Archive of SID

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و هشتم، شماره اول، ۱۴۰۰
۴۵-۶۴
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2020.17071.2566

جذب و انتقال مجدد نیتروژن در گیاه جو تحت شرایط کم آبیاری در حضور بقایای گیاهی و باکتری آزوسپیریلوم

مریم نیازی اردکانی[۱]، *وحید براتی[۲] و احسان بیژن‌زاده[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، داراب، ایران،
[۲]استادیار گروه اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، داراب، ایران،
[۳]دانشیار گروه اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، داراب، ایران،

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۱۸

چکیده

سابقه و هدف: محتوای نیتروژن دانه در گیاه جو متأثر از مقدار انتقال مجدد نیتروژن ذخیره شده در اندام‌های رویشی به دانه در طول دوره پر شدن دانه است. مقدار انتقال مجدد نیتروژن به‌طور منفی تحت‌تأثیر عوامل مختلف محیطی از جمله تنش شدید آبی پس از گلدهی قرار می‌گیرد. استفاده از باکتری آزوسپیریلوم به‌عنوان کود زیستی و افزایش ماده آلی خاک، از روش‌های کاهش سطح تنش شدید آبی در مزارع می‌باشد. بنابراین، این پژوهش به بررسی اثرات کاربرد بقایای گیاه گندم و منابع مختلف نیتروژن (زیستی و شیمیایی) بر انتقال مجدد نیتروژن و محتوای نیتروژن دانه گیاه جو پرداخته است.

مواد و روش‌ها: این پژوهش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل‌های تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب- دانشگاه شیراز در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ بر روی گیاه جو انجام شد. تیمارها در این پژوهش شامل: دو سطح آبیاری به‌عنوان عامل اصلی [۱- آبیاری مطلوب (بدون تنش آبی): آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک و ۲- کم آبیاری (تنش آبی): آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه تا انتهای مرحله گلدهی (قطع آبیاری پس از مرحله گلدهی)] بود. هم‌چنین، عامل‌های فرعی شامل دو سطح بقایای گیاهی [۱- حذف بقایا و ۲- برگرداندن ۳۰ درصد بقایای گیاهی (کاه گندم) به خاک] و چهار تیمار کودی [۱- صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار (شاهد)، ۲- کود نیتروژن: کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌صورت اوره (۴۶ درصد نیتروژن) با توجه به آزمون خاک ۳- کود تلفیقی: استفاده تلفیقی از باکتری آزوسپیریلوم (*Azospirillum brasilense*) و نیتروژن به مقدار نصف نیاز نیتروژنی گیاه (۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌صورت اوره) و ۴- کود زیستی: تلقیح بذرها با باکتری آزوسپیریلوم] بود.

یافته‌ها: کاربرد کود نیتروژن و تیمار تلفیقی (باکتری به‌علاوه کود نیتروژن) سبب افزایش معنی‌دار کارایی انتقال مجدد نیتروژن به‌ترتیب به میزان ۳۶ و ۳۴ درصد نسبت به شاهد نیتروژن در شرایط مطلوب رطوبتی شد. در مقابل، در شرایط تنش آبی، تمامی تیمارهای کودی با منابع نیتروژن سبب کاهش کارایی انتقال مجدد نیتروژن در مقایسه با شاهد شدند. اما، مقدار کاهش در تیمار تلفیقی و زیستی (به‌ترتیب ۱۰ و ۱۱ درصد) کم‌تر از کود نیتروژن (۲۱ درصد) بود. روندی مشابه کارایی انتقال مجدد در مورد

* مسئول مکاتبه: v.barati@shirazu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص برداشت نیتروژن نیز در شرایط مطلوب و تنش رطوبتی وجود داشت. از این‌رو، شاخص برداشت نیتروژن رابطه خطی و مثبت با کارایی انتقال مجدد در هر دو شرایط رطوبتی نشان داد. اما، میزان تغییرات توجیه شده شاخص برداشت به‌وسیله کارایی انتقال مجدد در شرایط تنش رطوبتی به مقدار ۲۵ درصد بیش‌تر از شرایط مطلوب رطوبتی بود (R^2=۰/۷۰ و R^2=۰/٤٥). محتوای نیتروژن دانه نیز در هر دو شرایط رطوبتی با افزایش انتقال مجدد به‌صورت خطی افزایش یافت. کاربرد بقایا سبب کاهش معنی‌دار کارایی انتقال مجدد و محتوای نیتروژن دانه در تیمارهای تلفیقی و زیستی نسبت به شرایط عدم کاربرد آن شد. هم‌چنین، در شرایط استفاده از کود نیتروژن، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای با بقایا و بدون بقایا در کارایی انتقال مجدد و محتوای نیتروژن دانه وجود نداشت.

نتیجه‌گیری: بر اساس یافته‌ها، تیمار کود تلفیقی با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی برای شرایط مطلوب رطوبتی به‌منظور دستیابی به حداکثر پروتئین دانه مناسب است. در مقابل، در شرایط قطع آبیاری پس از گلدهی، تیمارهای زیستی سبب کاهش کم‌تر کارایی انتقال مجدد نسبت به تیمار کود نیتروژن در مقایسه با شاهد شدند. بنابراین، تیمارهای زیستی در مناطق جنوبی ایران که احتمال بروز تنش آبی انتهایی وجود دارد به‌منظور دستیابی به سطح بالای پروتئین دانه، قابل توصیه هستند. هم‌چنین، کاربرد بقایای گندم برای افزودن کارایی انتقال مجدد و نهایتاً محتوای نیتروژن دانه، در رژیم‌های مختلف کودی و آبی مورد مطالعه توصیه نمی‌شود.

واژه‌های کلیدی: شاخص برداشت نیتروژن، کارایی انتقال مجدد نیتروژن، کود زیستی، محتوای نیتروژن دانه

مقدمه

نیتروژن مهم‌ترین عنصر ضروری در تغذیه گیاهان بوده و نقش مستقیمی در محتوای نیتروژن دانه و یا تولید پروتئین غلات دارد (۲۰). کیفیت تغذیه‌ای جو برای دام و هم‌چنین مالت تولیدی آن به مقدار زیادی متاثر از محتوای نیتروژن دانه آن است (۱۳). بنابراین، افزایش محتوای نیتروژن دانه و یا به‌عبارتی مقدار پروتئین آن از اهداف تولیدکنندگان گیاه جو می‌باشد. به‌طور مشخص، محتوای نیتروژن دانه در گیاه جو متأثر از مقدار جذب نیتروژن از خاک در طول زندگی گیاه و انتقال مجدد نیتروژن ذخیره شده در اندام‌های رویشی به دانه در طول دوره پر شدن دانه است (۳).

مقدار جذب نیتروژن از خاک رابطه مستقیمی با فراهمی آب در خاک دارد (۱۱). در واقع پاسخ غلات به کود نیتروژن به شدت وابسته به قابلیت دسترسی به آب بوده (٤ و ٦) و در خلال سال‌های خشک کاهش قابل‌ملاحظه‌ای می‌یابد (١٦). از طرف دیگر کاهش فعالیت ریشه‌ها در مراحل پس از گلدهی به‌علت پیری، کاهش جذب نیتروژن در مناطق خشک را تشدید می‌کند. در چنین شرایطی محتوای نیتروژن دانه به‌شدت وابسته به مقدار انتقال مجدد نیتروژن از اندام‌های رویشی به دانه خواهد بود (۱۷).

مقدار انتقال مجدد نیتروژن به‌عنوان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر پروتئین دانه در مناطق خشک تحت‌تأثیر عوامل مختلف محیطی از جمله تنش آبی قرار می‌گیرد (۳ و ١٤). برخی از مطالعات (۵ و ۹) نشان داده‌اند که تنش‌های شدید آبی در دوره پر شدن دانه مقدار انتقال مجدد نیتروژن را به‌طور معنی‌داری کاسته است. این در حالی است که تنش‌های ملایم آبی در این دوره مقدار انتقال مجدد نیتروژن را افزایش دادند و یا دست‌کم تغییری در آن ایجاد نکردند. به‌عنوان مثال براتی و غدیری (۲۰۱۷) اثبات کردند که تنش‌های ملایم آبی (۲۵ درصد کاهش مصرف آب نسبت به شرایط مطلوب) سبب افزایش ۵ درصدی در مقدار انتقال مجدد نیتروژن به دانه شد. این در حالی بود که تنش شدید آبی (دیم) مقدار انتقال مجدد نیتروژن را

www.SID.ir

Archive of SID

به‌میزان ۳۹ درصد کاهش داد. بنابراین، راهکار محتمل به‌منظور افزایش انتقال مجدد نیتروژن به دانه در مناطق خشک که دوره پر شدن دانه با تنش شدید آبی روبرو است، کاهش سطح تنش در مراحل پس از گلدهی است (۵).

یکی از روش‌های کاهش اثرات تنش آبی در مناطق خشک استفاده از باکتری آزوسپیریلوم به‌عنوان کود زیستی است (۱۵). برخی از پژوهشگران (۱۵ و ۲۱) نشان داده‌اند که باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن که به‌عنوان کود زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌توانند با گسترش سطح ریشه، کمک به جذب بهینه آب و عناصر غذایی، تولید هورمون رشد و برخی از ویتامین‌ها در کاهش شدت تنش آبی مؤثر باشند. از این‌رو، به‌نظر می‌رسد که این نوع از باکتری‌ها می‌توانند با کاهش سطح تنش، به احتمال زیاد مقدار انتقال مجدد نیتروژن را نسبت به شرایط تنش شدید آبی افزایش دهند. اما، برخلاف پژوهش‌های بسیار زیادی که روی تأثیر باکتری آزوسپیریلوم بر رشد و نمو غلات در مناطق خشک انجام شده است (۱۵ و ۲۱)، مطالعات کمی روی اثرات کاربرد آن بر مقدار انتقال مجدد نیتروژن در گیاه جو در مناطق خشک انجام گرفته است. بنابراین، انجام پژوهشی جامع در این زمینه می‌تواند سطح دانش ما را افزایش داده و دارای نتایج کاربردی در مزارع کشاورزان باشد.

از دیگر روش‌های کاهش اثرات تنش آبی در مزارع افزایش مقدار ماده آلی خاک است (۱۸). سالانه میلیون‌ها تن بقایای گندم از مزارع خارج شده و یا سوزانده می‌شود (۲۲). این در حالی است که افزودن این بقایا به خاک می‌تواند ظرفیت نگهداری آب در خاک مزرعه را افزایش داده (۱۹) و بنابراین، سطح تنش آبی را کاهش داده و یا این‌که دست‌کم تنش شدید آبی را به تعویق بیاندازد. پژوهش‌های زیادی روی اثرات بقایای گیاهی بر افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک انجام شده است (۱۹). به‌عنوان مثال، بر اساس نتایج آزمایش صادقی و کاظمینی (۲۰۱۵)، استفاده از بقایای گیاهی باعث کاهش تبخیر و تعرق در اثر افزایش انعکاس تابش، کاهش دما و افزایش آب خاک در ناحیه اطراف ریشه در شرایط خشک و نیمه خشک شد (۱۹). از طرفی استفاده از بقایای گیاهی در خاک مزارع، شرایط را برای تکثیر و بقاء باکتری‌های مفید خاک و هم‌چنین باکتری‌های مورد استفاده کشاورزان از جمله آزوسپیریلوم به‌عنوان کود زیستی را فراهم می‌کند (۱۲). بنابراین، افزودن بقایا علاوه بر کاهش اثرات تنش آبی به‌طور مستقیم، سبب افزایش فعالیت باکتری‌های مفید خاک و در نتیجه کاهش سطح تنش به‌واسطه سازوکارهای موجود در باکتری‌ها مانند تولید هورمون رشد و افزایش سطح جذب ریشه خواهد شد. هم‌چنین، افزایش فعالیت باکتری‌ها سبب تثبیت بیش‌تر نیتروژن توسط آن‌ها خواهد شد. در چنین شرایطی مقدار جذب نیتروژن توسط گیاه افزوده می‌شود (۱۰ و ۲۱). اما، این سوال هم‌چنان مطرح خواهد بود که آیا افزودن بقایای گیاهی به خاک سبب افزایش مقدار انتقال مجدد نیتروژن – به واسطه کاهش سطح تنش و یا افزایش جذب نیتروژن – خواهد شد؟

با توجه به اثرات مطلوب کاربرد باکتری آزوسپیریلوم و بقایای گیاهی در کاهش سطح تنش آبی و فقدان مطالعات در زمینه اثرات این عوامل بر انتقال مجدد نیتروژن و محتوای نیتروژن دانه گیاه جو در مناطق گرم و خشک جنوب ایران، این پژوهش به بررسی اثرات کاربرد بقایای گیاه گندم و منابع مختلف نیتروژن (زیستی و شیمیایی) بر انتقال مجدد نیتروژن و محتوای نیتروژن دانه گیاه جو پرداخته است.

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب- دانشگاه شیراز (طول جغرافیای °۵۴ و ′۳۰ شرقی و عرض جغرافیایی °۲۸ و ′۵۰ شمالی و با ارتفاع ۱۱۸۰ متری از سطح دریا) در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. منطقه داراب دارای آب و هوای خشک و میانگین بلندمدت بارش سالیانه ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد. وضعیت آب و هوایی منطقه در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در شکل ۱ آمده است. نتایج تجزیه نمونه خاک محل اجرای پروژه در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر.

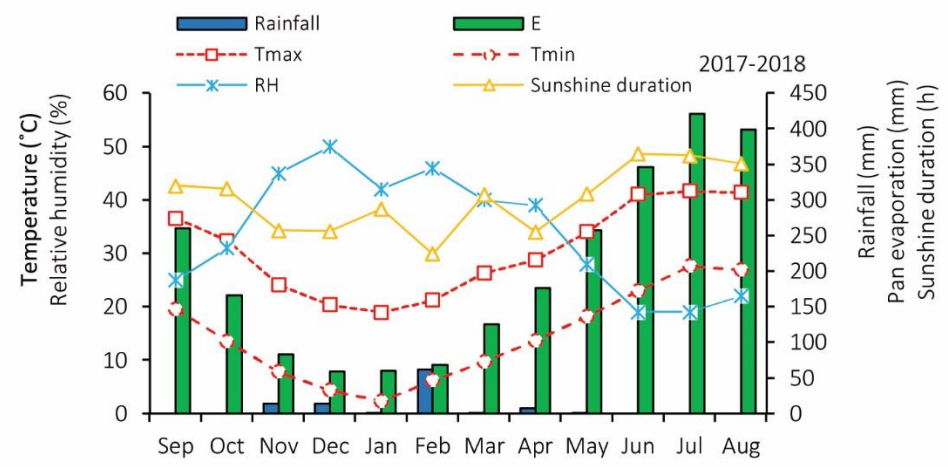
Table 1. Physical and chemical characteristics of the soil in 0-30 cm depth.

ویژگی Characteristics	واحد unit	مقدار Amount
شن Sand	%	38.12
سیلت Silt	%	44
رس Clay	%	17.88
کربن آلی O.C.	%	0.97
ماده آلی O.M.	%	1.68
قابلیت هدایت الکتریکی EC	$dS\ m^{-1}$	1.09
اسیدیته pH		7.42
نیتروژن کل Total N	%	0.08
پتاسیم قابل‌دسترس Available K	$mg\ kg^{-1}$	320
فسفر قابل‌دسترس Available P	$mg\ kg^{-1}$	10
آهن Fe	$mg\ kg^{-1}$	5.67
منگنز Mn	$mg\ kg^{-1}$	16.72
مس Cu	$mg\ kg^{-1}$	1.69
روی Zn	$mg\ kg^{-1}$	0.66

www.SID.ir

Archive of SID

تیمارها در این پژوهش شامل: دو سطح آبیاری به‌عنوان عامل اصلی [۱- آبیاری مطلوب (بدون تنش آبی): آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک و ۲- کم آبیاری (تنش آبی): آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه تا انتهای مرحله‌ی گلدهی (قطع آبیاری پس از مرحله گلدهی)] بود. هم‌چنین، عامل‌های فرعی شامل دو سطح بقایای گیاهی [۱- حذف بقایا و ۲- برگرداندن ۳۰ درصد بقایای گیاهی (کاه گندم) به خاک] و چهار منبع کودی [۱- شاهد: بدون کاربرد کود نیتروژن در هکتار، ۲- کود نیتروژن: کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌صورت اوره (٤٦ درصد نیتروژن) با توجه به آزمون خاک، ۳- کود تلفیقی: استفاده تلفیقی از باکتری آزوسپیریلوم (*Azospirillum brasilense*) و نیتروژن به مقدار نصف نیاز نیتروژنی گیاه (۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌صورت اوره و ٤- کود زیستی: تلقیح بذرها با باکتری آزوسپیریلوم] بود.



شکل ۱- بارندگی ماهیانه، تبخیر از تشت تبخیر، طول دوره روشنایی، میانگین کمینه و بیشینه دمای هوا و رطوبت نسبی در طول سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹٦.

Fig. 1. Monthly rainfall, pan evaporation (E), sunshine duration, mean minimum and maximum air temperatures (T_{min} and T_{max}, respectively) and relative humidity (RH) during 2017- 2018 growing season.

به‌منظور آماده‌سازی زمین عملیات شخم با گاوآهن برگردان‌دار و دیسک انجام شد و سپس، برای آماده‌سازی کرت‌ها و جلوگیری از حرکت جانبی آب و کود نیتروژن اطراف هر کرت پشته‌ای به عرض نیم متر قرار داده شد. برای اطمینان بیش‌تر از عدم حرکت جانبی آب و نیتروژن فاصله بین کرت‌های اصلی (آبیاری مطلوب و تنش آبی) دو متر در نظر گرفته شد. اندازه‌ی کرت‌ها ۳×۲ مترمربع بود. با توجه به نتایج آزمون خاک کود سوپر فسفات تریپل (۵۰ کیلوگرم در هکتار) قبل از کاشت به‌صورت نواری زیر بذر استفاده شد.

بذر جو (رقم زهک) (رقم جو آبی با سازگاری وسیع و مناسب برای کشت در مناطق گرم و خشک جنوب کشور) از مؤسسه تحقیقات، اصلاح و تهیه نهال و بذر (ایستگاه حسن‌آباد داراب) تهیه و با توجه به تاریخ بهینه کاشت در منطقه (نیمه دوم آذرماه) در

www.SID.ir

Archive of SID

۲۳ آذر در ردیف‌های به فاصله ۲۵ سانتی‌متر در شش خط بر اساس مقدار توصیه شده (۱۸۲ کیلوگرم بر هکتار) کاشته شد. به‌منظور اعمال مدیریت بقایا، ۳۰ درصد (۱۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار) از بقایای گندم (C/N = ۸۰/۱) برجای مانده از گیاه زراعی سال قبل که پس از برداشت محصول روی سطح زمین نگهداری شده بودند، محاسبه شد و در اوایل آبان ماه به کرت‌های مورد نظر افزوده و با خاک مخلوط شدند.

باکتری آزوسپیریلوم مورد استفاده در این پژوهش از مؤسسه تحقیقات آب و خاک (بخش بیولوژی خاک) تهیه گردید. قبل از کاشت تلقیح بذرها با باکتری آزوسپیریلوم انجام شد. هم‌چنین، کود نیتروژن در سه مرحله [سه برگچه‌ای (کد زیداکس ۱۳)، پنجه‌زنی (کد زیداکس ۲۳) و ساقه رفتن (کد زیداکس ۳۱)] (۲۵) و به مقدار مساوی به‌کار رفت. در تیمارهای زیستی و تلفیقی علاوه بر تلقیح بذرها، باکتری آزوسپیریلوم به همراه آب آبیاری (به مقدار ۱۰ گرم برای هر کرت) در مراحل پنجه‌زنی (کد زیداکس ۲۱) و ساقه رفتن (کد زیداکس ۳۱) (۲۵) به‌کار رفت.

به‌منظور آبیاری مزرعه، قبل از هر آبیاری در کرت‌های مربوط به تیمار آبیاری مطلوب، محتوای رطوبتی خاک به‌وسیله روش وزنی در فواصل ۳۰ سانتی‌متری تا عمق ٦۰ سانتی‌متری خاک اندازه‌گیری شد. مقدار آب قابل‌دسترس از تفاضل مقدار رطوبت در حالت ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم به‌دست آمد. حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی بر اساس گزارش فائو ٥٦ برابر با ۵۵ درصد از کل آب قابل‌دسترس در فصل رشد در نظر گرفته شد (۲). بنابراین، هنگامی‌که مقدار آب قابل‌دسترس خاک به کم‌تر از ۵۵ درصد از آن رسید، آبیاری انجام گرفت و رطوبت عمق ۰ تا ٦۰ سانتی‌متری خاک به ظرفیت مزرعه رسانده شد. در کرت‌های مربوط به تیمار تنش آبی نیز تا مرحله گلدهی آبیاری به همین صورت انجام گرفت و پس از گلدهی آبیاری به‌طور کامل قطع شد. لازم به ذکر است که پس از مرحله گلدهی تا انتهای رسیدگی بارندگی رخ نداد.

برای اندازه‌گیری صفات، تعداد ۱۰ بوته در ابتدای دوره رشد علامت‌گذاری شد و در مرحله گلدهی پنج بوته از آن برداشت شده و در آون (دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد) به‌مدت ٤۸ ساعت خشک شدند. سپس یک نمونه تصادفی متشکل از همه قسمت‌های گیاه انتخاب و غلظت نیتروژن (درصد) آن به روش کلدال اندازه‌گیری شد. پنج بوته باقیمانده نیز در مرحله رسیدگی کامل برداشت شده و پس از خشک شدن در آون (دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد) به‌مدت ٤۸ ساعت، غلظت نیتروژن (درصد) قسمت رویشی (نمونه تصادفی از همه اندام‌ها) و دانه به روش کلدال اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری محتوای نیتروژن دانه (کیلوگرم بر هکتار)، محتوای نیتروژن اندام‌های رویشی در مراحل رسیدگی و گلدهی (کیلوگرم بر هکتار) و هم‌چنین انتقال مجدد نیتروژن (کیلوگرم بر هکتار)، کارایی انتقال مجدد نیتروژن (درصد)، میزان مشارکت نیتروژن انتقال مجدد یافته در محتوای نیتروژن دانه (درصد) و شاخص برداشت نیتروژن (درصد) از رابطه‌های ۱ تا ۵ استفاده شد (۵ و ۹).

www.SID.ir

Archive of SID

(۱) وزن ماده خشک اندام مورد نظر × غلظت نیتروژن (درصد) = محتوای نیتروژن اندام مورد نظر

(۲) محتوای نیتروژن اندام‌های رویشی در زمان بلوغ – محتوای نیتروژن کل گیاه در زمان گلدهی = انتقال مجدد نیتروژن

(۳) ۱۰۰ × [محتوای نیتروژن کل گیاه در زمان گلدهی/ انتقال مجدد نیتروژن] = کارایی انتقال مجدد نیتروژن

(٤) ۱۰۰ × [محتوای نیتروژن دانه در زمان رسیدگی/ انتقال مجدد نیتروژن] = مشارکت نیتروژن انتقال مجددیافته در محتوای نیتروژن دانه

(۵) ۱۰۰ × [محتوای نیتروژن کل گیاه / محتوای نیتروژن دانه] = شاخص برداشت نیتروژن

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 صورت گرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون کم‌ترین تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. هم‌چنین، برای بررسی نرمالیتی داده‌ها از روش Shapiro-Wilk استفاده شد. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل (Excel) صورت گرفت.

نتایج و بحث

با توجه به مقدار آماره آزمون Shapiro-Wilk و سطح معنی‌داری آن که در تمام متغییرها بیش از ۵ درصد بود، مشخص شد که داده‌ها نرمال است. بنابراین، در ادامه تجزیه واریانس روی آنها انجام شد (جدول ۲).

محتوای نیتروژن کل گیاه در زمان گلدهی: محتوای نیتروژن کل گیاه در زمان گلدهی به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) تحت‌تأثیر اثر برهمکنش منبع نیتروژن × بقایای گیاهی قرار گرفت (جدول ۲). کاربرد کود نیتروژن به‌صورت خالص (۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار) و به‌صورت تلفیق با باکتری آزوسپیریلوم سبب افزایش معنی‌دار محتوای نیتروژن کل گیاه در زمان گلدهی در شرایط حضور و عدم حضور بقایا شد. این در حالی بود که کاربرد کود زیستی به تنهایی محتوای نیتروژن را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد تحت‌تأثیر قرار نداد (جدول ۳). سایر مطالعات نیز تأثیر مثبت کاربرد کود نیتروژن بر محتوای نیتروژن زمان گلدهی در گیاه جو (۵)، گندم دوروم (۳ و ۹) و گندم نان (رقم فلات) (۳) را نشان داده‌اند.

کاربرد بقایا سبب کاهش معنی‌دار محتوای نیتروژن زمان گلدهی در تیمارهای شاهد نیتروژن (۲۵ درصد)، کود تلفیقی (٥٦ درصد) و کود زیستی (۲۲ درصد) نسبت به شرایط عدم استفاده از بقایا شد. اما، محتوای نیتروژن در تیمار کود نیتروژن به‌طور معنی‌دار و به مقدار ۱۳ درصد در شرایط حضور بقایا نسبت به عدم حضور آن افزوده شد (جدول ۳). نتایج مطالعاتی روی گیاه لوبیا و ذرت (۱) و گندم (۷) نشان دادند که کاربرد کود نیتروژن در حضور بقایا محتوای نیتروژن گیاه را نسبت به شرایط عدم حضور بقایا افزود. به‌نظر می‌رسد که در آزمایش حاضر کاربرد کود نیتروژن (۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار) در شرایط حضور بقایا سبب افزایش بیش‌تر فعالیت ریزجانداران خاک و تجزیه سریع‌تر بقایا نسبت به کاربرد کود تلفیقی و زیستی شده است. تجزیه سریع‌تر بقایا در این تیمار کودی سبب رهاسازی سریع‌تر عناصر غذایی از جمله نیتروژن در خاک شده و جذب آن و نهایتاً محتوای نیتروژن کل گیاه را بیش‌تر کرده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- تجزیه واریانس محتوای نیتروژن کل گیاه در زمان گلدهی (کیلوگرم بر هکتار)، محتوای نیتروژن کاه در زمان رسیدگی (کیلوگرم بر هکتار)، انتقال مجدد نیتروژن (کیلوگرم بر هکتار)، کارایی انتقال مجدد نیتروژن (درصد)، مشارکت نیتروژن انتقال مجدد یافته در محتوای نیتروژن دانه (درصد)، محتوای نیتروژن دانه (کیلوگرم بر هکتار) و شاخص برداشت نیتروژن (درصد).

Table 2. Analysis of variance of nitrogen (N) content of whole plant at anthesis (kg ha^{-1}), N content of vegetative parts at maturity (kg ha^{-1}), N remobilization (kg ha^{-1}), N remobilization efficiency (%), contribution of N remobilized to N content of grain (%), N content of grain (kg ha^{-1}) and N harvest index (%).

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی D.f.	میانگین مربعات Mean squares						
		محتوای نیتروژن کل گیاه در زمان گلدهی N content of whole plant at anthesis	محتوای نیتروژن کاه در زمان رسیدگی N content of vegetative parts at maturity	انتقال مجدد نیتروژن N remobilization	کارایی انتقال مجدد نیتروژن N remobilization efficiency	مشارکت نیتروژن انتقال مجدد یافته در محتوای نیتروژن دانه Contribution of N remobilized to N content of grain	محتوای نیتروژن دانه N content of grain	شاخص برداشت نیتروژن N harvest index
تکرار Replication (R)	2	4.17^{ns}	150.17**	203.32**	269.46**	471.44*	10.17^{ns}	61.22*
رژیم آبیاری (آبیاری) Irrigation (Ir)	1	7.09^{ns}	610.11^{ns}	748.77^{ns}	54.76^{ns}	2082.96**	5219.95^{ns}	212.35**
خطای (الف) Error (a)	2	0.19	47.57	53.32	124.10	688.62	554.53	80.43
بقایا Residue (Re)	1	7651.15**	196.19**	5396.91**	100.69^{ns}	815.61*	3159.49**	0.23^{ns}
منبع کود نیتروژن (کود) N Fertilizer (N)	3	51602.07**	4109.81**	27310.52**	313.19**	2805.99**	32258.76**	121.09**
آبیاری × بقایا Ir × Re	1	1.37^{ns}	128.27**	103.10^{ns}	114.85^{ns}	65.23^{ns}	0.09^{ns}	38.73^{ns}
آبیاری × کود Ir × N	3	2.59^{ns}	720.02**	706.29**	898.95**	769.06**	222.83^{ns}	227.79**
بقایا × کود Re × N	3	8541.69**	60.37*	7172.92**	182.66*	1042.51**	3200.07**	19.09^{ns}
آبیاری × بقایا × کود Ir × Re × N	3	2.78^{ns}	135.39**	100.42*	68.52^{ns}	372.37*	117.45^{ns}	9.34^{ns}
خطای (ب) Error (b)	28	8.46	15.19	30.14	47.59	117.33	119.52	18.00
ضریب تغییرات (درصد) CV$^{€}$ (%)		3.31	14.64	8.99	10.40	17.99	11.95	5.43

* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

^{ns} غیر معنی‌داری.

* and ** Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

^{ns} Non significant.

$^{€}$ Coefficient of variation.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- اثر برهمکنش بقایای گندم × منبع کود نیتروژن بر محتوای نیتروژن کل گیاه در زمان گلدهی، کارایی انتقال مجدد نیتروژن و محتوای نیتروژن دانه.

Table 3. Interaction of wheat residue × N fertilizer source on N content of whole plant at anthesis, N remobilization efficiency and grain N content.

بقایا Residue	منبع کود نیتروژن Nitrogen fertilizer source	محتوای نیتروژن کل گیاه در زمان گلدهی (کیلوگرم بر هکتار) N content of whole plant at anthesis (kg ha^{-1})	کارایی انتقال مجدد نیتروژن (درصد) N remobilization efficiency (%)	محتوای نیتروژن دانه (کیلوگرم بر هکتار) N content of grain (kg ha^{-1})
بدون بقایا Without residue	£ صفر N_0	37.1^{e}	65.6^{bc}	52.5^{d}
	££ کود نیتروژن N_{100}	145.8^{c}	65.8^{bc}	136.0^{b}
	¥ کود تلفیقی Bio+ N_{50}	184.2^{a}	78.9^{a}	161.7^{a}
	¥¥ کود زیستی Bio	34.3^{e}	60.8^{c}	48.4^{d}
با بقایا With residue	£ صفر N_0	27.7^{f}	66.1^{bc}	43.4^{d}
	££ کود نیتروژن N_{100}	164.5^{b}	69.9^{b}	148.6^{b}
	¥ کود تلفیقی Bio+ N_{50}	81.2^{d}	65.0^{bc}	98.6^{c}
	¥¥ کود زیستی Bio	26.9^{f}	58.5^{c}	43.0^{d}
LSD $_{(0.05)}$		3.4	8.1	12.9

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون کم‌ترین تفاوت معنی‌دار (LSD)، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.
£: شاهد: صفر کیلوگرم نیتروژن بر هکتار، ££: کود نیتروژن: ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار، ¥: کود تلفیقی: باکتری آزوسپیریلوم + ۵۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار و ¥¥: کود زیستی: باکتری آزوسپیریلوم.

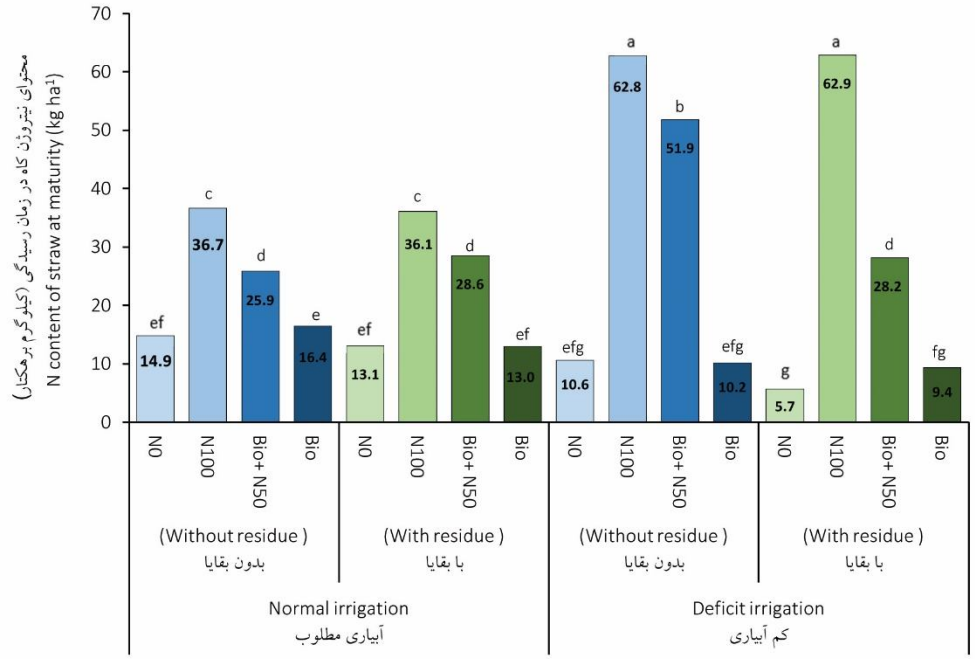
Means in each column followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level using LSD test. N_0, no nitrogen fertilizer (control); N_{100}, 100 kg N ha^{-1}; Bio + N_{50}, Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*) + 50 kg N ha^{-1}; Bio, Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*).

محتوای نیتروژن کاه در زمان رسیدگی: محتوای نیتروژن کاه در زمان رسیدگی به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) تحت‌تأثیر برهمکنش منبع نیتروژن × بقایای گیاهی × رژیم آبیاری قرار گرفت (جدول ۲). در شرایط آبیاری مطلوب و حذف بقایا تیمارهای کود نیتروژن، کود تلفیقی و کود زیستی محتوای نیتروژن کاه در زمان رسیدگی را به‌ترتیب به‌میزان ۱۴۷، ۷۴ و ۱۱ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند. اگرچه این افزایش‌ها فقط در کود نیتروژن و تلفیقی معنی‌دار بودند (شکل ۲). هم‌چنین، در شرایط استفاده از بقایا نیز تیمارهای کود نیتروژن و تلفیقی محتوای نیتروژن کاه در زمان رسیدگی را به‌طور معنی‌دار و به‌ترتیب به مقدار ۱۷۶ و ۱۱۸ درصد افزودند (شکل ۲). به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط آبیاری مطلوب روند تغییرات محتوای نیتروژن کاه در واکنش به منابع کود نیتروژن در شرایط

www.SID.ir

Archive of SID

حضور و عدم حضور بقایا مشابه بود، به‌طوری‌که بیش‌ترین واکنش محتوای نیتروژن کاه در زمان رسیدگی نسبت به شاهد مربوط به تیمار کود نیتروژن و به دنبال آن کود تلفیقی و کم‌ترین میزان واکنش مربوط به کود زیستی بود (شکل ۲).



شکل ۲- اثر برهمکنش رژیم آبیاری، بقایای گندم و منبع نیتروژن بر محتوای نیتروژن کاه در زمان رسیدگی (کیلوگرم برهکتار). میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون کم‌ترین تفاوت معنی‌دار (LSD)، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند، (LSD = ٦/٥). N_0: شاهد: صفر کیلوگرم نیتروژن بر هکتار، N_{100}: کود نیتروژن: ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار، $Bio+N_{50}$: کود تلفیقی: باکتری آزوسپیریلوم + ۵۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار و Bio: کود زیستی: باکتری آزوسپیریلوم.

Fig. 2. Interaction of irrigation regime, wheat residue and N fertilizer source on N content of vegetative parts at maturity (kg ha^{-1}). The means followed the same letters are not significantly different at 5% probability level using LSD test, (LSD = 6.5). N_0, no N fertilizer (control); N_{100}, 100 kg N ha^{-1}; Bio + N_{50}, Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*) + 50 kg N ha^{-1} and Bio, Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*).

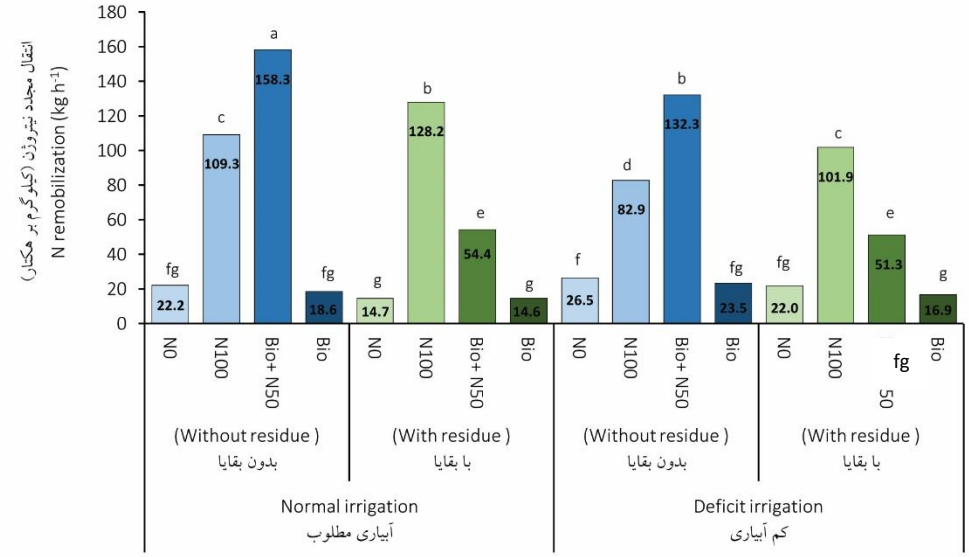
در شرایط تنش آبی، واکنش به کاربرد کود نیتروژن و کود تلفیقی در شرایط حضور و عدم حضور بقایا بیش‌تر از شرایط آبیاری مطلوب بود. به‌طوری‌که در شرایط عدم حضور بقایا، کاربرد کود نیتروژن و کود تلفیقی محتوای نیتروژن کاه را به‌ترتیب به مقدار ٤٩٢ و ۳۹۰ درصد نسبت به شاهد افزودند و در شرایط حضور بقایا این افزایش‌ها به‌ترتیب ۱۰۰٤ و ۳۹۸ درصد نسبت به شاهد بود (شکل ۲). تنش آبی محتوای نیتروژن کاه در زمان رسیدگی را در تیمارهای کود نیتروژن و کود تلفیقی در شرایط حضور و عدم حضور بقایا به‌طور معنی‌داری نسبت به شرایط مطلوب رطوبتی افزود. اما، در شرایط عدم استفاده از کود نیتروژن (شاهد) و کود زیستی، محتوای نیتروژن کاه در زمان رسیدگی در شرایط تنش نسبت به شرایط مطلوب کاهش یافت (شکل ۲).

www.SID.ir

Archive of SID

براتی و غدیری (۲۰۱۷) در پژوهشی در جو نشان دادند که در دو سال متوالی با افزایش سطوح کودی و سطوح تنش آبی محتوای نیتروژن کاه زمان رسیدگی افزایش یافت (۵). هم‌چنین، در پژوهشی دیگر روی گندم دوروم نتایج به این‌صورت بود که با افزایش سطوح کود نیتروژن محتوای نیتروژن کاه زمان رسیدگی افزایش یافت (۹).

انتقال مجدد نیتروژن: انتقال مجدد نیتروژن به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۵ درصد) تحت‌تأثیر برهمکنش منبع نیتروژن × بقایای گیاهی × رژیم آبیاری قرار گرفت (جدول ۲).



شکل ۳- اثر برهمکنش رژیم آبیاری، بقایای گندم و منبع نیتروژن بر انتقال مجدد نیتروژن (کیلوگرم بر هکتار). میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون کم‌ترین تفاوت معنی‌دار (LSD)، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند، (LSD =۹/۲). N_0: شاهد: صفر کیلوگرم نیتروژن بر هکتار، N_{100}: کود نیتروژن: ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار، $Bio+N_{50}$: کود تلفیقی: باکتری آزوسپیریلوم + ۵۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار و Bio: کود زیستی: باکتری آزوسپیریلوم.

Fig. 3. Interaction of irrigation regime, wheat residue and N fertilizer source on N remobilization (kg ha^{-1}). The means followed the same letters are not significantly different at 5% probability level using LSD test, (LSD = 9.2). N_0, no N fertilizer (control); N_{100}, 100 kg N ha^{-1}; Bio + N_{50}, Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*) + 50 kg N ha^{-1} and Bio, Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*).

روند تغییرات انتقال مجدد نیتروژن در شرایط آبیاری مطلوب و تیمارهای مختلف بقایا و کود مشابه با شرایط تنش آبی در تیمارهای متناظر کودی و بقایا بود (شکل ۳). در شرایط آبیاری مطلوب و عدم حضور بقایا، اگرچه تیمار کود زیستی تاثیر معنی‌داری بر مقدار انتقال مجدد در مقایسه با شاهد نداشت. اما، کود تلفیقی و پس از آن کود نیتروژن سبب افزایش معنی‌دار به ترتیب ٦١٤ و ٣٩٣ درصد نسبت به شاهد شدند. در مقابل، در شرایط آبیاری مطلوب و حضور بقایا، کود نیتروژن و کود تلفیقی به‌طور معنی‌داری مقدار انتقال مجدد را نسبت به شاهد افزودند. اما، برخلاف شرایط بدون بقایا، بیش‌ترین مقدار افزایش مربوط به تیمار کود نیتروژن (۷۷۵ درصد) بود و سپس تیمار کود تلفیقی با ۲۷۲ درصد افزایش نسبت

www.SID.ir

Archive of SID

به شاهد قرار داشت. کود زیستی نیز با عدم تأثیر معنی‌دار بر انتقال مجدد نیتروژن نسبت به شاهد روندی مشابه با شرایط بدون بقایا را دنبال کرد (شکل ۳).

در شرایط تنش آبی و عدم حضور بقایا، کود نیتروژن و کود تلفیقی مقدار انتقال مجدد نیتروژن را به‌طور معنی‌دار و به ترتیب به مقدار ۲۱۳ و ٤۰۰ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند. اما، در شرایط با بقایا بیش‌ترین مقدار افزایش در انتقال مجدد نیتروژن نسبت به شاهد مربوط به تیمارکود نیتروژن (۳٦٤ درصد) و پس از آن کود تلفیقی (۱۳٤ درصد) بود (شکل ۳). در شرایط تنش آبی، به‌جز تیمارهای شاهد (با بقایا و بدون بقایا)، کود زیستی (با بقایا و بدون بقایا) و کود تلفیقی (با بقایا) که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای متناظر خود در شرایط مطلوب رطوبتی نداشتند. اما، کود نیتروژن و کود تلفیقی در شرایط بدون بقایا و کود نیتروژن در شرایط با بقایا به‌طور معنی‌داری مقدار انتقال مجدد نیتروژن را نسبت به شرایط مطلوب رطوبتی کاهش دادند (شکل ۳).

براتی و غدیری (۲۰۱۷) در پژوهشی دوساله روی ارقام جو دو ردیفه و شش ردیفه نشان دادند که با افزایش مقدار کود نیتروژن و هم‌چنین، سطح تنش آبی انتقال مجدد نیتروژن افزایش یافت (۵). در مقابل در پژوهشی دیگر روی گندم دوروم نتایج به این‌صورت بود که با افزایش سطوح کود نیتروژن انتقال مجدد نیتروژن افزایش یافت اما، با افزایش سطوح تنش آبی انتقال مجدد نیتروژن کاهش یافت که با پژوهش حاضر همخوانی دارد (۹). بحرانی و سروستانی (۲۰۰۷) نیز در پژوهشی روی گندم رقم‌های فلات و یاواروس نشان دادند که مصرف کود نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار انتقال مجدد نیتروژن شد (۳). در آزمایش حاضر، حضور بقایا در مزرعه در شرایط آبیاری مطلوب و تنش آبی سبب کاهش انتقال مجدد نیتروژن در همه تیمارهای کودی به‌جز کود نیتروژن شد (شکل ۳). افزودن کود نیتروژن به کرت‌های بابقایا سبب افزایش معنی‌دار مقدار انتقال مجدد نیتروژن نسبت به کرت‌های بدون بقایا شد (شکل ۳). در پژوهشی روی گیاه گندم، نتایج نشان داد که در شرایط استفاده از کود نیتروژن با افزایش بقایا انتقال مجدد نیتروژن افزایش یافت (۱۰). افزودن بقایای گیاهی سبب افزایش فعالیت ریزجانداران خاک می‌شود و رقابت شدیدی بین آن‌ها و گیاه زراعی بر سر عناصر موجود در خاک به‌ویژه نیتروژن رخ می‌دهد. در چنین شرایطی، کاهش مقدار نیتروژن موجود در خاک سبب کاهش جذب آن توسط گیاه زراعی و در نهایت کاهش انتقال نیتروژن از اندام‌های رویشی به دانه در مرحله پرشدن دانه خواهد شد. افزودن کود نیتروژن از منابع مناسب که پاسخگوی نیاز افزایش یافته ریزجانداران خاک در حضور بقایا و هم‌چنین گیاه زراعی باشد، می‌تواند سطح رقابت بین گیاه و ریزجانداران خاک بر سر نیتروژن را کاهش داده و از طرفی سبب تجزیه سریع‌تر بقایا و آزادسازی نیتروژن موجود در بقایا به درون خاک شده و در نهایت جذب نیتروژن توسط گیاه و انتقال مجدد نیتروژن را افزایش دهد. در رابطه با افزودن بقایای گیاهی به خاک صادقی و کاظمینی (۲۰۱۵) نشان دادند که به‌منظور متعادل ساختن نسبت کربن به نیتروژن و هم‌چنین، فعالیت ریزجانداران خاک به‌منظور تجزیه مواد آلی، افزودن کود نیتروژن متناسب با مقدار بقایا به خاک ضروری است (۱۹).

www.SID.ir

Archive of SID

کارایی انتقال مجدد نیتروژن: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که کارایی انتقال مجدد نیتروژن به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۵ درصد) تحت‌تأثیر برهمکنش بقایا × منبع کود نیتروژن قرار گرفت. هم‌چنین، این صفت به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) تحت‌تأثیر برهمکنش رژیم آبیاری × منبع کود نیتروژن بود. بررسی اثر برهمکنش بقایا × منبع کود نیتروژن نشان داد که بیشترین میزان کارایی انتقال مجدد نیتروژن (۷۸/۹ درصد) در تیمار حذف بقایا و کود تلفیقی و کم‌ترین میزان کارایی انتقال مجدد نیتروژن (۵۸/۵ درصد) در تیمار حضور بقایا و کود زیستی مشاهده شد (جدول ۳). اثر برهمکنش بقایا × منبع نیتروژن بر کارایی انتقال مجدد نیتروژن نشان داد که در شرایط عدم حضور بقایا، کاربرد کود تلفیقی به‌طور معنی‌دار و به مقدار ۲۰ درصد کارایی انتقال مجدد نیتروژن را نسبت به شاهد افزایش داد. اما، سایر تیمارهای کودی تأثیر معنی‌داری نسبت به شاهد بر کارایی انتقال مجدد نیتروژن نداشت (جدول ۳). در مقابل، در شرایط حضور بقایا، هیچ کدام از منابع نیتروژن سبب ایجاد اختلاف معنی‌دار در کارایی انتقال مجدد نیتروژن نسبت به شاهد نشدند (جدول ۳). اگرچه نتایج بعضی از پژوهش‌ها (۳ و ۵) نشان دادند که با افزودن مقادیر بالای کود نیتروژن کارایی انتقال مجدد نیتروژن کاهش یافت. اما، در آزمایش حاضر در تیمارهای کاربرد کود نیتروژن در شرایط حضور بقایا و حذف بقایا کارایی انتقال مجدد نیتروژن به‌طور جزئی افزایش یافت. کود تلفیقی نیز در شرایط حضور بقایا باعث افزایش معنی‌دار کارایی انتقال مجدد نیتروژن شد که با نتایج پژوهش ارکولی و همکاران (۲۰۰۸) در مورد گندم دوروم همخوانی دارد (۹).

کارایی انتقال مجدد نیتروژن به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) تحت‌تأثیر برهمکنش تیمار آبیاری × منبع کود نیتروژن قرار گرفت (جدول ۲). بیش‌ترین میزان کارایی انتقال مجدد نیتروژن (۷٦/٤ درصد) در تیمار آبیاری مطلوب و کود نیتروژن و کم‌ترین میزان کارایی انتقال مجدد نیتروژن (۵۲/۵ درصد) در تیمار آبیاری مطلوب و کود زیستی مشاهده شد (جدول ٤). اثر برهمکنش آبیاری در منبع کود نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب، کاربرد کود نیتروژن و تیمار تلفیقی مقدار کارایی انتقال مجدد نیتروژن را به‌طور معنی‌دار و به‌ترتیب به مقدار ۳٦ و ۳۵ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند. اما، در تیمار زیستی کاهش جزئی و غیرمعنی‌دار (۷ درصد) نسبت به شاهد مشاهده شد (جدول ٤). در مقابل در شرایط تنش آبی، کودهای نیتروژن، تلفیقی و زیستی کارایی انتقال مجدد نیتروژن را به‌ترتیب به مقدار ۲۱، ۱۰ و ۱۱ درصد نسبت به شاهد کاهش دادند که این کاهش‌ها فقط در تیمارهای کود نیتروژن و تیمار زیستی معنی‌دار بود (جدول ٤). به عنوان یک نتیجه دیگر از بررسی این برهمکنش می‌توان بیان کرد که تنش آبی سبب کاهش کارایی انتقال مجدد نیتروژن در تیمارهای کود نیتروژن و تلفیقی به ترتیب به مقدار ۲۲ و ۱۰ درصد نسبت به شرایط مطلوب رطوبتی شد. در مقابل، تنش آبی سبب افزایش کارایی انتقال مجدد نیتروژن در تیمارهای شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن) و کود زیستی به‌ترتیب ۳٤ و ۲۷ درصد نسبت به شرایط مطلوب رطوبتی گردید (جدول ٤).

بررسی منابع نشان می‌دهد که کود نیتروژن و تنش رطوبتی دارای اثرات ثابتی بر کارایی انتقال مجدد نیتروژن نبوده است. به‌عنوان مثال، براتی و غدیری (۲۰۱۷) در مورد گیاه جو و بحرانی و سروستانی

www.SID.ir

Archive of SID

(۲۰۰۷) در مورد گیاه گندم نشان دادند که کاربرد کود نیتروژن کارایی انتقال مجدد نیتروژن را کاست. هم‌چنین، آن‌ها با اعمال سطوح مختلف تنش آبی اثبات کردند که کارایی انتقال مجدد نیتروژن در سطوح بالای تنش آبی انتهایی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (۳ و ۵). در مقابل، ارکولی و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که صرف‌نظر از شرایط رطوبتی کارایی انتقال مجدد نیتروژن به‌واسطه کاربرد کود نیتروژن افزایش یافت (۹).

مشارکت نیتروژن انتقال مجدد یافته در محتوای نیتروژن دانه: مشارکت نیتروژن انتقال مجدد یافته در محتوای نیتروژن دانه به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۵ درصد) تحت‌تأثیر برهمکنش منبع نیتروژن × بقایای گیاهی × رژیم آبیاری قرار گرفت (جدول ۲). بیش‌ترین مقدار مشارکت در تیمار آبیاری مطلوب و حذف بقایا و کود تلفیقی (۹۲/۸ درصد) و کم‌ترین آن نیز در تیمار آبیاری مطلوب و حفظ بقایا و شاهد (۲۶/٤ درصد) به‌دست آمد (شکل ٤).

جدول ٤- اثر برهمکنش رژیم آبیاری × منبع کود نیتروژن بر کارایی انتقال مجدد نیتروژن و شاخص برداشت نیتروژن.

Table 4. Interaction of irrigation regime × N fertilizer source on N remobilization efficiency and N harvest index.

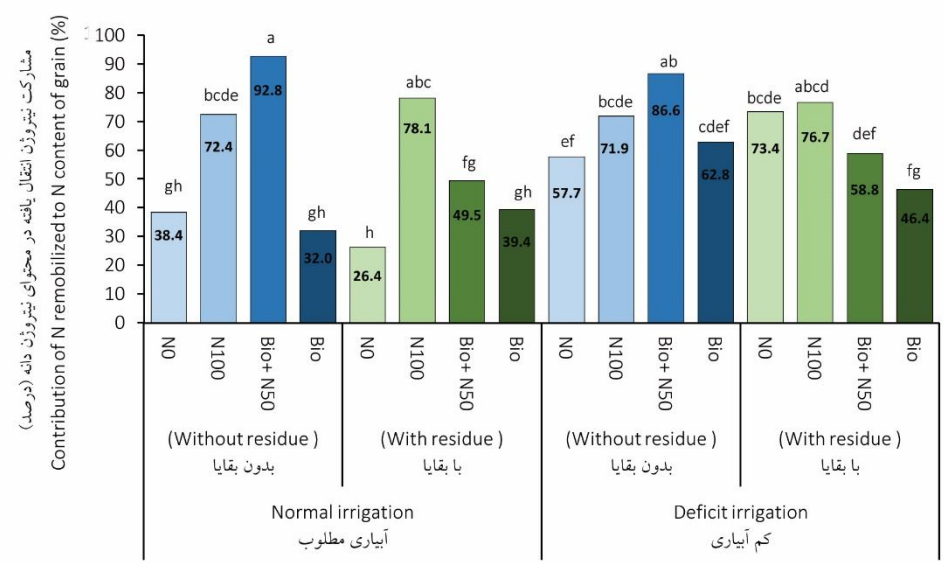
رژیم آبیاری Irrigation regime	منبع کود نیتروژن Nitrogen fertilizer source	کارایی انتقال مجدد نیتروژن (کیلوگرم بر هکتار) N remobilization efficiency ($kg\ ha^{-1}$)	شاخص برداشت نیتروژن (درصد) N harvest index (%)
آبیاری مطلوب Normal irrigation	£ صفر N_0	56.4^{e}	80.2^{abc}
	££ کود نیتروژن N_{100}	76.4^{a}	81.4^{ab}
	¥ کود تلفیقی Bio+ N_{50}	75.8^{ab}	83.1^{a}
	¥¥ کود زیستی Bio	52.5^{e}	76.6^{bc}
کم آبیاری Deficit irrigation	£ صفر N_0	75.3^{ab}	82.9^{a}
	££ کود نیتروژن N_{100}	59.3^{de}	66.5^{d}
	¥ کود تلفیقی Bio+ N_{50}	68.1^{bc}	75.3^{c}
	¥¥ کود زیستی Bio	66.8^{cd}	79.8^{abc}
LSD (0.05)		8.2	5.0

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون کمترین تفاوت معنی‌دار (LSD)، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند. £: شاهد: صفر کیلوگرم نیتروژن بر هکتار، ££: کود نیتروژن: ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار، ¥: کود تلفیقی: باکتری آزوسپیریلوم + ۵۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار و ¥¥: کود زیستی: باکتری آزوسپیریلوم.

Means in each column followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level using LSD test. N_0, no nitrogen fertilizer (control); N_{100}, 100 kg N ha^{-1}; Bio + N_{50}, Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*) + 50 kg N ha^{-1}; Bio, Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤- اثر برهمکنش رژیم آبیاری، بقایای گندم و منبع نیتروژن بر مشارکت نیتروژن انتقال مجدد یافته در محتوای نیتروژن دانه (درصد). میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون کم‌ترین تفاوت معنی‌دار (LSD)، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند، (LSD= ۱۸/۱). N_0: شاهد: صفر کیلوگرم نیتروژن بر هکتار، N_{100}: کود نیتروژن: ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار، $Bio + N_{50}$: کود تلفیقی: باکتری آزوسپیریلوم + ۵۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار و Bio: کود زیستی: باکتری آزوسپیریلوم.

Fig. 4. Interaction of irrigation regime, wheat residue and N fertilizer source on contribution of N remobilization to grain N content (%). The means followed the same letters are not significantly different at 5% probability level using LSD test, (LSD = 18.1). N_0, no N fertilizer (control); N_{100}, 100 kg N ha^{-1}; Bio + N_{50}, Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*) + 50 kg N ha^{-1} and Bio, Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*).

در شرایط آبیاری مطلوب، واکنش مقدار مشارکت نیتروژن به کاربرد منابع کود نیتروژن در شرایط حضور و عدم حضور بقایا روندی متفاوت داشت. در شرایط بدون بقایا، کاربرد کود نیتروژن و تیمار تلفیقی سبب افزایش معنی‌دار مقدار مشارکت به‌ترتیب به مقدار ۸۹ و ۱٤۲ درصد نسبت به شاهد شد. این در حالی بود که کود زیستی مقدار مشارکت نیتروژن را به‌طور جزئی و به میزان ۱۷ درصد کاست. در مقابل در شرایط با بقایا، کود نیتروژن و تیمار تلفیقی مقدار مشارکت نیتروژن را به‌طور معنی‌دار و به‌ترتیب به‌مقدار ۱۹٦ و ۸۸ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند. هم‌چنین، کود زیستی میزان مشارکت نیتروژن را به‌طور جزئی و به مقدار ۵۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ٤).

در شرایط تنش آبی و بدون بقایا مقدار مشارکت نیتروژن در تمامی تیمارهای کودی افزایش یافت (شکل ٤). اما، این افزایش فقط در تیمار کود تلفیقی معنی‌دار و به‌میزان ۵۰ درصد بود. در شرایط با بقایا نیز تیمار کود نیتروژن باعث افزایش جزئی و غیرمعنی‌دار (٤ درصد) در مقدار مشارکت نیتروژن شد. اما در تیمار زیستی و تلفیقی کاهش مشاهده شد که این کاهش فقط در تیمار زیستی معنی‌دار و به‌میزان ۳۷ درصد بود (شکل ٤). نتایج پژوهش‌ها در رابطه با اثرات کود نیتروژن بر میزان مشارکت نیتروژن متفاوت است. به‌عنوان مثال، براتی و غدیری (۲۰۱۷) در پژوهشی روی گیاه جو نشان دادند که کاربرد کود نیتروژن سبب کاهش مقدار مشارکت نیتروژن در شرایط مطلوب رطوبتی و تنش آبی انتهای فصل شد (۵). در مقابل، ارکولی و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند

www.SID.ir

Archive of SID

که کاربرد سطوح بالای کود باعث افزایش مقدار مشارکت شد (۹). وجود تناقض در واکنش میزان مشارکت نیتروژن به‌کار برد کود نیتروژن در آزمایش‌های مختلف، می‌تواند به عوامل مختلفی از جمله تفاوت بین ارقام، محتوای نیتروژن خاک و غیره مربوط باشد.

همسو با نتایج آزمایش براتی و غدیری (۲۰۱۷) که نشان دادند تنش رطوبتی سبب افزایش میزان مشارکت نیتروژن می‌شود (۵)، در آزمایش حاضر نیز تنش آبی سبب افزایش معنی‌دار مقدار مشارکت نیتروژن در تیمارهای شاهد نیتروژن و کود زیستی در شرایط با بقایا و بدون بقایا نسبت به تیمارهای متناظر آن‌ها در شرایط مطلوب رطوبتی شد (شکل ٤). این افزایش به احتمال زیاد به‌دلیل کاهش میزان جذب نیتروژن در تیمارهای شاهد و زیستی در شرایط تنش آبی نسبت به شرایط مطلوب رطوبتی است. در چنین شرایطی میزان اتکای محتوای نیتروژن دانه به مقدار انتقال مجدد نیتروژن نسبت به جذب مستقیم نیتروژن از خاک افزایش یافته و میزان مشارکت نیتروژن انتقال مجدد یافته در محتوای نیتروژن دانه بالا خواهد رفت. در مقابل، تنش آبی در تیمارهای کود نیتروژن و تیمار تلفیقی در شرایط با بقایا و بدون بقایا تأثیر معنی‌داری بر میزان مشارکت نیتروژن نسبت به تیمارهای متناظر آن‌ها در شرایط مطلوب رطوبتی ایجاد نکرد (شکل ٤). این تأثیر غیرمعنی‌دار به احتمال زیاد به‌دلیل عدم تأثیر تنش آبی بر جذب بیش‌تر نیتروژن از خاک در این تیمارها و اتکای کم‌تر محتوای نیتروژن دانه به انتقال مجدد نیتروژن از اندام‌های رویشی به دانه بوده است. زو و همکاران (۲۰۰٦) نشان دادند که کمبود آب قابلیت دسترسی به نیتروژن موجود در خاک را کاهش داده و نیتروژن انتقال مجدد یافته به دانه را افزایش می‌دهد و بنابراین، سهم نیتروژن انتقال مجدد یافته به دانه از کل محتوای نیتروژن دانه یا به عبارت دیگر میزان مشارکت نیتروژن در محتوای نیتروژن دانه افزایش می‌یابد (۲۳). هم‌چنین، امام (۲۰۰۷) گزارش کردند که مقدار جذب نیتروژن در مرحله پس از گلدهی به‌ویژه در شرایط کمبود آب کاهش چشم‌گیری خواهد داشت. این کاهش در شرایط عدم استفاده از کود نیتروژن به‌دلیل رشد کم‌تر ریشه بیش‌تر خواهد بود. از این رو همان‌طور که در آزمایش حاضر در تیمارهای شاهد و کود زیستی نیز اثبات شد، میزان انتقال مجدد افزایش می‌یابد تا کاهش مقدار جذب نیتروژن از خاک را جبران نماید.

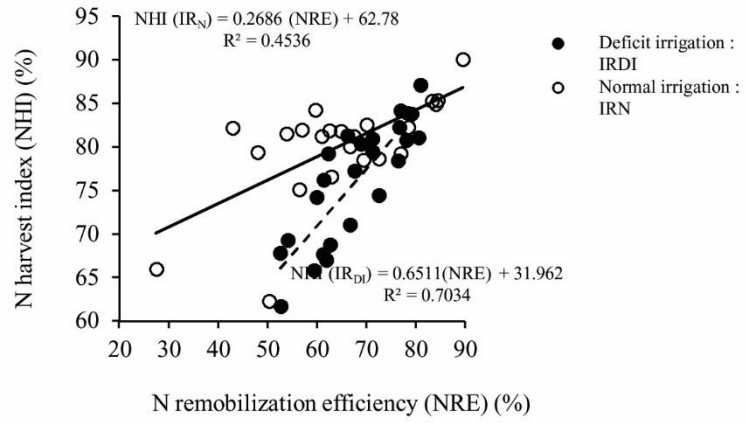
شاخص برداشت نیتروژن: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که شاخص برداشت نیتروژن به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) تحت‌تأثیر برهمکنش تیمار رژیم آبیاری × منبع کود نیتروژن قرار گرفت. در شرایط آبیاری مطلوب، تیمارهای کودی تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت نیتروژن نداشتند. اگرچه تیمارهای کود نیتروژن و کود تلفیقی افزایش جزیی و کود زیستی کاهش جزیی شاخص برداشت نیتروژن نسبت به شاهد را باعث شدند (جدول ٤). نتایج برخی از پژوهش‌ها در مورد گیاه جو (۵) و در مورد گیاه گندم (۱۰) نیز نشان دادند که کاربرد کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت نیتروژن در شرایط مطلوب رطوبتی نداشت. در آزمایش حاضر در شرایط تنش آبی، شاخص برداشت در همه تیمارهای کودی کاهش یافت. اما، این کاهش تنها در تیمارهای کود تلفیقی و کود نیتروژن معنی‌دار و به‌ترتیب به مقدار ۹ و ۲۰ درصد بودند (جدول ٤). در تایید نتایج این آزمایش، برخی از پژوهشگران (١٤) مشاهده کردند که شاخص برداشت نیتروژن با کاربرد کود نیتروژن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. آن‌ها باقی ماندن مقدار بیش‌تری از نیتروژن در کاه و عدم انتقال آن به دانه در شرایط استفاده از کود نیتروژن را دلیل کاهش شاخص

www.SID.ir

Archive of SID

برداشت نیتروژن دانستند. در آزمایش حاضر نیز کاربرد کود نیتروژن سبب کاهش کارآیی انتقال مجدد شده در شرایط تنش آبی شده (جدول ٤) و این کاهش نسبت نیتروژن دانه به کل اندام‌های هوایی را کاهش داده است.

اثر تنش آبی بر شاخص برداشت نیتروژن در منابع مختلف کود نیتروژن متفاوت بود. در تیمار کود زیستی و شاهد، تنش آبی تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت نیتروژن نداشت. اما، در شرایط استفاده از کود نیتروژن و کود تلفیقی، تنش آبی شاخص برداشت نیتروژن را به‌طور معنی‌دار و به ترتیب به مقدار ۱۸ و ۹ درصد کاهش داد (جدول ٤). کاهش شاخص برداشت نیتروژن در اثر تنش آبی شدید پس از گلدهی در آزمایش حاضر را می‌تواند به اثرات منفی تنش بر انتقال مجدد نیتروژن از کاه به دانه در دوره پر شدن دانه نسبت داد. بررسی رگرسیون بین شاخص برداشت نیتروژن و کارایی انتقال مجدد نیتروژن نیز نشان داد که این صفات دارای رابطه خطی و مثبت با هم هستند (به‌ترتیب در شرایط مطلوب و تنش آبی R^2=۰/۷۰ و R^2=۰/٤٥) و کارایی انتقال مجدد نیتروژن در شرایط تنش آبی تغییرات ایجاد شده در شاخص برداشت نیتروژن را تقریباً به مقدار ۲۵ درصد بیش‌تر از شرایط مطلوب رطوبتی توجیه می‌کند (شکل ۵). هم‌چنین، در تأیید نتایج این آزمایش، ارکولی و همکاران (۲۰۰۸) و گیولیانی و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که تنش خشکی شدید پس از گلدهی (همانند شرایط این آزمایش) به‌طور معنی‌داری مقدار شاخص برداشت نیتروژن را در گندم دوروم کاست (۹). آن‌ها نتیجه‌گیری کردند که وقتی تنش آبی شدید رخ دهد، تجمع و انتقال نیتروژن به‌دلیل تخریب عملکرد آوندهای آبکش به‌شدت کاهش می‌یابد (٢٤). شدت کاهش می‌تواند در شرایط کاربرد کود نیتروژن (مانند استفاده از کود نیتروژن و کود تلفیقی در آزمایش حاضر) بیش‌تر باشد. زیرا بر اساس یافته‌های فردریک و کامبراتو (۱۹۹۵)، براتی و همکاران (۲۰۱۷) و نیازی و همکاران (۲۰۲۰) گیاهان دریافت‌کننده کود نیتروژن حساسیت بیش‌تری به تنش آبی نشان می‌دهند (۱۵). بنابراین، انتقال نیتروژن از اندام‌های رویشی به دانه نیز دستخوش کاهش شدیدتری شده و شاخص برداشت نیتروژن کاهش بیش‌تری می‌یابد.



شکل ۵- رابطه بین شاخص برداشت نیتروژن و کارایی انتقال مجدد نیتروژن در شرایط آبیاری مطلوب و کم آبیاری.

Fig. 5. Relationship between the N harvest index and N remobilization efficiency under normal and deficit irrigation conditions.

www.SID.ir

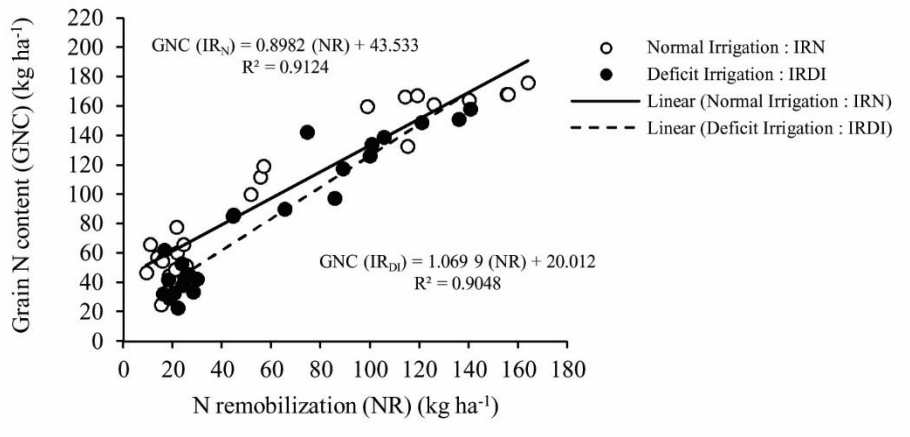
Archive of SID

محتوای نیتروژن دانه: محتوای نیتروژن دانه به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) تحت‌تأثیر برهمکنش بقایا × منبع کود نیتروژن قرار گرفت (جدول ۲). بررسی اثر برهمکنش بقایا × منبع کود نیتروژن نشان داد که بیش‌ترین محتوای نیتروژن دانه (۱۶۱/۷ کیلوگرم بر هکتار) در تیمار حذف بقایا و کود تلفیقی و کم‌ترین میزان محتوای نیتروژن دانه (۴۳ کیلوگرم بر هکتار) در تیمار حضور بقایا و کود زیستی مشاهده شد (جدول ۳). اثر برهمکنش بقایا × منبع نیتروژن بر محتوای نیتروژن دانه نشان داد که در شرایط عدم حضور بقایا، کاربرد کود تلفیقی و کود نیتروژن به‌طور معنی‌دار و به‌ترتیب ۲۰۸ و ۱۵۹ درصد محتوای نیتروژن دانه را نسبت به شاهد افزایش داد. اما، تیمار کود زیستی تأثیر معنی‌داری نسبت به شاهد بر محتوای نیتروژن دانه نداشت (جدول ۳). در شرایط حضور بقایا، نیز کاربرد کود تلفیقی و کود نیتروژن به‌طور معنی‌دار محتوای نیتروژن دانه را نسبت به شاهد افزایش داد. اما، میزان افزایش در کود نیتروژن بیشتر بود، به‌طوری‌که در کود نیتروژن ۲۴۲ درصد و در کود تلفیقی ۱۲۷ درصد افزایش نسبت به شاهد حاصل شد (جدول ۳). در پژوهشی روی گندم دوروم (۹) و جو (۵) نتایج نشان داد که کاربرد کود نیتروژن باعث افزایش محتوای نیتروژن دانه در شرایط آبیاری مطلوب و تنش رطوبتی شد.

در آزمایش حاضر، حضور بقایا باعث کاهش معنی‌دار محتوای نیتروژن دانه در تیمار تلفیقی و کاهش جزیی در تیمار شاهد و کود زیستی نسبت به شرایط بدون بقایا شد. اما، تیمار کود نیتروژن افزایشی به مقدار ۹ درصد نسبت به شرایط بدون بقایا نشان داد (جدول ۳). افزودن بقایای گیاهی به خاک به‌دلیل نسبت کربن به نیتروژن بالا سبب افزایش فعالیت ریزجانداران خاک شده و نیتروژن موجود در خاک در پی تشدید فعالیت این موجودات کاهش می‌یابد. در شرایط عدم حضور مقدار کافی نیتروژن در خاک (مانند شرایط استفاده از کود تلفیقی، زیستی و عدم مصرف کود نیتروژن در آزمایش حاضر) گیاهان با کمبود موقت نیتروژن روبرو شده و جذب نیتروژن کاهش می‌یابد. کاهش جذب نیتروژن می‌تواند به کاهش محتوای نیتروژن اندام‌های رویشی و در نهایت به کاهش انتقال مجدد نیتروژن منجر شود. با توجه به رابطه خطی و مثبت بین انتقال مجدد نیتروژن و محتوای نیتروژن دانه (شکل ۶)، کاهش انتقال مجدد سبب کاهش محتوای نیتروژن دانه خواهد شد. در مقابل استفاده از مقدار مناسب کود نیتروژن (مانند استفاده از کود نیتروژن به تنهایی در آزمایش حاضر) می‌تواند سبب کاهش رقابت بین ریزجانداران خاک و گیاه بر سر نیتروژن شده و جذب نیتروژن توسط گیاه و در نهایت محتوای نیتروژن دانه را افزایش دهد. صادقی و کاظمینی (۲۰۱۵) نیز اثبات کردند که حفظ بقایا در خاک به همراه مصرف مقدار مناسب نیتروژن، نسبت کربن به نیتروژن را برای رشد گیاه و جذب عناصر از جمله نیتروژن متناسب نگه می‌دارد (۱۹).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٦- رابطه بین محتوای نیتروژن دانه و انتقال مجدد نیتروژن در شرایط آبیاری مطلوب و کم آبیاری.

Fig. 6. Relationship between the grain N content and N remobilization under normal and deficit irrigation conditions.

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌ها، تیمار کود تلفیقی با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی برای شرایط مطلوب رطوبتی به‌منظور دستیابی به حداکثر پروتئین دانه مناسب است. در مقابل، در شرایط قطع آبیاری پس از گلدهی، تیمارهای زیستی سبب کاهش کم‌تر کارایی انتقال مجدد نسبت به تیمار کود نیتروژن در مقایسه با شاهد شدند. بنابراین، تیمارهای زیستی در مناطق جنوبی ایران که احتمال بروز تنش آبی انتهایی وجود دارد به‌منظور دستیابی به سطح بالای پروتئین دانه، قابل توصیه هستند. هم‌چنین، کاربرد بقایای گندم برای افزودن کارایی انتقال مجدد و نهایتاً محتوای نیتروژن دانه، در رژیم‌های مختلف کودی و آبی مورد مطالعه توصیه نمی‌شود.

منابع

1. Akbari, F., Dahmardeh, M., Morshdi, A., Ghanbari, A. and Khoramdel, S. 2019. Effects of tillage system and plant residue on nitrogen uptake and use efficiency in corn and bean intercropping systems. J. Crop Improv. 20: 4. 785-799. (In Persian)
2. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration. Guide lines for computing crop water requirements (Irrigation and Drainage Paper 56) Food and Agriculture Organization, Rome.
3. Bahrani, A. and Tahmasebi Sarvestani, Z. 2007. Effect of rate and times of nitrogen application on accumulation and remobilization efficiency of flag leaf in two wheat cultivars. J. Water Soil Sci. 11: 40. 147-155. (In Persian)
4. Barati, V. and Ghadiri, H. 2016. Effects of drought stress and nitrogen fertilizer on yield, yield components and protein content of two barley cultivars. J. Crop Prod. Process. 6: 20. 191-207. (In Persian)
5. Barati, V. and Ghadiri, H. 2017. Assimilate and nitrogen remobilization of six-rowed and two-rowed winter barley under drought stress at different nitrogen fertilization. Arch. Agron. Soil Sci. 63: 6. 841-855.
6. Barati, V., Ghadiri, H., Zand-Parsa, S. and Karimian, N. 2015. Nitrogen and water use efficiencies and yield response of barley cultivars under different irrigation and nitrogen regimes in a semi-arid mediterranean climate. Arch. Agron. Soil Sci. 61: 1. 15-32.

www.SID.ir

Archive of SID

7.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 Res. 6: 1. 79-88. (In Persian)
8.Emam, Y. 2007.Cereal production. Shiraz Univ. Press, 190p. (In Persian)
9.Ercoli, L., Lulli, L., Mariotti, M., Masoni, A. and Arduini, I. 2008. Post-anthesis dry matter and nitrogen dynamics in durum wheat as affected by nitrogen supply and soil water availability. Eur. J. Agron. 28: 2. 138-147.
10.Khamadi, F., Mesgarbashi, M., Hosaibi, P., Enaiat, N. and Farzaneh, M. 2015. The effect of crop residue and nitrogen fertilizer levels on soil biological properties and nitrogen indices and redistribution of dry matter in wheat (*Triticum aestivum* L.). Appl Field Crop Res. 28: 4. 149-157. (In Persian)
11.Khodshenas, M.A., Ghadbeiklou, J. and Dadivar, M. 2015. The effects of source and rate of nitrogen fertilizer and irrigation on nitrogen uptake of silage corn and residual soil nitrate. J. Water. Soil. 29: 6. 1640-1650. (In Persian)
12.Khosravi, E. 2015. Azotobacter and its role in soil fertility management. Land Manag. J. 2: 2. 79-94. (In Persian)
13.Kiani, S., Siadat, S.A., Moradi Telavat, M.R., Abdali Mashhadi, A.R. and Sare, M. 2014. Effect of nitrogen fertilizer application on forage yield and quality of barley (*Hordeum vulgare* L.) and fennel (*Foeniculum vulgare* L.) intercropping. I. J. Crop Sci. 16: 2. 77-90. (In Persian)
14.Muurinen, S., Kleemola, J. and Peltonen-Sainio, P. 2007. Accumulation and translocation of nitrogen in spring cereal cultivars differing in nitrogen use efficiency. Agron. J. 99: 2. 441-449.
15.Niazi-ardakani, M., Barati, V., Bijanzadeh, E. and Behpoori, A. 2020. Effects of different nitrogen fertilizer sources and crop residues on yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.) under late season water stress conditions. Agro. Ecol. 12: 1. 107-126. (In Persian)
16.Rasmussen, P.E. and Rohde, C.R. 1991. Tillage, soil depth, and precipitation effects on wheat response to nitrogen. Soil Sci. Soc. Am. J. 55: 1. 121-124.
17.Rostami, M. and Ahmadi, A. 2014. Investigation the effect of nitrogen forms and split fertilization on grain yield and nitrogen content of two corn hybrids. Appl Field Crop Res. 27: 104. 40-46. (In Persian)
18.Sadeghi, H. 2007. Effects of crop residue and nitrogen rate on morpho-physiological traits, yield and yield components of two dry land wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Ph.D. dissertation, Faculty of Agriculture, University of Shiraz, Iran. (In Persian)
19.Sadeghi, H. and Kazemeini, S.A.R. 2015. Effect of crop residue management and nitrogen fertilizer on grain yield and yield components of two barley cultivars under dryland conditions. Iranian J. Crop Sci. 13: 3. 436-451. (In Persian)
20.Salvagiotti, F., Castellarín, J.M., Miralles, D.J. and Pedrol, H. M. 2009. Sulfur fertilization improves nitrogen use efficiency in wheat by increasing nitrogen uptake. Field Crop Res. 113: 2. 170-177.
21.Sarig, S., Blum, A. and Okon, Y. 1988. Improvement of the water status and yield of field-grown grain sorghum *(Sorghum bicolor*) by inoculation with *Azospirillum brasilense.* J. Agr. Sci. 110: 2. 271-277.
22.Shahpari, F. and Fateh, E. 2016. Different residue type and management and nitrogen on yield and quality of durum wheat (*Triticum durum* L.). J Crop Prod. 9: 3. 87-104. (In Persian)
23.Xu, Z.Z., Yu, Z.W. and Wang, D. 2006. Nitrogen translocation in wheat plants under soil water deficit. Plant soil. 280: 1-2. 291-303.
24.Yang, J. and Zhang, J. 2006. Grain filling of cereals under soil drying. New Phytol. 16: 2. 223-236.
25.Zadoks, J.C., Chang, T.T. and Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 14: 6. 415-421.

www.SID.ir