

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی اثر کود کندرها، باگاس و بیوجار نیشکر بر عملکرد، بهره‌وری مصرف آب و آبشویی  
نیترژن در کشت ذرت تابستانه در اهواز

آذرخش عزیزی<sup>۱</sup>، امیر سلطانی محمدی<sup>۲\*</sup>، عبدعلی ناصری<sup>۳</sup>، علیرضا حسن اقلی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۷

چکیده

از روش‌های کاهش آبشویی نیترا، استفاده از کودهای کندرها و همچنین کاربرد اصلاح‌کننده‌های خاک است. به‌منظور بررسی اثر کود کندرها، باگاس نیشکر و بیوجار آن بر عملکرد، بهره‌وری مصرف آب و آبشویی نیترژن در کشت گیاه ذرت، طرح فاکتوریل در قالب بلوک کامل تصادفی با دو فاکتور شامل نوع کود (N1؛ اوره معمولی و N2؛ اوره نیترژن) و نسبت ماده اصلاح‌کننده خاک (B1؛ صفر درصد باگاس و صفر درصد بیوجار، B2؛ ۱۰۰ درصد باگاس و صفر درصد بیوجار، B3؛ ۷۵ درصد باگاس و ۲۵ درصد بیوجار، B4؛ ۵۰ درصد باگاس و ۵۰ درصد بیوجار، B5؛ ۲۵ درصد باگاس و ۷۵ درصد بیوجار، B6؛ صفر درصد باگاس و ۱۰۰ درصد بیوجار) در سه تکرار در سال ۱۳۹۸ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اجرا شد. نتایج نشان داد که استفاده از کود کندرها موجب افزایش عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده، بهره‌وری مصرف آب، کارایی باز یافت نیترژن و کارایی زراعی به ترتیب ۱۷/۱، ۲۵/۵، ۱۶/۷، ۷۵/۴، ۱۶/۸ درصد در مقایسه با تیمار شاهد (تیمار N1B1) شد. همچنین استفاده از مواد اصلاح‌کننده باعث افزایش عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده، بهره‌وری مصرف آب، کارایی باز یافت نیترژن و کارایی زراعی به ترتیب ۱۹/۱، ۸۵/۷، ۱۹/۰ درصد در مقایسه با تیمار شاهد شد و زهاب خروجی و آبشویی نیترژن به ترتیب ۳۶/۲ و ۵۸/۳ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. بیش‌ترین بهره‌وری آب در تیمار N2B3 با ۱/۲۶ کیلوگرم بر مترمکعب، کمینه آبشویی نیترا مربوط به تیمار N2B6 با ۷/۱ کیلوگرم در هکتار و بیش‌ترین کارایی باز یافت نیترژن در تیمار N2B6 با ۷۴/۸ درصد اتفاق افتاد. به‌طور کلی، نتایج به‌دست‌آمده بیانگر قابلیت کودهای کندرها و مواد اصلاح‌کننده خاک در کاهش مشکلات ناشی از آبشویی نیترژن و افزایش عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در کشت ذرت تابستانه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اصلاح‌کننده‌های خاک، آبشویی نیترا، خوزستان زهاب، کارایی زراعی

مقدمه

شبکه‌های آبیاری و زهکشی بوده که در اثر استفاده از انواع کودهای شیمیایی و آلی (دامی و انسانی)، تجزیه بقایای گیاهی، تخلیه نامناسب فاضلاب و باقی‌مانده‌های مواد آلی در خاک به وجود می‌آید. عمده‌ترین و مهم‌ترین عنصر مغذی و پرمصرف برای رشد گیاه، نیترژن است که در بیشتر فعالیت‌های کشاورزی از آن استفاده می‌شود (Grant et al., 2012). به علت پایین بودن مواد آلی در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران، مقدار نیترژن در خاک پایین بوده و کمبود نیترژن یکی از مشکلات گیاهان کشت‌شده در این مناطق می‌باشد و این کمبود با استفاده از انواع کودهای آلی و شیمیایی جبران می‌شود (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). به همین دلیل کاربرد بیش‌ازحد کودهای حاوی نیترژن برای رسیدن به عملکرد بیشتر، موجب کاهش کیفیت زمین‌های کشاورزی و آلودگی محیط‌زیست در اثر آبشویی و رواناب، اتروفیکاسیون (پر غذایی) و

وجود نیترا، یکی از مهم‌ترین شاخص‌های آلودگی منابع آب‌های سطحی، زیرزمینی و زهاب‌های تولیدشده از فعالیت‌های کشاورزی و

- ۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
  - ۲- دانشیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
  - ۳- استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
  - ۴- عضو هیئت علمی (دانشیار) مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
- (\*) نویسنده مسئول: (Email: a.soltani@scu.ac.ir)

DOR: 20.1001.1.20087942.1401.16.1.9.6

انتشار گازهای گلخانه‌ای شده است (Zheng et al., 2017).

استفاده از کودهای کندرها با توجه به کاهش سرعت حلالیت اوره در آب، یکی از روش‌های نوین کاهش آبشویی نیترات می‌باشد. اوره پوشش داده‌شده با گوگرد یکی از این منابع کودی آهسته رهش بوده که توسط محققین TVA (Tennessee Valley Authority) به منظور انتشار کنترل شده نیتروژن توسعه داده شده است (Prasad et al., 1971). کود اوره پوشش‌دار از پاشش گوگرد مذاب بر روی دانه‌های اوره حاصل می‌شود. در این فرآیند، حرارت اوره ۷۵ درجه سلسیوس و گوگرد ۱۵۰ درجه سلسیوس و مقدار گوگرد بر اساس حلالیت موردنظر کود، بین ۲۵-۱۲ درصد است. در این حالت، هرچقدر فسفات لایه گوگردی بیشتر باشد، فرآیند حل شدن اوره در آب با تأخیر انجام شده یا اصطلاحاً کند رها تر می‌شود (بایوردی و همکاران، ۱۳۷۸). فرآیند انتشار اوره در این نوع کود به این صورت است که با پیدایش تدریجی درزها و شکاف‌هایی در پوشش گوگردی، نیتروژن موجود در داخل پوشش گوگردی به تدریج آزاد شده و این ماده مغذی به آهستگی و برای مدت طولانی‌تری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (ملکوتی، ۱۳۷۵). موسسه بین‌المللی تحقیقات برنج فیلیپین در آسیا، در پژوهشی تحت عنوان بررسی بین‌المللی حاصلخیزی خاک و ارزیابی کود برای برنج که برای مقایسه کود با پوشش گوگردی (SCU) و کود اوره معمولی انجام گرفت، نشان داد که برای تولید عملکرد یکسان برنج در هر دو نوع کود، کود با پوشش گوگردی به میزان ۲۲ تا ۲۵ درصد کمتر از کود اوره معمولی مورد استفاده قرار گرفته است (Shivay et al., 2015). در آزمایش‌های مزرعه‌ای که در ۱۴ منطقه از ایران، از جمله شاوور خوزستان انجام شده است، محققین کارایی کود با پوشش گوگردی بر روی پروتئین تولیدشده و عملکرد دانه در گندم را به طور قابل توجهی بالاتر از اضافه کردن کود اوره معمولی قبل از کشت گزارش دادند (Malakouti et al., 2008). در پژوهشی به منظور تعیین میزان انتقال آلاینده نیترات در نیمرخ خاک در اثر کاربرد سه نوع کود رایج و مقایسه آن با کود اوره پوشش‌دار از تعداد ۱۵ عدد ستون خاک و آب، ساخته شده از جنس PVC به ارتفاع ۱۵۰ سانتیمتر و قطر ۱۰ سانتیمتر استفاده به عمل آمد. ستون‌ها تا ارتفاع ۱۲۰ سانتیمتر از خاک با بافت لوم ماسه‌ای پُر شدند و جهت خروج زهاب و نمونه برداری از آن‌ها (جهت تعیین غلظت نیترات)، زهکش‌هایی در اعماق مختلف نصب گردید. در این پژوهش از طرح آماری فاکتوریل در قالب کامل تصادفی، با فاکتورهای مورد بررسی شامل: نوع کود (اوره، نیترات آمونیم، اوره پوشش‌دار و کود مرغی) به همراه تیمار شاهد (بدون کاربرد کود)؛ عمق نمونه برداری زهاب (۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ سانتیمتر از سطح خاک)؛ نوبت آبیاری (۵ مرتبه) و زمان نمونه برداری در هر آبیاری و در سه تکرار استفاده شد. نتایج به دست آمده بر اساس میانگین مقادیر آبشویی نیترات حاکی از آن بود که میزان انتقال نیترات به عمق در

کاربرد کود نیترات آمونیم (با میزان ۵۱/۶۷ میلی‌گرم بر لیتر) بیش‌ترین و در تیمار شاهد (با ۳۸/۳۹ میلی‌گرم بر لیتر) کم‌ترین بود و کودهای اوره (۴۸/۱۶ میلی‌گرم بر لیتر)، مرغی (۴۰/۷۰ میلی‌گرم بر لیتر) و اوره پوشش‌دار (با ۳۹/۸۸ میلی‌گرم بر لیتر) به ترتیب در بین آن دو قرار گرفت و تفاوت آن‌ها از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار بود. لذا، کاربرد کود اوره پوشش‌دار تأثیر قابل ملاحظه‌ای را در کاهش انتقال نیترات به عمق خاک، به ویژه در شرایط این پژوهش که بررسی مراحل ابتدایی رشد گیاه را (که فاقد سیستم ریشه‌ای توسعه یافته است) شبیه‌سازی می‌نمود، برجای گذاشت (حسن اقلی، ۱۳۹۸).

استفاده از بیوچار یا زغال زیستی یکی دیگر از راه‌های جلوگیری از آبشویی نیترات است. بیوچار از تجزیه حرارتی زیست توده، مانند برگ گیاهان، چوب، کودهای حیوانی و باقی‌مانده‌های کشاورزی که غنی از کربن هستند، در فضای بسته که حاوی اکسیژن محدود و یا فاقد اکسیژن و تحت حرارت زیاد است به دست می‌آید. بیوچار قابلیت بسیار زیادی در جذب یون‌ها در مقایسه با سایر مواد آلی در خاک داشته و مقاومت زیادی در برابر تجزیه دارد (Liang et al., 2006; Lehmann, 2007). توزیع اندازه منافذ خاک و تخلخل در ایجاد فضایی برای نگهداری عناصر مغذی مؤثر بوده و به دلیل سطح ویژه زیاد بیوچار، فضای لازم برای تجمع آنیون‌ها و کاتیون‌ها ارتباط آن‌ها با دیگر عناصر خاک را مهیا کرده و ظرفیت حفظ مواد غذایی خاک را افزایش می‌دهد (Li et al., 2014). بیوچار ماندگاری زیادی در خاک داشته و مقاومت زیادی نسبت به تخریب‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی دارد. بیوچار مشکلی برای محیط زیست ایجاد نمی‌کند و همچنین سبب کاهش فرسایش خاک می‌شود (Chen et al., 2019). در پژوهشی دوساله تأثیر توأم آبیاری (آبیاری کامل، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی) و بیوچار (۰ و ۲۰ تن در هکتار) و کود دامی (۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر جذب نیتروژن و عملکرد گیاه ذرت بررسی شد. نتایج نشان داد که استفاده از بیوچار سبب افزایش عملکرد دانه ذرت خواهد شد. علاوه بر این، کاربردهای ترکیبی بیوچار و کود باعث بهبود مواد مغذی خاک، افزایش جذب مواد غذایی و کاهش آبشویی مواد معدنی در همه تیمارها بوده است (Faloye et al., 2020). در پژوهشی کاکس و همکاران (Cox et al., 2021) نشان دادند که ترکیب بیوچار و کمپوست، یک اصلاح‌کننده مؤثر برای افزایش زیست توده (بیوماس) و بهبود حاصلخیزی خاک است و می‌تواند سبب افزایش دسترسی گیاه به مواد غذایی شود. پنگ و همکاران (Peng et al., 2021) در پژوهش بلندمدتی (سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۹) نشان دادند که استفاده از بیوچار موجب کاهش تلفات نیتروژن، بهبود حاصلخیزی خاک، افزایش کربن آلی خاک، تثبیت نیتروژن و افزایش جذب نیتروژن توسط ذرت خواهد شد. همچنین بیوچار ماده مؤثری برای بهبود اکوسیستم کشاورزی است.

۱۰۰۰ میکرومتر را در محلول آبی، ۶۰ درصد برآورد کردند. تنگسیر و همکاران (۱۳۹۶) در یک مطالعه آزمایشگاهی بر روی دو نوع بستر متفاوت، نوع اول، ستون خاک فاقد باگاس نیشکر و نوع دوم، حاوی ۳۰ درصد حجمی باگاس نیشکر و ۷۰ درصد خاک، تحت شرایط کاملاً اشباع، گزارش کردند که بیش‌ترین درصد حذف نیترات در بستریهای حاوی باگاس در اواخر دوره، ۹۴ درصد می‌باشد.

در مجموع کارایی استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژن دار در شرایط کشور، به دلایل متعدد بسیار پائین بوده و نیاز به راه‌حلهایی است که بتواند در عین سادگی، به بهره‌وری مصرف نیتروژن افزوده و تا تأثیر مخرب این شرایط بکاهد. کاربرد کودهای کُندرها به‌تنهایی و اثر مثبت آن در کاهش آبشویی نیتروژن، در تحقیقات متعددی بر روی ذرت، برنج، گندم و ... به اثبات رسیده است. در همین حال، کاربرد مواد اصلاح‌کننده خاک مانند بیوجار و باگاس حاصل از انواع محصولات کشاورزی و ضایعات آن، نه‌تنها راه‌حلی جهت استفاده بهتر از پسماندهای کشاورزی و افزایش غنای مواد آلی در خاک را فراهم می‌کند، بلکه بر جذب و کاهش انتقال عوامل شیمیایی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی هم اثرگذار است. این پژوهش باهدف بررسی و مقایسه اثر کاربرد کودهای کُندرها و معمولی و درصدهای مختلف از باگاس نیشکر و بیوجار حاصل از باگاس نیشکر به‌عنوان ماده اصلاح‌کننده خاک و تعیین معنی‌دار بودن اثر کاربرد ترکیبی این دو عامل بر عملکرد، بهره‌وری و آبشویی نیترات در خاک تحت کشت ذرت انجام شد.

## مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در لایسمترهای زهکش‌دار با کشت گیاه ذرت سینگل کراس ۷۰۳ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در سال ۱۳۹۸ و به روش آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی، با دو فاکتور شامل دو نوع کود و نسبت مواد اصلاح‌کننده خاک در ۶ سطح و در کل ۱۲ تیمار و ۳ تکرار انجام گرفت. مشخصات جغرافیایی محل انجام آزمایش‌ها ۴۸ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی و ۳۱ درجه و ۱۸ دقیقه شمالی و ارتفاع ۲۴ متر از سطح دریا می‌باشد. خصوصیات خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. وزن مخصوص ظاهری ذرات خاک به روش استوانه و بافت خاک به روش هیدرومتری، EC و pH در عصاره ۱۰ گرم خاک به ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر (Ming et al., 2012) و نیتروژن کل به روش کجلدال (Santibanez et al., 2007) اندازه‌گیری شد.

به‌منظور بررسی تأثیر بیوجار بر خصوصیات هیدرولیکی خاک و عملکرد ذرت، پژوهشی توسط تیرگر سلطانی و همکاران (Tirgarsoltani et al., 2021) انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد که اضافه کردن بیوجار به خاک موجب کاهش سرعت خشک شدن خاک شده و بیوماس ۹ درصد، عملکرد دانه خشک ۷۶ درصد و بهره‌وری آب ۵۸ درصد افزایش یافته است. پرتوی و همکاران (Partovi et al., 2020) تحقیقی به‌منظور تأثیر بیوجار و کاه و کلش بر آبشویی نیترات و عملکرد ذرت انجام دادند. تیمار کاه و کلش، ۵ و ۱۰ تن در هکتار و تیمار بیوجار ۲/۵ و ۵ تن در هکتار بود. نتایج نشان داد که کاربرد ۵ تن در هکتار موجب افزایش ۲۸ درصدی عملکرد دانه ذرت، کاهش ۳۱ درصدی نفوذ عمقی و کاهش ۷۱ درصدی آبشویی نیترات خواهد شد. همچنین بیوجار سبب افزایش حفظ رطوبت در ناحیه ریشه می‌گردد.

در تحقیقی بر روی آبشویی نیترات و تصعید آمونیاک با استفاده از ۴ سطح بیوجار (۰/۵، ۱، ۲ و ۴ درصد وزنی) بر خاک شور ساحلی صورت گرفته است. نتایج نشان می‌دهد کاهش آبشویی نیترات در هر ۴ سطح معنی‌دار بوده و در ۰/۵ و ۱ درصد بیوجار، آبشویی نیترات با شیب زیادی کاهش یافته است (Sun et al., 2017). همچنین استفاده از بیوجار بر عمق ریشه، ماده خشک و عملکرد گیاه چغندر قند مؤثر بوده و سبب افزایش عملکرد خواهد شد (Snekapiya and Jayachandran, 2018). استفاده از بیوجار در کشت چغندر قند، سبب افزایش فتوسنتز گیاه و کاهش شدت تبخیر تعرق در طی فصل رشد خواهد شد که این بهبود شرایط برای کشت‌های متوالی وجود خواهد داشت (Liao et al., 2018). در پژوهشی محققین گزارش نمودند که استفاده از بیوجار با میزان ۲۰ گرم در کیلوگرم خاک می‌تواند میزان آبشویی نیترات را تا ۳۰ درصد در خاک کاهش دهد (Kanthle et al., 2016). همچنین از بیوجار برای کاهش نیترات در زهاب استفاده گردیده است. وی و همکاران، (Wei et al., 2018) با استفاده از بیوجار در pH بین ۲ تا ۱۲، کاهش ۷۵ تا ۹۰ درصد نیترات را گزارش داده‌اند.

تفاله نیشکر یا باگاس، از دیگر مواد اصلاح‌کننده خاک بوده که ۳۴ درصد وزن ساقه نیشکر را تشکیل می‌دهد و در صنایع مختلفی همچون کاغذسازی کاربرد دارد. در مجتمع‌های تولید نیشکر سالانه یک‌میلیون و ۲۰۰ هزار تن باگاس مازاد تولید می‌شود که به علت نبود صنایع تبدیلی سوزانده می‌شود (مقیمی و همکاران، ۱۳۹۵). همچنین از باگاس نیشکر به‌منظور کاهش نیترات در زه آب خروجی کشاورزی استفاده شده است. هاشمی و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی کاربرد باگاس با قطر ذرات متفاوت در تصفیه زهاب را بررسی کرده و بازده جذب نیترات توسط الیاف باگاس نیشکر در گستره قطر ذرات ۱۰۵ تا

جدول ۱ - خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

جرم مخصوص ظاهری (g/cm <sup>3</sup> )	رطوبت نقطه پژمردگی (%)	رطوبت ظرفیت زراعی (%)	رطوبت اشباع (%)	بافت خاک	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	هدایت الکتریکی (dS/m)	اسیدیته	کربن آلی (%)
۱/۵۲	۱۱/۸	۲۴/۲	۳۹/۷	رسی	۲۷	۳۰	۴۳	۲/۹	۸/۱	۰/۴۳

اعمال ضریب تشت تبخیر و ضریب گیاهی در هر مرحله رشد محاسبه و به منظور خروج زهاب قابل قبولی از لوله‌های زهکش و اطمینان از رسیدن رطوبت خاک داخل لایسیمتر به ظرفیت زراعی، ۲۰ درصد به حجم آب آبیاری محاسبه شده اضافه گردید.

برای تعیین نیتروژن زه آب، در طول دوره رشد گیاه و به منظور بررسی آبشویی نیترات در تیمارهای مختلف، در پایان هر آبیاری، کل زهاب لایسیمترها در ظروف مخصوص دردار جمع‌آوری و مقدار آن ثبت شد. اندازه‌گیری نیترات در طول دوره آزمایشی، صورت گرفت و تغییرات آبشویی نیترات در طول دوره آزمایش بررسی گردید. مقدار نیترات زهاب و آب آبیاری با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج معین اندازه‌گیری شد. در پایان فصل کشت در تاریخ ۱۲ آذرماه، برداشت به صورت دستی انجام شد و گیاه از قسمت طوقه بریده و همراه با اتیکت (که مشخص کننده شماره لایسیمتر و نوع تیمار اعمال شده بود) به آزمایشگاه منتقل گردید. در آزمایشگاه وزن هر گیاه اندازه‌گیری و سپس کل گیاه ذرت در گرم‌خانه در دمای ۷۰ درجه سلسیوس و به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و وزن خشک زیست‌توده و وزن دانه‌ها اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری نیترات جذب‌شده توسط گیاه، پس از انجام آزمایش، بوته گیاه از زیر محل طوقه چیده و با شستشوی آن‌ها توسط آب و آب مقطر، نمونه‌ها به مدت ۲ روز در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و پس از خشک شدن، وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. در مرحله بعد به منظور تعیین درصد جذب نیترات توسط گیاه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی، نمونه‌ها آسیاب شده و پس از اعمال روش هضم تر به وسیله اسیدسولفوریک، اسید سالیسیک، سلنیم و آب اکسیژنه، مقدار نیترات کل در نمونه‌های گیاهی به روش تیتراسیون بعد از تقطیر با استفاده از دستگاه کج‌دال اندازه‌گیری شد. همچنین مقدار نیترات جذب‌شده توسط کل گیاه، از حاصل ضرب وزن بیوماس گیاه (کیلوگرم در هکتار) در مقدار درصد نیترات نمونه گیاه به دست آمد. بهره‌وری آب از رابطه (۱)، کارایی بازیافت نیتروژن از رابطه (۲) و کارایی زراعی از رابطه (۳) محاسبه شد (کازلمی زاده و همکاران، ۱۳۹۹؛ کازلمی زاده و همکاران، ۱۳۹۸؛ جواد، ۱۳۹۷؛ مجدم و مدحج، ۱۳۹۱؛ Timsina et al. 2001).

$$WP = G_w / W \quad (1)$$

$$N_{up}E = (N_{off} / N_s) \times 100 \quad (2)$$

دو نوع کود (N1؛ کود اوره معمولی و N2؛ کود اوره نیتروژل) و نسبت مواد اصلاح‌کننده خاک در ۶ سطح (B1؛ صفر درصد باگاس و صفر درصد بیوپچار، B2؛ ۱۰۰ درصد باگاس و صفر درصد بیوپچار، B3؛ ۷۵ درصد باگاس و ۲۵ درصد بیوپچار، B4؛ ۵۰ درصد باگاس و ۵۰ درصد بیوپچار، B5؛ ۲۵ درصد باگاس و ۷۵ درصد بیوپچار، B6؛ صفر درصد باگاس ۱۰۰ درصد بیوپچار) استفاده شد و تیمار N1B1 (کود نیتروژل و صفر درصد باگاس و صفر درصد بیوپچار) به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شده است. در تیمار ۱۰۰ درصد بیوپچار، مقدار بیوپچار حاصل از باگاس نیشکر به میزان ۲ درصد وزن خاک و در تیمار ۱۰۰ درصد باگاس، مقدار باگاس برابر ۳ درصد وزن خاک می‌باشد. در بقیه تیمارها، مقدار مواد اصلاح‌کننده برحسب نسبت‌های عنوان شده، لحاظ شد. بیوپچار موردنیاز در این تحقیق از باگاس نیشکر (ضایعات نیشکر بعد از فرآوری در کارخانه تولید شکر) تهیه گردید. لایسیمترهای مورد استفاده شده ۳۶ عدد بشکه‌های استوانه‌ای فلزی پوشش داده شده با پشم‌شیشه به قطر ۶۰ و ارتفاع ۹۵ سانتی‌متر بود. میزان مواد اصلاح‌کننده موردنیاز برای هر لایسیمتر، در حجمی از خاک و دربرگیرنده سطح لایسیمتر در عمق ۲۰ سانتی‌متر محاسبه و پس از اختلاط کامل با خاک در لایسیمترها ریخته شد. در تاریخ ۲ شهریور ۱۳۹۸ در هر لایسیمتر سه بذر ذرت سینگل کراس ۷۰۳ کشت شد. مقدار کودهای موردنیاز بر اساس آزمون خاک و توصیه کارشناسان بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع خوزستان تعیین شد. نیتروژن موردنیاز گیاه به مقدار ۲۷۳ کیلوگرم در هکتار تعیین گردید که با توجه به بازدهی کودهای اوره معمولی و کود کندرها (نیتروژن) به خاک اضافه شد. کود اوره نیتروژل به صورت پایه در آبیاری دوم و کود اوره معمولی در سه تقسیط مساوی، تقسیط اول قبل از آبیاری دوم، تقسیط دوم در مرحله چهار تا شش برگی شدن گیاه و تقسیط سوم قبل از ظهور گل تاجی (گل نر) به گیاه داده شد. همچنین مقدار ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاس و فسفات تربیل به خاک اضافه و تا عمق ۱۰ سانتی‌متری مخلوط شد. آبیاری لایسیمترها به صورت سطحی و تعیین زمان آبیاری بر اساس ۵۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر صورت گرفت (شکوه‌فر و همکاران، ۱۳۸۸). تشتک تبخیر در فاصله حدود ۱۵ متری لایسیمترها و بر اساس دستورالعمل‌های موجود نصب گردید. حجم آب آبیاری در هر نوبت با توجه مقدار تبخیر از تشتک تبخیر و

کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه و وزن زیست‌توده نشان‌دهنده آن است که استفاده از کودهای اوره کندرها و مواد اصلاح‌کننده خاک تأثیر معنی‌دار بر عملکرد دانه و وزن زیست‌توده داشته و سبب افزایش آن می‌شود. همچنین استفاده از باگاس، بیوجار و نسبت‌های آن‌ها بر عملکرد دانه و وزن زیست‌توده در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار باهم نداشته است، با این حال استفاده از باگاس عملکرد دانه و وزن زیست‌توده را به ترتیب ۱۹/۱ درصد و ۲۹/۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داده است که این افزایش به دلیل بهبود ساختمان خاک، افزایش نگهداشت آب و مواد آلی در خاک نسبت به استفاده از بیوجار است. استفاده از کود اوره کندرها در مقایسه با شاهد، عملکرد دانه و وزن زیست‌توده را به ترتیب ۱۷/۱ درصد و ۲۵/۵ درصد افزایش داده است. این اختلاف ناشی از رهش تدریجی نیتروژن در محلول خاک و در دسترس گیاه قرار گرفتن نیتروژن می‌باشد. وجود نیتروژن در محلول خاک موجب افزایش سطح برگ و افزایش فتوسنتز، افزایش وزن زیست‌توده، افزایش تعداد دانه در بلال و درنهایت افزایش عملکرد دانه می‌شود (Sinclair et al. 1990; Uhart and Andrade 1995).

با توجه به اینکه مقدار آب مصرفی برای همه تیمارها یکسان و برابر ۷۲۴۰ مترمکعب در هکتار بوده است، می‌توان انتظار داشت که مقایسه میانگین‌ها و معنی‌دار بودن اثر تیمارها بر بهره‌وری مصرف آب نتایج مشابهی با نتایج عملکرد دانه داشته باشد. نتایج تجزیه واریانس اثر کودهای مختلف (کود اوره و کود کندرها) و کاربرد مواد اصلاح‌کننده خاک (درصد‌های مختلف ترکیب باگاس و بیوجار) در سطح احتمال پنج درصد بر بهره‌وری مصرف آب معنی‌دار بود.

$$N_{up}E_g = (G_w / N_s) \quad (3)$$

که در روابط بالا WP بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)،  $G_w$  عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)، W آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)،  $N_{up}E$  کارایی بازیافت نیتروژن (درصد)،  $N_{off}$  نیتروژن جذب‌شده توسط زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار)،  $N_s$  نیتروژن مصرفی (کیلوگرم در هکتار) و  $N_{up}E_g$  کارایی زراعی (کیلوگرم بر کیلوگرم) می‌باشند. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS.۷22 و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

## نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر کاربرد نوع کود (کود اوره معمولی و کود کندرها) بر عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود اما بر وزن زیست‌توده اثر معنی‌دار نداشت. همچنین اصلاح‌کننده‌های خاک (درصد‌های مختلف ترکیب باگاس و بیوجار) بر عملکرد دانه و زیست‌توده در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. در تیمارهای نوع کود، بیش‌ترین مقدار میانگین عملکرد دانه و وزن زیست‌توده در تیمار N2 (تیمار کود کندرها) به ترتیب با ۸۸۶۶ و ۱۴۲۱۶ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین مقدار میانگین عملکرد دانه و وزن زیست‌توده در تیمار N1 (تیمار کود اوره) به ترتیب با ۸۶۰۳ و ۱۳۹۸۳ کیلوگرم در هکتار و در تیمارهای اصلاح‌کننده‌های خاک، بیشینه مقدار میانگین عملکرد دانه و وزن زیست‌توده در تیمار B2 (تیمار ۱۰۰ درصد باگاس) به ترتیب با ۹۰۱۷ و ۱۴۶۹۷ کیلوگرم در هکتار و کمینه مقدار میانگین عملکرد دانه و وزن زیست‌توده در تیمار B1 (تیمار بدون ماده اصلاح‌کننده خاک) به ترتیب با ۷۷۱۰ و ۱۱۴۷۳

جدول ۲- تجزیه واریانس پارامترهای اندازه‌گیری شده

میانگین مربعات								
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	وزن زیست‌توده	بهره‌وری مصرف آب	زه آب	آبشویی نیترات	کارایی باز یافت نیتروژن	کارایی زراعی
تکرار	۲	۱۹۲۲۶۷/۵ <sup>ns</sup>	۱۴۴۴۱۰/۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۳۶ <sup>ns</sup>	۱۱۸/۹ <sup>ns</sup>	۴/۲ <sup>ns</sup>	۱۰/۶ <sup>ns</sup>	۲/۵ <sup>ns</sup>
نوع کود	۱	۶۲۳۰۱۶/۴*	۴۸۸۱۳۵/۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۱۸*	۴۴/۰ <sup>ns</sup>	۲۶/۳ <sup>ns</sup>	۲۰۰/۱*	۸/۳*
نوع اصلاح‌کننده	۵	۱۵۳۸۰۳۰/۷*	۹۹۵۵۴۷۶/۱*	۰/۰۲۹۳*	۳۳۵۷/۰*	۸۴/۹*	۸۵۵/۱*	۲۰/۶*
نوع کود X نوع اصلاح‌کننده	۵	۱۴۴۵/۶ <sup>n.s</sup>	۲۴۰۴/۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۶/۰ <sup>ns</sup>	۱/۸ <sup>ns</sup>	۰/۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>
خطا	۲۲	۱۴۰۸۲۸/۴	۱۴۳۸۴۲/۸	۰/۰۰۲۶	۸۴/۷	۲/۸	۱۴/۴	۱/۸
ضریب تغییرات		۶/۶	۸/۸	۶/۶	۱۶/۱	۳۴/۳	۱۷/۶۶	۶/۶۴

ns: فاقد اثر معنی‌دار، \*: معنی‌دار در سطح پنج درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های پارامترهای اندازه‌گیری شده

کارایی زراعی (kg/kg)	کارایی بازیافت نیترژن (%)	آبشویی نیترات (kg/ha)	زه آب (mm)	بهره‌وری مصرف آب (kg/m <sup>3</sup> )	وزن زیست‌توده (kg/ha)	عملکرد دانه (kg/ha)	تیمار
۳۱/۵ b	۶۴/۱ b	۱۲/۲ a	۱۴۵/۸ a	۱/۱۹ b	۱۳۹۸۳ b	۸۶۰۳ b	نوع کود N1
۳۲/۴ a	۶۸/۷ a	۱۰/۵ a	۱۴۳/۶ a	۱/۲۲ a	۱۴۲۱۶ a	۸۸۶۶ a	N2
							ماده اصلاح‌کننده
۲۸/۲ b	۴۲/۱ b	۱۷/۴ a	۱۸۵/۴ a	۱/۰۶ b	۱۱۴۷۳ b	۷۷۱۰ b	B1
۳۳/۰ a	۷۰/۰ a	۱۳/۹ b	۱۱۹/۹ e	۱/۲۵ a	۱۴۶۹۷ a	۹۰۱۷ a	B2
۳۲/۹ a	۷۱/۰ a	۱۱/۷ c	۱۲۶/۶ de	۱/۲۴ a	۱۴۶۶۲ a	۸۹۹۷ a	B3
۳۲/۸ a	۷۰/۸ a	۹/۳ d	۱۳۶/۱ cd	۱/۲۴ a	۱۴۶۲۸ a	۸۹۴۹ a	B4
۳۲/۷ a	۷۱/۷ a	۸/۴ d	۱۴۴/۱ c	۱/۲۳ a	۱۴۵۸۹ a	۸۹۰۹ a	B5
۳۲/۳ a	۷۲/۸ a	۷/۵ d	۱۵۶/۱ b	۱/۲۱ a	۱۴۵۵۲ a	۸۸۲۵ a	B6

بر اساس آزمون دانکن، در هر ستون و برای هر عامل آزمایشی، میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک باشند، از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

خلل و فرج، ظرفیت نگهداشت آب در خاک بالا رفته و از خروج زهاب جلوگیری می‌کند (نیک‌روش و همکاران، ۱۳۹۷). در تیمارهای اصلاح‌کننده‌های خاک، بیشینه زهاب خروجی در تیمار B1 (تیمار بدون ماده اصلاح‌کننده خاک) و کمینه زهاب خروجی در تیمار B2 (تیمار ۱۰۰ درصد باگاس) به ترتیب با ۱۸۵/۴ و ۱۱۹/۹ مشاهده شده است. مقایسه میانگین‌های زهاب خروجی نشان‌دهنده آن است که استفاده از مواد اصلاح‌کننده خاک تأثیر معنی‌دار بر زهاب خروجی داشته و سبب کاهش آن می‌شود. استفاده از باگاس زهاب خروجی را نسبت به شاهد، ۳۶/۲ درصد کاهش داده است.

اثر کودهای مختلف (اوره و کندرها) بر آبشویی نیترات در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌دار نداشت، اما اثر کاربرد اصلاح‌کننده خاک (درصدهای مختلف ترکیب باگاس و بیوجار) در سطح احتمال پنج درصد بر آبشویی نیترات مؤثر است. در تیمارهای اصلاح‌کننده‌های خاک، حداکثر آبشویی نیترات در تیمار B1 (تیمار بدون ماده اصلاح‌کننده خاک) و حداقل آبشویی نیترات در تیمار B6 (تیمار ۱۰۰ درصد بیوجار) به ترتیب با ۱۷/۴ و ۷/۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده شده است. مقایسه میانگین‌های آبشویی نیترات نشان‌دهنده آن است که استفاده از مواد اصلاح‌کننده خاک در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌دار بر آبشویی نیترات داشته و سبب کاهش آن می‌شود. استفاده از بیوجار آبشویی نیترات را نسبت به شاهد، ۵۸/۳ درصد کاهش داده است. دلیل این کاهش به علت سطح ویژه بیشتر و جذب نیترات توسط بیوجار و نگهداری آن در خلل و فرج‌های بیوجار می‌باشد. در پژوهش‌های انجام‌شده توسط قربانی و همکاران (۱۳۹۴)، خداحمی و همکاران (۱۳۹۸) و کاظمی زاده و همکاران (۱۳۹۹) نیز افزودن بیوجار به خاک موجب کاهش معنی‌دار آبشویی نیترات شده

در تیمارهای نوع کود، حداقل بهره‌وری مصرف آب در تیمار N1 (تیمار کود اوره) با ۱/۱۹ کیلوگرم بر مترمکعب و حداکثر بهره‌وری مصرف آب در تیمار N2 (تیمار کود کندرها) با ۱/۲۲ کیلوگرم بر مترمکعب و در تیمارهای اصلاح‌کننده‌های خاک، بیش‌ترین بهره‌وری مصرف آب در تیمار B2 (تیمار ۱۰۰ درصد باگاس) و کم‌ترین بهره‌وری مصرف آب در تیمار B1 (تیمار بدون ماده اصلاح‌کننده خاک) به ترتیب با ۱/۲۵ و ۱/۰۶ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. مقایسه میانگین‌های بهره‌وری مصرف آب نشان‌دهنده آن است که استفاده از کودهای اوره کندرها و مواد اصلاح‌کننده خاک تأثیر معنی‌دار بر بهره‌وری مصرف آب داشته و سبب افزایش آن می‌شود. همچنین استفاده از باگاس، بیوجار و نسبت‌های آن‌ها بر بهره‌وری مصرف آب در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار باهم نداشته است، اما استفاده از باگاس بهره‌وری مصرف آب را نسبت شاهد، ۱۹/۰ درصد افزایش داده است. همچنین استفاده از کودهای کندرها، موجب افزایش ۱۶/۷ درصدی بهره‌وری مصرف آب نسبت به شاهد شده است که در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است. مصرف بهینه آب و کود نیترژن باعث عمیق‌تر شدن سیستم ریشه‌ای، افزایش عملکرد دانه و در نتیجه افزایش بهره‌وری مصرف آب می‌شود (مجیدیان و همکاران، ۱۳۸۷).

در خصوص زهاب خروجی از لایسیمترها، با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر کودهای مختلف (اوره و کندرها) بر زهاب خروجی در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌دار نداشت، اما اثر کاربرد اصلاح‌کننده خاک (درصدهای مختلف ترکیب باگاس و بیوجار) در سطح احتمال پنج درصد بر مقدار زهاب خروجی از لایسیمترها مؤثر است. به دلیل بهبود ساختمان خاک در اثر مواد اصلاح‌کننده و افزایش

است.

۱۹/۱ درصد افزایش داده است. همچنین استفاده از کودهای کندرها، موجب افزایش ۱۶/۸ درصدی کارایی زراعی نسبت به شاهد شده که در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است. به علت یکسان بودن نیتروژن مصرفی در کلیه تیمارها، عوامل مؤثر بر عملکرد، بر کارایی زراعی نیز مؤثر بوده است.

### نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از کود کندرها می‌تواند موجب افزایش ۱۷/۱ درصد عملکرد دانه، افزایش ۲۵/۵ درصد عملکرد زیست‌توده، افزایش ۱۶/۷ درصد بهره‌وری مصرف آب، افزایش ۷۵/۴ درصد کارایی بازیافت نیتروژن و افزایش ۱۶/۸ درصد کارایی زراعی در مقایسه با شاهد در کشت گیاه ذرت تابستانه شود. کودهای کندرها، با آزادسازی تدریجی اوره در محلول خاک، از هدر رفت نیتروژن به‌وسیله آبشویی جلوگیری کرده و به تدریج نیتروژن موردنیاز را در اختیار گیاه قرار می‌دهند و باعث افزایش فتوسنتز و رشد رویشی ذرت می‌شوند. باین‌حال با توجه به قیمت زیاد کودهای کندرها، در صورت تقسیم مناسب کود اوره معمولی و استفاده از سامانه‌های آبیاری نوین و تزریق به‌موقع کود اوره در سامانه، می‌توان از لحاظ اقتصادی استفاده از کودهای اوره معمولی را توجیه کرد.

همچنین با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش، مشخص شد که استفاده از مواد اصلاح‌کننده خاک مانند بیوجار و باگاس، به علت اصلاح ساختمان خاک، افزایش نگهداشت آب و مواد غذایی موردنیاز گیاه و بهبود شرایط تهویه در خاک می‌تواند باعث افزایش ۱۹/۱ درصد عملکرد دانه، افزایش ۲۹/۸ درصد عملکرد زیست‌توده، کاهش ۳۶/۲ درصد زهاب خروجی، افزایش ۱۹/۰ درصد بهره‌وری مصرف آب، کاهش ۵۸/۳ درصد آبشویی نیتروژن، افزایش ۸۵/۷ درصد کارایی بازیافت نیتروژن و افزایش ۱۹/۱ درصد کارایی زراعی در مقایسه با شاهد در کشت گیاه ذرت تابستانه شود. بیوجار به علت داشتن سطح ویژه بیشتر نسبت به باگاس، قابلیت نگهداشت نیتروژن بیشتری نسب به باگاس دارد، اما به دلیل قیمت زیاد بیوجار و برخی ویژگی‌های باگاس (مانند در دسترس بودن، سهولت تهیه باگاس، افزایش مواد آلی خاک، بهبود ساختمان خاک) استفاده از باگاس مقرون به‌صرفه‌تر بوده و ممکن است کشاورز رغبت بیشتری برای تهیه و استفاده از باگاس داشته باشد و با مدیریت صحیح مزرعه می‌توان به‌خوبی از این ماده اصلاح‌کننده خاک استفاده نمود.

### تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از حمایت مالی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه شهید چمران اهواز در قالب پژوهانه (SCU.WI99.273:GN) برای تأمین هزینه‌های پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد. از مرکز تحقیقات

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر کودهای مختلف (اوره و کندرها) و کاربرد اصلاح‌کننده خاک بر کارایی بازیافت نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌داری بود. در تیمارهای نوع کود، بیشینه کارایی بازیافت نیتروژن در تیمار N2 (تیمار کود کندرها) با ۶۸/۷ درصد و کمینه آن در تیمار N1 (تیمار کود اوره) با ۶۴/۱ درصد و در تیمارهای اصلاح‌کننده‌های خاک، بیش‌ترین کارایی بازیافت نیتروژن در تیمار B6 (تیمار ۱۰۰ درصد بیوجار) و کم‌ترین کارایی بازیافت نیتروژن در تیمار B1 (تیمار بدون ماده اصلاح‌کننده خاک) به ترتیب با ۷۲/۸ و ۴۲/۱ درصد می‌باشد. در هر دو نوع کود استفاده‌شده، مقدار نیتروژنی که وارد خاک شده مقدار یکسانی است، ولی به علت ویژگی‌های کود کندرها، نیتروژن به‌مرور و به تدریج وارد محلول خاک شده و گیاه قابلیت جذب بیشتری داشته و به همین دلیل مقادیر کارایی بازیافت نیتروژن در کودهای کندرها بیشتر است. مقایسه میانگین‌های کارایی بازیافت نیتروژن نشان‌دهنده آن است که استفاده از کودهای اوره کندرها و مواد اصلاح‌کننده خاک تأثیر معنی‌دار بر کارایی بازیافت نیتروژن داشته و سبب افزایش آن می‌شود. استفاده از باگاس، بیوجار و نسبت‌های آن‌ها بر کارایی بازیافت نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار باهم نداشته است، اما استفاده از بیوجار کارایی بازیافت نیتروژن را نسبت به شاهد، ۸۵/۷ درصد افزایش داده است. در تیمارهایی که از درصدهای بیشتری از بیوجار استفاده شده است، به دلیل قابلیت نگهداشت نیتروژن و جلوگیری از آبشویی آن، نیتروژن به سهولت در اختیار گیاه قرار گرفته و توسط گیاه جذب شده است. به همین علت مقادیر کارایی بازیافت نیتروژن در این تیمارها بیشتر می‌باشد. همچنین استفاده از کودهای کندرها، موجب افزایش ۷۵/۴ درصدی کارایی بازیافت نیتروژن نسبت به شاهد شده که در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است.

اثر کودهای مختلف (اوره و کندرها) و کاربرد اصلاح‌کننده خاک بر کارایی زراعی در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌داری بود. در تیمارهای نوع کود، حداکثر کارایی بازیافت نیتروژن در تیمار N2 (تیمار کود کندرها) با ۳۲/۴ کیلوگرم بر کیلوگرم و حداقل آن در تیمار N1 (تیمار کود اوره) با ۳۱/۵ کیلوگرم بر کیلوگرم و در تیمارهای اصلاح‌کننده‌های خاک، بیش‌ترین کارایی زراعی در تیمار B2 (تیمار ۱۰۰ درصد باگاس) و کم‌ترین کارایی زراعی در تیمار B1 (تیمار بدون ماده اصلاح‌کننده خاک) به ترتیب با ۳۳/۰ و ۲۸/۲ کیلوگرم بر کیلوگرم مشاهده می‌شود. مقایسه میانگین‌های کارایی زراعی نشان‌دهنده آن است که استفاده از کودهای اوره کندرها و مواد اصلاح‌کننده خاک تأثیر معنی‌دار بر کارایی زراعی داشته و سبب افزایش آن می‌شود. استفاده از باگاس، بیوجار و نسبت‌های آن‌ها بر کارایی زراعی در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار باهم نداشته است، اما استفاده از باگاس کارایی زراعی را نسبت به شاهد،

م. ۱۳۹۹. بررسی تأثیر بیوچار و هیدروچار (باگاس نیشکر) بر عملکرد، بهره‌وری آب و آبشویی نیتروژن در کشت ذرت. تحقیقات آب‌و خاک ایران. ۵۱ (۳): ۷۵۳-۷۶۱.

مجدم، م. و مدحج، ع. ۱۳۹۱. اثر سطوح نیتروژن بر کارایی مصرف آب، عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت دانه‌ای در شرایط بهینه و تنش خشکی. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۰ (۳): ۵۴۶-۵۵۴.

مجیدیان، م.، قلاوند، ا. کامگار حقیقی، ا.ع. و کریمیان، ن. ۱۳۸۷. اثر تنش خشکی، کود شیمیایی نیتروژن و کود آلی بر قرائت کلروفیل‌تر، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴. مجله علوم زراعی ایران. ۱۰ (۳) (پیاپی ۳۹): ۳۰۳-۳۳۰.

مقیم، ن.، ناصری، ع.ع.، سلطانی محمدی، ا. و هاشمی گرم‌دره، س.ا. ۱۳۹۵. بررسی عملکرد باگاس نیشکر در کاهش نیترات خروجی از زهاب زهکش‌های زیرزمینی. مجله علوم و مهندسی آبیاری. ۳۹ (۲): ۴۹-۵۸.

ملکوتی، م.ج. و همایی، م. ۱۳۸۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک. چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

ملکوتی، م.ج. ۱۳۷۵. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کود در ایران. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ۲۷۹ صفحه.

نیک‌روش، ا.، برومندنسب، س.، ناصری، ع. و سلطانی محمدی، ا. ۱۳۹۷. بررسی اثر کاربرد بیوچار و هیدروچار کاه گندم بر خصوصیات فیزیکی یک خاک لوم-شنی. مجله آب و خاک. ۳۲ (۲): ۳۸۷-۳۹۷.

هاشمی، م.، ناصری، ع.ع. و تکدستان، ا. ۱۳۹۶. بررسی کارایی جاذب باگاس نیشکر در حذف نیترات از زهاب خروجی کشاورزی. مجله علوم و مهندسی آبیاری. ۴۰ (۳): ۱-۱۰.

Chen, W., Meng, J., Han, X., Lan, Y. and Zhang, W. 2019. Past, present and future of biochar. *Biochar*. 1: 75-87

Cox, J., Hue, N.V., Ahmad, A. and Kobayashi, K.D. 2021. Surface-applied or incorporated biochar and compost combination improves soil fertility, Chinese cabbage and papaya biomass. *Biochar journal*. 3:213-227

Faloye, O.T., Ajayi, A.E., Alatise, M.O., Ewulo, B.S. and Horn, R. 2020. Nutrient uptake, maximum yield production, and economic return of maize under deficit irrigation with biochar and inorganic fertiliser

و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان نیز به خاطر فراهم نمودن بستر و امکانات و همکاری در انجام این پژوهش تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

## منابع

بایوردی، م.، ملکوتی، م.ج.، امیرمکری، ه. و نفیسی، م. ۱۳۷۸. تولید و مصرف بهینه کود شیمیایی در راستای اهداف کشاورزی پایدار. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی، ۲۸۲ صفحه.

تنگسیر، س.، ناصری، ع.ع.، معاضد، ه.، هاشمی گرم‌دره، س.ا. و برومند نسب، س. ۱۳۹۶. بررسی عملکرد باگاس نیشکر به عنوان منبع کربنی مورد نیاز در طراحی بسترهای دنیتریفیکاسیون. مجله علوم و مهندسی آبیاری. ۴۰ (۲): ۳۹-۵۷.

جوادی، ح.، رضوانی‌مقدم، پ.، راشد‌محصل، م.ج. و ثقه‌الاسلامی، م.ج. ۱۳۹۷. اثر سطوح مختلف نیتروژن و کود سبز بر عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن در خرفه. به‌زراعی کشاورزی. ۲۰ (۲): ۴۵۳-۴۶۵.

حسن‌اقلی، ع. ۱۳۹۸. تعیین میزان انتقال نیترات به اعماق مختلف و تا عمق نصب زهکش زیرزمینی با کاربرد کود پوشش‌دار در مقایسه با کودهای رایج. گزارش پایانی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

خدارحمی، ی.، برومندنسب، س.، سلطانی محمدی، ا. و ناصری، ع.ع. ۱۳۹۸. ارزیابی و مقایسه تأثیر هیدروچار اصلاح‌شده و سوپر جاذب بر برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳ (۱۲): ۵۰۰-۵۱۱.

شکوه فر، ع.، مسجیدی، ع. و علوی فاضل، م. ۱۳۸۸. بررسی اثر مقدار و دور آبیاری بر عملکرد گیاه ذرت تابستانه در شرایط آب و هوایی شهرستان اهواز. فصلنامه علمی تخصص فیزیولوژی گیاهان زراعی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱ (۱): ۴۲-۴۸.

قربانی، م.، اسدی، ح. و ابریشم‌کش، س. ۱۳۹۴. تأثیر بیوچار (زغال زیستی) شلتوک برنج بر آبشویی نیترات در یک خاک رسی. نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، ۲۹ (۴): ۴۲۷-۴۳۴.

کاظمی زاده، م.، ناصری، ع.ع.، هوشمند، ع. گلابی، م. و مسکر باشی، م. ۱۳۹۸. بررسی عملکرد، بهره‌وری مصرف آب و کارایی نیتروژن در کشت ذرت در استان خوزستان. نشریه حفاظت منابع آب‌و خاک. ۹ (۱): ۳۵-۵۰.

کاظمی زاده، م.، ناصری، ع.ع.، هوشمند، ع. گلابی، م. و مسکر باشی،



- Nitrification retarders and slow-release nitrogen fertilizers. In *Advances in Agronomy*. 23: 337-383.
- Santibanez, C., Ginocchio, R. and M. Teresa Varnero. 2007. Evaluation of nitrate leaching from mine tailings amended with biosolids under Mediterranean type climate conditions. *Soil Biology and Biochemistry*. 93: 1333-1340.
- Shivay, Y.S., Prasad, R. and Pal Shingh, M. 2015. Effect of Nitrogen Levels and Coated Urea on Growth, Yields and Nitrogen Use Efficiency in Aromatic Rice. *Journal of Plant Nutrition*. 39(6): 875-882.
- Sinclair, T., Bennetto, R.D.M. and Muchow, R.O. 1990. Relative sensitivity of grain yield and biomass accumulation to drought in field grown maize. *Crop Science*. 30: 690- 693.
- Snekapriya, V.K. and Jayachandran, M. 2018. Effect of sugarcane trash biochar on growth and yield of sugarcane seed crop. *Madras Agricultural Journal*. 105 (4-6): 147-150.
- Sun, H., Lu, H., Chu, L., Shao, H. and Shi, W. 2017. Biochar applied with appropriate rates can reduce N leaching, keep N retention and not increase NH<sub>3</sub> volatilization in a coastal saline soil. *Science of the Total Environment*. 575: 820-825.
- Timsina, T., Singh, U., Badaruddin, M., Meisner, C. and Amin, M.R. 2001. Cultivar, nitrogen and water effects on productivity, and nitrogen-use efficiency and balance for rice-wheat sequences of Bangladesh. *Field Crop Research*. 72: 143-161.
- Tirgarsoltani, M., Bahmrami, H. and Mokhtassi-bidgoli, A. 2021. The potential impact of biochar: Soil hydraulics and responses of maize under soil drying cycles. *Geoderma* 401.
- Uhart, S.A. and Andrade, F.H. 1995. Nitrogen deficiency in maize: II. Carbon-nitrogen interaction effects on kernel number and grain yield. *Crop Science*. 35: 1384-1389.
- Wei, A., Ma, J., Chen, J., Zhang, Y., Song, J. and Yu, X. 2018. Enhanced nitrate removal and high selectivity towards dinitrogen for groundwater remediation using biochar-supported nano zero-valent iron. *Chemical Engineering Journal*. 353: 595-605.
- Zheng, W., Liu, Z., Zhang, M., Shi, Y., Zhu, Q., Sun, Y. and Geng, J. 2017. Improving crop yields, nitrogen use efficiencies, and profits by using mixtures of coated controlled-released and uncoated urea in a wheat-maize system. *Field Crops Research*. 205: 106-115.
- amendments. *Biochar Journal*: 375-388.
- Grant, C. A., Wu, R., Selles, F., Harker, K. N., Clayton, G. W., Bittman, S. and Lupwayi, N. Z. 2012. Crop yield and nitrogen concentration with controlled release urea and split applications of nitrogen as compared to non-coated urea applied at seeding. *Field Crops Research*. 127: 170-180.
- Kanthle, A. K., Lenka, N. K., Lenka, S. and Tedia, K. 2016. Biochar impact on nitrate leaching as influenced by native soil organic carbon in an Inceptisol of central India. *Soil and Tillage Research*. 157: 65-72.
- Lehmann, J. 2007. Bio-energy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 5(7): 381-387.
- Li, J. H., Lv, G. H., Bai, W. B., Liu, Q., Zhang, Y. C. and Song, J. Q. 2014. Modification and use of biochar from wheat straw (*Triticum aestivum* L.) for nitrate and phosphate removal from water. *Desalination and Water Treatment*. 57(10): 4681-4693.
- Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Kinyangi, J., Grossman, J., O'Neill, B. and Neves, E. G. 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. *Soil Science Society of America Journal*. 70(5): 1719-1730.
- Liao, F., Yang, L., Li, Q., Xue, J., Li, Y. and Huang D. 2018. Effect of biochar on growth, photosynthetic characteristics and nutrient distribution in sugarcane. *Sugar Tech*. 21. 10.1007/s12355-018-0663-6.
- Malakouti, M. J., Bai, B. A., Shahabi, A., Siavashi, K., Vakil, R., Ghaderi, J. and Keshavarz, H. 2008. Comparison of complete and sulfur coated urea fertilizers with pre-plant urea in increasing grain yield and nitrogen use efficiency in wheat. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 10(2): 173-183
- Ming, Q.Z., Yuan, F.S. and M.G. Helmers. 2012. Modeling cadmium transport in neutral and alkaline soil columns at various depths. *Pedosphere*. 22(3): 273-282.
- Partovi, Z., Ramezani Etedali, H. and Kaviani, A. 2020. Effects of applying biochar and straw on nitrate leaching and maize yield production. *Water and environment journal*. 35 (3): 943-950.
- Peng, J., Han, X., Li, N., Chen, k., Yang, J., Zhan, X., Luo, P. and Liu, N. 2021. Combined application of biochar with fertilizer promotes nitrogen uptake in maize by increasing nitrogen retention in soil. *Biochar journal*. 3:367-379.
- Prasad, R., Rajale, G. B. and Lakhdive, B. A. 1971.

## The Effect of Slow Release Fertilizer, Bagasse and Sugarcane Biochar on Yield, Water Consumption Productivity and Nitrogen Leaching in Summer Maize Cultivation in Ahvaz

A. Azizi<sup>۱</sup>, A. Soltani Mohammadi<sup>۲\*</sup>, A.A. Naseri<sup>۳</sup>, A. Hassanoghlil<sup>۴</sup>

Received: Sep.29, 2021

Accepted: Oct.29, 2021

### Abstract:

One of the methods to reduce nitrate leaching is the use of slow release fertilizers as well as the application of soil conditioners. In order to investigate the effect of slow release fertilizer, bagasse and sugarcane biochar on grain yield, water consumption productivity and nitrogen leaching in maize cultivation, factorial experiment in a complete-random block design with two factors including types of fertilizer (N1: ordinary urea fertilizer and N2: nitroge urea fertilizer) and ratios of soil conditioner (B1; 0% bagasse and 0% biochar, B2; 100% bagasse and 0% biochar, B3; 75% of bagasse and 25% biochar, B4; 50% bagasse and 50% biochar, B5; 25% bagasse and 75% biochar, B6; zero percent bagasse and 100% biochar) in 3 replications in 2019 was performed in the research farm of Khuzestan Agricultural Research and Training Center. The results showed that the use of slow release fertilizer increased grain and biomass yield, water consumption productivity, nitrogen recycling efficiency and crop efficiency of 17.1%, 25.5%, 16.7%, 75.4% and 16.8% respectively, compared to control treatment (N1B1). Also, the use of soil conditioners increased grain and biomass yield, water consumption productivity, nitrogen recycling efficiency and crop efficiency of 19.1%, 29.8%, 19.0%, 85.7%, and 19.1% respectively, in compare with control treatment and decreased drainage water and nitrate leaching of 36.2% and 58.3% in compare with control treatment. The maximum water consumption productivity occurred in N2B3 treatment with 1.26 kg/m<sup>3</sup>, the minimum nitrate leaching related to N2B6 with 7.1 kg/ha and the maximum nitrogen recycling efficiency occurred in N2B6 treatment with 74.8%. In general, the obtained results indicate the ability of slow release fertilizers and soil conditioners to decrease the problems caused by nitrogen leaching and increase the yield and water consumption productivity in summer maize cultivation.

**Keywords:** Crop yield, Khuzestan, Nitrate leaching, Soil conditioners, Water drainage

1- PhD student of irrigation and drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

2- Associate Professor, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

3- Professor of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

4- Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization. Karaj

(\*-Corresponding Author Email: a.soltani@scu.ac.ir)