzestan Sugarcane Research and Traning Instituite, Ahvaz, Iran. E-mail: a.karimi@iscrti.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 10 December 2023
Received in revised form
27 July 2023
Accepted 31 August 2023
Published online 13 December 2023

Keywords:
Ammonium nitrate
Ammonium sulfate
Granule Urea
Organic fertilizer
Sulfur coating

ABSTRACT

Objective: Nitrogen is the most important nutritional element required by rice and a large part of it is lost in rice fields through leaching, which can lead to environmental problems and reduce the efficiency of urea fertilizer use.

Methods: The present experiment was conducted; with the aim of investigating the effect of using different organic and chemical nitrogen fertilizers; in a split plot experiment based on a randomized complete blocks design with three replications in 2021.The main factor was at 3 levels including humic acid, fulvic acid and control and the sub-factor was considered the application of nitrogen fertilizer at six levels (granular urea, sulfur coated urea, ammonium sulfate, urea and ammonium nitrate, combination of sulfur coated urea and granular urea and control).

Results: Means comparison of the main effects showed the highest paddy yield was obtained with the application of humic acid, which increased 19% compared to control. The highest plant height and biological yield were obtained by applying sulfur coated urea or sulfur coated urea with granulated urea. The lowest panicle fertility percentage belonged to the control treatment, and the highest dry weight of panicle per plant, plant dry weight and number of fertile tillers per plant belonged to the co-application of sulfur coated urea or the application of sulfur coated urea together with granular urea with humic acid application.

Conclusion: Considering the importance of achieving high yield of paddy in rice cultivation, the fertigation of humic acid can be useful in improving the growth of rice in rice-cultivated soils of Khuzestan.

Cite this article: Neisi, H., Rafieiolhossaini, M., Tadayon, M. R., Ahmadpour, S. R., & Karimi, A. (2023). Evaluation of Humic Acid and Fulvic Acid with Different Sources of Nitrogen Fertilizer Effects on Agronomic Characteristics of Anbarboo Rice (*Oryza sativa* L.) Under Direct Cultivation Systems. *Journal of Crops Improvement*, 25 (4), 995-1008. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2023.352306.2769

© The Authors.
Publisher: The University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2023.352306.2769

انتشارات دانشگاه تهران

به زراعی کشاورزی

شاپا الکترونیکی: ۶۹۵۷-۲۳۴۵

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

ارزیابی اثر هیومیک‌اسید و فولویک‌اسید با منابع مختلف کود نیتروژنه بر صفات زراعی برنج عنبربو (*Oryza sativa* L.) در سیستم کشت مستقیم

حسن نیسی[۱] | محمد رفیعی الحسینی[۲]✉ | محمودرضا تدین[۳] | سیدرضا احمدپور[۴] | اکبر کریمی[۵]

۱. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. رایانامه: hasan.neisi@stu.sku.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. رایانامه: rafiei@sku.ac.ir

۳. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. رایانامه: tadayyon_m@sku.ac.ir

۴. گروه آموزش و پژوهش، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان ، اهواز، ایران. رایانامه: sr.ahmadpour@iscrti.ir

۵. گروه تحقیقات به زراعی، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان، اهواز، ایران. رایانامه: a.karimi@iscrti.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۱۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۵/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۰۹

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۹/۲۲

کلیدواژه‌ها:

اوره گرانوله

پوشش گوگردی

سولفات‌آمونیوم

کود آلی

نیترات‌آمونیوم

چکیده

هدف: نیتروژن مهم‌ترین عنصرغذایی مورد نیاز برنج بوده و بخش زیادی از آن در شالیزارها از طریق آبشویی از دست می‌رود که می‌تواند منجر به بروز مشکلات زیست‌محیطی و کاهش کارایی مصرف کود اوره شود.

روش پژوهش: آزمایش حاضر با هدف بررسی اثر کاربرد کودهای مختلف آلی و شیمیایی نیتروژنه به‌صورت کرت‌های خردشده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۴۰۰ انجام شد. فاکتور اصلی در سه سطح شامل هیومیک‌اسید، فولویک‌اسید و شاهد و فاکتور فرعی کاربرد کود نیتروژن در شش سطح (اوره گرانوله، اوره با پوشش گوگردی، سولفات آمونیوم، اوره و نیترات‌آمونیوم، ترکیب اوره با پوشش گوگردی و اوره گرانوله و شاهد) در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: مقایسه میانگین اثرات ساده نشان داد که بیش‌ترین عملکرد شلتوک با کاربرد هیومیک‌اسید به‌دست آمد که در مقایسه با شاهد افزایش ۱۹ درصدی داشت. بالاترین ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک با کاربرد اوره با پوشش گوگردی و یا اوره با پوشش گوگردی همراه با اوره گرانوله به‌دست آمد. کم‌ترین درصد باروری خوشه به تیمار شاهد و بالاترین وزن خشک خوشه در بوته، وزن خشک تک بوته و تعداد پنجه بارور در بوته به تیمار کاربرد اوره با پوشش گوگردی و یا کاربرد اوره با پوشش گوگردی همراه با اوره گرانوله با کاربرد هیومیک‌اسید تعلق داشت.

نتیجه‌گیری: با توجه به اهمیت دست‌یابی به عملکرد بالای شلتوک در زراعت برنج، به‌نظر می‌رسد کاربرد هیومیک‌اسید همراه با آب آبیاری می‌تواند در بهبود رشد برنج در خاک‌های تحت کشت برنج خوزستان مفید باشد.

استناد: نیسی، حسن؛ رفیعی الحسینی، محمد؛ تدین، محمودرضا؛ احمدپور، سیدرضا و کریمی، اکبر (۱۴۰۲). ارزیابی اثر هیومیک‌اسید و فولویک‌اسید با منابع مختلف کود نیتروژنه بر صفات زراعی برنج عنبربو (*Oryza sativa* L.) در سیستم کشت مستقیم. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۵ (۴)، ۱۰۰۸-۹۹۵.

DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2023.352306.2769

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) از غلات مهم به‌شمار می‌رود و پس از گندم در رتبه دوم تولید قرار دارد و غذای اصلی بیش از نیمی از جمعیت جهان بوده و تولید آن جزء جدایی‌ناپذیر اقتصاد اغلب کشورها است (Amgain *et al*., 2021). تأمین موادغذایی موردنیاز برنج از طریق مصرف کود نقش مهمی در افزایش تولید آن ایفا می‌کند و گزارش شده است که کاربرد کودها سبب افزایش ۵۵ درصدی تولید محصول می‌شود (Erisman *et al*., 2008).

اوره مرسوم‌ترین کود نیتروژنه در کشت برنج بوده که معمولاً در سه تا چهار مرحله به‌کار می‌رود. این شیوه کوددهی در مزارع کوچک، روشی پرهزینه و زمان‌بر بوده و نیازمند نیروی کاری زیادی است. از سوی دیگر با توجه به آبشویی بالای کود اوره در شالیزارها، این روش ممکن است باعث ازدست‌رفتن بخشی از نیتروژن شود که خود می‌تواند منجر به بروز مشکلات زیست‌محیطی از جمله یوتریفیکاسیون آب‌های سطحی، آلودگی آب‌های زیرزمینی (Zhao *et al*., 2012; Han *et al*., 2014; Zhang *et al*., 2015) و در نهایت سبب کاهش کارایی مصرف کود اوره در کشت برنج می‌شود. در سال‌های اخیر استفاده از کودهای کندرهش و کنترل‌شده برای کوددهی مؤثرتر برنج موردتوجه قرار گرفته است. در مقایسه با کود اوره، کودهای کنترل‌شده با رهاسازی منظم و پیوسته عناصرغذایی روشی مؤثر برای برآوردن نیاز تغذیه‌ای گیاهان در مراحل رشد از طریق کاربرد آن‌ها به‌صورت پایه فراهم می‌کند (Chen et *et al*., 2008; Carson *et al*., 2014). نیتروژن کود اوره با پوشش گوگردی از طریق ریزمنافذ موجود بر روی مواد پوششی و ترک‌هایی که پس از شکستن لایه گوگرد ایجاد می‌شوند، به‌آرامی آزاد می‌شوند. بنابراین آبشویی نیتروژن به‌ویژه به شکل نیتراتی کاهش می‌یابد (Gu *et al*., 2011; Xu *et al*., 2016). از سوی دیگر، کاربرد کودهای آلی مانند مواد هیومیکی همراه با کودهای شیمیایی اقدامی برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی است که نه‌تنها می‌تواند حاصلخیزی خاک را بهبود بخشد بلکه باعث رشد گیاه زراعی می‌شود (Xu *et al*., 2018). هیومیک‌اسید با توسعه رشد ریشه، بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و زیستی خاک، سبب افزایش عملکرد گیاه می‌شود (Abdelaal, 2015). هیومیک‌اسید هم‌چنین می‌تواند سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب، افزایش فعالیت میکروبی خاک (Shah *et al*., 2018; Nardi *et al*., 2021) و افزایش فراهمی عناصر غذایی برای گیاه از طریق کلات‌کردن آن‌ها (Yang *et al*., 2021a)، افزایش تحمل به تنش‌های محیطی مختلف از طریق افزایش هورمون‌های محرک رشد گیاه مانند اکسین و سیتوکینین شود که به متابولیسم عناصر غذایی و فتوسنتز کمک می‌کند و رشد گیاه را افزایش می‌دهد (Nardi *et al*., 2021; Van Tol de Castro *et al*., 2021). استفاده از فولویک‌اسید می‌تواند سبب بهبود ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و بهبود رشدونمو گیاهان شود (Taiz *et al*., 2017).

۲. پیشینه پژوهش

نتایج پژوهش‌های Wang *et al*. (2018) نشان داد که کاربرد اوره کندرها سبب دستیابی به بیش‌ترین عملکرد دانه برنج شد و دلیل این امر را افزایش تعداد خوشه و خوشه‌چه در مترمربع دانستند. هم‌چنین Yu *et al*. (2022) با بررسی کاربرد ترکیب اوره کندرها و اوره مرسوم بر عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن، افزایش عملکرد گیاه برنج را مشاهده کردند. کاربرد ۷۰ درصد از اوره کندرها در مخلوط بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه برنج را نشان داد. کاربرد مخلوط کود اوره و اوره کندرها سبب افزایش ۲۷/۴ تا ۹۶/۵ درصدی کارایی مصرف نیتروژن در مقایسه با عدم مصرف کود نیتروژنی شد.

Zheng *et al*. (2022) دریافتند که کاربرد هیومیک‌اسید موجب افزایش عملکرد (۵/۶ درصد) و زیست‌توده گیاه برنج (۲۱/۳ درصد) شد. برخی از مطالعات نیز اثری از هیومیک‌اسید بر رشد محصول و سلامت خاک گزارش نکردند (El-

(Bassiouny *et al*., 2014; Kelapa & Banyuasin, 2016). نتایج آزمایش Vijayakumar *et al*. (2021) نشان داد که کاربرد هیومیک‌اسید افزایش در عملکرد دانه برنج را در پی داشت. Barbier *et al*. (2021) دریافتند که کاربرد هیومیک‌اسید از طریق افزایش خصوصیات فتوسنتزی گیاه، افزایش ۲۰ درصدی عملکرد دانه را در پی داشت.

Rezaee *et al*. (2012) گزارش کردند که محلول‌پاشی فولویک‌اسید در برنج، موجب افزایش رشد، عملکرد و بهبود ویژگی‌های دانه ازجمله کیفیت دانه شد. پژوهش‌گران دیگر بیان کردند که محلول‌پاشی فولویک‌اسید سبب افزایش رشد، عملکرد و اجزای عملکرد گندم شد (Vician & Kovacik, 2013). نتایج پژوهش‌های دو ساله Omar *et al*. (2020) بر کاربرد فولویک‌اسید بر رشد و اجزای عملکرد برنج تحت شرایط آبیاری با آب زهکش نشان داد که کاربرد فولیک‌اسید در سطوح و تعداد دفعات مختلف، سبب افزایش عملکرد دانه، شاخص سطح برگ و محتوای کلروفیل گیاه برنج شد. پژوهش‌های حسینی و همکاران (۱۳۸۸) با بررسی اثر نوع تغذیه نیتروژنی بر پیری برگ برنج بیان کردند که کاربرد نیترات‌آمونیوم موجب افزایش تجمع ماده تر و خشک در گیاه شد. با توجه به نتایج پژوهش Wu *et al*. (2020) 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.

با توجه به بررسی‌های صورت‌گرفته، تاکنون مطالعات نسبتاً کمی در زمینه مقایسه تأثیر انواع مختلف کودهای نیتروژن و هم‌چنین تأثیر کاربرد هیومیک‌اسید و فولویک‌اسید بر عملکرد برنج در شرایط کشت مستقیم انجام شده است. بنابراین، هدف از این آزمایش مزرعه‌ای بررسی اثر منابع مختلف کود نیتروژن و هیومیک‌اسید و فولویک‌اسید بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد برنج در شرایط کشت مستقیم، بوده است.

۳. روش‌شناسی پژوهش

نیتروژن به‌عنوان مهم‌ترین عنصر غذایی موردنیاز گیاه برنج بوده و بخش زیادی از آن در شالیزارها از طریق آبشویی از دست می‌رود که خود می‌تواند منجر به بروز مشکلات زیست‌محیطی و کاهش کارایی مصرف کود اوره در کشت برنج شود. از این‌رو، آزمایش حاضر با هدف بررسی اثر کاربرد کودهای آلی و شیمیایی نیتروژنه مختلف به‌منظور کاهش و یا رفع این مشکل و بررسی اثر کاربرد هیومیک‌اسید، فولویک‌اسید و منابع مختلف کود نیتروژن بر برخی خصوصیات آگرومورفولوژیکی مؤثر بر عملکرد گیاه برنج، به‌صورت مزرعه‌ای در سال زراعی۱۴۰۰ 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.

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده 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 عامل اصلی در سه سطح هیومیک‌اسید (۵ کیلوگرم در هکتار)، فولویک‌اسید (هیومیک‌اسید فلوریش، ۵ کیلوگرم در هکتار) و بدون مصرف کود آلی و کاربرد انواع متفاوت کود نیتروژن به‌عنوان عامل فرعی شامل تأمین کل نیتروژن مصرفی از کود اوره گرانوله (دارای ۴۶ درصد نیتروژن)، تأمین کل نیتروژن مصرفی از منبع کود اوره با پوشش گوگردی (دارای ۳۰ درصد نیتروژن و ۳۰ درصد گوگرد)، تأمین کل نیتروژن مصرفی از منبع کود سولفات‌آمونیوم (دارای ۲۱ درصد نیتروژن و ۲۴ درصد گوگرد)، تأمین کل نیتروژن مصرفی از منبع محلول اوره و نیترات‌آمونیوم (دارای ۳۰ درصد نیتروژن)، تأمین یک‌سوم نیتروژن موردنیاز از منبع کود اوره با پوشش گوگردی به‌عنوان پایه و دو سوم از منبع کود اوره گرانوله و بدون کاربرد کود نیتروژن (شاهد)، در کرت‌های فرعی بودند. پیش از شروع آزمایش از خاک مزرعه (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری) نمونه‌برداری و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه مرکب خاک اندازه‌گیری شد. خاک موردمطالعه دارای بافت لومی شنی، قلیایی و دارای ماده آلی کم بود (جدول ۱).

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

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

رقم برنج مورداستفاده در این پژوهش رقم عنبربو پاکوتاه بود. به‌منظور اجرای این پژوهش ابتدا عملیات آماده‌سازی زمین (شخم، اعمال جوی‌های آبیاری و زهکشی، ماله‌کشی، مرزبندی و کرت‌بندی) انجام و پس از آماده‌سازی زمین زراعی براساس روش کشت مرسوم منطقه، کاشت به‌صورت دست‌پاش یا غیرردیفی در بستر مرطوب (در عمق ۵-۴ سانتی‌متری آب) و براساس میزان بذر محاسبه‌شده برای هر کرت (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) انجام شد (Subramaniam *et al.*, 1987). ابعاد هر کرت فرعی چهار متر در پنج متر در نظر گرفته شد و کاشت در اول تیرماه صورت گرفت. کنترل علف‌های هرز توسط سموم توفوردی و مون رایس انجام شد.

مقدار مصرف کودهای آلی براساس توصیه شرکت سازنده (صنایع شیمیایی شیمی کرد)، نتایج پژوهش‌های پیشین (Sunarya & Tedjaningsih, 2016; Karennavar *et al.*, 2022) ویژگی‌های خاک مزرعه، 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 (سیادت و همکاران، ۱۳۹۲). برای تیمار تأمین کل نیتروژن مصرفی از کود اوره گرانوله در هر کرت میزان ۲۷۰ گرم پایه، ۲۰۰ گرم سرک اول و ۲۰۰ گرم سرک دوم، تأمین کل نیتروژن مصرفی از منبع کود اوره با پوشش گوگردی در هر کرت میزان ۴۰۰ گرم پایه، ۳۰۰ گرم سرک اول و ۳۰۰ گرم سرک دوم، تأمین کل نیتروژن مصرفی از منبع کود سولفات‌آمونیوم در هر کرت میزان ۵۷۶ گرم پایه، ۴۳۲ گرم سرک اول و ۴۳۲ گرم سرک دوم، تأمین کل نیتروژن مصرفی از منبع محلول اوره و نیترات‌آمونیوم در هر کرت میزان ۴۰۰ سی‌سی پایه، ۳۰۰ سی‌سی سرک اول و ۳۰۰ سی‌سی سرک دوم و تأمین یک سوم نیتروژن موردنیاز از منبع کود اوره با پوشش گوگردی به‌عنوان پایه (۳۳۴ گرم در هر کرت) و دو سوم از منبع کود اوره گرانوله (سرک اول ۲۲۳ گرم و سرک دوم ۲۲۳ گرم در هر کرت) مصرف شدند. با توجه به ماهیت قلیایی و آهکی‌بودن خاک‌های منطقه و پایین‌بودن فسفر و پتاسیم قابل‌دسترس و براساس 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 سوپرفسفات‌تریپل و ۲۷۵ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم از منبع سولفات‌پتاسیم مورداستفاده قرار گرفتند.

در زمان رسیدگی کامل گیاه، ۱۰ بوته به‌طور تصادفی از هر کرت فرعی در هر تکرار (در مجموع ۳۰ بوته از هر تیمار) برداشت و صفاتی از جمله ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد پنجه بارور در بوته، طول ساقه اصلی، قطر ساقه اصلی، درصد باروری خوشه، وزن خشک بوته و وزن خشک خوشه در بوته اندازه‌گیری شدند. هم‌چنین صفات عملکرد شلتوک، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت در زمان برداشت (رسیدگی کامل دانه‌ها) با برداشت مساحت دو مترمربع از میانه هر کرت بعد از حذف اثر حاشیه‌ای با رطوبت ۱۴ درصد اندازه‌گیری شدند. جهت محاسبه ارتفاع بوته، طول خوشه، طول ساقه اصلی از متر و برای ارزیابی قطر ساقه اصلی از کولیس دیجیتالی استفاده شد. وزن خشک تک بوته، وزن خشک خوشه

در بوته، عملکرد شلتوک، عملکرد بیولوژیکی با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شدند. پس از شمارش تعداد کل دانه و تعداد دانه‌های پر در خوشه‌های ۱۰ بوته از هر تیمار، درصد باروری خوشه محاسبه گردید.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (9.3.1) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار LSD[1] و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

۴. یافته‌های پژوهش

۴. ۱. ارتفاع بوته

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، از نظر ارتفاع بوته تنها اثر اصلی کود نیتروژن دارای اختلاف آماری معنی‌دار بود و اثر اصلی کود آلی (هیومیک‌اسید و فولویک‌اسید) و اثر متقابل کود آلی در کود نیتروژن فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بودند (جدول ۲). بیش‌ترین ارتفاع بوته (۸۶ سانتی‌متر) در تیمار تأمین یک‌سوم اوره با پوشش گوگردی (پایه) و دو سوم از طریق اوره گرانوله (دو بار سرک) مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر کاربرد هیومیک‌اسید، فولویک‌اسید و منابع مختلف کود نیتروژن بر ارتفاع بوته، تعداد پنجه بارور در بوته، طول ساقه اصلی، قطر ساقه اصلی، طول خوشه و وزن خشک خوشه در بوته، درصد باروری خوشه، وزن خشک تک بوته، عملکرد شلتوک، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)									
		ارتفاع بوته	تعداد پنجه بارور در بوته	طول ساقه اصلی	قطر ساقه اصلی	طول خوشه	وزن خشک خوشه در بوته	درصد باروری خوشه	وزن خشک تک بوته	عملکرد شلتوک	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
بلوک	۲	۱۲/۷ ns	۰/۰۲ ns	۷۱/۲ ns	۰/۶۰ ns	۴/۲ ns	۰/۲۲ ns	۱۷ ns	۰/۴۶ ns	۳۲۵۴۱۸۰ ns	۱۷۴۵۶۸۸۲۹ **	۴۷ ns
کود آلی	۲	۲۰/۱ ns	۰/۲۰ ns	۱۹/۱ ns	۰/۳۸ ns	۱/۰۲ ns	۳/۱۷**	۳۸۰**	۲۴/۵۷**	۳۸۵۹۸۱۳**	۱۲۱۷۸۴۳۹ ns	۳۹ ns
خطا	۴	۸/۵	۰/۰۹	۱۲/۲	۰/۳۰	۱/۳	۰/۰۹	۱۳	۰/۶۴	۱۰۱۷۵۶۲	۱۷۸۹۶۷۶	۳۲
کود نیتروژن	۵	۴۰/۱**	۰/۲۰ ns	۱۹/۲ ns	۰/۴۰ ns	۱/۰ ns	۱/۲۳**	۹۸**	۳/۷۵**	۳۸۵۹۸۱ ns	۵۹۰۸۱۱۰۰ *	۳۰ ns
کود آلی× کود نیتروژن	۱۰	۸/۴ ns	۰/۳۷**	۷/۹ ns	۰/۳۰ ns	۰/۲ ns	۰/۷۷**	۳۹**	۲/۱۵**	۱۴۹۶۸۹ ns	۱۶۱۹۶۲۱ ns	۴ ns
خطا	۳۰	۸/۴	۰/۰۹	۱۲/۰	۰/۲۸	۱/۳۱	۰/۰۶	۶	۰/۵۸	۵۰۱۸۵۹	۵۳۴۳۵۹۹	۲۳
ضریب تغییرات (درصد)	--	۲/۹	۱۱/۰	۷/۴	۱۲/۰	۴/۷	۵/۰	۳	۶/۸۲	۱۶	۱۲	۲۱

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

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر اصلی کود نیتروژنی و کود آلی بر ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد شلتوک

تیمار	اثر اصلی کود نیتروژنی		تیمار	اثر اصلی کود آلی
	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم بر هکتار)		عملکرد شلتوک (کیلوگرم بر هکتار)
بدون کود نیتروژن	۸۲/۱۳b	۱۸۱۷۴b	بدون کود آلی	۳۸۵۱b
اوره گرانوله	۸۲/۴۰b	۱۹۴۳۴ab		
اوره با پوشش گوگردی	۸۴/۶۸a	۱۹۵۶۶ab	هیومیک‌اسید	۴۷۷۷a
سولفات‌آمونیوم	۸۲/۲۲b	۱۸۵۵۴b		
اوره و آمونیوم نیترات	۸۲/۳۹b	۱۹۱۴۱ab	فولویک‌اسید	۴۳۲۰ab
اوره با پوشش گوگردی و اوره گرانوله	۸۵/۶۸a	۲۰۴۷۴a		

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

1. Least Significant Difference

۴. ۲. تعداد پنجه بارور در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی کاربرد کود آلی (هیومیک‌اسید و فولویک‌اسید) و کاربر کود نیتروژن بر تعداد پنجه بارور در بوته فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بود. از نظر برهم‌کنش کاربرد کودهای آلی و کودهای نیتروژنی، تعداد پنجه بارور در بوته در سطح یک درصد اختلاف آماری معنی‌دار نشان داد (جدول ۲). بیش‌ترین تعداد پنجه بارور در بوته (۳ عدد) به تیمار اوره و آمونیوم نیترات× کاربرد فولویک‌اسید (فاقد اختلاف معنی‌دار با تیمار اوره با پوشش گوگردی× کاربرد هیومیک‌اسید و اوره با پوشش گوگردی و اوره گرانوله× کاربرد هیومیک‌اسید با میزان سه عدد) تعلق داشت (شکل ۱).

۴. ۳. طول و قطر ساقه و طول خوشه

به‌نظر می‌رسد عدم معنی‌داری فاکتورهای مورد بررسی در این آزمایش (اثر اصلی کود آلی، کود نیتروژن و برهم‌کنش کودآلی× کود نیتروژن) بر صفات طول ساقه اصلی، قطر ساقه اصلی و طول خوشه بدین دلیل باشد که این صفات بیش‌تر تحت تاثیر ژنتیک بوده و کم‌تر از محیط تاثیر می‌پذیرند.

۴. ۴. وزن خشک خوشه در بوته

نتایج تجزیه واریانس صفت وزن خوشه در بوته حاکی از این بود که اثر اصلی کودآلی، کود نیتروژن و برهم‌کنش کودآلی× کود نیتروژن در سطح یک درصد دارای اختلاف آماری معنی‌دار بودند (جدول ۲). بیش‌ترین وزن خشک خوشه در بوته (۶/۱ گرم) در تیمار اوره با پوشش گوگردی× کاربرد هیومیک‌اسید به‌دست آمد (شکل ۲).

۴. ۵. درصد باروری خوشه

براساس نتایج تجزیه واریانس صفات، اثر اصلی کود آلی، کود نیتروژن و برهم‌کنش کودآلی× کود نیتروژن بر درصد باروری خوشه در سطح یک درصد دارای اختلاف آماری معنی‌دار بودند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در برهم‌کنش تیمارهای کاربرد کود آلی× کاربرد کود نیتروژنی نشان داد که بیش‌ترین درصد باروری خوشه (۹۳ درصد) به تیمار کاربرد کود اوره گرانوله× هیومیک‌اسید اختصاص داشت (شکل ۳).

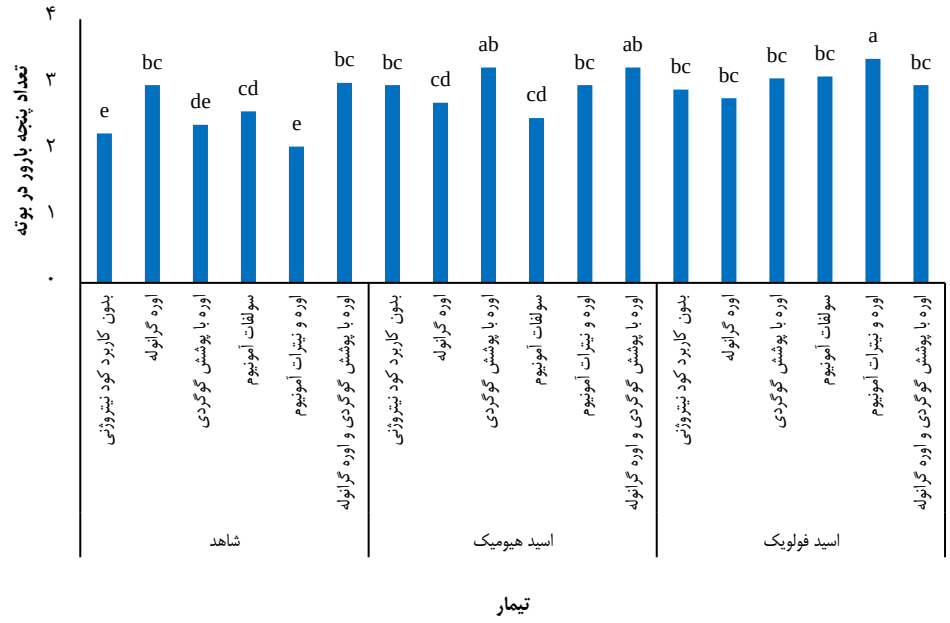
۴. ۶. وزن خشک تک بوته

نتایج تجزیه واریانس صفت وزن خشک تک بوته حاکی از این بود که اثر اصلی کودآلی، کود نیتروژن و برهم‌کنش کودآلی× کود نیتروژن در سطح یک درصد دارای اختلاف آماری معنی‌دار بودند (جدول ۲). بالاترین مقدار وزن خشک تک بوته (۱۴ گرم) به تیمار اوره با پوشش گوگردی و اوره گرانوله× کاربرد هیومیک‌اسید تعلق داشت (شکل ۴).

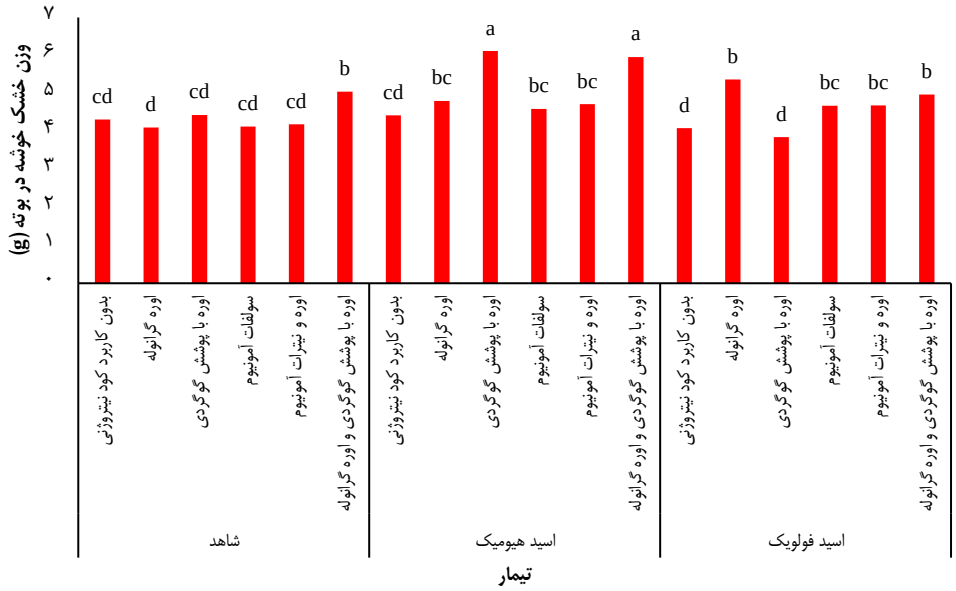
۴. ۷. عملکرد بیولوژیک و شلتوک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی کاربرد کود نیتروژن در سطح یک درصد بر عملکرد بیولوژیک دارای اختلاف آماری معنی‌دار بود، اما اثر کاربرد کود آلی (هیومیک‌اسید و فولویک‌اسید) و برهم‌کنش کودآلی در کود نیتروژن بر این صفت فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بودند (جدول ۲). بیش‌ترین میزان عملکرد بیولوژیک (۲۰۴۷۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار تأمین یک سوم اوره با پوشش گوگردی (پایه) و دو سوم از طریق اوره گرانوله (دو بار سرک) مشاهده شد (جدول ۳). از نظر عملکرد شلتوک نیز تنها اثر اصلی کود آلی، اختلاف آماری معنی‌دار نشان داد و اثر اصلی کود نیتروژن و

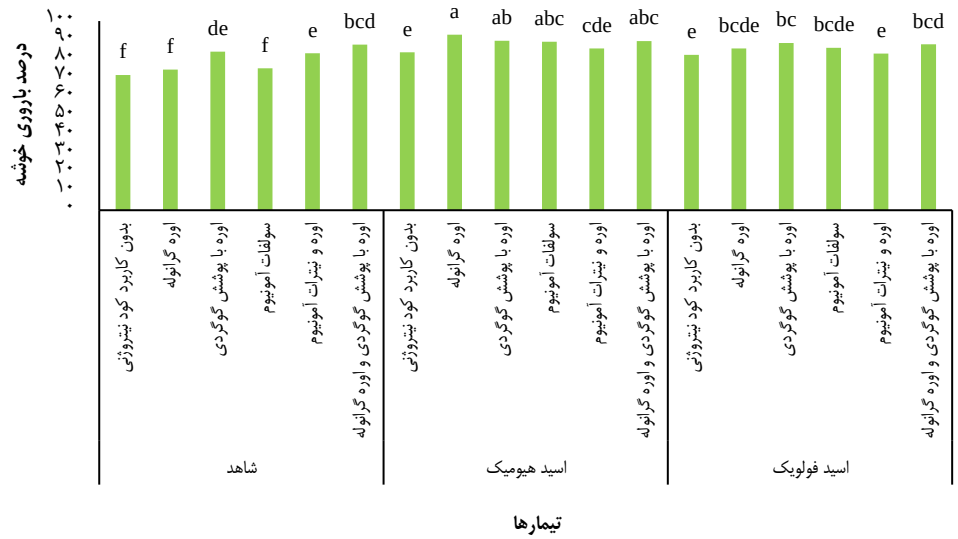
برهم‌کنش کودآلی× کود نیتروژن فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بودند (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی کود آلی، بیش‌ترین میزان عملکرد شلتوک (۴۷۷۷ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کاربرد هیومیک‌اسید (جدول ۳) مشاهده شد.



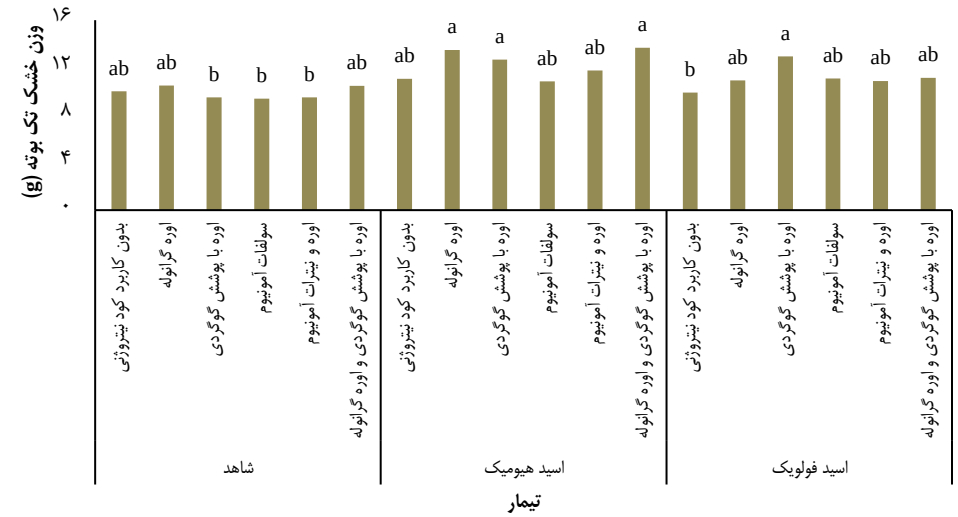
شکل ۱. مقایسه میانگین برهم‌کنش کود آلی در کود نیتروژنی بر تعداد پنجه بارور در بوته.
میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد فاقد اختلاف آماری معنی‌دار هستند.



شکل ۲. مقایسه میانگین برهم‌کنش کود آلی در کود نیتروژنی بر وزن خشک خوشه در بوته.
میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد فاقد اختلاف آماری معنی‌دار هستند.



شکل ۳. مقایسه میانگین برهم‌کنش کود آلی در کود نیتروژنی بر درصد باروری خوشه.
میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد فاقد اختلاف آماری معنی‌دار هستند.



شکل ٤. مقایسه میانگین برهم‌کنش کود آلی در کود نیتروژنی بر وزن خشک تک بوته.
میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد فاقد اختلاف آماری معنی‌دار هستند.

۵. بحث

رهاسازی پیوسته نیتروژن در انواع کودهای مختلف تفاوت‌های زیادی دارا بوده و این تفاوت‌ها به‌طور عمده مربوط به مواد بیرونی ذرات کود و فرمولاسیون کودها می‌باشد. توانایی آزادسازی نیتروژن کودها به رطوبت خاک، چگالی ظاهری و فعالیت میکروبی حساس است (Naz & Sulaiman, 2016). مطالعات نشان داده‌اند که آزادشدن نیتروژن از کودها به تجزیه توسط میکروارگانیسم‌ها بستگی دارد. کاربرد کودهای نیتروژنی با پوشش گوگردی و گرانوله از طریق کاهش سرعت رهاسازی مواد غذایی، کارایی مصرف کود را بیش‌تر می‌کند، مواد غذایی را برای مدت طولانی‌تری برای

محصولات کشاورزی فراهم می‌کند، باعث رشدونمو محصول می‌شود و ارتفاع گیاه، قطر ساقه و تجمع ماده خشک را افزایش می‌دهد و در نتیجه عملکرد خوبی را فراهم می‌کند (Yang *et al*., 2021a, b; Zhu and Zhang, 2017; Wang *et al*., 2018). نتایج پژوهش‌های Lyu *et al*. (2021) نشان داد که کاربرد ترکیبی کودهای نیتروژنی کندرهش (۶۰ درصد) و کوددهی به شیوه مرسوم (۴۰ درصد) خصوصیات رشدی برنج را افزایش می‌دهد در مطالعه حاضر، تیمار ترکیب اوره با پوشش گوگردی و اوره گرانوله منجر به‌دستیابی به بالاترین ارتفاع بوته برنج شد که با نتایج یافته‌های Wang *et al*. (2017) مطابقت دارد.

مشاهده بیش‌ترین تعداد پنجه بارور در بوته در تیمار اوره و آمونیوم نیترات× کاربرد فولویک‌اسید نشان داد که آزادسازی نیتروژن از اوره با پوشش گوگردی در مرحله پنجه‌زنی زیاد بوده که به‌طور مؤثر باعث بروز زودهنگام پنجه و تشکیل پنجه‌های در پایین ساقه و افزایش تعداد دانه پر در خوشه شده است. درحالی‌که به‌نظر می‌رسد عرضه نیتروژن در تیمارهای کاربرد سولفات‌آمونیوم و اوره و آمونیوم نیترات به تنهایی نمی‌تواند تقاضای نیتروژن را در مراحل پایانی رشد برنج برآورده کند و در این تیمارها پنجه‌ها زودتر ظاهر می‌شوند، اما تعداد پنجه‌های بارور در آن‌ها کم‌تر بوده است. مولکول‌های هیومیک‌اسید نیز از طریق پیوند با مولکول‌های آب مانع از تبخیر آب می‌شوند و به حفظ آب درون گیاه کمک می‌کنند. هیومیک‌اسید هم‌چنین منجر به رسوب‌دادن فلزات سنگین سمی و درنتیجه کاهش انتقال آن‌ها توسط گیاهان شده (Wu *et al*., 2017) و اثرات منفی آن‌ها بر گیاه را کاهش خواهد داد. افزایش مشاهده‌شده در تعداد پنجه‌های بارور در شرایط کاربرد فولویک‌اسید و هیومیک‌اسید نشان می‌دهد که کاربرد این ترکیبات سبب افزایش فعالیت مریستم‌های رویشی شده است. این موضوع که اعمال کودهای آلی سبب افزایش هورمون‌های محرک رشد گیاه مانند اکسین و سیتوکینین شده و تعداد اندام‌های زایشی را افزایش می‌دهد در نتایج برخی پژوهش‌گران دیگر گزارش شده است (Van Tol de Castro *et al*., 2021).

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از صفت وزن خوشه در بوته به‌نظر می‌رسد دلیل افزایش وزن خوشه در بوته در تیمار اوره با پوشش گوگردی× کاربرد هیومیک‌اسید احتمالاً افزایش کلروفیل و درنتیجه افزایش کارایی فتوسنتز و تجمع مواد فتوسنتزی به‌دلیل دسترسی مناسب و به موقع به عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن باشد. کاربرد هیومیک‌اسید سبب تجزیه ترکیبات نامحلول موجود در خاک اطراف ریشه و دسترسی بهتر ریشه به عناصر غذایی گردید. عناصرغذایی مختلف با تسهیل فرایندهای شیمیایی مختلف در گیاه اثرات مثبتی بر تولید مواد فتوسنتزی و تجمع ماده خشک در اندام‌های مختلف گیاه دارند. در پژوهش‌های پیشین مشخص شده است که دسترسی بهتر به عناصر غذایی و تهویه مناسب خاک در شرایط کاربرد اسیدهیومیک سبب افزایش فعالیت آنزیم‌ها، سنتز پروتئین‌ها، کلروفیل، حرکات روزنه‌ای و انتقال انرژی شده است (Wang *et al*., 2017).

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از درصد باروری خوشه، به‌نظر می‌رسد که اوره با پوشش گوگردی (در میان تیمارهای کاربرد کودهای نیتروژنی به‌تنهایی) توانایی کافی برای تأمین نیتروژن از شروع خوشه‌دهی تا مرحله بلوغ را داشته و بر رشد زایشی برنج (تعداد دانه‌های پر در خوشه و درنتیجه درصد باروری خوشه) تأثیر گذاشت. این پدیده ممکن است به این دلیل باشد که نیتروژن مازاد آزادشده توسط کودهای اوره گرانوله، سولفات‌آمونیوم و اوره و آمونیوم نیترات در مراحل اولیه توسط برنج جذب و استفاده نشده و بنابراین بیش‌تر آن توسط میکروارگانیسم‌ها در خاک تثبیت می‌شود. نتایج حاصل با نتایج Ni *et al*. (2014) مطابقت دارد. Zhang *et al*. (2019) نیز 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 نمی‌شود. لذا با توجه به موارد مذکور به‌نظر می‌رسد که کاربرد ترکیبی کود اوره با پوشش گوگردی به‌عنوان پایه و کود اوره گرانوله به‌عنوان سرک بهترین ترکیب برای تغذیه نیتروژنی گیاه برنج باشد.

کودهای آلی از جمله هیومیک‌اسید با تأثیرگذاری بر رشد ریشه‌ها از طریق بهبود ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک، رشد گیاه را بهبود می‌بخشند. این مواد آلی از طریق تجزیه و کانی‌سازی مواد غذایی از تغذیه گیاه حمایت می‌کنند. هیومیک‌اسید نیز به‌عنوان جزئی از مواد آلی خاک، این توانایی را دارد که با یون‌های فلزی واکنش دهد تا به آرامی با کانی‌های رسی برهم‌کنش داشته باشند. هیومیک‌اسید می‌تواند سبب افزایش جذب کل نیتروژن- فسفر- پتاسیم توسط گیاه شود. با توجه به نتایج پژوهش حاضر به‌نظر می‌رسد که با کاربرد سولفات‌آمونیوم و اوره و آمونیوم نیترات، گیاه در مراحل رشد اولیه خود با افزایش رهاسازی نیتروژن روبه‌رو بوده (نیتروژن مازاد)، اما در مراحل حساس رشد از جمله گلدهی و پس از آن با کمبود نیتروژن مواجه شده است که با مطالعات Wu *et al.* (2020) شباهت داشت. بنابراین، باید در استفاده از کودهای نیتروژنی به شیوه‌ای اقدام نمود که ترکیب کودهای نیتروژنی در نظر گرفته شده و کودهای با رهاسازی سریع و کند در کنار هم اعمال شوند تا تقاضای گیاه برای نیتروژن از طریق کودهای دارای ماهیت مختلف برآورده شود. احتمالاً استفاده از کودهای نیتروژنی با پوشش گوگردی و گرانوله، آزادسازی و عرضه مواد غذایی را با جذب مواد غذایی گیاه هماهنگ می‌کند و بین عرضه مواد غذایی و تقاضای فیزیولوژیکی گیاه تعادل برقرار نموده و خطر ازدست‌دادن نیتروژن اضافی از خاک را کاهش می‌دهد، در نتیجه جذب و استفاده از نیتروژن توسط محصول را بهبود می‌بخشد. هم‌چنین Fu *et al.* (2001) نشان دادند که استفاده از کودهای نیتروژن کندرهش می‌تواند کارایی استفاده از نیتروژن در برنج زودرس و دیررس را به‌ترتیب ۸۶-۱۴ درصد و ۱۶۱-۱۰۰ درصد افزایش دهد. دیگر پژوهش‌گران نیز عنوان کردند که استفاده یک‌باره از مخلوط کودهای نیتروژنی کندرهش و شیوه کوددهی مرسوم خطر از دست‌دادن نیتروژن از طریق شست‌وشو (ناشی از آزادسازی بیش از حد سریع مواد غذایی از منبع اوره) را کاهش می‌دهد، درحالی‌که سرعت رهاسازی آهسته مواد غذایی از کودهای نیتروژنی کندرهش نمی‌تواند نیاز نیتروژنی گیاه را برآورده کند. زیرا مراحل رشد اولیه نیتروژن بالایی وجود داشته و مشکل کمبود عرضه نیتروژن در مراحل اواخر رشد رخ می‌دهد (Geng *et al.*, 2016; Rsnsom *et al.*, 2020). به‌نظر می‌رسد ترکیب کودهای نیتروژنی با پوشش گوگردی و گرانوله با افزایش تجمع ماده خشک در بالای سطح زمین (ماده خشک بوته) از این طریق بهبود جذب و استفاده از مواد غذایی توسط گیاهان، فعالیت میکروبی و گسترش ریشه‌های گیاه باعث افزایش تجمع منابع کربنی در خاک شده است (Zhong *et al.*, 2010).

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که کاربرد هیومیک‌اسید سبب بهبود ۱۹ درصدی عملکرد شلتوک شد که افزایش عملکرد شلتوک ممکن است به‌دلیل استفاده کارآمدتر از مواد غذایی، بهبود هوادهی و ظرفیت نگهداری آب در تیمارهای اعمال شده با هیومیک‌اسید باشد. اثر مطلوب محلول‌پاشی هیومیک‌اسید بر افزایش عملکرد به افزایش فعالیت فتوسنتزی و جذب بیش‌تر مواد غذایی مانند فسفر مرتبط است. این یافته‌ها با نتایج برخی پژوهش‌گران دیگران مطابقت نشان داد (Senthil kumar, 1995). از سوی دیگر هیومیک‌اسید حاوی حدود ۶۰ درصد کربن آلی است که نقش مهمی در رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک دارد (Sible *et al.*, 2021) و حاوی نیتروژن، اکسیژن، هیدروژن و گوگرد نیز است. این عناصر ضروری سبب افزایش عملکرد در گیاهان می‌شوند. هیومیک‌اسید ظرفیت نگهداری آب در خاک را نیز افزایش داده (Nardi *et al.*, 2021) و از این طریق سبب افزایش دسترسی گیاه به مواد غذایی خاک به‌ویژه ریزمغذی‌ها توسط کلات‌کردن و انتقال به گیاه می‌شود (Yang *et al.*, 2021b). نتایج پژوهش‌های پیشین حاکی از این است که کاربرد فولویک‌اسید از طریق افزایش محتوای کلروفیل و شاخص سطح برگ سبب بهبود ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاهان و به ویژه عملکرد دانه در برنج می‌گردد (Taiz *et al.*, 2017; Rezaee *et al.*, 2012). با توجه به نتایج می‌توان چنین فرض کرد که آزادسازی طولانی‌مدت نیتروژن از اوره با پوشش گوگردی به‌تنهایی، جذب نیتروژن توسط گیاه را با مشکل روبه‌رو کرده است، درحالی‌که کاربرد ترکیبی اوره با پوشش گوگردی و دو سوم اوره گرانوله تأمین نیتروژن پس از

گرده‌افشانی را تسهیل می‌کند، که منجر به تأخیر در پیری برگ، تولید ماده خشک برتر و افزایش عملکرد شلتوک برنج (۴/۱ درصد) شده است. نتایج پژوهش Zhang *et al.* (2017) روی گندم نشان داد که ترکیب کاربرد ترکیبی کودهای نیتروژنی کندرهش و کوددهی به شیوه مرسوم منجر به بالاترین عملکرد گندم زمستانه و کارایی نیتروژن شد.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به نتایج این پژوهش بیش‌ترین عملکرد شلتوک با کاربرد هیومیک‌اسید به‌دست آمد که در مقایسه با شاهد افزایش ۱۹ درصدی داشت. بالاترین ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک در تیمار کاربرد اوره با پوشش گوگردی و یا اوره با پوشش گوگردی همراه با اوره گرانوله مشاهده شد. کم‌ترین درصد باروری خوشه به تیمار شاهد و بیش‌ترین وزن خشک خوشه در بوته، وزن خشک تک بوته و تعداد پنجه بارور در بوته به تیمار کاربرد اوره با پوشش گوگردی و یا کاربرد اوره با پوشش گوگردی همراه با اوره گرانوله با کاربرد هیومیک‌اسید تعلق داشت. ازآنجایی‌که دستیابی به عملکرد شلتوک بالا در زراعت برنج امری ضروری است، لذا به‌نظر می‌رسد کاربرد هیومیک‌اسید در مقایسه با سایر تیمارها مؤثرتر بوده و در خوزستان و شرایط مشابه مفید باشد.

۷. تشکر و قدردانی

از پرسنل محترم آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز به جهت همکاری‌های لازم در اجرای این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

حسینی، سیدمحسن؛ حدادچی، غلامرضا؛ صادقی‌پور، حمیدرضا و یغمایی، فرهاد (۱۳۸۸). اثر نوع تغذیه نیتروژنی بر پیری برگ برنج (رقم طارم). مجله *پژوهش‌های تولید گیاهی*، ۱۶ (۲)، ۱۹۴-۱۷۳.

سیادت، سیدعطاالله؛ مدحج، عادل و اصفهانی، مسعود (۱۳۹۲). *غلات*. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۵۲ صفحه.

References

Abdelaal, A. A. (2015). Effect of Salicylic Acid and Abscisic Acid on Morpho-Physiologi-cal and Anatomical Characters of Faba Bean Plants (*Vicia faba* L.) under Drought Stress. *Journal of Plant Production Mansoura University*, *6*(11), 1771-1778.

Amgain, N. R., Zacharias, Q., Rabbany, A., & Bhadha, J. (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.

Barbier, M., Rabbany, A., & Bhadha, J. H. (2021) Assessing the Effect of Basalt Rock Fines, Activated Humic substances and Its Interaction on Rice Growth and Yield. Journal of Rice Research, *9*(9), 1000260.

Carson, L. C., Ozoreshampton, M., Morgan, K. T., & Sargent, S. A. (2014). Effects of controlled-release fertilizer nitrogen rate, placement, source, and release duration on tomato grown with seepage irrigation in Florida. *Hortscience*, *49*, 798-806.

Chen, D., Suter, H., Islam, A., Edis, R., Freney, J. R., & Walker, C. (2008). Prospects of improving efficiency of fertilizer nitrogen in Australian agric ulture: A review of enhanced efficiency fertilisers. *Soil Research*, *46*, 289-301.

El-Bassiouny, H., Bakry, B. A., El-Monem Attia, A. A., & Abd Allah, M. M. (2014). Physiological role of humic acid and nicotinamide on improving plant growth, yield, and mineral nutrient of wheat (*Triticum durum* L.) grown under newly reclaimed sandy soil. *Agricaltural Science*, *5*, 687-700.

Erisman, J. W., Sutton, M. A., Galloway, J. N., Klimont, Z., & Winiwarter, W. (2008). How a century of ammonia synthesis changed the world. *Nature Geoscience*, *1*, 636-639.

Fu, J., Zhu, Y., & Jiang, L. (2001). Use of controlled release fertilizer for increasing N efficiency of direct seeding rice. *Pedosphere*, *11*, 333-339.

Geng, J., Chen, J., Sun, Y., Zheng, W., Tian, X., Yang, Y., Li, C., & Zhang, M. (2016). Controlled release urea improved nitrogen use efficiency and yield of wheat and corn. *Agronomy Journal*, *108*, 1666-1673.

Gu, G. L., Xu, K., Fu, T., M, Zhang, D. L., Tong, G. X., Luo, J., Tong, E. J., Yi, W. P., & 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.

Han, Y. G., Fan, Y. T., Yang, P. L., Wang, X. X., Wang, Y. J., Tian, J. X., Xu, L., & Wang, C. Z. (2014). Net anthropogenic nitrogen inputs (NANI) index application in Mainland China. *Geoderma*, *213*, 87-94.

Hosseini, S. M., Hadadchi, Gh. R., Sadeghipour, H. R., & Yaghmaie, F. (2008). The effect of nitrogen nutrition on senescence of rice leaves (*Tarom cultivar*). *Plant Production Research Journal*, *16*(2), 173-194. (In Persian).

Karennavar, S. S., Chavan, V. G., More, V. G., Dhopavkar, R. V., Desai, S. S., & Bodake, P. S. (2022). Effect of humic acid based bio-stimulant on growth, yield and yield attributing characters of kharif rice (*Oryza sativa* L.). *Pharma Innovation*, *11*(11), 319-322.

Kelapa, T., & Banyuasin, K. (2016). Effects of humic substances on plant growth and mineral nutrients uptake of wheat under conditions of salinity. *Asian Journal of Crop Science*, *1*, 87-95.

Lyu, Y., Yang, X., Pan, H., Zhang, X., Cao, H., Ulgiati, S., Wu, J., Zhang, Y., Wang, G., & Xiao, Y. (2021). Impact of fertilization schemes with different ratios of urea to controlled release nitrogen fertilizer on environmental sustainability, nitrogen use efficiency and economic benefit of rice production: A study case from Southwest China. *Journal of Cleaner Production*, *293*, 126198.

Nardi, S., Schiavon, M., & Francioso, O. (2021). Chemical structure and biological activity of humic substances define their role as plant growth promoters. *Molecules*, *26*, 22-56.

Naz, M. Y., & Sulaiman, S. A. (2016). Slow release coating remedy for nitrogen loss from conventional urea: *A review Journal of Control of Release*, *225*, 109-120.

Ni, K., Pacholski, A., & 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.

Omar, A., Zayed, B., Salam, A. A., Hafez, Y., & 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.

Rezaee, K., Vishekaei, M., Akhgari, H., & Daneshian, J. (2012). Effect of Methanol and Tetrahydratefolate on Yield and Yield Compo-nent of Rice. *Research Journal of Biological Sciences*, *7*, 136-140.

Rsnsom, C. J., Jolley, V. D., Blair, T. A., Sutton, L. E., & Hopkins, B. G. (2020). Nitrogen release rates from slow- and controlled-release fertilizers influenced by placement and temperature. *PLoS ONE*, *15*(6), e0234544.

Senthil kumar, K. (1995). Studies on the effect of lignite derived humic substances and nitrogen on low land rice. *M.Sc. Thesis*. Raghavendra, D. M. Tamil Nadu: Annamalai University, Agricultural College.

Shah, Z. H., Rehman, H. M., Akhtar, T., Alsamadany, H., Hamooh, B. T., Mujtaba, T., Daur, I., Al Zahrani, Y., Alzahrani, H. A., Ali, S., Yang, S. H., & Chung, G. (2018). Humic Substances: Determining Potential Molecular Regulatory Processes in Plants. *Frontiers in Plant Science*, *9*, 326723. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00263.

Sible, C. N., Seebauer, J. R., & Below, F. E. (2021). Plant biostimulants: a categorical review, their implications for row crop production, and relation to soil health indicators. *Agronomy journal*, *11*, 1297.

Syadat, A., Madhaj, A., & Esfahani, M. (2012). *Cereals*. Mashhad: University of Mashhad Publications. (In Persian).

Subramaniam, M., Soundararajam, A. P. & Sivasubramanian, V. (1987). Performance of broadcast seeded TM 8089 (a rice variety in India). *International Rice Research Newsletter*, *12(3)*, 8-12.

Sunarya, Y., & Tedjaningsih, T. (2016). Increasing Nitrogen Fertilizer Efficiency on Wetland Rice by Using Humic Acid. *Journal of Tropical Soils*, *20(3)*, 143-148.

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M. & Murphy, A. (2017). *Plant Physiology and Development*. Sunderland: Sinauer Associates.

Van Tol de Castro, T. A., Berbara, R. L. L., Tavares., O. C. H., Mello, D. F., & Da, G., Pereira, E. G. (2021). Humic acids induce a eustress state via photosynthesis and nitrogen metabolism leading to a root growth improvement in rice plants. *Plant Physiology of Biochemistry*, *162*, 171-184.

Vician, M., & Kovacik, P. (2013). The effect of folic application of Mg-Titanit fertilizer on phytomass, chlorophyll production and the harvest of winter wheat. *Mendelnet*, *3*, 162-168.

Vijayakumar, P., Ramaiyan, S., & Balasubramanian, R.B. (2021). Soil fertility and nutrient uptake of rice influenced by plant growth promoting microbes, seaweed extract and humic acid fortified in situ rice residue compost. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, *10*, 215-232.

Wang, H., Li, Y., Sun, Y., Li, Y., Jiang, M., Wang, C., Zhao, J., Sun, Y., Xu, H., & Yan, F. (2017). Effects of slow-release urea on nitrogen utilization and yield in mechanically-transplanted rice under different nitrogen application rates. *Chinese Journal of Rice Science*, *31*, 50-64.

Wang, L., Xue, C., Pan, X., Chen, F., & 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.

Wu, S., Li, R., Peng, S., Liu, Q., & Zhu, X. (2017). Effect of humic acid on transformation of soil heavy metals. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, *207*, 012089.

Wu, X., Zhang, T., Wang, X., Wang, X., Zhao, J., Wang, L., Yang, D., Li, G., & 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 Sciences*, *29*, 933-941.

Xu, X. J., Ma, H. B., Ning, Y. W., Wang, J. D., & Zhang, Y. C. (2016). Effects of slow-released nitrogen fertilizers with different application patterns on crop yields and nitrogen fertilizer use efficiency in rice-wheat rotation system. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer*, *22*, 307-316.

Xu, D. B., Zhao, S. J., Yuan, J. F., Peng, C. L., Zhou, J. X., Xia, X. G., & Lu, G. H. (2018). Chemical N fertilizer replaced with organic fertilizer affecting yield and quality of leaf vegetable and N leaching in soils. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, *34*(S1), 13-18.

Yang, F., Tang, C., & Antonietti, M. (2021a). Natural and artificial humic substances to manage minerals, ions, water, and soil microorganisms. *Chemical Society Reviews journal*, *50*, 6221-6239.

Yang, Y., Liu, B., Ni, X., Tao, L., Yu, L., Yang, Y., Feng, M., Zhong, W., & Wu, Y. (2021b). Rice productivity and profitability with slow-release urea containing organic-inorganic matrix materials. *Pedosphere*, *31*, 511-520.

Wang, L., Xue, C., Pan, X., Chen, F., & Liu, Y. (2018). Application of Controlled-Release Urea Enhances Grain Yield and Nitrogen Use Efficiency in Irrigated Rice in the Yangtze River Basin, China. Front. *Plant Sciences*, *9*, 999-1007.Yu, Z., Shen, Z., Xu, L., Yu, J., Zhang, L., Wang, X., Yin, G., Zhang, W., Li, Y., & Zuo, W. (2022). Effect of Combined Application of Slow-Release and Conventional Urea on Yield and Nitrogen Use Efficiency of Rice and Wheat under Full Straw Return. *Agronomy*, *12*, 998-1001.

Zhang, Y. T., Wang, H. Y., Liu, S., Lei, Q. L., Liu, J., He, J. Q., Zhai, L. M., Ren, T. Z., & 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.

Zhang, J., Li, B., Wang, C., Luo, J., Gu, J., Long, S., He, J., Xiang, H., & Yin, B. (2017). Effects of controlled release blend bulk urea on the yield and nitrogen use efficiency of wheat and rice. Chin. *Journal of Rice Science*, *31*, 288-298.

Zhang, S., Qin, Y., uan, L., Li, W., Lin, Z., Li, Y., & Ting, H. (2019). Effects of urea enhanced with different weathered coal-derived humic acid components on maize yield and fate of fertilizer nitrogen. *Jornal of Integrated Agriculture*, *18*, 656-666.

Zhao, X., Zhou, Y., Min, J., Wang, S. Q., Shi, W. M., & Xing, G. X. (2012). Nitrogen runoffdominates water nitrogen pollution from rice–wheat rotation in the Taihu Lakeregion of China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *156*, 1-11.

Zheng, E., Qin, M., Zhang, Z., & Xu, T. (2022). Humic Acid Fertilizer Incorporation Increases Rice Radiation Use, Growth, and Yield: A Case Study on the Songnen Plain, China. *Agricultureral sience*, *12*, 653-668.

Zhong, W., Gu, T., Wang, W., Zhang, B., Lin, X., Huang, Q., & Shen, W. (2010). The effects of mineral fertilizer and organic manure on soil microbial community and diversity. *Plant Soil*, *326*, 511-522.

Zhu, L., & 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.