Archive of SID

نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۱ شماره ۱ / سال ۱۴۰۰ صفحات ۲۵۷-۲۳۹

اثر روش‌های خاک‌ورزی و مقادیر مختلف نیتروژن بر کارآیی مصرف و شاخص تغذیه نیتروژن گندم در یک خاک آهکی (مطالعه موردی: منطقه زرقان، استان فارس)

حمید هوشمندی[۱]، جهانبخش میرزاوند[۲*]، مهدی زارع[۳]

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۷ تاریخ پذیرش: ۹۹/۹/۱۸

۱- دانشجوی سابق دکتری، گروه زراعت، واحد فیروزآباد، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزآباد، ایران
۲- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زرقان، ایران
۳- دانشیار گروه زراعت، واحد فیروزآباد، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزآباد، ایران
* مسئول مکاتبه: Email: j.mirzavand@areeo.ac.ir

چکیده

اهداف: مطالعه به‌منظور بررسی برهم‌کنش اثرات روش‌های خاک‌ورزی، بقایای ذرت و مقادیر نیتروژن جهت بهبود کارآیی مصرف نیتروژن و حفظ پتانسیل عملکرد دانه گندم رقم چمران در اراضی خشک و نیمه خشک جنوب کشور انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: پژوهش به‌صورت کرت‌های دو بار خُرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در اراضی کشاورزی زرقان مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس طی دوسال زراعی (از ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۷) اجرا شد. فاکتور اصلی خاک‌ورزی با سه روش شخم رایج، کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی، فاکتور فرعی بقایای ذرت (هیبرید سینگل کراس ۷۰٤) با دو سطح حذف و حفظ ۳۰ درصد بقایا و فاکتور فرعی-فرعی نیتروژن خالص با صفر، ۱۰۱، ۱۵۲ و ۲۰۲ کیلوگرم در هکتار (از منبع کود اوره) بودند.

یافته‌ها: نتایج دو سال پژوهش نشان داد، عملکرد دانه گندم (٥٢٦٦ کیلوگرم در هکتار) با افزایش نیتروژن از ۱۰۱ به ۲۰۲ کیلوگرم در هکتار در سامانه کم خاک‌ورزی و حفظ بقایای ذرت افزایش یافت. هم‌چنین، کارآیی بازیافت ظاهری و جذب نیتروژن در گندم با افزایش مقدار نیتروژن تا سطح ۲۰۲ کیلوگرم در هکتار در شرایط حفظ بقایا و با کاهش دفعات شخم افزایش محسوسی داشت. درحالی‌که، بیشترین کارآیی فیزیولوژیک و زراعی نیتروژن (به ترتیب ۵۸/۱۸ و ۱۹/۳۱ کیلوگرم بر کیلوگرم) به ترتیب در سامانه خاک‌ورزی رایج و کم خاک‌ورزی با کاربرد ۱۰۱ و ۱۵۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. در مقابل، کاربرد مقادیر بیشتر و کمتر از ۱۵۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب باعث افزایش و کاهش شاخص تغذیه نیتروژن نسبت به یک شد.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی، جایگزین کردن روش کم خاک‌ورزی با خاک‌ورزی رایج و یا بی خاک‌ورزی در شرایط حفظ بقایای ذرت و با کاربرد ۱۵۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌تواند موجب افزایش کارآیی مصرف نیتروژن به‌ویژه کارآیی زراعی و کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن، بهبود شاخص تغذیه نیتروژن و حفظ پتانسیل عملکرد دانه گندم در تناوب با ذرت گردد.

واژه‌های کلیدی: بی خاک‌ورزی، حفظ بقایا، کارآیی زراعی نیتروژن، کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن، کم خاک‌ورزی

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Tillage Practices and Nitrogen Rates on Nitrogen Use Efficiency and Nitrogen Nutrition Index of Wheat in a Calcareous Soil (Case Study: Zarghan Region, Fars Province)

Hamid Hooshmandi[1], Jahanbakhsh Mirzavand[2*], Mahdi Zare[3]

Received: February 26, 2020 Accepted: December 8, 2020
1- Former Ph.D. Student, Dept. of Agronomy, Firoozabad Branch, Islamic Azad University, Firoozabad, Iran.
2- Assist. Prof., Soil and Water Research Dept., Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zarghan, Iran.
3- Assoc. Prof., Dept. of Agronomy, Firoozabad Branch, Islamic Azad University, Firoozabad, Iran.
*Corresponding Author Email: j.mirzavand@areeo.ac.ir

Abstract

Background and Objective: The goals of study were to evaluate the combined effects of tillage practices, corn residues, and nitrogen (N) rates for improving nitrogen use efficiency (NUE) and protecting yield performance of wheat in arid and semi-arid regions of southern Iran.

Materials and Methods: The experiment was conducted as split split-plot based on randomized complete blocks design with three replications in the Zarghan Field Station, Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of Fars Province during two cropping seasons (2015-17). The experimental treatments included tillage practices (Conventional tillage, CT; Reduced tillage, RT; No Tillage, NT) as main plots, with and without corn residue (at 30% residue retained and removed) as sub plots, and pure N rates (0, 101, 152, and 202 kg N ha^{-1} from Urea source) as sub sub-plots.

Results: After 2 years, wheat yields (5266 $kg.ha^{-1}$) were tended to be increased with increasing N rates from 101 to 202 kg N ha^{-1} under RT with corn residue retention. Likewise, the increasing N rate at 202 $kg.ha^{-1}$ can be increased apparent recovery efficiency of N (ARE_N) and nitrogen uptake efficiency (NUpE) under the reduction of soil tillage operations when crop residue retained. In the contrast, the highest physiological and agronomic efficiency of N (PE_N and AE_N, respectively) (58.18 and 19.31 $kg.kg^{-1}$, respectively) were obtained by CT and RT methods with 101 and 152 kg N ha^{-1}, respectively. Nitrogen nutrition index values <1, around 1, >1 were recorded at <152, 152, >152 kg ha^{-1} of N applied, respectively.

Conclusion: Our research has shown that replacing RT with CT and/or NT with corn residue retention and 152 kg N ha^{-1} can greatly increase NUE especially AE_N and PE_N, improve NNI, and protect wheat grain yield under wheat- and corn in a rotation.

Keywords: Agronomic Efficiency of Nitrogen, No Tillage, Physiological Efficiency of Nitrogen, Residue Retention, Reduced Tillage.

مقدمه

تولید محصولات کشاورزی به مقدار مناسب در دهه-های آینده، مستلزم تولید پایدار محصول، به‌وسیله افزایش کارآیی استفاده از منابع طبیعی و هم‌چنین به حداقل رساندن فشار بر محیط زیست خواهد بود. گندم (*Triticum aestivum* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) به عنوان دو غله مهم، بخش عمده‌ای از غذای مردم دنیا را تشکیل می‌دهند و به‌طور معمول کشاورزان ایران این دو گیاه را در تناوب با یکدگیر کشت می‌کنند (علیجانی و همکاران ۲۰۱۱). در سال‌های اخیر با توجه به تمایل کشاورزان به‌ویژه مناطق جنوبی کشور مانند استان فارس، اتخاذ و بکارگیری سامانه‌های خاک‌ورزی

www.SID.ir

Archive of SID

حفاظتی شامل کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی در مقابل خاک‌ورزی رایج به عنوان سازوکاری موثر برای حفظ پتانسیل عملکرد دانه از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در کشت ممتد گندم و یا تناوب گندم–ذرت با افزایش همراه بوده است (میرزاوند ۲۰۱۹). در استان فارس، پتانسیل عملکرد دانه گندم با توجه به خصوصیات هر رقم و نحوه مدیریت مزرعه‌ای متفاوت است. برای مثال پتانسیل عملکرد رقم چمران (رقم مورد مطالعه در این پژوهش) در استان فارس بین پنج تا ۱۰ تن در هکتار گزارش شده است (علیجانی و همکاران ۲۰۱۲). در رابطه با تاثیر خاک‌ورزی حفاظتی بر عملکرد در شرایط مختلف، گزارش‌های متفاوتی شامل تاثیر مثبت (بنی‌اسدی و همکاران ۲۰۱٤، جلالی و اسفندیاری ۲۰۱٦)، منفی و عدم تاثیر (مسیگا و همکاران ۲۰۱۲، مالیکا و همکاران ۲۰۱۵) وجود دارد. به عبارت دیگر، پاسخ عملکردی محصول به روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی تابع نوع محصول، شرایط آب و هوایی منطقه و سامانه کشت (دیم یا آبی) می‌باشد. افضلی‌نیا و کرمی (۲۰۱۸) بیان کردند که در شرایط کشت آبی، معمولا عملکرد محصول در خاک‌ورزی حفاظتی کمتر یا برابر با عملکرد محصول در خاک‌ورزی مرسوم (شخم با گاوآهن برگردان‌دار، دیسک و لولر) است. الحاجی و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که بیشترین میزان عملکرد محصول در گندم در شرایط بی خاک‌ورزی و باقی گذاشتن بقایا به دست آمد، درحالی‌که کمترین عملکرد در شرایط بی خاک‌ورزی و همراه با حذف بقایا حاصل شد.

هم‌چنین، روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی راهکاری مناسب جهت جلوگیری از حذف یا سوزاندن بقایا در کشاورزی پایدار به شمار می‌رود و نقشی مهم در بهبود ماده آلی خاک و عملکرد گیاه زراعی دارد. به عبارت دیگر، افزایش ماده آلی خاک از طریق کاهش عملیات خاک‌ورزی و حفظ بقایای گیاهی منجر به افزایش فراهمی عناصر غذایی قابل جذب به‌ویژه نیتروژن در خاک جهت بهبود تولید محصول می‌شود (ساریخانی و همکاران ۲۰۱۸، علیجانی و همکاران ۲۰۱۹). با توجه به محدودیت عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن که در مناطق جنوبی کشور تحت عملیات خاک‌ورزی رایج و کاهش ماده آلی خاک تشدید شده است، استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژنه را جهت حفظ پتانسیل عملکرد گیاه زراعی اجتناب ناپذیر می‌کند. بنابراین، تلفیق مدیریت خاک‌ورزی و کوددهی می‌تواند تاثیر به‌سزایی در تولید محصول، بهره‌وری پایدار و بهبود کارآیی نیتروژن داشته باشد. براساس نتایج پژوهش‌های مختلف، عملکرد دانه گندم در سامانه خاک‌ورزی رایج با افزایش مقدار کود نیتروژن افزایش می‌یابد، اما از کارآیی مصرف، کارآیی زراعی، کارآیی فیزیولوژیک و بازیافت ظاهری نیتروژن به‌طور محسوسی کاسته می‌شود (قلی و همکاران ۲۰۰۷، مراقبی و همکاران ۲۰۱۱، کشاورز و همکاران ۲۰۱٤). الوان و عبدالحامد (۲۰۱۱) معتقدند که بالاترین کارآیی مصرف نیتروژن با مصرف اولین واحد کودی حاصل می‌شود و با افزایش میزان کود نیتروژن افزایش کمتری در کارآیی مصرف نیتروژن حاصل خواهد شد. نتایج ارائه شده توسط آلاخ و همکاران (۲۰۱۲) حاکی از بهبود کارآیی مصرف نیتروژن در سامانه خاک‌ورزی حفاظتی بود. اکبری و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که بیشترین کارآیی مصرف نیتروژن در سامانه بی خاک‌ورزی و کاربرد ٦۰ درصد بقایای گیاهی به دست آمد. جلیلی و بحرانی (۲۰۱۲) نشان دادند کارآیی زراعی و کارآیی بازیافت ظاهری نیتروژن با افزایش نیتروژن از ۱۵۰ به ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار همراه با افزایش بقایای گیاهی از ۲۵ به ۵۰ درصد کاهش یافت. بنابراین، استفاده از مقدار مناسب کود نیتروژن و اتخاذ روش مناسب خاک‌ورزی نه تنها می‌تواند باعث افزایش عملکرد کیفی و کمی محصول شود، بلکه موجب بالا رفتن کارآیی مصرف نیتروژن می‌گردد. بدین ترتیب مقدار کمتری نیتروژن در خاک تجمع یافته و در نتیجه احتمال آبشویی و آلودگی محیط زیست کمتر خواهد شد (رنجبر و همکاران ۲۰۱۸).

www.SID.ir

Archive of SID

از سوی دیگر، تعیین و پایش شاخص تغذیه نیتروژن روشی موثر در تشخیص زمان و مقدار مناسب کاربرد نیتروژن مورد نیاز گیاه در مزرعه است. این شاخص که براساس خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه می‌باشد، از غلظت واقعی نیتروژن به غلظت نیتروژن بحرانی (حداقل غلظت نیتروژن مورد نیاز گیاه جهت حداکثر رشد و نمو) محاسبه می‌شود. در صورتی که این شاخص نزدیک به یک باشد، نشان دهنده این است که گیاه برای رشد حداکثر، با کمبود نیتروژن مواجه نیست. در حالی‌که مقادیر بیشتر از یک معرف مصرف بیش از حد و کمتر از یک معرف کمبود نیتروژن در گیاه است (معینی‌راد و همکاران ۲۰۱۹). براساس نتایج پژوهش‌های مختلف، شاخص تغذیه نیتروژن یک ابزار کارآمد برای تحلیل داده‌های به دست آمده از آزمایش‌های مزرعه‌ای به‌منظور تعیین وضعیت نیتروژنی گیاه و مدیریت کودهای نیتروژنه در مزرعه است. پُر واضح است که پایش شاخص تغذیه نیتروژن در گیاه زراعی می‌تواند به بهینه‌سازی زمان و مقدار مصرف کودهای نیتروژنی در راستای تامین دقیق نیازهای نیتروژنی گیاه زراعی متناسب با عملکرد هدف کمک نماید (زینلی و همکاران ۲۰۱۲، عطاالکریم و همکاران ۲۰۱٤، رنجبر و همکاران ۲۰۱۸). در ایران تحقیقات اندکی در زمینه ارزیابی مدیریت نیتروژن در مزارع گندم با استفاده از شاخص تغذیه نیتروژن به‌ویژه در سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی صورت گرفته است. حبیب و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند افزایش مقدار کاربرد نیتروژن در گندم مقدار شاخص تغذیه نیتروژن را افزایش داد اما با کاهش کارآیی مصرف نیتروژن گیاه همراه بود. در مطالعه فوق، بیشترین کارآیی مصرف نیتروژن گندم در شرایط حفظ بقایا در سامانه بی خاک‌ورزی و خاک‌ورزی رایج مشاهده شد، در حالی‌که شاخص تغذیه نیتروژن در تمام سطوح کاربرد کود تنها در سامانه بی خاک‌ورزی بیشترین بود (حبیب و همکاران ۲۰۱۷). علیجانی و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که نیاز گیاه زراعی ذرت به کود نیتروژن جهت رسیدن به حداکثر عملکرد محصول در سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی نسبت به سامانه خاک‌ورزی رایج بیشتر بود. در مطالعه فوق انجام عملیات بی خاک‌ورزی در مقایسه با کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی رایج منجر به کاهش شاخص کارآیی مصرف نیتروژن شد.

بنابراین، هدف از این پژوهش با توجه به اهمیت حفظ بقایا، کاهش عملیات شخم و نقش مهم نیتروژن جهت دستیابی به حداکثر عملکرد و بهبود کارآیی مصرف کود به‌ویژه در مناطق جنوبی کشور، بررسی اثر مدیریت تلفیقی روش‌های خاک‌ورزیف مدیریت بقایای ذرت و مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد دانه، کارآیی مصرف و شاخص تغذیه نیتروژن گندم در تناوب با ذرت در منطقه خشک و نیمه خشک زرقان استان فارس بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی و رایج بر بهبود کارآیی مصرف نیتروژن با پایش شاخص تغذیه نیتروژن گندم (رقم چمران) در تناوب ممتد با ذرت دانه‌ای (هیبرید سینگل کراس ۷۰٤)، پژوهشی مزرعه‌ای در دو سال زراعی (۱۳۹۵-۹٦ و ۹۷-۱۳۹٦) در مرکز تحقیقات کشاورزی زرقان، استان فارس به صورت آزمایش کرت‌های دو بار خُرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. قبل از شروع پژوهش دو نمونه خاک مرکب از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری مزرعه تهیه و برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ آورده شد. علاوه‌براین، متوسط بارندگی سالانه بلند مدت در منطقه ۲۳۵ میلی‌متر (طول جغرافیایی ″۳۵′۷۱°۵۲ شرقی و عرض جغرافیایی ″٤۲′۷٦°۲۹ شمالی و ارتفاع ۱۵۹٦ متر از سطح دریا) ثبت شده است (جدول ۲). تیمارها شامل روش‌های خاک-ورزی در سه سطح (خاک‌ورزی رایج (شخم با گاوآهن برگردان‌دار، دیسک و تراز کردن به وسیله‌ی ترازکننده کششی)، کم خاک‌ورزی (یک بار استفاده از خاک‌ورز مرکب متشکل از پنجه غازی و روتاری) و بی خاک‌ورزی

www.SID.ir

Archive of SID

(بدون هیچ‌گونه عملیات شخم یا خاک‌ورزی) به عنوان فاکتور اصلی، مدیریت بقایای گیاهی ذرت در دو سطح (حفظ و حذف تمام بقایای ذرت از سطح خاک) به عنوان فاکتور فرعی و مقادیر نیتروژن (صفر، ۱۰۱، ۱۵۲ و ۲۰۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) به عنوان فاکتور فرعی-فرعی بود. نیتروژن مورد نیاز گندم از منبع کود اوره (٤٦ درصد نیتروژن) تامین شد. در تیمار حفظ بقایا، محصول به وسیله دستگاه کمباین برداشت شد، به‌طوری که حدود ۳۰ درصد بقایای ذرت به صورت ایستاده با ارتفاع حدود ۳۰ سانتی‌متر باقی ماند. در کرت‌های بدون بقایای ذرت، گیاه از محل طوقه در سطح خاک کف‌بُر و از مزرعه خارج شد.

مزرعه در شروع تحقیق به‌صورت آیش بود، بنابراین در شروع آزمایش بقایای اندکی (بیشتر بقایای علف هرز) در مزرعه وجود داشت. برای کشت گندم (رقم چمران) از خطی کار کشت مستقیم (بذرکار-کودکار اسفوجیا، ۱۷ ردیفه، عرض کار سه متر و شیار بازکن دیسکی) و برای کشت ذرت (هیبرید سیگل کراس ۷۰٤) از ردیف کار کشت مستقیم (ردیفکار برتینی، پنج ردیفه و با عرض کار سه متر) استفاده گردید. ابعاد کرت‌های آزمایشی ٦ در ۲۰ متر بود. در کشت گندم، هر کرت شامل ۳۰ خط کاشت و فاصله خطوط کاشت ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله‌ی بین کرت‌های فرعی دو متر و تکرارها هشت متر در نظر گرفته شد. بذر گندم به مقدار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار در نیمه دوم آبان و بذر ذرت به مقدار ۲۵ کیلوگرم در هکتار در نیمه اول تیر ماه در کرت‌ها کشت شد. میزان کود مصرفی براساس نیاز کودی مزرعه در سال‌های مختلف، متفاوت بود که تمامی کود فسفات (حدود ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار)، پتاسیم (حدود ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و یک سوم کود اوره در زمان کاشت و توسط کارنده به کرت‌ها داده شد و بقیه کود اوره در دو مرحله به صورت سرک و با دست در مزرعه پخش شد. سایر عملیات زراعی شامل آبیاری (آبیاری غرقابی)، کنترل علف‌های هرز و مبارزه با آفات و بیماری‌ها در تمام تیمارها به‌طور یکسان اعمال شد. در زمان برداشت، بوته‌های گندم از مساحت دو مترمربع به صورت تصادفی و با در نظر گرفتن اثرات حاشیه‌ای با دست بریده و برداشت شدند. نمونه‌های گیاهی برداشت شده در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤٨ ساعت خشک شدند. ویژگی‌های مورد مطالعه شامل عملکرد دانه، شاخص تغذیه نیتروژن[1]، کارآیی جذب نیتروژن[2]، کارآیی زراعی نیتروژن[3]، کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن[4] و بازیافت ظاهری نیتروژن[5] در گندم بود. بدین منظور غلظت نیتروژن دانه و شاخساره به روش کلجدال تعیین شد (بریمنر ۱۹۹٦). نیتروژن کل گندم از مجموع نیتروژن در قسمت‌های دانه و شاخساره گندم با توجه به غلظت نیتروژن و وزن خشک گیاه محاسبه گردید. بازیافت ظاهری نیتروژن از روش دیلز (۱۹۸۸) به دست آمد.

(رابطه ۱)

$$ARE_N = \frac{N\ uptake\ at\ N_{app}\ plot - N\ uptake\ at\ N_0\ plot}{\text{N rate}\ at\ N_{app}\ plot} \times 100$$

در اینجا، ARE_N بازیافت ظاهری نیتروژن، N rate مقدار کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)، N uptake نیتروژن کل گیاه (کیلوگرم در هکتار) در شرایط کاربرد نیتروژن (Napp) و بدون نیتروژن (N0) بود. کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن از روش اصفان (۱۹۹۰) تعیین شد.

(رابطه ۲)

$$PE_N = \frac{Yield\ at\ N_{app}\ plot - Yield\ at\ N_0\ plot}{N\ uptake\ at\ N_{app}\ plot - N\ uptake\ at\ N_0\ plot}$$

[1] Nitrogen Nutrition Index; NNI
[2] Nitrogen Uptake Efficiency; NUpE
[3] Agronomic Efficiency of Nitrogen; AE_N
[4] Physiological Efficiency of Nitrogen; PE_N
[5] Apparent Recovery Efficiency of Nitrogen; ARE_N

www.SID.ir

Archive of SID

در اینجا، PE_N کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن، Yield عملکرد دانه گندم (کیلوگرم در هکتار) در شرایط کاربرد نیتروژن (Napp) و بدون نیتروژن (N0)، N uptake نیتروژن کل گیاه (کیلوگرم در هکتار) در شرایط کاربرد (رابطه ۳)

$$AE_N = \frac{Yield\ at\ N_{app}\ plot - Yield\ at\ N_0\ plot}{\text{N rate}\ at\ N_{app}\ plot}$$

در اینجا، AE_N کارآیی زراعی نیتروژن، Yield عملکرد دانه گندم (کیلوگرم در هکتار) در شرایط کاربرد نیتروژن (Napp) و بدون نیتروژن (N0)، N rate مقدار کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) بود. کارآیی جذب نیتروژن از روش راتک و همکاران (۲۰۰۶) محاسبه شد.

$$NUpE = \frac{Total\ N\ uptake}{\text{N rate}\ at\ N_{app}\ plot}$$ (رابطه ٤)

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در زرقان (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری)

ویژگی‌های شیمیایی خاک

قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک ($dS.m^{-1}$)	pH	ماده آلی خاک (%)	کربنات کلسیم معادل (%)	منگنز (ppm)	فسفرقابل جذب (ppm)	پتاس قابل جذب (ppm)	نیتروژن کل (%)
۰/٦٥	۷/۹	۱/۰۱	۳۷	۷	۱۳/٥	۲۸۰	۰/۰۷

بافت خاک

شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	کلاس بافت خاک
۱٥/۲	٤۸/٦	۳٦/۲	لوم رسی سیلتی

ویژگی‌های آب آبیاری

هدایت الکتریکی آب آبیاری ($dS.m^{-1}$)	۰/۸۱
pH آب آبیاری	۷/۰۰

در اینجا، NUpE کارآیی جذب نیتروژن، Total N uptake جذب کل نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) و N rate مقدار کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) در شرایط کاربرد نیتروژن (Napp) بود. کارآیی جذب نیتروژن نشان دهنده توانایی گیاه در جذب نیتروژن از خاک می‌باشد. شاخص تغذیه نیتروژن از روش جاستیس و همکاران (۱۹۹٤) تعیین شد

$$NNI = \frac{Nms}{\text{Nc}}$$ (رابطه ٥)

در اینجا NNI شاخص تغذیه نیتروژن، Nms غلظت نیتروژن گیاه در مرحله گلدهی و Nc غلظت بحرانی نیتروژن می‌باشد. غلظت بحرانی نیتروژن از رابطه ٦ محاسبه شد.

$$Nc = \text{a(DM)-b}$$ (رابطه ٦)

نیتروژن (Napp) و بدون نیتروژن (N0) بود. کارآیی زراعی نیتروژن از روش نوا و لومیس (۱۹۸۱) محاسبه شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۲- میانگین دما و مجموع بارندگی منطقه زرقان در دو سال متوالی کشت گندم در تناوب با ذرت

ماه	سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵		سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶	
	دما(°C)	بارندگی (mm)	دما (°C)	بارندگی (mm)
آبان	۱٤/۰۰	۷/۸۰	۱۰/۱۷	۱۱/۳۰
آذر	۱۱/۲۰	۳/٦۰	۸/۲٦	۷/۰۰
دی	۸/۹۰	۲۲/۳۰	٦/٦۸	۲۷/۵۰
بهمن	۸/۰۰	۱۳/٤۰	۵/۲٦	۱۵٦/۱۰
اسفند	۱۲/۵۰	۹۷/٦۰	۸/۹۹	۱۷/۵۰
فروردین	۲۰/٤۰	۱۰/۰۰	۱۵/٦۱	٤/۵۰
اردیبهشت	۲۵/۲۰	۲۸/۲۰	۱۹/٤۳	۱٦۸/۵۰
خرداد	۳۱/۱۰	۰/۰۰	۲۳/۷۵	۵٦/۱۰
تیر	۳۱/٦۰	۰/۰۰	۲۵/٦٤	٦۸/۵۰
میانگین/مجموع	۱۸/۱۰	۱۸۲/۹۰	۱٤/٤۹	۵۱۷/۰۰

نیتروژن به روش هضم کجدال، پتاسیم به روش عصاره‌گیری استات آمونیوم و فسفر به روش اُولسن تعیین شدند (چپمن و پرت ۱۹۸۲).

در اینجا، Nc غلظت بحرانی نیتروژن، DM وزن خشک شاخساره، a و b ضرایب ثابت معادله با توجه به نوع گیاه بود. مقدار ضریب a و b برای گندم به ترتیب ۵/۳۵ و ۰/٤٤۲ می‌باشد (جاستیس و همکاران ۱۹۹٤). کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.3 انجام گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد و جهت رسم شکل‌ها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد. از آنجایی‌که آنالیز مرکب داده‌ها نشان داد اثر سال در طول تناوب گندم-ذرت بر صفات عملکرد دانه، کارآیی مصرف و شاخص تغذیه نیتروژن گندم معنی‌دار بود، مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه به تفکیک سال گزارش گردید (جدول ۳).

نتایج و بحث

بررسی داده‌های دما و بارندگی در طول دو سال زراعی نشان داد در سال زراعی ۹۷-۱۳۹٦ میانگین دمای هوا نسبت به سال زراعی ۹٦-۱۳۹۵ حدود ۳/۵ درجه سانتی‌گراد کمتر بود و در همین سال میزان بارندگی حدود ۱/۸ برابر با افزایش همراه بود که می‌تواند منجر به تغییراتی در میزان عملکرد و شاخص‌های کارآیی نیتروژن دانه گندم بگذارد و از این‌رو مقایسه میانگین‌ها برای هر سال زراعی جداگانه انجام شد (جدول ۲). براساس نتایج حاصل از این پژوهش، کارآیی مصرف و شاخص تغذیه نیتروژن در گندم تحت تاثیر کاربرد مقادیر مختلف نیتروژن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. به‌علاوه، اثر روش‌های خاک‌ورزی بر کارآیی مصرف و شاخص تغذیه نیتروژن در سطح احتمال یک تا پنج درصد معنی‌دار بود، اما اثر بقایای ذرت بر تمام صفات مورد مطالعه معنی‌دار نبود. در مقابل، اثر برهمکنش روش‌های خاک‌ورزی، بقایای ذرت و مقادیر نیتروژن بر کارآیی مصرف و شاخص تغذیه نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

شاخص‌های کارآیی نیتروژن

کارآیی بازیافت ظاهری نیتروژن

براساس نتایج این پژوهش کاربرد نیتروژن باعث افزایش کارآیی بازیافت ظاهری نیتروژن در گندم شد، به گونه‌ای که بیشترین مقدار کارآیی بازیافت ظاهری

www.SID.ir

Archive of SID

نیتروژن با کاربرد ۲۰۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد. در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵، بیشترین کارآیی بازیافت ظاهری نیتروژن در شرایط حفظ بقایا و کاربرد ۲۰۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سامانه بی خاک-ورزی (۴۹/۷۳ درصد) و سپس در سامانه خاک‌ورزی رایج (۴۷/۶۴ درصد) به دست آمد که نسبت به شرایط حذف بقایا به ترتیب ۳/۷۷ و ۳۸/۳۷ درصد بیشتر بود (شکل ۱ الف). در مقابل، بیشترین کارآیی بازیافت ظاهری نیتروژن در سامانه کم خاک‌ورزی (۴۶/۸۴ درصد) با کاربرد بیشترین مقدار نیتروژن و حذف بقایا مشاهده شد. کمترین کارآیی بازیافت ظاهری نیتروژن (۲۱/۱۷ درصد) در سامانه خاک‌ورزی رایج و حذف بقایا با کاربرد کمترین مقدار نیتروژن (۱۰۱ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) حاصل شد که نسبت به شرایط حفظ بقایای ذرت ۳۸/۴۶ درصد کاهش داشت (شکل ۱ الف). در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶، بیشترین کارآیی بازیافت ظاهری نیتروژن گندم (۵۲/۷۸ درصد) با کاربرد بیشترین مقدار نیتروژن در سامانه کم خاک‌ورزی و حفظ بقایا به دست آمد که نسبت به شرایط حذف بقایا ۱۴/۵۶ درصد افزایش داشت (شکل ۱ ب). در مقابل، بیشترین کارآیی بازیافت ظاهری نیتروژن در سامانه خاک‌ورزی رایج (۴۸/۸۹ درصد) و سپس بی خاک‌ورزی (۴۳/۲۱ درصد) در شرایط حذف بقایای ذرت با کاربرد مقادیر بیشتر از ۱۵۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد. کمترین کارآیی بازیافت ظاهری نیتروژن (۱۳/۷۱ درصد) در سامانه کم خاک-ورزی با کاربرد کمترین مقدار نیتروژن و حفظ بقایا مشاهده شد (شکل ۱ ب).

در پژوهش حاضر، کارآیی بازیافت ظاهری با کاربرد نیتروژن افزایش یافت که با نتایج یوسفی و همکاران (۲۰۱۸) که گزارش کردند کاربرد سطوح بالای نیتروژن منجر به کاهش کارآیی بازیافت ظاهری به دلیل ثابت بودن ظرفیت جذب و استفاده از نیتروژن توسط گیاه و افزایش هدر روی عنصر مذکور می‌گردد، همخوانی نداشت. دلیل این تناقض می‌تواند در ارتباط با توانایی گیاه در جذب و بکارگیری نیتروژن در نتیجه نوع و رقم گیاه، رطوبت، حاصلخیزی خاک و عوامل محیطی باشد زیرا کارآیی بازیافت ظاهری توانایی گیاه را در جذب نیتروژن به ازاء هر واحد نیتروژن مصرفی نشان می‌دهد (لوپیز-بیلدو و لوپیز-بیلدو ۲۰۰۱). از سوی دیگر، کاهش عملیات خاک‌ورزی به‌ویژه کم خاک‌ورزی تا حدی توانسته است اثرات مثبتی بر بهبود کارآیی بازیافت ظاهری داشته باشد. ساریخانی و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که سامانه کم خاک‌ورزی می‌تواند نقش موثری در افزایش محتوای ماده آلی و نیتروژن کل در خاک داشته باشد و در نهایت منجر به افزایش کارآیی بازیافت ظاهری نیتروژن گردد که با نتایج سیدی و رضوانی مقدم (۲۰۱۱) همخوانی داشت.

کارآیی زراعی نیتروژن

در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵، نتایج نشان داد که همواره کاربرد بیشتر کود نیتروژن منجر به کاهش کارآیی زراعی نیتروژن در گندم شد. بیشترین کارآیی زراعی نیتروژن (۱۹/۳۱ کیلوگرم بر کیلوگرم) در سامانه کم خاک‌ورزی با کاربرد ۱۵۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و حذف بقایا حاصل شد (شکل ۱ ج). به‌طور مشابه، کارآیی زراعی نیتروژن در سامانه خاک‌ورزی رایج در شرایط حذف بقایا و کاربرد ۱۵۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین مقدار بود که نسبت به حفظ بقایا ۶/۲۷ درصد (۱۷/۹۴ در مقابل ۱۶/۸۸ کیلوگرم بر کیلوگرم) افزایش یافت. در سامانه بی خاک‌ورزی بیشترین مقدار کارآیی زراعی نیتروژن (۱۴/۷۹ کیلوگرم بر کیلوگرم) در شرایط حفظ بقایای ذرت و کاربرد ۱۰۱ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد و افزایش نیتروژن تا سطح ۲۰۲ کیلوگرم در هکتار منجر به کاهش ۲۱/۳۶ درصدی کارآیی زراعی نیتروژن شد (شکل ۱ ج). در سال زراعی دوم، بیشترین مقدار کارآیی زراعی نیتروژن در سامانه خاک‌ورزی رایج با کاربرد ۱۰۱ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و حفظ بقایا (۱۹/۰۲ کیلوگرم بر کیلوگرم) به دست آمد و سپس در سامانه کم خاک‌ورزی با کاربرد ۲۰۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و حفظ بقایا (۱۸/۹۲ کیلوگرم بر کیلوگرم) مشاهده شد (شکل ۱ د). کمترین مقدار کارآیی زراعی نیتروژن در هر دو سال زراعی در سامانه

www.SID.ir

Archive of SID

بی خاک‌ورزی و حذف بقایا به دست آمد به‌گونه‌ای که در سال زاعی اول با کاربرد ۱۵۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (شکل ۱ ج) و در سال زراعی دوم با کاربرد ۱۰۱ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد (شکل ۱ د).

نتایج این پژوهش نشان داد در سطوح بالاتر نیتروژن کارآیی زراعی نیتروژن در گندم در شرایط حذف بقایای ذرت کاهش یافت، درحالی که حفظ بقایای گیاهی به تدریج نیاز به کاربرد نیتروژن را در تمام روش‌های خاک‌ورزی افزایش داد که احتمالا به دلیل افزایش نسبت کربن به نیتروژن می‌باشد و با نتایج علیجانی و همکاران (۲۰۱۲) هم‌خوانی داشت. هم‌چنین، علیجانی و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند پاسخ کارآیی زراعی نیتروژن در شرایط نیتروژن بیشتر متناسب با نوع روش خاک‌ورزی و مدیریت بقایا متفاوت است و لزوماً نیتروژن بیشتر منجر به افزایش کارآیی زراعی نیتروژن نمی‌شود. برخی از پژوهشگران، علت کاهش کارآیی زراعی نیتروژن در اثر افزایش مصرف نیتروژن را با افزایش سرعت از دست رفتن عنصر نیتروژن از طریق آبشویی، تصعید و یا عدم جذب موثر آن توسط گیاه مرتبط دانسته‌اند (شهراسبی و همکاران ۲۰۱۶، علیجانی و همکاران ۲۰۱۹). بنابراین، با مدیریت صحیح روش‌های خاک‌ورزی و حفظ بقایا در سطح خاک که با افزایش محتوای ماده آلی و نیتروژن کل در خاک همراه است، می‌توان هزینه تولید را به حداقل رساند و کارآیی زراعی نیتروژن را نیز افزایش داد (ریال‌لُورا و همکاران ۲۰۱۶، ابراهیمیان و همکاران ۲۰۱۶).

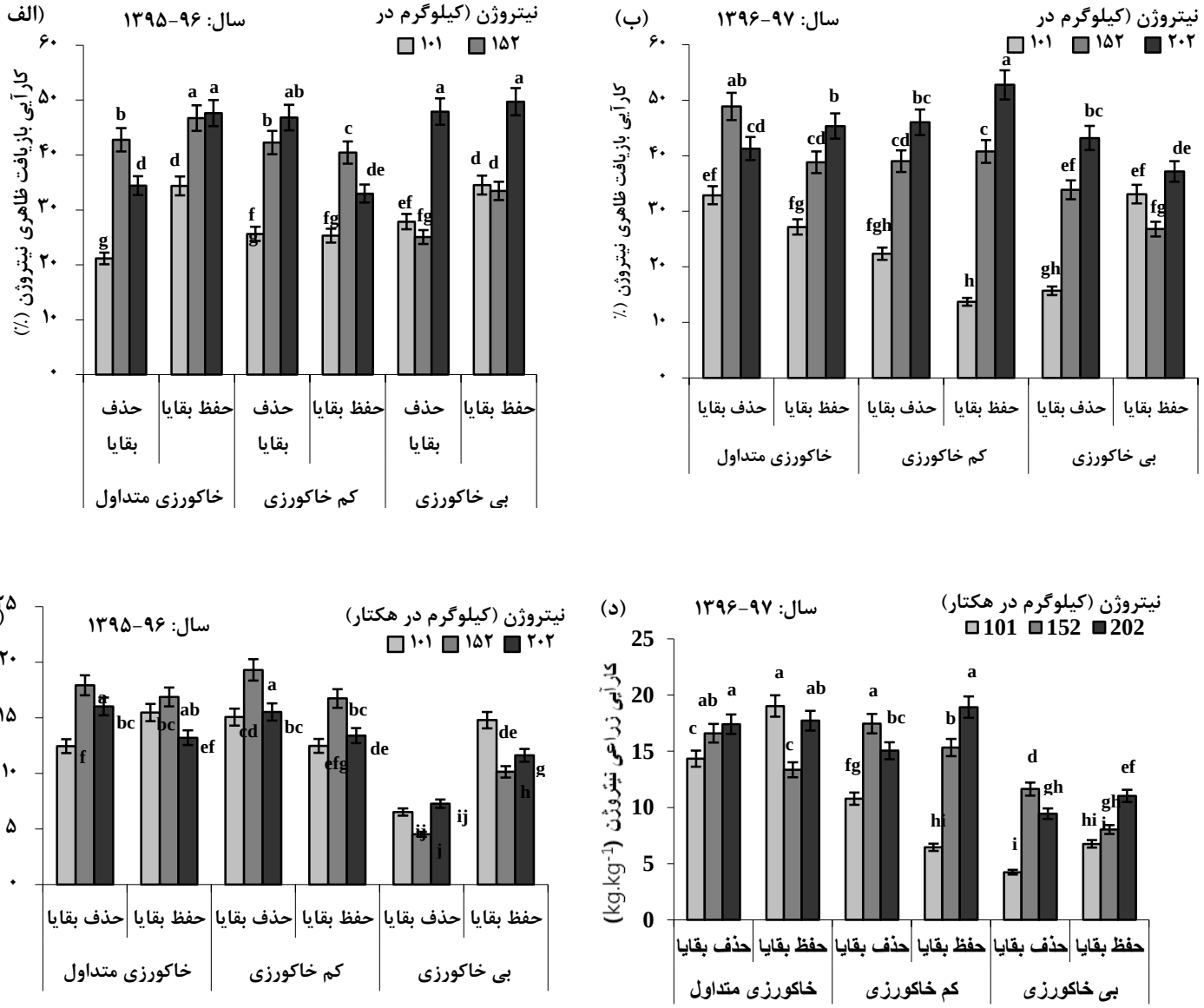
جدول۳- نتایج تجزیه واریانس خاک‌ورزی، بقایای ذرت، نیتروژن و برهمکنش آن‌ها بر کارآیی مصرف نیتروژن و عملکرد دانه گندم

منابع تغییرات	درجه آزادی	بازیافت ظاهری نیتروژن	کارآیی زراعی نیتروژن	کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن	کارآیی جذب نیتروژن	شاخص تغذیه نیتروژن	عملکرد دانه
سال (Y)	۱	۱۸۵/۴۶*	۲۱/۱۷*	۱۰۰/۴۷*	۰/۰۲۳*	۰/۰۵*	۳۷۴۱۶۴۵/۴**
خطای اول (a)	۴	۲۵/۴۶ns	۳/۴۶ns	۲۴/۸۹ns	۰/۰۰۳ns	۰/۰۱ns	۲۷۸۱۰۲/۷ns
خاک‌ورزی (T)	۲	۲۵۶/۳۳*	۳۸۳/۷۴**	۷۰۲/۳۴**	۰/۰۷۴**	۰/۰۹*	۸۳۹۲۰۶۹/۴**
Y×T	۲	۶۹/۵۶ns	۱۰/۹۸ns	۱۶۴/۲۰*	۰/۰۱۳*	۰/۰۱ns	۵۴۳۷۴۸/۳*
خطای دوم (b)	۸	۴۵/۸۹ns	۷/۵۸ns	۶۸/۲۷ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۰۴ns	۴۱۰۳۸/۹ns
بقایا (R)	۱	۳۴/۷۷ns	۶/۰۲ns	۳۷/۳۱ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۳ns	۵۲۵۱۷/۴ns
Y×R	۱	۹۴/۲۹ns	۶/۸۵ns	۱۴۸/۹۱*	۰/۰۰۱ns	۰/۰۳ns	۱۲۴۴۹۱/۴ns
A×R	۲	۸۱/۷۴ns	۳۹/۰۸*	۵۴/۹۵ns	۰/۰۳۲*	۰/۰۴*	۲۲۱۳۹۱۰/۹**
خطای سوم (c)	۲	۱۵۶/۹۵ns	۲۸/۷۵*	۱۶۷/۵۸*	۰/۰۰۳ns	۰/۰۳ns	۸۶۲۰۴/۴ns
نیتروژن (N)	۳	۱۳۶۶۰/۰۵**	۱۶۰۰/۲۷**	۱۵۴۹۲/۵۹**	۳/۰۸۷**	۵/۵۲**	۵۱۵۱۶۵۲۸/۳**
Y×N	۳	۴۳/۳۳ns	۳۲/۴۲*	۸۰/۰۱ns	۰/۰۲۴**	۰/۰۱ns	۹۰۹۷۹۷/۷*
T×N	۶	۲۴۹/۵۳*	۶۲/۸۹*	۱۰۷/۴۴*	۰/۰۱*	۰/۰۲ns	۱۴۳۷۱۷۰/۶*
R×N	۳	۳۵/۸۷ns	۱۵/۵۶*	۱۶/۸۰ns	۰/۰۱*	۰/۰۱ns	۱۶۱۹۲۹/۴ns
T×R×N	۶	۳۸۹/۲۷*	۱۷/۳۳*	۳۵۲/۴۷*	۰/۰۳۲**	۰/۰۷*	۳۴۶۹۹۴/۷*
خطای باقی مانده (c)	۹۹	۷۳/۲۵	۵/۸۸	۸۹/۷۸	۰/۰۰۶	۰/۰۱	۱۰۳۴۷۶/۰
ضریب تغییرات (٪)		۱۱/۶۳	۱۴/۶۲	۱۴/۷۸	۱۹/۲۷	۱۲/۱۲	۱۱/۰۲

ns، * و ** به ترتیب بیانگر نداشتن اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشند (دانکن=۵درصد).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- اثر روش‌های خاک‌ورزی و مقادیر نیتروژن بر کارآیی بازیافت ظاهری و کارآیی زراعی نیتروژن گندم در تناوب گندم-ذرت در دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ (ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت

کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن

نتایج این پژوهش نشان داد با کاربرد نیتروژن تا ۲۰۲ کیلوگرم در هکتار کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن در گندم با کاهش همراه شد. در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵، بیشترین مقدار کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن (۵۹/۳۰ کیلوگرم بر کیلوگرم) در سامانه خاک‌ورزی رایج با کاربرد ۱۰۱ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و حذف بقایا به دست آمد (شکل ۲ الف). به‌طور مشابه، کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن در سامانه کم خاک‌ورزی و سپس بی خاک-ورزی (به ترتیب ۵۵/۷۵ و ۳۷/۸۱ کیلوگرم بر کیلوگرم) در شرایط حذف بقایا و کاربرد ۱۰۱ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد. در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶،

www.SID.ir

Archive of SID

بیشترین کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن (۵۸/۱۸ کیلوگرم بر کیلوگرم) در سامانه خاک‌ورزی رایج با کاربرد کمترین مقدار نیتروژن و حفظ بقایا به دست آمد و سپس کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن در سامانه کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی به ترتیب در شرایط حذف و حفظ بقایای ذرت بیشترین بود (شکل ۲ ب). در هر دو سال زراعی، کمترین کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن در سامانه بی خاک‌ورزی با کاربرد ۲۰۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و حذف بقایا مشاهده شد (شکل۲ الف و ب).

کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن توانایی گیاه را در افزایش عملکرد در پاسخ به نیتروژن جذب شده نشان می‌دهد و به عبارت دیگر حاکی از پتانسیل گیاه در استفاده از نیتروژن جذب شده در جهت تولید می‌باشد. طبق نتایج این مطالعه، افزایش کاربرد نیتروژن در سامانه‌های خاک‌ورزی منجر به کاهش کارآیی فزیولوژیک شد که احتمالا یکی از دلایل بروز این نتیجه آن است که گندم یک گیاه سه کربنه می‌باشد و سهم بیشتری از نیتروژن جذب شده را صرف بازسازی آنزیم رابیسکو می‌کند. بنابراین کارآیی نیتروژن جذب شده در اسیمیلاسیون مواد فتوسنتزی کاهش می‌یابد که با نتایج ریال‌لُورا و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت داشت. از سوی دیگر، کاهش عملیات شخم همراه با حفظ بقایای گیاهی می‌تواند سبب بهبود میزان ماده آلی خاک و هم‌چنین افزایش فراهمی عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن در خاک شود. از این‌رو در سامانه‌های خاک‌ورزی به‌ویژه خاک-ورزی حفاظتی با حفظ بقایا فراهمی نیتروژن احتمالا به دلیل کاهش تلفات آن از طریق آبشویی بیشتر می‌شود و کارآیی جذب و مصرف نیتروژن بهبود می‌یابد (حبیب و همکاران ۲۰۱۷، ساریخانی و همکاران ۲۰۱۸).

کارآیی جذب نیتروژن

در هر دو سال زراعی، کارآیی جذب نیتروژن در گندم با کاربرد مقادیر بیشتر نیتروژن با افزایش همراه شد. در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵، بیشترین کارآیی جذب نیتروژن (۰/۶۶ کیلوگرم بر کیلوگرم) در سامانه بی خاک‌ورزی با کاربرد کمترین مقدار نیتروژن و حفظ بقایا به دست آمد که نسبت به حذف بقایا ٤٦/٦٦ درصد بیشتر بود. در سامانه خاک‌ورزی رایج و کم خاک‌ورزی بیشترین کارآیی جذب نیتروژن (به ترتیب ۰/۶۵ و ۰/۶۳ کیلوگرم بر کیلوگرم) با کاربرد ۲۰۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در شرایط حذف بقایای ذرت مشاهده شد (شکل ۲ ج). در سال ۹۷-۱۳۹۶، بیشترین کارآیی جذب نیتروژن (۰/۷٤ کیلوگرم بر کیلوگرم) در سامانه کم خاک‌ورزی با کاربرد ۲۰۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و حفظ بقایای ذرت به دست آمد. به‌طور مشابه، در سامانه خاک‌ورزی رایج و بی خاک‌ورزی بیشترین کارآیی جذب نیتروژن با کاربرد بیشترین مقدار نیتروژن و حفظ بقایای ذرت حاصل شد که نسبت به حذف بقایا به ترتیب ۵/۷۹ و ۸/۰۶ درصد بیشتر بود (شکل ۲ د). در هر دو سال زراعی، کمترین کارآیی جذب نیتروژن در سامانه بی خاک‌ورزی و حذف بقایای ذرت با کاربرد ۱۰۱ تا ۱۵۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد (شکل ۲).

نتایج این مطالعه نشان داد استفاده بیشتر از مقادیر نیتروژن، لزوماً باعث افزایش کارآیی جذب نیتروژن نشد. از آنجایی‌که کارآیی جذب نیتروژن نشان می‌دهد که از مجموع نیتروژن مصرف شده چه میزان از آن در زیست توده گیاه تجمع یافته است، به‌نظر می‌رسد که در مقادیر بالای کاربرد کود، مقدار زیادی از نیتروژن در خاک باقی می‌ماند و جذب گیاه نمی‌شود. به عبارت دیگر، مقدار زیادی از نیتروژن خاک از دسترس گیاهان بسته به نوع رقم و شرایط محیطی از طریق آبشویی و یا عوامل دیگر خارج می‌شود (سهرابی و همکاران ۲۰۱٤). جنتیل و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که استفاده از نیتروژن به همراه برگرداندن بقایا در مقایسه با حذف بقایا باعث افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه شد. حضور بقایای گیاهی با آزادسازی آهسته عناصر غذایی طی مراحل رشد گیاه موجب افزایش حاصلخیزی و تامین عناصر ضروری از جمله نیتروژن جهت رشد گندم می‌شود

www.SID.ir

Archive of SID

(لیمن‌اُرتگا و همکاران ۲۰۰۸). ابراهیمیان و همکاران (۲۰۱٦) گزارش کردند که انجام عملیات کم خاک‌ورزی و حفظ بقایای گیاهی منجر به افزایش کارآیی جذب نیتروژن در گندم تا ٦۲/۲ درصد شد. وانگ و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که حفظ بقایای گیاهی اثر مثبتی بر کارآیی جذب نیتروژن دارد و دلیل این امر را دسترسی بیشتر گیاه به نیتروژن به دلیل آزادسازی تدریجی نیتروژن از بقایای گیاهی به همراه نیتروژن آزاد شده از کود شیمیایی عنوان کردند. نکته قابل توجه این است که در شرایط عدم مصرف کود و یا سطوح پایین کود نیتروژن تجزیه بقایا به کندی صورت گرفته و در نتیجه آن نیتروژن کمتری جذب می‌شود (سهرابی و همکاران ۲۰۱٤) که با نتایج این پژوهش هم‌خوانی داشت.

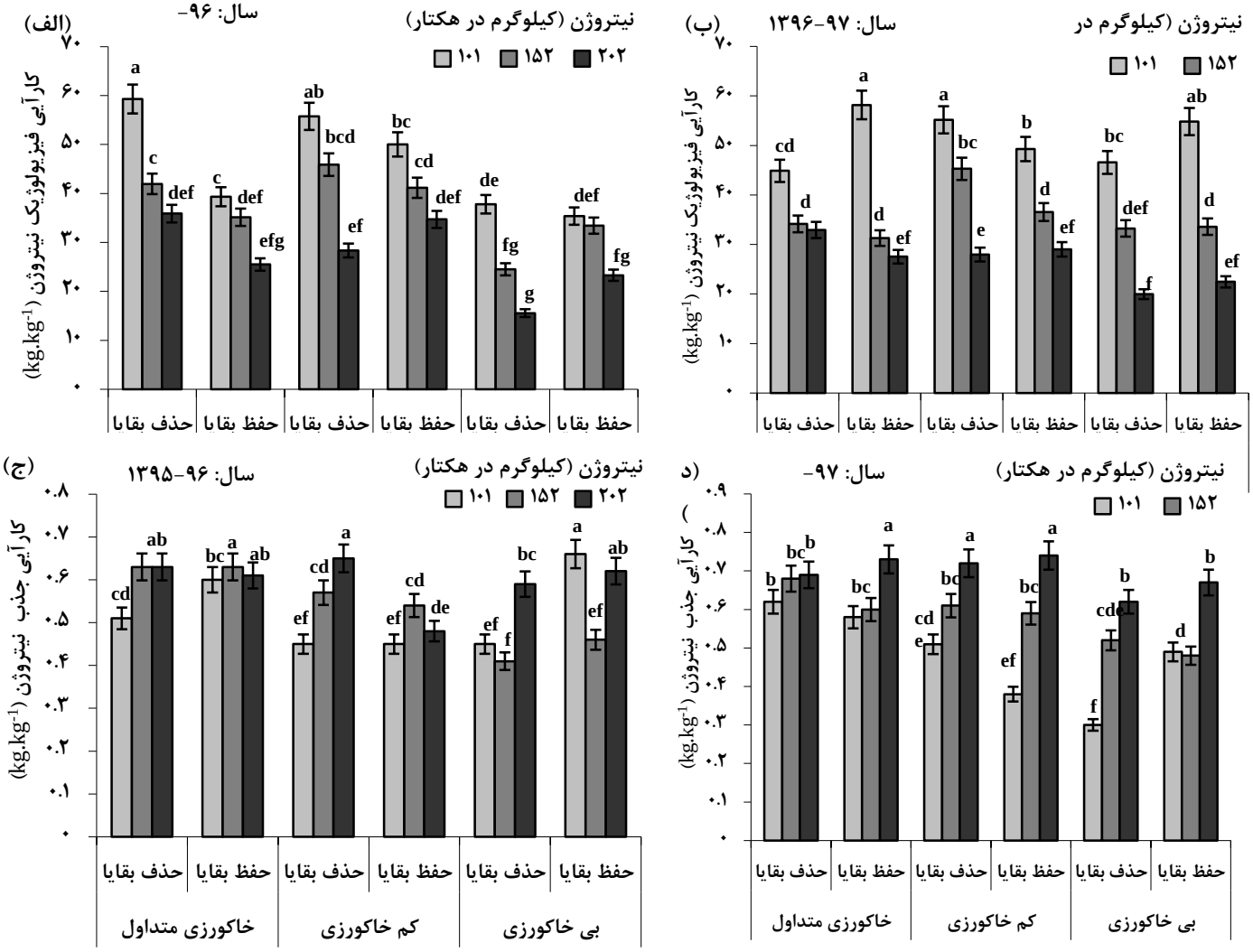
شاخص تغذیه نیتروژن

در هر دو سال زراعی، شاخص تغذیه نیتروژن گندم با کاربرد نیتروژن بیشتر همواره افزایش یافت. هم‌چنین، مقادیر شاخص تغذیه نیتروژن در سال زراعی دوم به مراتب بیشتر از سال زراعی اول بود (شکل ۳). در سال زراعی ۹٦-۱۳۹۵، شاخص تغذیه نیتروژن گندم برابر عدد یک (۰/۹۸ در شرایط حذف بقایا و ۱/۰۳ در شرایط حفظ بقایا) با کاربرد ۱۵۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سامانه کم خاک‌ورزی حاصل شد (شکل ۳ الف و ب). در سال زراعی ۹۷-۱۳۹٦، شاخص تغذیه نیتروژن برابر عدد یک (۰/۹۹) در سامانه کم خاک‌ورزی و در شرایط حذف بقایا (شکل ۳ ج) و سپس در سامانه بی خاک‌ورزی و حفظ بقایا (۰/۹۵) زمانی به دست آمد که ۱۵۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار استفاده شد (شکل ۳ د). کاربرد مقادیر بیشتر و کمتر از ۱۵۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب باعث افزایش و کاهش شاخص تغذیه نیتروژن نسبت به عدد یک شد (شکل ۳).

نتایج این مطالعه نشان داد افزایش کاربرد نیتروژن منجر به افزایش شاخص تغذیه نیتروژن شد اما کاهش کارآیی زراعی و فیزیولوژیک نیتروژن را به دنبال داشت که با نتایج حبیب و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت داشت. از شاخص تغذیه نیتروژن می‌توان جهت پایش وضعیت نیتروژن درون گیاه استفاده نمود، زیرا مقادیر میانگین شاخص تغذیه نیتروژن باید همواره در حداکثر مقدار یک باشد و مقادیر بیشتر از یک نشان دهنده مصرف تجملی و کمتر از یک نشان دهنده کمبود نیتروژن است. در مطالعه حاضر، مقادیر میانگین شاخص تغذیه نیتروژن که به مقدار یک نزدیک‌تر بود در شرایط حفظ بقایا در سامانه خاک‌ورزی حفاظتی به ویژه کم خاک‌ورزی با کاربرد ۱۵۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد که نشان دهنده فاصله ناچیزی بین وضعیت واقعی (موجود) تغذیه نیتروژن گندم و وضعیت مطلوب تغذیه نیتروژنی می‌باشد که با نتایج سایر پژوهش‌ها هم‌خوانی داشت (یاو و همکاران ۲۰۱٤، اتاالُ‌کریم و همکاران ۲۰۱۷، زهاو و همکاران ۲۰۱۷). این در حالی است که با مصرف بیشتر از ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار شاخص تغذیه نیتروژن در تمام سامانه‌های خاک‌ورزی بیشتر از یک شد که این موضوع حاکی از مصرف تجملی کود در مزرعه بود که با نتایج پژوهش معینی‌راد و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت داشت.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲- اثر روش‌های خاک‌ورزی و مقادیر نیتروژن بر کارآیی فیزیولوژیک و کارآیی جذب نیتروژن گندم در تناوب گندم-ذرت در دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ (ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی-داری ندارند)

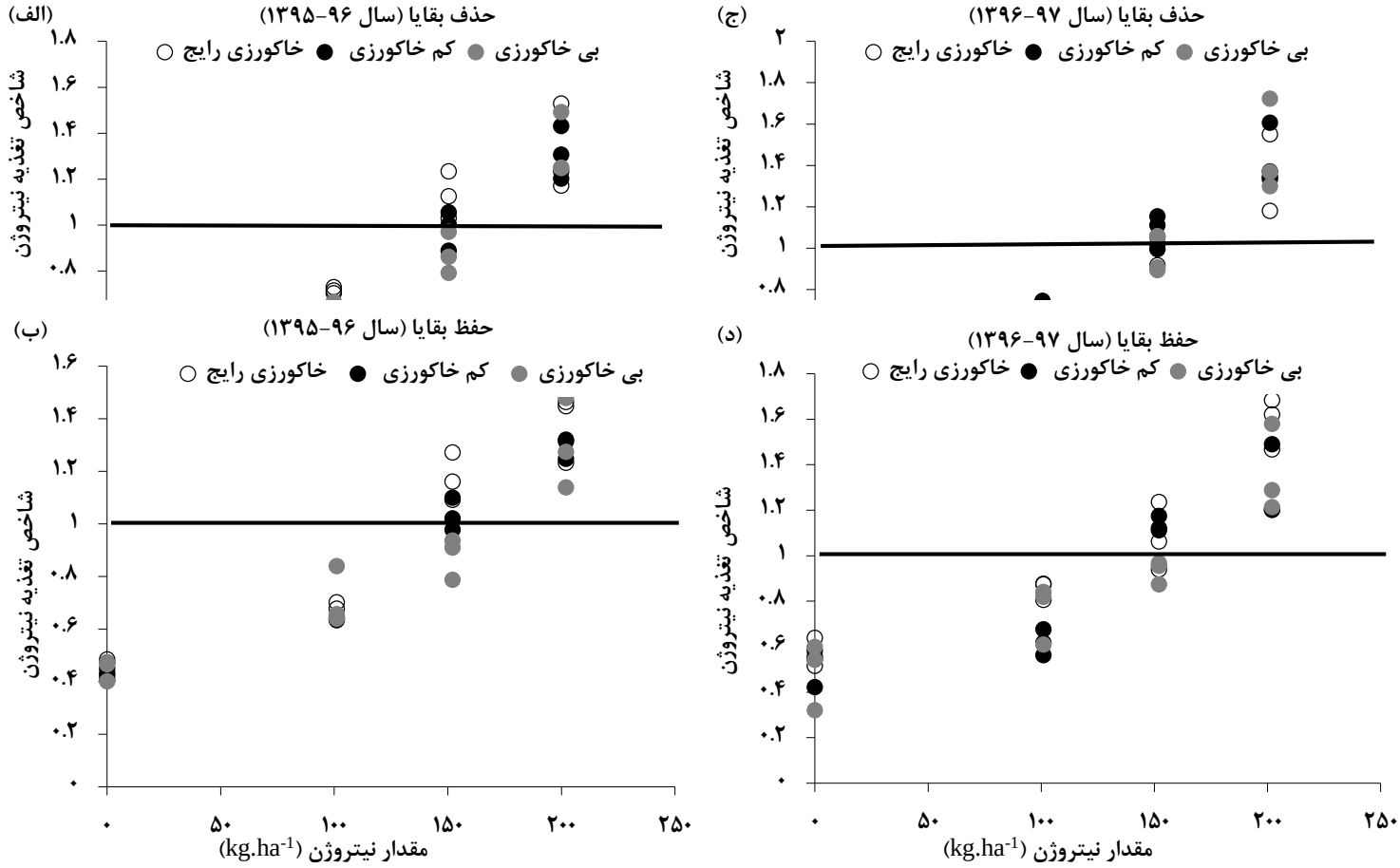
عملکرد دانه گندم

در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵، بیشترین عملکرد دانه گندم (٤٦٦٧ کیلوگرم در هکتار) در سامانه خاک‌ورزی رایج با کاربرد ۲۰۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و حذف بقایا به دست آمد که نسبت به کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی به ترتیب ۱۰/٦۷ و ٦۳/۲٦ درصد بیشتر بود (شکل ٤ الف). در شرایط کاربرد ۲۰۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، انجام عملیات کم خاک‌ورزی و حفظ بقایا منجر به کاهش ۱۰/۲۷ درصدی عملکرد دانه گندم شد. در مقابل، عملکرد دانه در سامانه بی خاک‌ورزی و حفظ بقایا نسبت به حذف بقایا با کاربرد ۲۰۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ۲٤/۷۸ درصد افزایش یافت (شکل ٤ الف). در سال زراعی ۹۷-۱۳۹٦، بیشترین عملکرد دانه گندم (٥۲٦٦ کیلوگرم در هکتار) در سامانه کم خاک‌ورزی و حفظ بقایا با کاربرد ۲۰۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد که نسبت به حذف بقایا پنج درصد بیشتر بود (شکل ٤ ب). در شرایط

www.SID.ir

Archive of SID

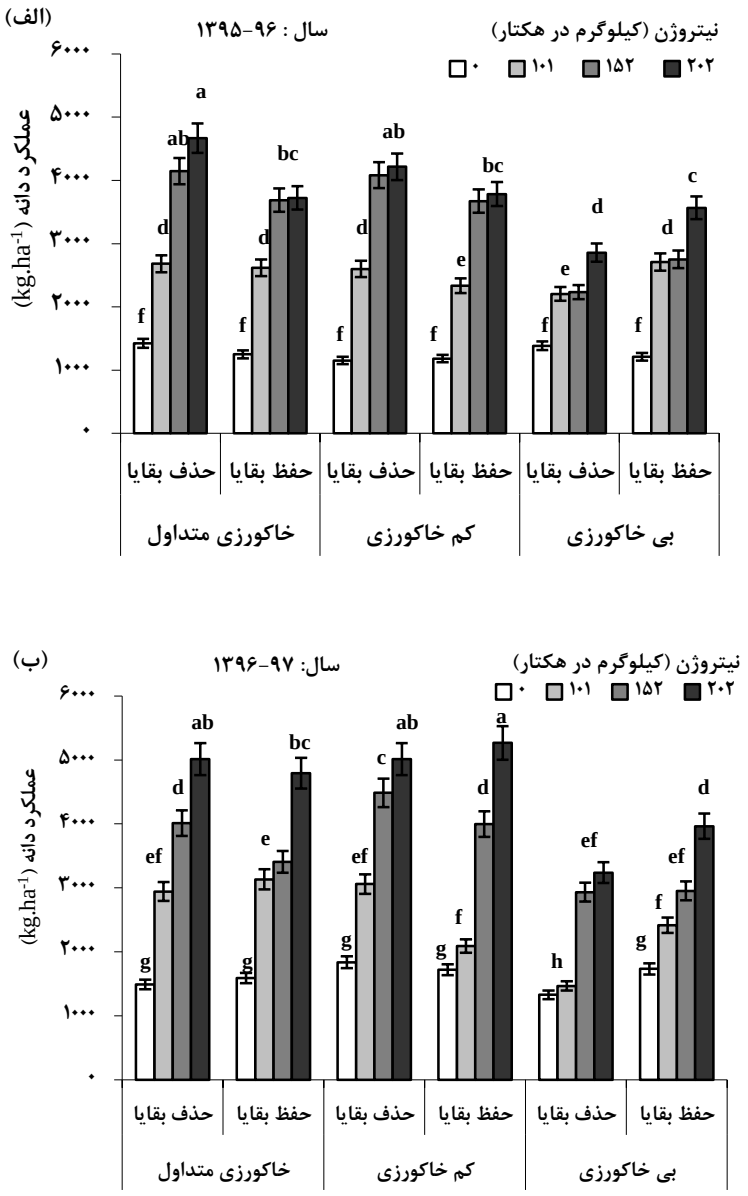
کاربرد ۱۵۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، بیشترین عملکرد دانه گندم (٤٤٨٦ کیلوگرم در هکتار) در سامانه کم خاک‌ورزی و حذف بقایا به دست آمد. کمترین عملکرد دانه گندم در سال زراعی اول (۱۱۵۲ کیلوگرم در هکتار) در سامانه کم خاک‌ورزی و در سال زراعی دوم (۱۳۲۷ کیلوگرم در هکتار) در سامانه بی خاک‌ورزی در شرایط حذف بقایا و بدون نیتروژن مشاهده شد (شکل ٤).



شکل۳- اثر روش‌های خاک‌ورزی و مقادیر نیتروژن بر شاخص تغذیه نیتروژن گندم در تناوب گندم-ذرت در دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ (ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ٥ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۴- اثر روش‌های خاک‌ورزی و مقادیر نیتروژن بر عملکرد دانه گندم در تناوب گندم-ذرت در دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ (ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند)

نتایج این پژوهش نشان داد کاهش عملیات خاک-ورزی و حفظ بقایای گیاهی می‌تواند در مقایسه با انجام عملیات خاک‌ورزی رایج و حذف بقایا منجر به بهبود پتانسیل عملکرد دانه گندم در تناوب با ذرت گردد. براساس نتایج پژوهش‌های مختلف، کاهش دفعات شخم و باقی گذاشتن بقایای گیاهی نقشی موثر در بهبود ساختمان و حاصلخیزی خاک دارد و این امر به تدریج منجر به افزایش ماده آلی و کاهش تبخیر آب از سطح خاک می‌گردد. بنابراین، با افزایش ماده آلی و بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حتی زیستی در محیط

www.SID.ir

Archive of SID

خاک، شرایط رشد و نمو گیاه زراعی بهبود می‌یابد و به دنبال آن عملکرد محصول افزایش خواهد یافت (لی و همکاران ۲۰۰۷، رومرو-پرزگروواز و همکاران ۲۰۱٤). محمدی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که عملکرد دانه گندم در سامانه کم خاک‌ورزی (گاوآهن قلمی) به دلیل افزایش رطوبت خاک و بهبود خواص فیزیکی خاک در مقایسه با سامانه خاک‌ورزی رایج به مراتب بیشتر بود که این امر منجر به افزایش عملکرد دانه گندم شد. بُنو و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که در شرایط خاک‌ورزی حفاظتی مقدار ورودی ماده آلی به خاک بیشتر از خاک-ورزی رایج است. از این رو مقدار ماده آلی و هم‌چنین عملکرد گیاهان در این مزارع بیشتر می‌گردد. شهپری و همکاران (۲۰۱٦) اظهار داشتند حضور بقایای گیاهی در سطح مزرعه می‌تواند موجبات بهبود ماده آلی خاک، افزایش محتوای رطوبت خاک و افزایش سرعت نفوذ آب در خاک را فراهم سازد. علاوه‌براین، بقایای گیاهی می-تواند به عنوان یک منبع غذایی برای گیاه زراعی به شمار رفته و حتی باعث کاهش هزینه تولیدات کشاورزی شود. علیجانی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که نگهداری بقایای گیاهی در سطح خاک اغلب موجب افزایش عملکرد گیاه زراعی می‌گردد، اما در برخی شرایط، به دلایل مختلفی چون کمبود ادوات مناسب و ناکافی بودن دانش کشاورزان در مدیریت بقایا، موجب کاهش عملکرد گیاه زراعی می‌شود. هم‌چنین، کاهش استقرار و رشد اولیه گیاهچه، تاخیر در استقرار و تغییر خصوصیات فیزیکی خاک از عوامل کاهش عملکرد در سامانه بی خاک‌ورزی گزارش شده است (محمدی و همکاران ۲۰۰۹).

نتیجه گیری کلی

الگوی کشت رایج زراعی در برخی از مناطق استان فارس (حومه زرقان و اراضی زیر سد درودزن) کشت پیاپی گندم و یا ذرت است که این الگوی کشت با توجه به محدودیت‌های منابع کمی و کیفی آب، امکان اجرای تناوب زراعی مناسب را غیر ممکن ساخته است. اما، سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک می‌تواند نقش مهمی در پایداری سامانه‌های تولیدی محصولات کشاورزی ایفا کنند. هم‌چنین، تلفیق مدیریت خاک‌ورزی و کوددهی می‌تواند تاثیر به‌سزایی در تولید محصول، بهره‌وری پایدار و کارآیی عناصر غذایی داشته باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که حفظ بقایای ذرت در تمام سامانه‌های خاک‌ورزی مورد ارزیابی، ضمن بهبود کارآیی مصرف و شاخص تغذیه نیتروژن نقش مثبتی نیز در حفظ پتانسیل عملکرد گندم دارد. به‌طور کلی، جایگزین کردن روش کم خاک‌ورزی با خاک‌ورزی رایج و یا بی خاک‌ورزی در شرایط حفظ بقایای ذرت و با کاربرد ۱۵۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌تواند موجب افزایش کارآیی مصرف نیتروژن به‌ویژه کارآیی زراعی و کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن، بهبود شاخص تغذیه نیتروژن و حفظ پتانسیل عملکرد دانه گندم در تناوب با ذرت گردد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاری صمیمانه جناب دکتر رضا مرادی طالب بیگی در تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و تهیه این مقاله تقدیر و تشکر می‌گردد.

منابع مورد استفاده

Afzalinia S and Karami AD. 2018. Effect of conservation tillage on soil properties and corn yield in the corn-wheat rotation. Iranian Journal of Biosystem Engineering, 49(1): 129-137. (In Persian).

Akbari F. Dahmardeh M. Morshdi A. Ghanbari A and Khoramdel S. 2019. The influences of tillage system and plant residue on nitrogen uptake and use efficiency in corn and bean intercropping systems. Journal of Agricultural Crops Production, 20: 785-799. (In Persian).

Alhajj SA. Tedone L. Verdini L. Cazzato E and Mastro GD. 2019. Wheat response to no-tillage and nitrogen fertilization in a long-term faba bean-based rotation. Agronomy, 50: 2-18.

www.SID.ir

Archive of SID

Alijani Kh. Bahrani MJ and Kazemeini SAR. 2011. Effect of tillage methods and corn residue on growth, yield and yield components of wheat. Iranian Journal of Field Crops Research, 9(3): 113-122. (In Persian).

Alijani K. Bahrani MJ and Kazemeini SA. 2012. Short-term responses of soil and wheat yield to tillage, corn residue management and nitrogen fertilization. Soil and Tillage Research, 124:78-82.

Alijani K. Bahrani MJ and Kazemeini SA. 2019. Is it necessary to adjust nitrogen recommendations for tillage and wheat residue management in irrigated sweet corn? Archives of Agronomy and Soil Science, 65: 1-14.

Ata-Ul-Karim ST. Yao X. Liu X. Cao W and Zhu Y. 2014. Determination of critical nitrogen dilution curve based on stem dry matter in rice. PLOS ONE, 9(8): 1-12.

Ata-Ul-Karim ST. Zhu Y. Liu X. Cao Q. Tian Y and Cao W. 2017. Comparison of different critical nitrogen dilution curves for nitrogen assessment in rice. Scientific Reports, 7: 1-14.

Aulakh MS. Manchanda JS. Garg AK. Kumar S. Dercon G and Nguyen M. 2012. Crop production and nutrient use efficiency of conservation agriculture for soybean–wheat rotation in the Indo-Gangetic Plains of Northwestern India. Soil and Tillage Research, 120: 50-60.

Bani-Asadi R. Tohidi-Nejad AA and Mohammadi-Nejad Gh. 2014. Evaluation of effects of tillage methods and barley residues management on corn production. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 24(4): 61-69. (In Persian).

Bono A. Alvarez R. Buschiazzo DE and Cantet RJC. 2008. Tillage effects on soil carbon balance in a semiarid agroecosystem. Soil Science Society of America Journal, 72:1140-1149.

Bremner JM. 1996. Nitrogen-total. Pp. 1085-1121. In: Sparks DL. Page AL. Helmke PA. Loeppert RH. Soltanpour PN. Tabatabai MA. Johnston CT and Sumner ME (eds). Methods of soil analysis: part 3-Chemical methods. SSSA Book Ser. 5.3. Madison (WI): Soil Science Society of America Inc.

Chapman HD and Pratt PF. 1982. Methods of analysis for soils, plants and water. Chapman Publisher, Riverside, CA.

Dilz K. 1988. Efficiency of uptake and utilization of fertilizer nitrogen by plants. Pp. 1-26. In: Jenkinson DS and Smith KA (eds). Nitrogen efficiency in agricultural soils. London: Elsevier Applied Science.

Ebrahimian E. Koocheki A. Nasiri Mahalati M. Khorramdel S and Beheshti A. 2016. Effects of tillage systems and residue application rate on nitrogen uptake and use efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). Cereal Research, 6: 79-88. (In Persian).

Elwan MWM and Abd El-Hamed KE. 2011. Influence of nitrogen form, growing season and sulfur fertilization on yield and the content of nitrate and vitamin C of broccoli. Scientia Horticulturae, 127(3): 181- 187.

Gentile R. Vanlauwe B. Chivenge P and Six J. 2008. Interactive effects from combining fertilizer and organic residue inputs on nitrogen transformations. Soil Biology and Biochemistry, 40: 2375-2384.

Gholi A and Ezat Ahmadi M. 2007. The effect of the amount and timing of nitrogen application on wheat grain protein and nitrogen use efficiency in dryland Zagros. Agricultural Knowledge, 16: 113-122. (In Persian).

Habbib H. Hirel B. Verzeaux J. Roger D. Lacoux J. Lea P. Dubois F and Tétu T. 2017. Investigating the combined effect of tillage, nitrogen fertilization and cover crops on nitrogen use efficiency in winter wheat. Agronomy, 7: 1-15.

Isfan D. 1990. Nitrogen physiological efficiency index in some selected spring barley cultivars. Journal of Plant Nutrition, 13: 907-914.

Jalali AH and Sfandiari H. 2016. Effect of tillage systems and crop rotations on wheat yield. Journal of Plant Productions, 39(2): 43-56. (In Persian).

Justes E. Mary B. Meynard JM. Machet JM and Thelier-Huche L. 1994. Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. Annals of Botany, 74: 397-407.

www.SID.ir

Archive of SID

Jalali AH and Bahrani MJ. 2012. Effect of crop residue and nitrogen fertilizer on nitrogen use efficiency in corn production. Agronomy Journal of Pajouhesh and Sazandegi, 102: 197-204. (In Persian).

Keshavarz A. Kazemeini SA and Bahrani MJ. 2014. Yield and nitrogen use efficiency of wheat as influenced by different levels of nitrogen and corn, rapeseed, sunflower and wheat residues. Journal of Crop Production and Processing, 3: 181-191. (In Persian).

Li HW. Gao HW. Wu HD. Li WY. Wang XY and He J. 2007. Effects of 15 years of conservation tillage on soil structure and productivity of wheat cultivation in northern China. Australian Journal of Soil Research, 45: 344-350.

Limon-Ortega A. Govaerts B and Sayre KD. 2008. Straw management, crop rotation, and nitrogen source effect on wheat grain yield and nitrogen use efficiency. European Journal of Agronomy, 29: 21-28.

Lopez-Bellido RJ and Lopez-Bellido L. 2001. Efficiency of nitrogen in wheat under Mediterranean condition: effect of tillage, crop rotation and N fertilization. Field Crop Research, 71: 31-64.

Małecka I. Blecharczyk A. Sawinska Z. Swędrzyńska D and Piechota T. 2015. Winter wheat yield and soil properties response to long-term non-inversion tillage. Journal of Agricultural Science and Technology, 17: 1571-1584.

Messiga AJ. Ziadi N. Morel C. Grant C. Tremblay G. Lamarre GV and Parent LE. 2012. Long-term impact of tillage practices and biennial P and N fertilization on corn and soybean yields and soil P status. Field Crop Research, 133: 10-22.

Mirzavand J. 2019. Soil organic matter changes and crop yield in conservation and conventional tillage systems under wheat-corn rotation in Zarghan region (Fars Province, Iran). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 29(2): 121-133. (In Persian).

Moeinirad A. Zeinali E. Soltani A and Galeshi S. 2019. Study of nitrogen nutrition index, seedling index, concentration nitrogen and wheat yield in different nutritional regimens. Journal of Plant Ecophysiology, 11: 163-177. (In Persian).

Mohammadi Kh. Nabi Allahi K. Aghaalikhani M and Khoormali F. 2009. Study on the effect of different tillage methods on the soil physical properties, yield and yield components of rain-fed wheat. Journal of Plant Production, 16(4): 77-91. (In Persian)

Moraghebi F. Akbari Famileh M and Houshmandfar A. 2011. The effect of amount and time of nitrogen use on the percentage of grain protein and nitrogen use efficiency of the wheat, cultivar Pishtaz, in Saveh region. Journal of Plants and Ecosystems, 7: 65-76. (In Persian).

Novoa R and Loomis RS. 1981. Nitrogen and plant production. Plant and Soil, 58: 177-204.

Ranjbar A. Rahimikhoob A. Ebrahimian H and Varavipour M. 2018. Estimation of nitrogen nutrition index using aquaCrop and HYDRUS simulation models during maize growing period. Iranian Journal of Soil Research, 32(3): 283-303. (In Persian).

Rathke GW. Behrens T and Diepenbrock W. 2006. Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. Agriculture, Ecosystems and Environment, 117: 80-108.

Rial-Lovera K. Davies WP. Cannon ND and Conway JS. 2016. Influence of tillage systems and nitrogen management on grain yield, grain protein and nitrogen-use efficiency in UK spring wheat. The Journal of Agricultrua Science, 154(8):1437-1452.

Romero-Perezgrovas R. Verhulst N. Delarosa D. Hernandez V. Maertens M. Deckers J and Govaerts B. 2014. Effects of tillage and crop residue management on corn yields and net returns in the Central Mexican Highlands under drought conditions. Soil Science Society of China, 24: 476-486.

Sarikhani ShK. Kazemeini SA. Afzalinia S and Gathala MK. 2018. Changes in soil properties and productivity under different tillage practices and wheat genotypes: a short-term study in Iran. Sustainability, 10: 2-17.

www.SID.ir

Archive of SID

Shahpari Z. Fateh E and Aenehband A. 2016. Different residue type and management, and nitrogen on yield and quality of durum wheat (*Triticum durum* L.), and soil macro elements. Journal of Crop Production, 9(3): 87-104. (In Persian).

Shahrasbi S. Emam Y. Ronaghi A and Pirasteh-Anosheh H. 2016. Effect of drought stress and nitrogen fertilizer on grain yield and agronomic nitrogen use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Sirvan) in Fars Province, Iran conditions. Iranian Journal of Crop Sciences, 17(4): 349-363. (In Persian).

Seyyedi SM and Rezvani-Mohgaddam P. 2011. Yield, yield components and nitrogen use efficiency of wheat in mushroom compost, biological fertilizer and urea application. Journal of Agroecology. 3: 313-323. (In Persian).

Sohrabi SS. Fateh E. Aynehband A and Rahnama A. 2014. Assessment of nitrogen efficiency indices and variation in nutrients uptake of wheat influenced by crop residue management and different nitrogen fertilizer sources. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 24: 17-33. (In Persian).

Wang K. Lv H. Wang KRJ and Buresh RJ. 2007. Residue management for improving soil fertility and sustainable crop productivity in China. Proceeding International Rice Conference. New Delhi, India. Pp. 689-697.

Yao X. Zhao B. Tian YC. Liu XJ. Ni J and Cao WX. 2014. Using leaf dry matter to quantify the critical nitrogen dilution curve for winter wheat cultivated in eastern China. Field Crops Research, 159: 33-42.

Yousefi M. Daneshian J. Hossein Sh. Rad A. Valadabadi SAR and Sayfzadeh S. 2018. Yield and nitrogen use efficiency of rapeseed (*Brassica napus* L.) influenced by nitrogen rates and irrigation regimes. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 28: 29-41. (In Persian)

Zeinali E. Soltani A. Galeshi S and Movahedi Naeeni SA. 2012. Evaluating nitrogen nutrition index of wheat (*Triticum aestivum* L.) fields in Gorgan. Journal of Plant Production, 19(4): 137-156.

Zhao B. Ata-Ul-Karim ST. Liu Z. Xiao J. Liu Z and Qin A. 2017. Development of a critical nitrogen dilution curve based on leaf dry matter for summer maize. Field Crops Research, 208: 60-68.

www.SID.ir