



19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



اثر مواد محرک رشد آلی و زیستی بر عملکرد برنج طارم و کاهش مصرف کودهای شیمیایی

علی چراتی آرائی^۱ و ساره رجبی اگریه^۱

۱ - مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مقاله: acherati@yahoo.com

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثر تیمارهای زیستی و محرک‌های رشد بر کاهش مصرف کود و عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم طارم محلی طی دو سال زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران (ایستگاه تحقیقات زراعی قراخیل) به صورت آزمایش اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل دو سطح مصرف کود شیمیایی (۱۰۰ و ۷۵ درصد توصیه شده بر اساس آزمون خاک) و عامل فرعی شامل هشت تیمار محرک رشد و زیستی بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای محرک رشد تأثیر معنی داری بر عملکرد دانه و ارتفاع بوته داشتند. تیمار مصرف خاکی اسید هیومیک با عملکرد ۵۲۵۷ کیلوگرم در هکتار، نسبت به تیمار شاهد (۴۶۲۱ کیلوگرم در هکتار) افزایش عملکردی معادل ۱۳/۷ درصد نشان داد. همچنین تیمار محلول پاشی اسید هیومیک با ۵۱۹۷ کیلوگرم در هکتار در رتبه دوم قرار گرفت. بیشترین وزن هزار دانه در تیمار ازتوباکتر با ۳۱/۵ گرم به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد (۳۱/۰ گرم) حدود ۱/۶ درصد افزایش نشان داد. تیمارهای اسید آمینه و جلبک دریایی نیز بیشترین ارتفاع بوته را ثبت کردند. نتایج نشان داد استفاده از ترکیبات زیستی، به ویژه اسید هیومیک، در بهبود شاخص‌های رشد و افزایش عملکرد دانه مؤثر بوده و می‌تواند گامی مؤثر در جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و تحقق کشاورزی پایدار تلقی گردد.

واژه‌های کلیدی: اسیدهای آمینه، اسید هیومیک، اسید فولویک، برنج، جلبک دریایی، ازتوباکتر

مقدمه

برنج (*Oryza sativa L.*) از مهم‌ترین غلات جهان است و نقشی حیاتی در تأمین امنیت غذایی جمعیت رو به رشد ایفا می‌کند. در شرایطی که منابع تولید محدودتر و نیاز غذایی گسترده‌تر می‌شود، افزایش بهره‌وری در واحد سطح و حرکت به سوی سیستم‌های تولیدی پایدار، به اولویت‌های راهبردی کشاورزی مدرن تبدیل شده‌اند (Godfray et al., 2019). در ایران، این محصول از جایگاهی استراتژیک برخوردار است و استان مازندران، با اقلیم مناسب و سطح زیر کشت قابل توجه، سهم عمده‌ای از تولید ملی را به خود اختصاص داده است (احمدی و همکاران، ۱۴۰۰).

وابستگی روزافزون به کودهای شیمیایی برای دستیابی به عملکرد بالاتر، پیامدهای زیست‌محیطی متعددی از جمله آلودگی منابع آب، کاهش فعالیت‌های زیستی خاک و تخریب ساختمان آن را به همراه داشته است (Zhang et al., 2023). بر همین اساس، استفاده از منابع تغذیه‌ای کارآمد و سازگار با محیط‌زیست به عنوان راهکاری ضروری برای گذار به کشاورزی پایدار مطرح شده است. طی سال‌های اخیر، ترکیبات زیستی و آلی محرک رشد مانند باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR)، اسیدهای آمینه، اسید هیومیک، اسید فولویک و عصاره جلبک‌های دریایی، توجه گسترده‌ای را به خود جلب کرده‌اند. این مواد با اثرگذاری مستقیم بر رشد ریشه، جذب عناصر غذایی، افزایش توان فتوسنتزی و ارتقای تحمل گیاه به تنش‌های محیطی، عملکرد زراعی را در بسیاری از محصولات به طور معناداری افزایش داده‌اند (Rouphael & Colla, 2020). همچنین باکتری‌های مفیدی مانند ازتوباکتر با توان تثبیت زیستی نیتروژن و بهبود شاخص‌های رشد، اثرات مثبتی بر عملکرد برنج داشته‌اند. گزارش‌ها نشان می‌دهد کاربرد این باکتری‌ها می‌تواند عملکرد شلتوک را تا ۲۰ درصد افزایش داده و جذب نیتروژن را تا ۱۵ کیلوگرم در هکتار ارتقا دهد (Aasfar et al., 2021).

ترکیبات آلی مانند اسید هیومیک نیز با اصلاح خصوصیات فیزیکی خاک، افزایش فعالیت میکروبی و بهبود جذب عناصر کم‌مصرف، نقش مهمی در ارتقای بهره‌وری خاک ایفا کرده‌اند (Canellas et al., 2020). عصاره جلبک‌های دریایی نیز با دارا بودن طیفی از ترکیبات فعال زیستی، موجب تحریک رشد، افزایش فتوسنتز و بهبود عملکرد دانه در برنج شده‌اند؛ شواهد تجربی متعددی این اثرات را تأیید کرده‌اند (Deepana et al., 2021; Banjare et al., 2022). اسیدهای آمینه نیز به‌دلیل نقش کلیدی در ساخت آنزیم‌ها، ویتامین‌ها، رنگ‌دانه‌ها و سایر ترکیبات متابولیکی، در رشد و توسعه گیاهان اهمیت ویژه‌ای دارند و نتایج تحقیقات نشان داده‌اند که محلول‌پاشی این ترکیبات در مراحل حساس رشد، علاوه بر افزایش جذب عناصر، عملکرد دانه را نیز بهبود می‌بخشد (Mirtaleb et al., 2021).

با وجود مطالعات فراوان، اطلاعات میدانی درباره کارایی ترکیبات زیستی و آلی در شرایط اقلیمی شمال ایران، به‌ویژه در تلفیق با برنامه‌های تغذیه‌ای رایج، همچنان محدود است. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی تأثیر انواع محرک‌های زیستی و آلی بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم طارم محلی، در مزرعه‌ای واقع در استان مازندران و طی دو سال زراعی متوالی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به صورت اسپلیت پلات و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار روی محصول برنج رقم طارم محلی در استان مازندران، در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران - ایستگاه تحقیقات قراخیل (با مختصات 36°29'N, 52°46'E) در دو سال زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ اجرا شد. عامل اصلی شامل دو سطح کاربرد کودهای شیمیایی (بر اساس توصیه آزمون خاک و ۷۵ درصد توصیه آزمون خاک) و هشت عامل فرعی شامل تیمارهای شاهد (بدون استفاده از محرک‌های رشد و باکتری ازتوباکتر)، محلول‌پاشی با مایع تلقیح ازتوباکتر، محلول‌پاشی اسیدهای آمینه (AA)، محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی (SW)، مصرف خاکی اسید هیومیک (HA)، محلول‌پاشی اسید هیومیک (HA)، محلول‌پاشی اسید فولویک (FA) و محلول‌پاشی ترکیبی از اسیدهای آمینه، اسید هیومیک و عصاره جلبک دریایی (AA+HA+SW) بود.

پیش از اجرای آزمایش، نمونه خاک مرکب از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر جهت اندازه‌گیری برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی جمع‌آوری شد (احیایی و بهبهانی‌زاده، ۱۳۷۲). پس از آماده‌سازی زمین، اواسط اردیبهشت‌ماه نشاکاری با گیاهچه‌های ۳۰ روزه برنج رقم طارم به فاصله ۲۵×۲۵ سانتی‌متر صورت گرفت. مصرف کودهای نیتروژن، فسفر، پتاسیم و روی بر اساس نتایج آزمون خاک (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع کود اوره، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر از منبع کود سوپرفسفات تریپل، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم از منابع سولفات پتاسیم و کلرید پتاسیم (پایه و سرک) و ۲۰ کیلوگرم در هکتار روی از منبع سولفات) انجام شد. در تیمار ۷۵ درصد توصیه آزمون خاک، مقادیر کودی متناسب کاهش داده شد. مصرف خاکی اسید هیومیک (HA) به میزان ۵ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله (۱۰ تا ۱۵ روز پیش از انتقال نشاء به زمین اصلی، همراه با سرک اوره در خزانه نشاء و همراه با مصرف کودهای پایه در زمین اصلی) انجام گرفت. محلول‌پاشی مواد محرک رشد (اسید آمینه، ازتوباکتر، جلبک دریایی، اسید فولویک) با غلظت ۵ در هزار در دو مرحله، ابتدا در خزانه و در قطعات کوچک مجزا و مرحله دوم پس از انتقال نشاء و در مرحله پنجه‌زنی انجام شد. عملیات داشت شامل آبیاری، وجین و مبارزه با علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها به صورت یکنواخت و بر اساس دستورالعمل فنی مؤسسه تحقیقات برنج کشور انجام گردید. اندازه‌گیری ارتفاع بوته و شمارش تعداد پنجه در زمان برداشت صورت گرفت. پس از رسیدن محصول، برداشت از هر کرت در سطح ۵ متر مربع انجام و پس از خرم‌کوبی، عملکرد دانه و کاه و درصد رطوبت دانه اندازه‌گیری شد. عملکرد دانه هر کرت بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. همچنین در زمان برداشت، ۱۰ خوشه به‌طور تصادفی از هر کرت انتخاب و پارامترهای طول خوشه، تعداد دانه‌های پر، تعداد سنبلچه‌های پوک و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد انجام گرفت.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک مزارع قبل از کاشت

عمق (سانتی متر)	قابلیت هدایت الکتریکی		کربن آلی	نیتروژن کل	فسفر قابل دسترس	پتاسیم قابل دسترس
	دسی‌زیمنس بر متر					
بافت	واکنش خاک		درصد	میلی گرم در کیلوگرم خاک		

لوم رسی	۱۱۵	۸/۰	۰/۲۱	۳/۱۴	۷/۴۰	۰/۵۶	۳۰۰۰
---------	-----	-----	------	------	------	------	------

نتایج و بحث

بررسی نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال زراعی تنها بر برخی صفات از جمله تعداد پنجه و طول خوشه معنادار بود، در حالی که عملکرد دانه، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک تفاوت معناداری بین سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ نشان نداد (جدول ۲). به‌عنوان مثال، عملکرد دانه در سال ۱۳۹۷ حدود ۵۰۸۰ و در سال ۱۳۹۸ حدود ۴۹۲۸ کیلوگرم در هکتار بود که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. این ثبات عملکرد در دو سال متوالی حاکی از پایداری پاسخ گیاه برنج رقم طارم به شرایط اقلیمی منطقه و اعمال تیمارهای مدیریتی است (جدول ۳).

اثر سطح کود شیمیایی (۱۰۰ و ۷۵ درصد بر اساس آزمون خاک) بر هیچ‌یک از صفات مورد بررسی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نبود. به‌طور خاص، عملکرد دانه در تیمار ۱۰۰ درصد آزمون خاک ۵۰۵۱ و در تیمار ۷۵ درصد آزمون خاک ۴۹۵۸ کیلوگرم در هکتار بود که نشان می‌دهد کاهش مصرف کود شیمیایی تا ۲۵ درصد، کاهش معنی‌داری در عملکرد ایجاد نکرد (جدول ۴). این یافته با نتایج مطالعه بهمنیاری و همکاران (۱۴۰۳) هم‌راستا است که نشان دادند استفاده از کود شیمیایی به همراه اسید هیومیک می‌تواند عملکردی معادل یا حتی بیشتر از کاربرد کامل کود شیمیایی ایجاد کند.

در میان تیمارهای محرک رشد، مصرف حاکی اسید هیومیک به‌طور معنی‌داری بیشترین تأثیر را بر افزایش عملکرد دانه داشت (۵۲۵۷ کیلوگرم در هکتار)، که معادل ۱۳/۸ درصد افزایش نسبت به شاهد (۴۶۲۱ کیلوگرم در هکتار) بود. همچنین این تیمار بیشترین وزن هزار دانه (۳۰/۸ گرم) را به همراه داشت که نسبت به شاهد (۳۰/۰ گرم)، ۲/۷ درصد بیشتر بود. عملکرد بیولوژیک نیز در این تیمار به ۱۵۰۷۶ کیلوگرم در هکتار رسید (جدول ۵). نتایج فوق نشان می‌دهد که اسید هیومیک با بهبود ساختار خاک، افزایش جذب عناصر غذایی و تحریک فعالیت ریشه، موجب افزایش رشد و عملکرد می‌شود. یافته‌های نیسی و همکاران (۱۴۰۲) نیز مؤید این نکته است که کاربرد اسید هیومیک به همراه کود نیتروژنه باعث افزایش عملکرد شلتوک برنج عنبربو به میزان حدود ۱۹ درصد شده است.

در سایر تیمارهای زیستی و محرک رشد مانند محلول‌پاشی آزتوباکتر، اسید آمینه و جلبک دریایی نیز عملکرد دانه نسبت به شاهد افزایش یافت اما از نظر آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. به‌عنوان مثال، تیمار آزتوباکتر عملکردی معادل ۵۰۳۷ کیلوگرم در هکتار داشت (۸/۹ درصد افزایش نسبت به شاهد) و تیمار اسید آمینه به ۵۰۶۶ کیلوگرم رسید. با این حال، تنها تیمار اسید هیومیک به سطح معنی‌داری آماری رسید (جدول ۵). این موضوع نشان می‌دهد که اثر مواد زیستی و آلی محرک رشد بر عملکرد گیاه ممکن است وابسته به شرایط خاک، ترکیب تیمارها، و روش مصرف باشد. پژوهش موسوی الیردی و بهمنیاری (۱۴۰۲) نیز نشان داد که اسید هیومیک استخراج‌شده از منابع مختلف، به ویژه لئوناردیت، توانست تعداد پنجه، ارتفاع بوته و عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری افزایش دهد (موسوی الیردی و بهمنیاری، ۱۴۰۲).

در مقایسه با مطالعات بین‌المللی، یافته‌های این پژوهش با گزارش‌های Bera و همکاران (2024) و Chen و همکاران (2022) نیز هم‌راستا است که بیان کرده‌اند کاربرد اسید هیومیک می‌تواند عملکرد دانه برنج را بین ۷ تا ۱۸ درصد افزایش دهد. همچنین، Sai Manjeera و همکاران (2021) نشان داد که مصرف اسید هیومیک به همراه سطوح مختلف نیتروژن معدنی، منجر به افزایش معنی‌دار در عملکرد دانه و صفات زراعی در شرایط کشت مستقیم برنج می‌شود. از نظر تأثیر بر وزن هزار دانه، نتایج این پژوهش با گزارش‌های بهمنیاری و همکاران (۱۴۰۳) مطابقت دارد که اسید هیومیک را یکی از عوامل مؤثر در بهبود وزن دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معرفی کردند. همچنین، کلت و همکاران (۱۴۰۲) نشان دادند که اسید هیومیک در شرایط تنش آبی شمال ایران، موجب بهبود کارایی مصرف آب و افزایش عملکرد شلتوک برنج شد.

نتیجه‌گیری

در مجموع، نتایج این تحقیق بیانگر آن است که استفاده از محرک‌های رشد آلی و زیستی، به‌ویژه اسید هیومیک، ضمن کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی، می‌تواند عملکرد کمی و کیفی برنج طارم را بهبود بخشد. همچنین، امکان کاهش مصرف کود شیمیایی تا ۲۵ درصد بدون افت عملکرد وجود دارد که این امر با هدف‌گذاری‌های کشاورزی پایدار و کاهش آلودگی منابع آبی و خاکی هم‌راستا است. یافته‌های این پژوهش می‌تواند در تدوین برنامه‌های مدیریت تغذیه تلفیقی گیاه در نواحی شمالی ایران مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب ویژگی‌های زراعی مورد اندازه‌گیری در آزمایش در دو سال زراعی

میانگین مربعات (MS)								درجه	منابع تغییرات
عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد سنبلیچه پوک	تعداد دانه پر	طول خوشه	تعداد پنجه	ارتفاع بوته	آزادی	
۲۹۱۵۵۵۱ ^{ns}	۱۱۰۹۴۰ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۱۰/۶۷ ^{ns}	۱۳/۰ ^{**}	۳۰/۲۶ ^{**}	۲۳/۴ ^{ns}	۱	سال
۴۱۲۷۶۱۴ ^{ns}	۴۶۵۴۳۳ ^{ns}	۱/۸۳ ^{ns}	۰/۳۱ [*]	۳۶/۱۰ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}	۰/۳۱ ^{ns}	۱۷۴/۶ ^{ns}	۴	تکرار (سال)
۱۶۰۸۵۱۶۲ ^{ns}	۵۷۷۵۳۳ ^{ns}	۱/۶۸ ^{ns}	۰/۵۸ [*]	۶۰/۱۶ ^{ns}	۰/۳۵ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۴۹/۹ ^{ns}	۱	سطح کود (a)
۱۹۰۲۳۷۷ ^{ns}	۳۳۵۱۲۰ ^{ns}	۰/۲۷ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۳/۳۷ ^{ns}	۰/۵۴ ^{ns}	۱/۶۲ ^{ns}	۱۳/۶ ^{ns}	۱	سال × a
۶۱۱۹۲۸۶	۶۵۴۲۹۸	۰/۶۹	۰/۰۴	۱۱/۵۸	۰/۱۳۵	۱/۴۰	۹۷/۶	۴	خطا
۲۷۰۹۷۴۳ ^{ns}	۵۰۸۵۳۴ [*]	۱/۰ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۱۵/۲۰ ^{ns}	۰/۲۳۲ ^{ns}	۲/۰۴ ^{ns}	۲۴/۲ [*]	۷	محرک رشد (b)
۱۹۴۰۲۱۸ ^{ns}	۱۴۶۹۴۶۶ [*]	۰/۶۸ ^{ns}	۰/۰ ^{ns}	۴/۱۶ ^{ns}	۰/۱۸۶ ^{ns}	۱/۶۷ ^{ns}	۰/۵۵ ^{ns}	۷	سطح کود × b
۱۶۸۴۹۲۱ ^{ns}	۱۶۷۵۵۲ ^{ns}	۰/۶۹ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۷/۸۱ ^{ns}	۰/۰۷۲ ^{ns}	۴/۳۷ [*]	۱۸/۷ ^{ns}	۷	سال × b
۱۰۵۳۴۳۵۵ ^{ns}	۹۵۸۵۷۴ ^{ns}	۰/۶۳ ^{ns}	۰/۰ ^{ns}	۶/۴۹ ^{ns}	۰/۱۶۷ ^{ns}	۲/۳۹ ^{ns}	۱/۱ ^{ns}	۷	سال × a × b
۱۹۴۰۹۹۹	۳۰۷۷۱۵	۱/۲۲	۰/۱۱	۸/۴۸	۰/۲۰۶	۱/۹۷	۱۰/۸	۵۶	خطای کل
۱۰/۱	۱۱/۸	۳/۵	۴/۶	۲/۸۸	۱/۷۶	۱۲/۲	۲/۲۴	(درصد)	ضریب تغییرات

ns, *, ** به ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد و پنج درصد و غیر معنی‌دار.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سال بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج

سال	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد پنجه	طول خوشه (سانتی‌متر)	تعداد دانه پر	تعداد سنبلیچه پوک	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک
سال ۱۳۹۷	۱۴۶/۳ ^a	۱۱/۰ ^b	۲۶/۱ ^a	۱۰۱/۵ ^a	۷/۲۴ ^a	۳۱/۰۷ ^a	۵۰۸۰ ^a	۱۳۹۸۷ ^a
سال ۱۳۹۸	۱۴۷/۳ ^a	۱۲/۱ ^a	۲۵/۴ ^b	۱۰۰/۸ ^a	۷/۲۱ ^a	۳۱/۰۶ ^a	۴۹۲۸ ^a	۱۴۳۳۶ ^a

* در هر ستون اعدادی که دارای حروف مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد با همدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در دو سال زراعی

تیمار کودی	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد پنجه	طول خوشه (سانتی‌متر)	تعداد دانه پر سنبلچه پوک	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک
آزمون خاک	۱۴۶/۹ ^a	۱۱/۵ ^a	۲۵/۷ ^a	۱۰۰/۳ ^a	۳۱/۳ ^a	۵۰۵۱ ^a	۱۴۵۷۱ ^a
۷۵ درصد آزمون خاک	۱۴۶/۵ ^a	۱۱/۵ ^a	۲۵/۸ ^a	۱۰۱/۹ ^a	۳۰/۹ ^a	۴۹۵۸ ^a	۱۳۷۵۲ ^a

* در هر ستون اعدادی که دارای حروف مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد با همدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین دوساله اثر تیمار محرک‌های رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد

تیمار محلول پاشی	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد پنجه	طول خوشه (سانتی‌متر)	تعداد دانه پر پوک	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک
شاهد	۱۴۷/۷ ^{ab}	۱۱/۶ ^a	۲۶/۹ ^a	۱۰۱/۳ ^a	۳۱/۰ ^a	۴۶۲۱ ^b	۱۳۵۹۴ ^b
محلول پاشی ازتوباکتر	۱۴۶/۰ ^{ab}	۱۲/۰ ^a	۲۵/۹ ^a	۱۰۲/۱ ^a	۳۱/۵ ^b	۵۰۳۷ ^{ab}	۱۴۵۷۶ ^{ab}
محلول پاشی اسیدآمیننه	۱۴۸/۸ ^a	۱۱/۹ ^a	۲۵/۹ ^a	۱۰۱/۵ ^a	۳۱/۱ ^a	۵۰۶۶ ^{ab}	۱۴۰۳۱ ^{ab}
محلول پاشی جلبک دریایی	۱۴۸/۶ ^a	۱۱/۳ ^a	۲۵/۷ ^a	۱۰۲/۶ ^a	۳۰/۸ ^b	۵۰۲۴ ^{ab}	۱۳۹۸۴ ^{ab}
مصرف خاکی اسیدهیومیک	۱۴۵/۴ ^b	۱۱/۰ ^a	۲۵/۶ ^a	۹۹/۳ ^a	۳۰/۸ ^a	۵۲۵۷ ^a	۱۵۰۷۶ ^a
محلول پاشی اسیدهیومیک	۱۴۵/۴ ^b	۱۱/۶ ^a	۲۵/۷ ^a	۹۹/۶ ^a	۳۱/۱ ^b	۵۱۹۷ ^a	۱۴۲۲۵ ^{ab}
محلول پاشی اسیدفولویک	۱۴۶/۲ ^{ab}	۱۰/۹ ^a	۲۵/۶ ^a	۱۰۱/۳ ^a	۳۰/۷ ^a	۴۹۶۴ ^{ab}	۱۴۰۸۱ ^{ab}
محلول پاشی اسیدآمیننه+هیومیک+جلبک	۱۴۵/۶ ^b	۱۱/۹ ^a	۲۵/۸ ^a	۱۰۱/۲ ^a	۳۱/۴ ^a	۴۸۶۷ ^{ab}	۱۳۷۲۳ ^b

* در هر ستون اعدادی که دارای حروف مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد با همدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

منابع

۱. احمدی، ک.، عبادزاده، ح.، حاتمی، ف.، محمدنیا افروزی، ش.، اسفندیاری پور طاقانی، رع. (۱۴۰۰). آمارنامه کشاورزی، جلد اول: محصولات زراعی. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، ۹۷ صفحه.
۲. احیائی، م.، بهبهانی‌زاده، ع (۱۳۷۲). شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. نشریه شماره ۸۹۳، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ص. ۳-۷۳.
۳. بهمنیاری، م.ع.، عمادی، س.م. و موسوی الیردی، س.ع. (۱۴۰۳). بررسی عملکرد و اجزای عملکرد برنج (*Oryza sativa L.*) در اثر کاربرد کود شیمیایی و اسید هیومیک استخراج شده از منابع مختلف. نشریه تحقیقات خاک و آب در کشاورزی پایدار، ۱۰(۲)، ۸۷-۹۸.
۴. کلتی، م.، محمدی، ع. و شجاعی، م. (۱۴۰۲). بررسی تأثیر تراکم بوته و اسید هیومیک بر عملکرد شلتوک، کارایی مصرف آب و صفات بیوشیمیایی برنج در شمال ایران. مجله اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی و علف‌های هرز، ۱۳(۱)، ۴۴-۵۹.
۵. موسوی الیردی، س.ع. و بهمنیاری، م.ع. (۱۴۰۲). تأثیر کاربرد اسید هیومیک استخراج شده از منابع مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج. فصلنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ایران، ۳۰(۳)، ۲۱۱-۲۲۳.
۶. نیسی، ح.، رفیعی‌الحسینی، م.، تدین، م.ر.، احمدپور، س.ر. و کریمی، ا. (۱۴۰۲). ارزیابی اثر اسید هیومیک و اسید فولویک با منابع مختلف کود نیتروژنه بر صفات زراعی برنج عنبربو (*Oryza sativa L.*) در سیستم کشت مستقیم. فصلنامه به‌زراعی کشاورزی، ۲۵(۴)، ۱۴۲.
7. Aasfar, A., Bargaz, A., Yaakoubi, K., Hilali, A., Bennis, I., Zeroual, Y., & Meftah Kadmiri, I. (2021). Nitrogen fixing Azotobacter species as potential soil biological enhancers for crop nutrition and yield stability. *Frontiers in Microbiology*, 12, 628379.
8. Banjare, L., Banwasi, R., Jataw, G. K., & Shrivastav, L. K. (2022). Effect of seaweed extract on yield and nutrient uptake of rice in a vertisol. *The Pharma Innovation Journal*, 11(3), 2193–2198.
9. Bera, B. B., Sahoo, B. B., Panda, P. K., & Dash, D. K. (2024). Effect of humic acid on growth, yield and soil properties in rice: A review. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 15(1), 12–21.
10. Canellas, L. P., Olivares, F. L., Malcher, D. J. P., Sánchez-Monedero, M. A., Kempenaar, C., & Jindo, K. (2020). From lab to field: Role of humic substances under open-field and greenhouse conditions as biostimulant and biocontrol agent. *Frontiers in Plant Science*, 11, 426.
11. Chen, Q., Wang, J., Wang, X., Li, Z., & Zhang, L. (2022). Humic acid fertilizer incorporation increases rice radiation use efficiency and yield. *Agriculture*, 12(5), 653.
12. Deepana, P., Bama, K. S., Santhy, P., & Devi, T. S. (2021). Effect of seaweed extract on rice (*Oryza sativa* var. ADT53) productivity and soil fertility in Cauvery delta zone of Tamil Nadu, India. *Journal of Applied and Natural Science*, 13(3), 1111–1120.
13. Mitaleb, R., et al. (2021). Foliar application of amino acids improves yield and nutrient uptake of rice. *Agricultural Research*, 10(2), 121–129.
14. Roupahel, Y., & Colla, G. (2020). Editorial: Biostimulants in Agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 11, 40.
15. Godfray, H. C. J., et al. (2019). Food system impacts on biodiversity loss. *Science*, 364(6437), 987–992.
16. Sai Manjeera, M., Prasad, M. S., Subbaiah, V., & Sankar, G. R. M. (2021). Influence of humic acid and inorganic nitrogen on plant growth, yield attributes and yield of direct sown rice. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 10(2), 1153–1161.
16. Zhang, H., et al. (2023). Environmental impact of nitrogen fertilizer: mechanisms and mitigation strategies. *Journal of Environmental Management*, 335, 117504.

The Effect of Organic and Biostimulant Applications on the Yield of Tarom Rice and Reduction of Chemical Fertilizer Use

Ali Cherati Areai¹, Sareh Rajabi Agareh¹

¹ Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Mazandaran

Corresponding author's email: acherati@yahoo.com

Abstract

This study was conducted to evaluate the effects of biological and biostimulant treatments on reducing fertilizer application and improving yield and yield components of the local Tarom rice cultivar during the 2018 and 2019 cropping seasons at the Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Mazandaran (Gharakhil Research Station). The experiment was carried out as a split-plot based on a randomized complete block design with three replications. The main factor included two levels of chemical fertilizer application (100% and 75% of the recommended rate based on soil testing), and the sub-factor included eight biostimulant and biological treatments. Analysis of variance showed that the biostimulant treatments had a significant effect on grain yield and plant height. Soil application of humic acid resulted in the highest yield (5257 kg ha⁻¹), which represented a 13.7% increase compared with the control (4621 kg ha⁻¹). Foliar application of humic acid ranked second, with a yield of 5197 kg ha⁻¹. The highest 1000-grain weight was obtained with *Azotobacter* (31.5 g), representing a 1.6% increase compared with the control (31.0 g). Treatments with amino acids and seaweed extract recorded the greatest plant height. Overall, the results indicated that the use of biostimulant compounds, particularly humic acid, effectively improved growth indices and increased grain yield, and can play an important role in reducing chemical fertilizer use and achieving sustainable rice production.

Keywords: Amino acids, Humic acid, Fulvic acid, Rice, Seaweed extract, *Azoto*