پاسخ‌های عملکردی نیشکر به کاربرد کود زیستی و اسید ان-فوریک

محمدرضا رئیسی للری[۱]، علیرضا ابدالی مشهدی[۲*]، محمود شمیلی[۳]، حسین معتمدی[۴] و امین لطفی جلال آبادی[۵]

۱، ۲ و ۵) گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.
۳) کشت و صنعت کارون، خوزستان، شوشتر، ایران.
۴) گروه زیست‌شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.

نویسنده مسئول*: alirezaabdali@asnrukh.ac.ir

تاریخ دریافت:۱۴۰۴/۰۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۰۴

چکیده

بالاترین سهم تولید شکر در دنیا به گیاه نیشکر اختصاص دارد و در ایران این گیاه بیشتر در استان خوزستان تولید می‌گردد. این پژوهش با هدف بررسی پاسخ‌های عملکردی نیشکر به کاربرد کود زیستی و اسید ان-فوریک به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزارع کشت و صنعت کارون شوشتر در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ انجام شد. تیمارها شامل تعداد نوبت کاربرد اسید ان-فوریک (عدم کاربرد، یک، دو و سه بار مصرف) و تعداد نوبت کاربرد کود زیستی باکتریایی (عدم کاربرد، یک، دو و سه بار مصرف) بودند. نتایج نشان داد که اثر اصلی اسید ان-فوریک بر تعداد برگ در بوته و اثر اصلی کود زیستی بر تعداد ساقه در متر مربع، قطر ساقه، عملکرد ساقه، زیست‌توده کل، عملکرد شکر تر و شاخص برداشت معنی‌دار بود. همچنین برهم‌کنش این دو فاکتور بر عملکرد ساقه، زیست‌توده کل و عملکرد شکر تر معنی‌دار گردید. جالب توجه آنکه بالاترین مقادیر عملکرد ساقه (۱۲۸ تن در هکتار)، زیست‌توده کل (۱۵۹۱۸۵ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد شکر تر (۱۵/۶ تن در هکتار) در تیمارهای بدون مصرف اسید ان-فوریک و با مصرف کود زیستی (دو یا سه بار) به دست آمد. این یافته‌ها حاکی از آن است که در شرایط خاک‌های قلیایی منطقه، کودهای زیستی به‌تنهایی و بدون نیاز به اصلاح اسیدی خاک، با بهبود فراهمی عناصر غذایی و تقویت رشد، قادر به افزایش معنی‌دار عملکرد کمی و کیفی نیشکر هستند. کاربرد سه نوبت کود زیستی در مقایسه با شاهد باعث افزایش ۵۰ درصدی عملکرد شکر شد، بنابراین، استفاده بهینه از کودهای زیستی می‌تواند به عنوان یک راهبرد مدیریتی مقرون‌به‌صرفه و سازگار با محیط زیست برای دستیابی به پایداری در کشت نیشکر توصیه شود.

واژه‌های کلیدی: تعداد برگ، خاک قلیایی، شاخص برداشت و عملکرد شکر.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

مقدمه

نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) از مهم‌ترین گیاهان صنعتی جهان و تأمین‌کننده عمده شکر و اتانول زیستی است. استان خوزستان با حدود ۸۵۰۰۰ هکتار سطح زیر کشت نیشکر سهم قابل توجهی در تولید شکر در ایران دارد (Abedinzadeh *et al*., 2021). میزان تولید نیشکر در ایران نیز حدود ۷۴۰۶ هزار تن گزارش شده است (امیدی و همکاران، ۱۳۹۸). با این حال، خاک‌های این منطقه عمدتاً آهکی و قلیایی هستند که pH بالا در آن‌ها، قابلیت جذب بسیاری از عناصر غذایی ضروری به‌ویژه ریز مغذی‌ها را به شدت کاهش می‌دهد. این محدودیت، یکی از موانع اصلی در دستیابی به پتانسیل عملکرد کامل نیشکر محسوب می‌شود. قلیایی بودن خاک، به‌عنوان یک معضل جدی در برخی از اراضی ایران، منجر به پایین آمدن حلالیت و در نتیجه، اختلال در جذب عناصر حیاتی مانند آهن توسط گیاه می‌شود. پیامد این وضعیت، تضعیف فتوسنتز و کاهش عملکرد گیاه است (برقی و قلی‌پوری، ۱۳۹۹). برای غلبه بر این چالش، از راهکارهای مختلفی از جمله کاربرد اسیدها برای کاهش موضعی pH ریزوسفر و بهبود جذب عناصر استفاده می‌شود. به‌کارگیری اصلاح‌کننده‌های اسیدی از روش‌های مرسوم برای بالا بردن حلالیت عناصر غذایی در خاک‌هایی است که دارای pH بالا هستند (موسوی و همکاران، ۱۳۹۸). اسید ان-فوریک به عنوان یک اصلاح‌کننده خاک، می‌تواند با پایین آوردن pH، حلالیت و فراهمی عناصری مانند آهن، روی و منگنز را افزایش دهد. مونوکاربامید دی‌هیدروژن‌سولفات (Monocarbamide Dihydrogensulfate = MCDHS) که با نام تجاری اسید ان-فوریک (N-phuric acid) و نام سیستماتیک اوره‌نیوم هیدروژن سولفات (Ureonium Hydrogen Sulfate) شناخته می‌شود، در واقع اوره سولفات است؛ یک نمک اسیدی حاصل از واکنش اوره با اسید سولفوریک. MCDHS به‌عنوان کودی با نیتروژن تثبیت شده (Stabilized N-fertilizers) استفاده می‌شود (Mateo-Marin *et al*., 2020b). MCDHS برای آزادسازی آهسته نیتروژن در طول فصل رشد طراحی شده است تا از آلودگی محیط زیست ناشی از شستشوی نیترات و انتشار اکسید نیتروژن (N_2O) جلوگیری کند (Hayatsu, 2014 و Watts *et al*., 2015). MCDHS به عنوان یک بازدارنده اوره‌آز عمل می‌کند. این کار باعث کاهش فعالیت آنزیم اوره‌آز شده و در نتیجه، سرعت تبدیل اوره به آمونیاک را کند می‌کند. هدف از استفاده از بازدارنده‌های اوره‌آز، کاهش تلفات نیتروژن از طریق تبخیر آمونیاک و افزایش کارایی مصرف نیتروژن است (Mateo-Marín *et al*., 2020b). در چمن کنتاکی (*Poa pratensis* L.)، آبیاری با آب اصلاح شده با اسید ان-فوریک در سال اول، منجر به بهبود کیفیت ظاهری و شاخص رنگ سبز تیره در چمن کنتاکی شد. همچنین، این نوع آبیاری باعث افزایش هدایت هیدرولیکی خاک در مقایسه با سایر تیمارها گردید (Sevostianova, 2025). در کاهو (*Lactuca sativa* L.)، کاربرد اسید ان-فوریک رشد اولیه را در مقایسه با گروه شاهد افزایش داد. مزایای رشد اولیه ناشی از کاربرد اسید ان-

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

فوریک تا زمان برداشت ادامه یافت و عملکرد قابل فروش و کیفیت به طور قابل توجهی افزایش یافت (Sanchez and Silvertooth, 1997). این ترکیب در حالت جامد، کریستالی و پایدار است و به دلیل پیوندهای هیدروژنی، نقطه ذوب نسبتاً بالایی دارد. خاصیت اسیدی قوی ولی کنترل‌شده‌ای دارد و در آب به راحتی حل شده و محلولی با pH بسیار پایین تشکیل می‌دهد. اسید ان-فوریک می‌تواند به‌عنوان یک بازدارنده اوره‌آز عمل کند. این ویژگی به بهبود کارایی مصرف نیتروژن در خاک کمک کرده و از اتلاف نیتروژن، به ویژه از طریق نشت نیترات، جلوگیری می‌کند (Mateo-Marin *et al*., 2020a). این امر می‌تواند به مدیریت بهتر کودهای نیتروژنی و کاهش اثرات زیست‌محیطی ناشی از اتلاف نیتروژن کمک کند. در برخی موارد، کاربرد علف‌کش به همراه اسید ان- فوریک توانست فعالیت علف‌کش را در مهار علف‌های هرز افزایش دهد، برای مثال، در مطالعه‌ای، کاربرد توأم آلاکلر با اسید ان- فوریک فعالیت آلاکلر را در کنترل علف هرز *Senna obtusifolia* L. بهبود بخشید (Moore and Banks, 1991). از اسید ان- فوریک به‌عنوان یک عامل تنک کننده شکوفه در درختان میوه مانند سیب (*Malus domestica* Borkh.) (Fallahi *et al*., 1997) و هلو (*Prunus Persica* L. Batch) (Myers *et al*., 1993) نیز استفاده شده است. از سوی دیگر، در کشاورزی پایدار امروزی، استفاده از کودهای زیستی به‌طور فزاینده‌ای مورد توجه قرار گرفته است. این کودها حاوی جمعیت‌هایی از میکروارگانیسم‌های مفید هستند که از طریق مکانیسم‌هایی همچون تثبیت نیتروژن، حل‌کنندگی فسفات، تولید سیدروفور و تحریک تولید هورمون‌های رشد، به بهبود رشد و تغذیه گیاه کمک شایانی می‌کنند. استفاده از کودهای زیستی در واقع یک رویکرد حیاتی و رو به رشد در کشاورزی پایدار امروزی است و جایگزینی طبیعی و سبز برای کودهای شیمیایی محسوب می‌شوند (Singh *et al*., 2025). همچنین کودهای زیستی به گیاهان کمک می‌کنند تا در برابر تنش‌های محیطی (مانند خشکی) مقاومت بیشتری داشته باشند (Giri *et al*., 2025). در آزمایشی بر روی گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) بالاترین ماده خشک کل، شاخص سطح برگ، سرعت رشد نسبی و سرعت جذب خالص با کاربرد کودهای زیستی *Mesorhizobium ciceri* و *Rhizophagus irregularis* مشاهده شد (مومنی و همکاران، ۱۴۰۲). در لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) کاربرد کودهای زیستی توانست به‌طور معنی‌داری عملکرد تک بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف در متر مربع، تعداد ساقه فرعی، کلروفیل a، کلروفیل b، نسبت کلروفیل a به کلروفیل b، نسبت وزن پوسته به وزن کل غلاف و نسبت پتاسیم به فسفر دانه را تحت تأثیر قرار دهد (چاوشی و همکاران، ۱۳۹۸). همچنین در کشت مخلوط نیشکر با لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculat*a L.) مشخص شد که میکوریزا با نیشکر هم‌زیستی مثبت داشته و زمانی که قارچ میکوریزا و لوبیا چشم بلبلی هم‌زمان در یک تیمار حضور داشتند اثر هم افزایی آن‌ها روی عملکرد نی و شاخص برداشت شکر و همچنین صفات کیفی در نیشکر مثبت شد (احسانی‌پور و همکاران، ۱۳۹۸). در آزمایشی، تحت تأثیر کاربرد کود زیستی باکتریایی

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

(*Azospirillum brasilense*، *Bacillus subtilis* و *Pseudomonas fluorescens*)، کیفیت نیشکر از نظر بریکس و محتوای ساکارز به‌طور معنی‌دار افزایش یافت (Aguado-Santacruz, *et al*., 2024). در پژوهشی بر روی نیشکر، کاربرد کود زیستی (باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه) به همراه ۶۰ درصد کود نیتروژن شیمیایی، عملکرد زیست توده و شکر به طور قابل توجهی بالاتر از تیمار شاهد (بدون کود نیتروژن شیمیایی) ایجاد کرد و عملکردی معادل کاربرد ۱۰۰ درصد کود نیتروژن شیمیایی داشت (Qiu *et al*., 2022). اگرچه تأثیر جداگانه اسیدها و کودهای زیستی بر رشد گیاهان در مطالعات مختلفی بررسی شده، اما برهمکنش احتمالی این کود زیستی و اصلاح کننده pH خاک و پاسخ‌های عملکردی نیشکر به ترکیب این تیمارها، به‌ویژه در شرایط خاک‌های قلیایی خوزستان، کم‌تر مورد مطالعه قرار گرفته است. در آزمایشی کاربرد گوگرد به‌عنوان اصلاح کننده اسیدی خاک و تیوباسیلوس به‌عنوان کود زیستی باعث افزایش افزایش عملکرد کمی و کیفی گندم (*Triticum aestivum* L.) شد و بالاترین عملکرد با کاربرد توأم گوگرد و تیوباسیلوس به‌ترتیب به میزان ۵۰۰ و ۱۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (موسوی و همکاران، ۱۳۹۸). این پژوهش با هدف واکاوی پاسخ‌های رشدی و عملکردی نیشکر به دفعات کاربرد اسید ان-فوریک و کود زیستی، بر پایه تحلیل ویژگی‌های مورفولوژیک و معیارهای زیست‌توده طراحی گردید تا راهکار مدیریت بهینه تغذیه برای دستیابی به عملکرد پایدار در این منطقه مشخص شود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۰۳-۱۴۰۲ در کشت و صنعت کارون شهرستان شوشتر (۳۲° و ۷′ شمالی و ۴۸° و ۴۱′ شرقی) با حدود ۷۰ متر ارتفاع از سطح دریا انجام شد. منطقه شوشتر دارای آب و هوای نیمه خشک و گرم با تابستان‌های بسیار گرم و زمستان‌های معتدل است. میانگین دمای سالانه در این منطقه بالا بوده و در ماه‌های گرم به بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد نیز می‌رسد. بارندگی بیشتر در فصول پاییز و زمستان متمرکز است و میزان تبخیر و تعرق بالقوه بسیار بالا می‌باشد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل کاربرد اسید ان-فوریک (شاهد، یک بار مصرف در مرحله استقرار کامل گیاه در ۲۷ اردیبهشت، دو بار مصرف در مراحل استقرار کامل گیاه در ۲۷ اردیبهشت‌ماه و پنجه‌زنی در ۲۲ خرداد، سه بار مصرف در مراحل استقرار کامل گیاه در ۲۷ اردیبهشت‌ماه و پنجه‌زنی در ۲۲ خردادماه و به‌ساقه‌روی و ساخت قند در ۱۸ تیرماه) و کاربرد کود زیستی (عدم کاربرد، یک بار مصرف در مرحله استقرار کامل گیاه در ۲۰ اردیبهشت، دو بار مصرف در مراحل استقرار کامل گیاه در۲۰ اردیبهشت ماه و پنجه‌زنی در ۱۵ خرداد، سه بار مصرف در مراحل استقرار کامل گیاه در ۲۰ اردیبهشت‌ماه و پنجه‌زنی در ۱۵ خردادماه و به‌ساقه‌روی و ساخت قند در ۱۰ تیرماه) بود. کود زیستی به‌صورت محلول‌پاشی با استفاده از سم‌پاش دستی

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

بر روی خاک کنار بوته و در محل داغ‌آب بر روی پشته‌ها، در مزرعه راتون یک (بازرویی یک) صورت گرفت (Juntahum *et al*., 2025). قبل از کشت نیشکر، زمین به صورت آیش بود. بعد از هر بار محلول‌پاشی کود زیستی، بلافاصله آبیاری انجام شد. نوبت‌های اول، دوم و سوم اعمال کود زیستی به‌صورت یکسان اعمال شد. جهت جلوگیری احتمال آسیب رسانی اسید ان- فوریک به باکتری‌های موجود در کود زیستی میان زمان کاربرد آن‌ها یک هفته فاصله زمانی در نظر گرفته شد. حجم اسید ان-فوریک مورد استفاده در هر یک از مراحل به‌کارگیری معادل سی لیتر در هکتار بود. سیستم آبیاری به‌صورت هیدروفلوم بود و مراحل اعمال تیمارها هم‌زمان با آبیاری بود. تیمارهای آزمایش به‌صورت خاک‌کاربرد و با استفاده از آبپاش دستی در مجاورت بوته‌ها به‌کار رفتند و بدون وقفه آبیاری صورت گرفت. کود زیستی از باکتری‌هایی تشکیل شده بود که پیش‌تر از گیاه نیشکر جداسازی شده بودند. این باکتری‌ها شامل *Pseudomonas migulae strain* DSb، *Enterobacter cloacae* strain DLE_{na}، *Pantoea ananatis strain* ASE_{na} و *Pantoea sp* بودند. باکتری‌ها به‌تعداد 10^{8} CFU/mL کشت و مورد بهره‌برداری قرار گرفتند. برای شناخت برخی ویژگی‌های خاک محل اجرای آزمایش، قبل از اجرای آزمایش ۹ نمونه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری از نقاط مختلف برداشت و سپس نمونه‌ها مخلوط گردیدند. از نمونه به دست آمده برای ارزیابی خاک در آزمایشگاه استفاده شد. بافت خاک سیلتی کلی لوم، هدایت الکتریکی ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر، پی‌اچ ۸/۲، نیتروژن ۰/۰۵ درصد، مواد آلی ۰/۳۰ تا ۰/۴۰ درصد و فسفر و پتاسیم به ترتیب ۱۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شد. کود نیتروژن در سه مرحله زمانی سی‌ام اردیبهشت‌ماه، بیستم خرداد و بیستم تیرماه به‌ترتیب به میزان ۴۶، ۶۹ و ۶۹ کیلوگرم در هکتار و به فرم اوره به‌کار برده شد. قبل از عملیات کاشت ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل به صورت یکنواخت در مزرعه آزمایشی استفاده گردید. مهار علف‌های هرز با انجام عملیات مکانیکی طبق روال کشت و صنعت نیشکر کارون انجام شد. نیشکر مورد استفاده در آزمایش رقم CP69 و حاصل نیشکرهای بازرویش یک بود. در هر کرت آزمایشی پنج جوی به درازای پنج متر و فاصله یک متر و شصت و سه سانتی‌متر از یکدیگر بود. در حد فاصل هر واحد آزمایشی یک فارو به صورت نکاشت در نظر گرفته شد. جهت محاسبه شاخص برداشت از رابطه ۱ استفاده شد (Kapur *et al*. 2013).

رابطه ۱: $$\text{شاخص برداشت} = \frac{\text{عملکرد ساقه}}{\text{وزن خشک کل زیست توده}} \times ۱۰۰$$

برای اندازه‌گیری صفات نیشکر از هر واحد آزمایشی ده ساقه به‌صورت تصادفی با در نظر گرفتن حاشیه واحد آزمایشی انتخاب شد. برای اندازه‌گیری عملکرد از سه خط وسط هر پلات با در نظر گرفتن حاشیه ابتدا و انتهای خطوط کاشت استفاده گردید. ارتفاع بوته با استفاده از متر صورت گرفت. آسیاب و عصاره‌گیری از ساقه‌ها در آزمایشگاه مرکز تحقیقات شرکت کشت و صنعت

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

کارون صورت پذیرفت. در شرایط دمای پایین، شربت خام به‌سرعت و طبق استانداردهای موجود به آزمایشگاه منتقل گردید تا اندازه‌گیری ساکارز صورت پذیرد.

عملکرد شکر در واحد سطح با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردید (Hassan *et al*., 2017).

رابطه ۲: عملکرد شکر (تن در هکتار) = CCS% / 100 × Stripped Cane Yield

در رابطه فوق، Stripped Cane Yield عملکرد نیشکر پاک‌سازی شده (پس از حذف برگ‌ها، غلاف‌ها و قسمت سبز غیرقابل استفاده انتهای ساقه) به کل وزن نیشکرهای برداشت شده در واحد سطح (معمولاً تن در هکتار) است، CCS% (Commercial Cane Sugar percentage) یا درصد قند تجاری نیشکر، به‌عنوان یک شاخص مهم برای کیفیت نیشکر و بازدهی کارخانه‌های قند مورد استفاده قرار می‌گیرد (Panhwar *et al*., 2025) و با استفاده از رابطه ۳ محاسبه می‌گردد (Hassan *et al*., 2017).

رابطه ۳: $CCS\% = 3P/2\{1-(F+5)/100\} - B/2\{1-(F+3)/100\}$

در رابطه بالا، P درجه قطبش (Pol%) یا درصد ساکارز خالص موجود در شیره نیشکر، F درصد فیبر و B درصد بریکس می‌باشد. آنالیز آماری با کاربرد نرم‌افزار SAS نگارش ۹/۴ انجام شد. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (ال.اس.دی) در سطح پنج درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

اثر اصلی و برهمکنش تیمارهای اسید ان-فوریک و کود زیستی بر صفت ارتفاع بوته معنی‌دار نبود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های اثر سطوح مختلف اسید ان-فوریک و کود زیستی بر ارتفاع بوته به ترتیب در جدول‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است.

جدول ۱: نتایج آنالیز واریانس برخی از صفات نیشکر

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		ارتفاع بوته	تعداد گره در ساقه	تعداد برگ در بوته	ساقه در متر مربع	طول میانگره
تکرار	۲	۰/۶۳**	۰/۵۳^{ns}	۳/۴۳^{ns}	۱۲/۱^{ns}	۴۷/۴**
اسید ان-فوریک	۳	۰/۱۱^{ns}	۱/۴۶^{ns}	۳۰/۸*	۷/۱^{ns}	۳/۹۸^{ns}
کود زیستی	۳	۰/۰۴^{ns}	۱/۹۶^{ns}	۶/۶۵^{ns}	۱۱۳**	۰/۸۳^{ns}
اسید ان-فوریک × کود زیستی	۹	۰/۰۸^{ns}	۰/۴۱^{ns}	۲/۹۳^{ns}	۱۰/۹^{ns}	۱/۲۸^{ns}
خطا	۳۰	۰/۰۸	۰/۸۹	۷/۴۷	۱۳/۴	۳/۰۵
ضریب تغییرات (٪)		۸/۳۶	۷/۶۳	۱۱/۶	۱۲/۱	۱۳/۹

^{n}، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌دار، و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

جدول ۲: نتایج مقایسه میانگین اثر ساده اسید ان- فوریک بر نیشکر

اسید ان-فوریک	تعداد برگ در بوته	قطر ساقه (میلی‌متر)
شاهد	۲۱/۱ b	۱۹/۵ a
یک بار مصرف	۲۳/۹ a	۱۷/۵ b
دو بار مصرف	۲۴/۰ a	۱۸/۷ ab
سه بار مصرف	۲۴/۸ a	۱۸/۷ ab

وجود حروف مشابه در هر ستون به‌منزله عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

جدول ۳: نتایج مقایسه میانگین اثر ساده کود زیستی بر نیشکر

کود زیستی	بوته در متر مربع	قطر ساقه (میلی‌متر)	شاخص برداشت (درصد)
شاهد	۲۵/۴ b	۱۸/۱ bc	۷۹/۲ b
یک بار مصرف	۳۲/۱ a	۱۹/۲ ab	۷۹/۹ ab
دو بار مصرف	۳۱/۱ a	۱۹/۶ a	۷۸/۹ b
سه بار مصرف	۳۱/۳ a	۱۷/۵ c	۸۰/۹ a

وجود حروف مشابه در هر ستون به‌منزله عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

تعداد گره در ساقه

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثرات اصلی و برهم‌کنش تیمارهای اسید ان-فوریک و کود زیستی بر صفت تعداد گره در ساقه معنی‌دار نبود. عدم معنی‌داری اثر سطوح مختلف اسید ان-فوریک و کود زیستی بر تعداد گره در ساقه می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که این صفت بیشتر تحت کنترل قوی عوامل ژنتیک و فیزیولوژیک داخلی در این رقم از نیشکر است. تعداد گره، یک صفت مورفولوژیک پایه‌ای و کلیدی است که تا حد زیادی توسط ژنوتیپ رقم نیشکر تعیین می‌شود و همبستگی ژنتیکی معنی‌داری با عملکرد دارد (Natarajan *et al*., 2020). ممکن است نسبت به تغییرات تغذیه‌ای در محدوده‌ای که در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفته، چندان حساس نباشد. در جدول ۴ مشاهده می‌شود که همین تیمارها بر صفات مهمی مانند عملکرد ساقه و زیست‌توده کل تأثیر معنی‌داری داشته‌اند. این موضوع نشان می‌دهد که اگرچه تعداد گره تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفته، اما احتمال دارد پر شدن بهتر میان‌گره‌ها و افزایش وزن و قطر ساقه تحت تأثیر این تیمارها قرار گرفته است. به عبارت دیگر، این تیمارها بیشتر بر "کیفیت رشد" تأثیر گذاشته‌اند تا بر"کمیت گره‌ها". در حالی که تعداد گره‌ها در ساقه نیشکر ممکن است تحت تأثیر تیمارها قرار نگیرد، شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد تیمارها می‌توانند بر کیفیت رشد نیشکر، از جمله پر شدن میان‌گره‌ها، وزن ساقه و قطر ساقه تأثیر بگذارند (Kusumawati and Ismail, 2023). در مقابل، برخی بیوستیمولانت‌ها (Biostimulants) در غلظت‌های بالا می‌توانند تعداد میان‌گره‌ها و قطر ساقه را در نیشکر کاهش دهند (Dias and Silva, 2020). تعداد برگ در

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

بوته: بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر اصلی تیمار اسید ان-فوریک بر صفت تعداد برگ در بوته معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های اثر سطوح مختلف اسید ان-فوریک (جدول ۲) نشان داد که بالاترین تعداد برگ در بوته (۲۴/۸ برگ) مربوط به تیمار سه بار مصرف اسید ان-فوریک و کم‌ترین تعداد برگ (۲۱/۱) مربوط به تیمار شاهد بود. بر اساس آزمون مقایسه میانگین، تیمار شاهد (بدون مصرف اسید) در گروه آماری b و کلیه تیمارهای مصرف اسید ان-فوریک (یک، دو و سه بار مصرف) در گروه برتر آماری a قرار گرفتند. این نتایج نشان می‌دهد که مصرف اسید ان-فوریک بدون در نظر گرفتن تعداد دفعات مصرف، منجر به افزایش معنی‌دار تعداد برگ در بوته در مقایسه با تیمار شاهد شده است. معنی‌دار بودن اثر اسید ان-فوریک بر تعداد برگ در بوته را شاید بتوان به نقش این اسید در بهبود شرایط جذب عناصر غذایی در خاک‌های آهکی منطقه نسبت داد. خاک‌های با pH بالا در نیشکر موجب کمبود عناصر مغذی در برگ‌ها و کاهش عملکرد می‌شود (Kaler *et al*., 2017). خاک‌های دشت رسوبی خوزستان بیشتر دارای pH بالایی هستند که این امر می‌تواند از دسترسی گیاه به عناصر ریز مغذی مانند آهن، روی و منگنز بکاهد. اسید ان-فوریک با کاهش pH ناحیه ریشه، قابلیت جذب این عناصر را افزایش داده و شرایط بهتری برای فرآیندهای فیزیولوژیک مرتبط با تولید و توسعه برگ فراهم می‌کند. اصلاح خاک با موادی مانند گوگرد می‌تواند pH را کاهش داده و دسترسی به مواد مغذی را افزایش دهد (Kaler *et al*., 2017). استفاده از گوگرد به فرم عنصری می‌تواند pH منطقه ریشه را در خاک‌های آهکی کاهش دهد و باعث افزایش دسترسی به مواد مغذی از جمله فسفر و سولفات شود (Wiedenfeld, 2011). از آنجا که برگ‌ها مراکز اصلی فتوسنتز هستند، افزایش تعداد آن‌ها می‌تواند پتانسیل تولید ماده خشک و در نهایت عملکرد را افزایش دهد. افزایش سطح برگ نیشکر (که با تعداد برگ مرتبط است) منجر به جذب بیشتر تابش خورشیدی و در نتیجه، افزایش نرخ رشد و تجمع ماده خشک می‌شود که به‌طور مستقیم به عملکرد نهایی بالاتر ساقه کمک می‌کند (Kumar *et al*., 2023). تعداد ساقه در متر مربع: بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر اصلی تیمار کود زیستی بر صفت تعداد ساقه در متر مربع معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌های اثر سطوح مختلف کود زیستی (جدول ۳) نشان داد که بیشترین تعداد ساقه در متر مربع (۳۲/۱) مربوط به تیمار یک بار مصرف کود زیستی و کم‌ترین تعداد ساقه در متر مربع (۲۵/۴) مربوط به تیمار شاهد (بدون مصرف کود زیستی) بود. نتایج آزمون مقایسه میانگین، نشان داد که مصرف کود زیستی بدون در نظر گرفتن تعداد دفعات مصرف، منجر به افزایش معنی‌دار تعداد ساقه در متر مربع در مقایسه با تیمار شاهد شده است. معنی‌دار بودن اثر کود زیستی بر تعداد ساقه در متر مربع را می‌توان به نقش مثبت این کودها در بهبود استقرار پاجوش‌های مزرعه بازویی اول، تقویت سیستم ریشه و افزایش بقای بوته‌ها نسبت داد. کودهای زیستی حاوی میکروارگانیسم‌های مفیدی هستند که از طریق حل کردن فسفات، تثبیت نیتروژن و تولید محرک‌های رشدی مانند اکسین، شرایط بهتری برای جوانه‌زنی بذر و

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

رشد گیاهچه فراهم می‌کنند. این عوامل در نهایت منجر به افزایش تعداد بوته‌هایی می‌شود که موفق به استقرار در واحد سطح می‌شوند. این نتیجه با این فرضیه که استفاده از کودهای زیستی می‌تواند با فراهم کردن مستمر عناصر غذایی، باعث افزایش عملکرد شود، همسو است. افزایش تعداد بوته در واحد سطح یکی از اجزای کلیدی در افزایش عملکرد نهایی محسوب می‌شود زیرا با افزایش تعداد بوته امکان افزایش تعداد ساقه در واحد سطح فراهم می‌شود و تعداد ساقه دارای اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد نیشکر است (Masri *et al*., 2022). طول میانگره: اثرهای اصلی و برهم‌کنش فاکتورهای آزمایش بر طول میانگره از نظر آماری معنی‌دار نشد (جدول ۱). عدم معنی‌داری اثر سطوح مختلف اسید ان-فوریک و کود زیستی بر طول میانگره می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که این صفت بیشتر تحت کنترل عوامل ژنتیکی قوی و تنظیم‌کننده‌های درونی رشد گیاه است. طول میانگره یک صفت با وراثت‌پذیری بالا است (Tena *et al*., 2022). طول میانگره یک صفت مورفولوژیک مهم است که تا حد زیادی توسط ژنوتیپ رقم نیشکر تعیین می‌شود و ممکن است نسبت به تغییرات تغذیه‌ای در محدوده‌ای که در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفته، چندان حساس نباشد. طویل شدن میانگره‌ها بیشتر تحت تأثیر هورمون‌های رشد گیاهی به ویژه جیبرلین است و ممکن است عوامل تغذیه‌ای اثر مستقیم و فوری بر این فرآیند نداشته باشند. عناصر غذایی مانند نیتروژن برای رشد کلی گیاه ضروری هستند، اما به نظر می‌رسد این عناصر در درجه اول بر رشد کلی ساقه و تولید زیست‌توده تأثیر می‌گذارند و کم‌تر بر رشد زیر بخش‌های جزئی‌تر ساقه مانند میانگره‌ها اثر بخشی دارند. قطر ساقه: بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثرهای اصلی تیمارهای اسید ان-فوریک و کود زیستی بر صفت قطر ساقه معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌های اثر سطوح مختلف اسید ان-فوریک نشان داد که بیشترین قطر ساقه (۱۹/۵) مربوط به تیمار شاهد (بدون مصرف اسید) و کم‌ترین قطر ساقه (۱۷/۷ میلی‌متر) مربوط به تیمار یک بار مصرف اسید ان-فوریک بود (جدول ۲). بر اساس آزمون مقایسه میانگین، تیمار شاهد در گروه آماری بالاترین قرار گرفت، در حالی که تیمار یک بار مصرف در گروه پایین‌تر و تیمارهای دو و سه بار مصرف در گروه میانی قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌های سطوح مختلف کود زیستی نشان داد که بیشترین قطر ساقه (۱۹/۶ میلی‌متر) مربوط به تیمار دو بار مصرف کود زیستی و کم‌ترین قطر ساقه (۱۷/۵ میلی‌متر) مربوط به تیمار سه بار مصرف کود زیستی بود. معنی‌داری اثرهای اصلی اسید ان-فوریک و کود زیستی بر قطر ساقه نشان می‌دهد که هر دو فاکتور بر این صفت مهم مؤثر بوده‌اند، اگرچه برهم‌کنش آن‌ها معنی‌دار نبوده است (جدول ۳). در مورد اسید ان-فوریک، کاهش قطر ساقه در تیمارهای مصرف اسید نسبت به شاهد می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که اسید ان-فوریک ممکن است بر توزیع مواد فتوسنتزی در گیاه تأثیر گذاشته باشد. همچنین احتمال دارد که کاهش pH خاک ناشی از اسید ان-فوریک بر جذب برخی عناصر مؤثر بر قطر ساقه تأثیر گذاشته باشد. در این آزمایش، pH خاک ۸/۲ بود در حالی‌که pH بهینه خاک برای نیشکر

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

حدود ۶/۵ است (Amolo, 2017). کاهش pH خاک و افزایش دسترسی به مواد مغذی می‌تواند پارامترهای زراعی و عملکردی نیشکر را بهبود بخشد (Niu *et al*., 2021). بر اساس یک مطالعه، کاربرد ترکیباتی مانند سیلیکات کلسیم-منیزیم که به کاهش pH خاک کمک می‌کنند، می‌تواند منجر به افزایش قطر ساقه و عملکرد شکر در نیشکر شود (Crusciol *et al*., 2014). در مورد کود زیستی، نتایج نشان می‌دهد که مصرف متعادل کود زیستی (دو بار مصرف) بهترین اثر را بر قطر ساقه داشته است. این موضوع می‌تواند ناشی از تأمین بهینه عناصر غذایی به ویژه فسفر و نیتروژن توسط کودهای زیستی باشد که برای رشد قطری ساقه و توسعه بافت‌های آوندی ضروری هستند. با این حال، کاهش قطر ساقه در تیمار سه بار مصرف کود زیستی می‌تواند نشان‌دهنده اثر منفی مصرف بیش از حد باشد که ممکن است به دلیل ایجاد عدم تعادل غذایی یا اثرات بازدارندگی ناشی از تراکم بالای میکروارگانیسم‌ها باشد. قطر ساقه یکی از اجزای مهم در تعیین عملکرد نیشکر محسوب می‌شود. ساقه‌های با قطر بیشتر اغلب دارای وزن بیشتر و در نتیجه عملکرد بالاتری هستند. همچنین ساقه‌های قطورتر از استحکام مکانیکی بهتری برخوردار بوده و در برابر ورس مقاومت بیشتری دارند. قطر ساقه یکی از صفات مورفولوژیک اصلی و کلیدی در نیشکر است که نقش مهمی در تعیین عملکرد کمی (تولید ساقه) و تا حدودی عملکرد کیفی (تولید شکر) دارد. این صفت به عنوان یکی از اجزای عملکرد، در کنار تعداد ساقه و ارتفاع ساقه، بر عملکرد نهایی نیشکر تأثیر می‌گذارد (Li *et al*., 2024). قطر ساقه صفتی است که در تمام مراحل رشد، بهترین همبستگی را با عملکرد ماده خشک ساقه نشان می‌دهد (Barbosa, *et al*., 2017).

جدول ۴: نتایج آنالیز واریانس صفات نیشکر تحت تاثیر ان- فوریک و کودهای زیستی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		قطر ساقه	عملکرد ساقه	زیست‌توده کل	عملکرد شکر تر	شاخص برداشت
تکرار	۲	۲/۸۷ ns	۱۱۶ ns	۳۰۷۹۲۶۷۷۴ *	۱/۱۴ns	۲/۴۹ns
اسید انفوریک	۳	۸/۷۶*	۳۶۲**	۴۷۵۰۴۱۵۳۹**	۳/۴۷ns	۵/۹۷ns
کود زیستی	۳	۱۱/۹**	۹۱۴ **	۱۲۵۱۸۱۳۳۹۸ **	۱۶/۶**	۸/۴۸*
اسید ان-فوریک × کود زیستی	۹	۱/۲۳ ns	۳۱۷ **	۵۱۱۷۴۴۰۴۵ **	۴/۸۶**	۳/۸۲ns
خطا	۳۰	۲/۴۷	۵۴/۸	۸۲۸۰۳۴۲۰	۱/۲۱	۲/۷۱
ضریب تغییرات (٪)		۸/۴۴	۶/۷۶	۶/۶۱	۸/۴۴	۲/۰۶

ns، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌دار، و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

عملکرد ساقه

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۴)، اثرهای اصلی و برهم‌کنش فاکتورهای اسید ان-فوریک و کود زیستی بر صفت عملکرد ساقه معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش دو فاکتور (جدول ۵) نشان داد که بالاترین عملکرد ساقه (۱۲۸ تن در هکتار) مربوط به تیمار ترکیبی عدم کاربرد اسید ان-فوریک × سه بار مصرف کود زیستی و

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

کم‌ترین عملکرد (۸۸ تن در هکتار) مربوط به تیمار دو بار مصرف اسید ان-فوریک × شاهد کود زیستی بود. میان بالاترین و کم‌ترین عملکرد ساقه ۴۵ درصد تفاوت وجود داشت. نتایج نشان داد که در شرایط عدم مصرف اسید ان-فوریک (شاهد)، با افزایش مصرف کود زیستی، عملکرد ساقه به طور پیوسته افزایش یافته و از ۹۰ به ۱۲۸ تن در هکتار رسیده است. این الگو در تیمارهای دیگر اسید ان-فوریک به وضوح مشاهده نمی‌شود. این نتایج جالب توجه نشان می‌دهد که بالاترین عملکرد در شرایطی حاصل شده که از اسید ان-فوریک استفاده نشده اما کود زیستی به میزان کافی مصرف شده است. این پدیده می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که در شرایط خاک‌های قلیایی منطقه خوزستان، میکروارگانیسم‌های موجود در کودهای زیستی به خوبی قادر به فعالیت بوده و بدون نیاز به اصلاح pH خاک، عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را فراهم کرده‌اند. از نقطه نظر مدیریت زراعی، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در شرایط مشابه منطقه آزمایش، می‌توان با استفاده بهینه از کودهای زیستی به عملکرد بالایی دست یافت. این موضوع از جنبه اقتصادی و زیست‌محیطی حائز اهمیت است زیرا استفاده از کودهای زیستی اغلب هزینه کمتری داشته و اثرات منفی زیست‌محیطی کمتری نیز به همراه دارد. این نتایج نشان داد که کودهای زیستی نقش بسیار مثبتی در بهبود عملکرد ساقه و بهره‌وری کلی نیشکر دارند و به عنوان جایگزینی پایدار یا مکمل برای کودهای معدنی مطرح شده‌اند. در یک مطالعه، وزن ساقه نیشکر با استفاده از کود زیستی قارچ میکوریز آربوسکولار بین ۱۳/۷ تا ۲۸/۵ درصد افزایش یافت (Yusup, 2021). در پژوهشی کاربرد ورمی‌کمپوست و ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) منجر به افزایش وزن ساقه نیشکر شد (Muliandari *et al*., 2021).

جدول ۵: نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل کود زیستی و اسید انفوریک بر صفات نیشکر

اسید ان-فوریک	کود زیستی	عملکرد ساقه (تن در هکتار)	زیست‌توده کل (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد شکر (تن در هکتار)
شاهد	شاهد	۹۰ gh	۱۱۲۳۷۷ h	۱۰/۴ e
	یک بار مصرف	۱۲۵ abc	۱۵۶۶۰۶ ab	۱۵/۲ a
	دو بار مصرف	۱۲۶ ab	۱۵۹۱۸۵ a	۱۵/۲ a
	سه بار مصرف	۱۲۸ a	۱۵۷۹۵۰ ab	۱۵/۶ a
یک بار مصرف	شاهد ۰	۱۰۲ efg	۱۲۹۸۳۵ efg	۱۲/۱ cde
	یک بار مصرف	۱۰۴ def	۱۳۰۴۴۶ efg	۱۳/۰ bc
	دو بار مصرف	۱۱۵ bcd	۱۴۸۲۶۵ abcd	۱۴/۰ ab
	سه بار مصرف	۱۰۸ def	۱۳۴۸۰۰ de	۱۳/۲ bc
دو بار مصرف	شاهد	۸۸ h	۱۱۶۳۰۵ gh	۱۰/۹ de
	یک بار مصرف	۱۲۴ abc	۱۵۳۳۷۹ abc	۱۵/۲ a
	دو بار مصرف	۱۰۷ def	۱۳۹۰۲۴ cde	۱۳/۱ bc
	سه بار مصرف	۱۰۱ fg	۱۱۸۷۳۵ fgh	۱۲/۵ bcd
سه بار مصرف	شاهد	۱۰۵ def	۱۳۲۴۲۹ ef	۱۲/۸ bc
	یک بار مصرف	۱۰۵ def	۱۳۵۱۷۵ de	۱۲/۷ bc
	دو بار مصرف	۱۰۵ def	۱۳۲۵۲۶ ef	۱۲/۸ bc
	سه بار مصرف	۱۱۴ cde	۱۴۳۳۴۰ bcde	۱۴/۰ ab

وجود حروف مشابه در هر ستون به‌منزله عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

زیست‌توده کل

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثرهای اصلی و برهم‌کنش تیمارهای اسید ان-فوریک و کود زیستی بر صفت زیست‌توده کل معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش‌ها نشان داد که بیشترین زیست‌توده کل (۱۵۹۱۸۵ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار ترکیبی "عدم کاربرد اسید ان-فوریک × دو بار مصرف کود زیستی" و کم‌ترین زیست‌توده (۱۱۲۳۷۷ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار "شاهد اسید ان-فوریک × شاهد کود زیستی" بود. میان بالاترین و کم‌ترین زیست توده کل ۴۵ درصد تفاوت وجود داشت (جدول ۵). نتایج نشان داد که در شرایط عدم مصرف اسید ان-فوریک (شاهد)، با افزایش مصرف کود زیستی، زیست‌توده کل به طور پیوسته افزایش یافته و از ۱۱۲۳۷۷ به ۱۵۹۱۸۵ کیلوگرم در هکتار رسیده است (جدول ۵). این روند در تیمارهای دیگر اسید ان-فوریک به وضوح مشاهده نشد. زیست‌توده کل به عنوان شاخصی از تولید کل ماده خشک گیاه، نشان‌دهنده کارایی کلی گیاه در تبدیل منابع محیطی به ماده آلی است. نتایج حاکی از آن است که بیشترین زیست‌توده در شرایطی حاصل شده که از اسید ان-فوریک استفاده نشده اما کود زیستی به میزان کافی مصرف شده است. این پدیده می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که در شرایط خاک‌های قلیایی منطقه خوزستان، میکروارگانیسم‌های موجود در کودهای زیستی به خوبی قادر به فعالیت بوده و بدون نیاز به اصلاح pH خاک، عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را فراهم کرده‌اند. بر اساس مطالعات علمی، میکروارگانیسم‌های موجود در کودهای زیستی (بایو فرتیلایزرها) قادرند در خاک‌های قلیایی، عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را فراهم کنند (Mpanga *et al*., 2018). در برخی موارد، تلقیح میکروبی می‌تواند بدون نیاز به اسیدی کردن ریزوسفر به طور انتخابی استفاده از فسفر را افزایش دهد و تولید زیست‌توده را به طور قابل توجهی بالا ببرد، بدون اینکه شواهدی مبنی بر بسیج فسفات‌های کلسیم با حلالیت کم از طریق اسیدی شدن ریزوسفر در خاک قلیایی وجود داشته باشد (Mpanga *et al*., 2018). این نشان می‌دهد که میکروارگانیسم‌ها می‌توانند بدون تغییر pH کلی یا حتی اسیدی کردن محسوس ریزوسفر، به بهبود جذب مواد مغذی کمک کنند. افزایش زیست‌توده کل نه تنها نشان‌دهنده بهبود عملکرد اقتصادی محصول است، بلکه حاکی از سلامت اکوسیستم و کارایی بالای چرخه عناصر غذایی در سیستم کشت می‌باشد. این موضوع به ویژه در کشاورزی پایدار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. طی تحقیقی مشابه، کاربرد کودهای زیستی، به‌ویژه آن‌هایی که حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن مانند Azotobacter، Azospirillum و باکتری‌های حل‌کننده فسفات بودند، به‌طور قابل توجهی وزن خشک کل گیاه نیشکر را افزایش داد (Syavitri *et al*., 2019). عملکرد شکر تر: اثر اصلی تیمار کود زیستی بر صفت عملکرد شکر تر در معنی‌دار شد ولی اثر اصلی تیمار اسید ان-فوریک بر این صفت معنی‌دار نبود. همچنین برهم‌کنش بین اسید ان-فوریک و کود زیستی بر عملکرد شکر تر در معنی‌دار گشت (جدول ۴). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل نشان داد که بالاترین

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

عملکرد شکر تر (۱۵/۶ تن در هکتار) مربوط به تیمار ترکیبی شاهد اسید ان-فوریک × سه بار مصرف کود زیستی و کم‌ترین عملکرد شکر تر (۱۰/۴ تن در هکتار) مربوط به تیمار شاهد اسید ان-فوریک × شاهد کود زیستی بود (جدول ۵). میان بالاترین و کم‌ترین عملکرد شکر تر ۵۰ درصد تفاوت وجود داشت. معنی‌داری برهم‌کنش اسید ان-فوریک و کود زیستی بر عملکرد شکر تر نشان می‌دهد که پاسخ این صفت مهم اقتصادی به تیمارهای مورد مطالعه پیچیده و وابسته به ترکیب این دو فاکتور است. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد شکر تر در شرایطی حاصل شده که از اسید ان-فوریک استفاده نشده اما کود زیستی به میزان کافی (سه بار مصرف) مصرف شده است. این یافته می‌تواند نشان دهد که مکانیسم عمل کودهای زیستی در بهبود عملکرد شکر تر ممکن است مستقل از تغییرات pH خاک باشد. ممکن است میکروارگانیسم‌های موجود در کودهای زیستی از طریق تولید محرک‌های رشدی، افزایش کارایی جذب عناصر و بهبود سلامت کلی گیاه، باعث افزایش تجمع قند در ساقه شده باشند. از سوی دیگر حساسیت فرآیند سنتز قند به شرایط محیطی ممکن است با مکانیسم‌های متفاوتی نسبت به رشد رویشی تحت تأثیر قرار گیرد. همچنین تنظیم متابولیک گیاه در شرایط مختلف تغذیه‌ای می‌تواند توزیع مواد فتوسنتزی را بین رشد رویشی و ذخیره قند تغییر دهد. عملکرد شکر تر به عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های اقتصادی در کشت نیشکر محسوب می‌شود. بر اساس تحقیقات انجام شده، استفاده از کودهای زیستی می‌تواند به طور قابل توجهی عملکرد محصولات زراعی را افزایش دهد. به طور خاص، یک مطالعه نشان داد که در گندم (*Triticum aestivum* L.) و ذرت (*Zea mays* L.)، تیمارهای شامل کود زیستی، عملکرد را به ترتیب تا ۸۲/۱ درصد و ۱۰۰ درصد بهبود بخشیدند (Sarfraz *et al*., 2025). در یک فرا تحلیل (meta-analysis) بر روی محصولات کشاورزی در چین، به افزایش ۶۵/۴ درصدی عملکرد برای ارزن (*Panucum miliaceum* L.) و ۵۴ درصدی برای حبوبات اشاره شده است (Pei *et al*., 2025). افزایش ۵۰ درصدی عملکرد شکر تر در بهترین تیمار نسبت به شاهد، نشان‌دهنده پتانسیل بالای مدیریت تغذیه‌ای در بهبود بازده اقتصادی کشت نیشکر است. این نتایج با روند و الگوی مشاهده شده در صفات عملکرد ساقه و زیست‌توده کل همخوانی دارد که نشان می‌دهد کودهای زیستی به‌طور سازگارانه و با ثباتی بر صفات عملکردی مؤثر بوده‌اند. کودهای زیستی نه تنها بر عملکرد ساقه و زیست‌توده نیشکر تأثیر می‌گذارند، بلکه می‌توانند به طور مستقیم و غیرمستقیم بر عملکرد شکر کیفیت عصاره نیز تأثیر مثبت بگذارند. تأثیر بر عملکرد شکر به طور مستقیم با عملکرد ساقه و غلظت ساکارز در عصاره مرتبط است. کودهای زیستی با افزایش هر دو عامل، عملکرد شکر را بهبود می‌بخشند. در تحقیقی نشان داده شد که استفاده از فناوری هم‌افزایی باکتری‌های افزاینده رشد گیاه (PGPR) در نیشکر منجر به افزایش میزان شکر قابل استخراج در حدود ۳ درصد شد (Habsy, 2025). اگرچه این عدد به ظاهر کوچک است، اما در مقیاس صنعتی و هکتاری بسیار معنی‌دار و اقتصادی است. استفاده از کودهای

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

زیستی حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن مانند *Gluconacetobacter diazotrophicus* به حفظ یا افزایش عملکرد شکر در محصول چندساله در مزارع راتون (بازرویی) نیشکر در طول دوره‌های طولانی (تا نهمین برداشت) کمک کرده است (Srivastava *et al*., 2018). کودهای زیستی می‌توانند پارامترهای کیفی عصاره را که به‌طور مستقیم بر تولید شکر تأثیر می‌گذارند، بهبود بخشند. کاربرد کودهای زیستی، به ویژه در ترکیب با کودهای آلی، منجر به افزایش بریکس، درصد خلوص و درصد ساکارز در عصاره نیشکر شده است (Syavitri *et al*., 2019). به طور خلاصه، کودهای زیستی با افزایش عملکرد ساقه و بهبود پارامترهای کیفی عصاره (مانند ساکارز، بریکس و خلوص)، به طور مؤثری عملکرد نهایی شکر در نیشکر را افزایش می‌دهند (Srivastava *et al*., 2018). تأمین متعادل نیتروژن توسط کودهای زیستی به گیاه اجازه می‌دهد تا به طور مؤثرتری کربن را به ساکارز تبدیل کند (Syavitri *et al*., 2019). شاخص برداشت: بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثر اصلی تیمار کود زیستی بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌های سطوح مختلف کود زیستی نشان داد که بالاترین شاخص برداشت (۸۰/۹ درصد) مربوط به تیمار سه بار مصرف کود زیستی و کم‌ترین شاخص برداشت (۷۸/۹ درصد) مربوط به تیمار دو بار مصرف کود زیستی بود(جدول ۳). معنی‌داری اثر کود زیستی بر شاخص برداشت نشان می‌دهد که این تیمار توانسته است توزیع مواد فتوسنتزی را در گیاه به نحوی تغییر دهد که سهم ماده خشک اختصاص یافته به بخش اقتصادی (ساقه) افزایش یابد. شاخص برداشت به عنوان نسبت وزن بخش اقتصادی به کل زیست‌توده، نشان‌دهنده کارایی گیاه در جهت دادن تخصیص مواد اسیمیلاته به بخش اقتصادی و قابل فروش گیاه است. عدم معنی‌داری اثر اسید ان-فوریک نشان می‌دهد که تغییرات pH خاک ناشی از اسید ان-فوریک تأثیر قابل توجهی بر توزیع مواد فتوسنتزی بین بخش‌های مختلف گیاه نداشته است. مقادیر شاخص برداشت در تمام تیمارها به‌نسبت بالا بوده (حدود ۸۰ درصد) که نشان می‌دهد نیشکر به طور ذاتی گیاهی با کارایی تخصیص مواد فتوسنتزی بالا است. با این حال، افزایش معنی‌دار آن در تیمار سه بار مصرف کود زیستی حاکی از پتانسیل بیشتر برای بهبود این صفت از طریق مدیریت تغذیه‌ای است. به طور کلی، کودهای زیستی با بهبود کارایی جذب نیتروژن و سایر مواد مغذی، به گیاه کمک می‌کنند تا ماده خشک بیشتری تولید کند و آن را به طور مؤثرتری به ساقه (بخش قابل برداشت) تخصیص دهد، که این امر می‌تواند منجر به حفظ یا افزایش شاخص برداشت شود (Banerjee *et al*., 2018). این پژوهش نشان داد که در خاک‌های قلیایی منطقه خوزستان، کود زیستی به‌تنهایی نقش کلیدی در بهبود عملکرد کمی و کیفی نیشکر ایفا می‌کند. بیشترین مقادیر عملکرد ساقه (۱۲۸ تن در هکتار)، زیست‌توده کل (۱۵۹۱۸۵ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد شکر تر (۱۵/۶ تن در هکتار) در تیمارهای بدون اسید ان-فوریک و با مصرف دو یا سه بار کود زیستی به دست آمد. نتایج حاکی از آن است که کودهای زیستی با بهبود فراهمی عناصر غذایی و تقویت رشد، می‌توانند به عنوان یک

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

راهکار مدیریتی مقرون به‌صرفه و سازگار با محیط زیست، یک مکمل مناسب در کنار کودهای شیمیایی رایج در کشت پایدار نیشکر باشند.

منابع

احسانی‌پور، ع.، عباس‌دخت، ح.، قلی‌پور، م. و ابدالی مشهدی، ع. ۱۳۹۸. بررسی اثر کشت مخلوط نیشکر ـ لگوم بر ویژگی‌های کمی، کیفی و فیزیولوژیک نیشکر. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۱۱(۴۲): ۱۰۵-۱۲۶

امیدی، ط.، باقری، ع. و حیدری، ن. ۱۳۹۸. تحلیل ردپای آب تولید، صادرات و واردات شکر در ایران برای دوره ۱۳۹۳-۱۳۸۴. تحقیقات منابع آب، ۱۵(۳): ۹۰-۷۸

برقی، ع. و قلی‌پوری، ع. ۱۳۹۹. بررسی امکان افزایش کیفیت سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) با محلول‌پاشی نانواکسید آهن. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۱۲(۴۵): ۴۵-۵۹

چاوشی، س.، نورمحمدی، ق.، مدنی، ح.، حیدری شریف آباد، ح. و علوی فاضل، م. ۱۳۹۸. ارزیابی اثر کاربرد کودهای زیستی محرک رشد گیاه بر صفات زراعی و ویژگی‌های فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.). مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۱۱(۴۱): ۶۳-۷۹

موسوی، ف.، مرعشی، س. ک و بابایی‌نژاد، ت. ۱۳۹۸. بررسی تاثیر افزایش حلالیت عناصر غذایی خاک بر عملکرد کمی و کیفی گندم (*Triticum aestivum* L.) در استان خوزستان. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۱۱(۴۳): ۱۳۹-۱۵۲

مومنی، ف.، ابدالی مشهدی، ع.، سیادت س.، پاکدامن سردرود، ب. و قبادی، م. ۱۴۰۲. اثر کودهای زیستی و اسید سالیسیلیک بر روند تغییرات شاخص‌های فیزیولوژیک رشد دو رقم نخود در شرایط دیم. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۱۵(۵۸): ۱۱۹-۱۴۱

Abedinzadeh, M., Bakhshandeh, A., Andarziyan, B., Jafari, S. and Moradi telavat, M. 2021. Optimization and management of water consumption in cugarcane using the AquaCrop simulation model (Case Study: Amirkabir Industrial Cultivation, Khuzestan). Journal of Water and Soil Science, 25 (3), 95-114. https://dx.doi.org/10.47176/jwss.25.3.43091

Aguado-Santacruz, G. A., Arreola-Tostado, J. M., Aguirre-Mancilla, C. and Garcia-Moya, E. 2024. Use of systemic biofertilizers in sugarcane results in highly reproducible increments in yield and quality of harvests. Heliyon, 10 (7): e28750, https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28750.

Amolo, R. A., Sigunga, D. O. and Owuor, P. O. 2017. Evaluation of soil properties of sugarcane zones and cropping systems for improved productivity in Western Kenya. Agricultural and Food Sciences, Environmental Science, 11(3), 1-16. https://www.innspub.net/wp-content/uploads/2022/01/IJAAR-V11-No3-p1-16.pdf

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

Banerjee, K., Puste, A. M., Gunri, S. K., Jana, K., and Barman, M. 2018. Effect of integrated nutrient management on growth, yield, quality and soil health of spring planted sugarcane (*Saccharum officinarum*) in West Bengal. Indian Journal of Agronomy, 63(4), 41–47.

Barbosa, R. P., Neto, F. A., Gravina, L. M., Gravina, G. A., Portela, M. G. T. and Bezerra, A. A. C. 2017. Early selection of sugarcane using path analysis. Genetics and Molecular Research: GMR, 16(1), gmr16019038. https://dx.doi.org/10.4238/gmr16019038

Crusciol, C. A. C., Foltran, R., Rossato, O. B., McCray, M. and Rossetto, R. 2014. Effects of surface application of calcium-magnesium silicate and gypsum on soil fertility and sugarcane yield. Revista Brasileira De Ciencia Do Solo, 38(6), 1843-1854. https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000600019

Dias, J. P. T. and Silva, M. A. D. 2020. Efecto de un bioestimulante comercial sobre plántulas de cana de azucar en casa de cultivo. Biotecnología Vegetal, 20, 23-31. https://www.semanticscholar.org/paper/4c1a4f5582f88d5757d4c30d974fb5afca6d7cac

Fallahi, E., Williams, M. W., and Colt, W. M. 1997. Blossom thinning of 'Law Rome Beauty' apple with hydrogen cyanamide and monocarbamide dihydrogensulfate. Journal of Tree Fruit Production, 2(1), 33–44. https://doi.org/10.1300/J072v02n01_03

Giri, B. R., Chattaraj, S., Rath, S., Pattnaik, M. M., Mitra, D., and Thatoi, H. 2025. Unveiling the molecular mechanism of *Azospirillum* in plant growth promotion. Bacteria, 4(3), 36. https://doi.org/10.3390/bacteria4030036

Habsy, S. M. A. 2025. Aplikasi teknologi sinergitas mikrobia terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) di kebun traktakan PG prajekan PTPN XI. Jagad Tani: Jurnal Ilmu Pertanian, 2(1), 39-60. https://doi.org/10.71333/5htyzn20

Hassan, M. U., Fiaz, N., Mudassir, M. A. and Yasin, M. 2017. Exploring the ratooning potential of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) genotypes under varying harvesting times of plant crop. Pakistan Journal of Agricultural Research, 30(3), 303-309. http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjar/2017.30.3.303.309

Hayatsu, M. 2014. A novel function of controlled-release nitrogen fertilizers. Microbes and Environments, 29, 121 - 122. https://doi.org/10.1264/JSME2.ME2902RH

Juntahum, S., Kuyper, T. W., Ekprasert, J., and Boonlue, S. 2025. Impact of bio-organic amendment supplemented with phosphate-solubilizing bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi on sugarcane cultivation. Scientific reports, 15(1), 40948. https://doi.org/10.1038/s41598-025-24805-y

Kaler, A. S., McCray, J. M., Wright, A. L., and Erickson, J. E. 2017. Sugarcane yield and plant nutrient response to sulfur-amended Everglades histosols. Journal of Plant Nutrition, 40(2), 187–196. https://doi.org/10.1080/01904167.2016.1218024

Kapur, R., Duttamajumder, S. K., Srivastava, B., Madhok, H. and Kumar, R. 2013. Harvest index and the components of biological yield in sugarcane. Indian Journal of Genetics and Plant Breeding, 73, 386-391. https://doi.org/10.5958/J.0975-6906.73.4.058

Kumar, R. A., Vasantha, S., Gomathi, R., Hemaprabha, G., Alarmelu, S., Srinivasa, V., Vengavasi, K., Alagupalamuthirsolai, M., Hari, Palaniswami, C., Mohanraj, K., Appunu, C., Geetha, P., Tayade, A. S., Anusha, S., Vinu, V., Valarmathi, R., Dhansu, P. and Meena, M. R. 2023. Rapid and non-destructive methodology for measuring canopy coverage at an early stage and its correlation with physiological and morphological traits and yield in sugarcane. Agriculture, 13(8), 1481. https://doi.org/10.3390/agriculture13081481

Kusumawati, A., and Ismail, M. R. I. 2023. Analisa faktor pembatas pertumbuhan tebu (*Saccharum officinarum* L.) di cangkringan, yogyakarta. AGROISTA : Jurnal Agroteknologi, 6(2),

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

93–100. https://doi.org/10.55180/agi.v6i2.321

Li, X., Chen, X., Fang, J., Feng, X., Zhang, X., Lin, H., Chen, W., Zhang, N., He, H., Huang, Z., Xue, X., Li, Y., Fan, L., Lai, R., Huo, Z., Cui, M., Deng, G., Zaid, C., Su, Y., Zhang, J., Cai, W. and Qi, Y. 2024. Whole-genome sequencing of a worldwide collection of sugarcane cultivars (*Saccharum spp*.) reveals the genetic basis of cultivar improvement. The Plant journal: for cell and molecular biology, 119(5), 2151-2167. https://doi.org/10.1111/tpj.16861

Masri, M. I., El–Taib, A. B. A. and Abu-Ellail, F. F. B. 2022. Genetic and phenotypic correlation and path coefficient analysis for traits in sugarcane. SVU-International Journal of Agricultural Sciences, 4(2), 53-64. https://doi.org/10.21608/svuijas.2022.123708.1185

Mateo-Marin, N., Isla, R., Guillen, M., and Quilez, D. 2020a. Agronomic and environmental implications of substituting pig slurry for synthetic nitrogen in Mediterranean wheat systems. Agronomy, 10(10), 1498. https://doi.org/10.3390/agronomy10101498

Mateo-Marin, N., Quilez, D. and Isla, R. 2020b. Utility of stabilized nitrogen fertilizers to reduce nitrate leaching under optimal management practices. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 183(5), 567-578. https://doi.org/10.1002/jpln.201900561

Moore, J. D. and Banks, P. A. 1991. Interactions of foliarly applied herbicides on three weed species in peanut (*Arachis hypogaea* L.). Weed Science, 39(4):614-621. doi:10.1017/S0043174500088469

Mpanga, I. K., Dapaah, H. K., Geistlinger, J., Ludewig, U., and Neumann, G. 2018. Soil type-dependent interactions of P-solubilizing microorganisms with organic and inorganic fertilizers mediate plant growth promotion in tomato. Agronomy, 8(10), 213. https://doi.org/10.3390/agronomy8100213

Muliandari, N., Sudiarso, S., and Sumarni, T. 2021. Analisis Pertumbuhan Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Akibat Aplikasi Vermikompos dan Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR). Jurnal Agro Industri Perkebunan, 9(2), 73–82. https://doi.org/10.25181/jaip.v9i2.1973

Myers, S. C., King, A. and Savelle, A. T. 1993. Bloom thinning of `Winblo' peach and `Fantasia' nectarine with Monocarbamide Dihydrogensulfate. HortScience, 28(6), 616–617. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.28.6.616

Natarajan, S., Basnayake, J., Lakshmanan, P. and Fukai, S. 2020. Limited contribution of water availability in genotype-by-environment interaction in sugarcane yield and yield components. Journal of Agronomy and Crop Science, 206, 665-678. https://doi.org/10.1111/jac.12407

Niu, H., Pang, Z., Fallah, N., Zhou, Y., Zhang, C., Hu, C., Lin, W. and Yuan, Z. 2021. Diversity of microbial communities and soil nutrients in sugarcane rhizosphere soil under water soluble fertilizer. PLoS ONE 16(1): e0245626. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245626

Panhwar, R. N., Chohan, M., Kaloi, G. M., Soomro, A. F., Arain, S., Mari, A. H., and Kolachi, A. A. 2025. Evaluating production and quality potential of selected newly developed promising sugarcane genotypes of Pakistan. Pakistan Journal of Agriculture, 2(1), 6–11. https://doi.org/10.38211/PJA.2025.02.86

Pei, B., Liu, T., Xue, Z., Cao, J., Zhang, Y., Yu, M., Liu, E., Xing, J., Wang, F., Ren, X., and Zhang, Z. 2025. Effects of Biofertilizer on Yield and Quality of Crops and Properties of Soil Under Field Conditions in China: A Meta-Analysis. Agriculture, 15(10), 1066. https://doi.org/10.3390/agriculture15101066

Qiu, Z., Paungfoo-Lonhienne, C., Ye, J., Garcia, A. G., Petersen, I., Di Bella, L., Hobbs,

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

R., Ibanez, M., Heenan, M., Wang, W., Reeves, S. and Schmidt, S. 2022. Biofertilizers can enhance nitrogen use efficiency of sugarcane. Environmental microbiology, 24(8), 3655–3671. https://doi.org/10.1111/1462-2920.16027

Sanchez, C. and Silvertooth, J. 1997. Evaluation of soil amendments for lettuce production in the desert. Agricultural and Food Sciences, Environmental Science. Vegetable Report. https://api.semanticscholar.org/CorpusID:94127353

Sarfraz, U., Rizvi, H. H., Ali, M. Z., Ayaz, U., Akhtar, M. and Jabbar, N. 2025. A Public Health Perspective on Optimizing Biofertilizer Application for Sustainable Plant Growth: Evaluating Soil Health, Yield Performance, and Microbial Interactions in Crop Agriculture. Open Access Public Health and Health Administration Review, 3(2), 130–146. https://doi.org/10.59644/oaphhar.3(2).174

Sevostianova, E. and Leinauer, B. 2025. Acidification affects soil bicarbonate concentration, infiltration rate, and Kentucky bluegrass performance. International Turfgrass Society Research Journal, 15, 993–998. https://doi.org/10.1002/its2.70063

Singh, S. K., Pachauri, R. K., Khatoon, H., Katiyar, D. and Agnihotri, G. 2025. The role of biofertilizers in enhancing soil and productivity - A review. International Journal of Plant & Soil Science, 37(3), 141–161. https://doi.org/10.9734/ijpss/2025/v37i35355

Srivastava, T. K., Singh, K. P., Singh, P., Suman, A., Singh, S. R., Verma, R. R., Singh, V. K., and Singh, R. K. 2018. Effect of bio-manures on soil quality, cane productivity and soil carbon sequestration under long-term sugarcane (*Saccharum officinarum*) plant - ratoon system in Indian sub-tropics. The Indian Journal of Agricultural Sciences, 88(11), 1696-1703. https://doi.org/10.56093/ijas.v88i11.84902

Syavitri, D. A., Prayogo, C. and Gunawan, S. 2019. Pengaruh pupuk hayati terhadap pertumbuhan tanaman, dan populasi bakteri pelarut kalium pada tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan. 6(2), 1341-1352 https://doi.org/10.21776/UB.JTSL.2019.006.2.15

Tena, E., Tadesse, F., Million, F. and Tesfaye, D. 2022. Phenotypic diversity, heritability, and association of characters in sugarcane genotypes at Metehara Sugar Estate, Ethiopia. Journal of Crop Improvement, 37, 874 - 897. https://doi.org/10.1080/15427528.2022.2158979

Watts, D., Runion, G. B., Smith Nannenga, K. W. and Torbert, H. A. 2015. Impacts of enhanced-efficiency nitrogen fertilizers on greenhouse gas emissions in a coastal plain soil under cotton. Journal of environmental quality, 44(6), 1699-710. https://doi.org/10.2134/jeq2015.01.0036

Wiedenfeld, B. 2011. Sulfur application effects on soil properties in a calcareous soil and on sugarcane growth and yield. Journal of Plant Nutrition, 34(7), 1003 - 1013. https://doi.org/10.1080/01904167.2011.555582

Yusup, C. A., Purwantoro, D., Widiastuti, H., Siswanto, D. and Santoso, D. 2021. Respons tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) terhadap aplikasi konsorsium biostimulan di tiga tipologi lahan. E-Journal Menara Perkebunan. 89(2), 100-114. https://doi.org/10.22302/iribb.jur.mp.v89i2.457

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

Yield responses of sugarcane to different levels of biofertilizer and N-Phuric acid

M. R. Raeisi Lalari[1], A. R. Abdali Mashhadi[*2], M. Shomeli[3], H. Motamedi[4] and A. Lotfi Jalal Abadi[5]

1, 2 & 5) Department of Production and Plant Genetics Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.
3) Karun Agro Industry Incorporation, Khuzestan, Shushtar, Iran.
4) Biology Department, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz. Iran.

***Corresponding author: alirezaabdali@asnrukh.ac.ir**

This article is taken from a doctoral dissertation.

Received date: 2025.04.19 **Accepted date: 2025.07.26**

Abstract

Sugarcane holds the largest share of global sugar production. In Iran, this crop is mainly cultivated in Khuzestan province. This research aimed to investigate the yield responses of sugarcane to the factorial application of biofertilizer and N-Phuric acid. The experiment was conducted as a factorial arrangement in a randomized complete block design with three replications at the Karun Agro-Industry farms in Shushtar during the 2024-2025 growing season. Treatments consisted of the frequency of N-Phuric acid application (none, one, two, and three times) and the frequency of bacterial biofertilizer application (none, one, two, and three times). The results revealed that the main effect of N-Phuric acid was significant on the number of leaves per plant, while the main effect of biofertilizer significantly influenced the number of stalks per square meter, stalk diameter, stalk yield, total biomass, sugar yield, and harvest index. Additionally, the interaction between these two factors significantly affected stalk yield, total biomass, and sugar yield. Notably, the highest values for stalk yield (128 tons per hectare), total biomass (159,185 kg per hectare), and sugar yield (15.6 tons per hectare) were achieved in treatments without N-Phuric acid but with biofertilizer application (two or three times). These findings suggest that under the alkaline soil conditions of the region, biofertilizers alone—without the need for soil acidification—can significantly enhance both the quantitative and qualitative yield of sugarcane by improving nutrient availability and promoting growth. Applying biofertilizer three times compared to the control increased sugar yield by 50 percent. Therefore, the optimal use of biofertilizers can be recommended as a cost-effective and environmentally friendly management strategy for achieving sustainability in sugarcane cultivation.

Key words: Leaf number**,** Alkaline soil, Harvest index and Sugar yield.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]