Archive of SID.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Soil Management and Sustainable Production

Print ISSN: 2322-1267
Online ISSN: 2322-1275

Effects of *Azospirillum* bacteria and crop residue application on macronutrient uptake of barley under water stress conditions

Maryam Niazi[1], Vahid Barati[*2], Hamid Reza Boostani[3], Ehsan Bijanzadeh[4]

1. M.Sc. Graduate, Dept. of Agroecology, Shiraz University, Darab, Iran. E-mail: m.niazi.1989@gmail.com
2. Corresponding Author, Dept. of Agroecology, Shiraz University, Darab, Iran. E-mail: v.barati@shirazu.ac.ir
3. Dept. of Soil Science, Shiraz University, Darab, Iran. E-mail: hr.boostani@shirazu.ac.ir
4. Dept. of Agroecology, Shiraz University, Darab, Iran. E-mail: bijanzd@shirazu.ac.ir

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 07.03.2021
Revised: 02.06.2022
Accepted: 02.08.2022

Keywords:
Biofertilizer,
Grain nitrogen,
Grain phosphorus,
Grain potassium

ABSTRACT

Background and Objectives: The amount of macronutrients content is affected by various environmental factors such as severe water stress occurs after anthesis. Using of *Azospirillum brasilense* as a biofertilizer and crop residues for increasing soil organic matter are the two methods for reducing water stress in the farms. However, despite the favorite effects of *Azospirillum brasilense* and crop residues application for reducing negative effects of water stress, a few studies have been performed on regarding the effects of these factors on macronutrients uptake of barley in the warm and arid regions of Southern Iran. Therefore, the aim of this study was to investigate the effects of *Azospirillum brasilense* and wheat residues applications on macronutrients uptake of barley.

Materials and Methods: This research was conducted at the experimental farm of the Darab agricultural college of Shiraz University. A split factorial experiment in a randomized complete block design with three replicates were carried out in 2017-2018 growing season. Treatments included two levels of irrigation as the main plots [normal irrigation (IR_N): irrigation based on the plant's water requirement up to the physiological maturity and the other factor was deficit irrigation (IR_{DI}): irrigation based on the plant's water requirement up to the anthesis stage (cutting of irrigation after anthesis)]. Also, sub plots were two levels of crop residues [1. without residue, 2. returning 30% of wheat residues to soil] and four fertilizer sources [N_0, no nitrogen fertilizer (control); N_{100}, 100 kg N ha^{-1} (as urea); Bio + N_{50}, Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*) + 50 kg N ha^{-1} (as urea) and Bio, Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*)].

Results: Interaction of residue × nitrogen (N) source on barley grain N content showed that the highest and the lowest grain N content (161.7 and 43 kg ha^{-1}, respectively) were achieved in without residue and the Bio + N_{50} and in with residue and Bio treatments, respectively. In addition, the straw N content was affected by the interaction of irrigation regime × residue × N source. The highest N content of straw was obtained in IR_{DI}, with residue and N_{100} treatments (62.9 kg ha^{-1}) and the lowest was achieved in IR_{DI}, with residue and N_0 treatments (5.7 kg ha^{-1}). The highest grain and straw phosphorus (P) content (1.35 and 1.12 kg ha^{-1}, respectively) was obtained by the Bio + N_{50} and N_{100} treatments, respectively. The irrigation regime × residue × N source interaction showed that the highest and the lowest grain potassium (K) content (12.6 and 4.0 kg ha^{-1}, respectively) was belonged to IR_{DI}, without residue and N_{100} treatments and IR_{DI}, with

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

residue and N_0 treatments, respectively. Also, irrigation × N source interaction showed that the highest K content of straw (114.4 kg ha^{-1}) was achieved in IR_N and Bio + N_{50} treatments and the lowest K content of straw (33.3 kg ha^{-1}) was observed in IR_{DI} and Bio treatments.

Conclusions: Based on the findings of this experiment, the Bio + N_{50} treatment is appropriate for achieving the maximum macronutrients content of barley in IR_N conditions. Therefore, with respect to environmental and economic considerations and achieving high levels of barley macronutrients content, this fertilizer regime is recommended.

Cite this article: Niazi, Maryam, Barati, Vahid, Boostani, Hamid Reza, Bijanzadeh, Ehsan. 2022. Effects of *Azospirillum* bacteria and crop residue application on macronutrient uptake of barley under water stress conditions. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 12 (2), 23-43.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/EJSMS.2022.19274.2029
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار

شاپا چاپی: ۱۲٦۷-۲۳۲۲
شاپا آنلاین: ۱۲۷۵-۲۳۲۲

تأثیر کاربرد باکتری آزوسپیریلوم و بقایای گیاهی بر جذب عناصر غذایی پرمصرف توسط گیاه جو در شرایط تنش آبی

مریم نیازی[۱]، وحید براتی*[۲]، حمیدرضا بوستانی[۳]، احسان بیژن‌زاده[٤]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه اگرواکولوژی، دانشگاه شیراز، داراب، ایران. رایانامه: m.niazi.1989@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، گروه اگرواکولوژی، دانشگاه شیراز، داراب، ایران. رایانامه: v.barati@shirazu.ac.ir
۳. گروه خاکشناسی، دانشگاه شیراز، داراب، ایران. رایانامه: hr.boostani@shirazu.ac.ir
٤. گروه اگرواکولوژی، دانشگاه شیراز، داراب، ایران. رایانامه: bijanzd@shirazu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/۰٤/۱۲
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۰/۱۱/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۱۱/۱۹

واژه‌های کلیدی:
پتاسیم دانه،
فسفر دانه،
کود زیستی،
نیتروژن دانه

چکیده

سابقه و هدف: مقدار عناصر پرمصرف 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 توسط بقایا، از روش‌های کاهش تنش آبی در مزارع می‌باشد اما، با وجود اثرات مطلوب کاربرد باکتری آزوسپیریلوم و بقایای گیاهی در کاهش تنش آبی، مطالعات اندکی در زمینه اثرات این عوامل بر محتوای عناصر پرمصرف گیاه جو در مناطق گرم و خشک جنوب ایران صورت گرفته است. بنابراین، هدف از این پژوهش بررسی اثرات باکتری آزوسپیریلوم و بقایای گیاهی در شرایط تنش خشکی بر محتوای برخی عناصر پرمصرف در گیاه جو بود.

مواد و روش‌ها: این پژوهش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب- دانشگاه شیراز در سال زراعی ۹۷-۱۳۹٦ بر روی گیاه جو (رقم زهک) 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 منبع کودی [۱- شاهد: صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار، ۲- کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌صورت (اوره ٤٦ درصد نیتروژن) با توجه به آزمون خاک ۳- استفاده تلفیقی از باکتری آزوسپیریلوم (*Azospirillum brasilense*) و نیتروژن به مقدار نصف نیاز نیتروژنی گیاه (۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌صورت (اوره ٤٦ درصد نیتروژن)) و ٤- تلقیح بذرها با باکتری آزوسپیریلوم)] بود.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

یافته‌ها: اثر برهمکنش بقایا × منبع نیتروژن بر محتوای نیتروژن دانه 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. هم‌چنین، محتوای نیتروژن کاه تحت‌تأثیر برهمکنش آبیاری × بقایا × منبع نیتروژن، قرار گرفت. بیش‌ترین محتوای نیتروژن کاه در تیمار تنش آبی و حفظ بقایا و کود نیتروژن (۶۲/۹ کیلوگرم بر هکتار) و کم‌ترین محتوای نیتروژن کاه در تیمار تنش آبی و حفظ بقایا و شاهد نیتروژن (۵/۷ کیلوگرم بر هکتار) به‌دست آمد. بالاترین مقدار محتوای فسفر دانه (۱/۳۵ کیلوگرم بر هکتار) مربوط به تیمار کود تلفیقی و بالاترین مقدار محتوای فسفر کاه (۱/۱۲ کیلوگرم بر هکتار) مربوط به تیمار کود نیتروژن بود. اثر برهمکنش آبیاری × بقایا × منبع نیتروژن نشان داد که بیش‌ترین محتوای پتاسیم دانه در تیمار تنش آبی و حذف بقایا و کود نیتروژن (۱۲/۶ کیلوگرم بر هکتار) و کم‌ترین محتوای پتاسیم دانه در تیمار تنش آبی و حفظ بقایا و شاهد نیتروژن (۴/۰ کیلوگرم بر هکتار) به‌دست آمد. هم‌چنین، اثر برهمکنش آبیاری × منبع نیتروژن نشان داد که بیش‌ترین محتوای پتاسیم کاه (۱۱۴/۴ کیلوگرم بر هکتار) در تیمار آبیاری مطلوب و کود تلفیقی و کم‌ترین میزان محتوای پتاسیم کاه (۳۳/۳ کیلوگرم بر هکتار) در تیمار تنش آبی و کود زیستی مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: بر اساس یافته‌های این آزمایش، تیمار کود تلفیقی به‌منظور دستیابی به حداکثر محتوای عناصر پرمصرف در شرایط مطلوب رطوبتی مناسب است. بنابراین، با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی، اقتصادی و دستیابی به سطوح بالای محتوای عناصر پرمصرف، این تیمار کودی قابل توصیه می‌باشد.

استناد: نیازی، مریم، براتی، وحید، بوستانی، حمیدرضا، بیژن‌زاده، احسان (۱۴۰۱). تأثیر کاربرد باکتری آزوسپیریلوم و بقایای گیاهی بر جذب عناصر غذایی پرمصرف توسط گیاه جو در شرایط تنش آبی. *نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار*، ۱۲ (۲)، ۴۳-۲۳.

DOI: 10.22069/EJSMS.2022.19274.2029

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مقدمه

نیتروژن، فسفر و پتاسیم مهم‌ترین عناصر ضروری در تغذیه گیاهان هستند. نیتروژن نقش مستقیمی در محتوای نیتروژن دانه و یا تولید پروتئین غلات دارد (۱). کیفیت تغذیه‌ای جو برای دام و هم‌چنین مالت تولیدی از آن، به مقدار زیادی متأثر از محتوای عناصر دانه آن است (۲). بنابراین، افزایش محتوای عناصر دانه و یا به عبارتی مقدار پروتئین آن از اهداف تولیدکنندگان گیاه جو می‌باشد. به‌طور مشخص، محتوای عناصر دانه در گیاه جو متأثر از مقدار جذب عناصر از خاک در طول زندگی گیاه در طول دوره پر شدن دانه است (۳).

افزایش جذب عناصر غذایی از خاک در گیاهان تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد در بررسی‌های متعددی به اثبات رسیده است. ارتقا جذب عناصر در نتیجه بالا رفتن حجم و سطح سیستم ریشه‌ای در حضور باکتری‌های محرک می‌باشد که این امر در اثر افزایش تشکیل تارهای کشنده و تعداد، ضخامت و طول ریشه‌ها به‌دست می‌آید. معمولاً جذب بیش‌تر فسفر به دلیل افزایش تار کشنده، جذب بیش‌تر پتاسیم مربوط به افزایش ضخامت ریشه و جذب بیش‌تر نیتروژن مربوط به ارتقا سطح ریشه در گیاهان تلقیح شده با باکتری است (٤). علاوه بر افزایش سطح و حجم ریشه، مکانیسم‌های دیگری نیز برای افزایش میزان جذب عناصر در حضور باکتری‌های محرک رشد پیشنهاد شده است. تلقیح گیاه با باکتری‌ها موجب کاهش پتانسیل غشایی سلول‌های ریشه و افزایش انتشار پروتون از ریشه به ریزوسفر می‌شود که این حالت به افزایش جذب عناصر غذایی در ریشه منجر می‌گردد (٤).

یکی از روش‌های کاهش اثرات تنش آبی در مناطق خشک استفاده از باکتری آزوسپیریلوم به‌عنوان کود زیستی است (۵). برخی از پژوهش‌گران (۵، ٦، ۷، ۸، ۹ و ۱۰) 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. اما برخلاف پژوهش‌های بسیار زیادی که در مورد تأثیر باکتری آزوسپیریلوم بر رشد و نمو غلات در مناطق خشک انجام شده است (۵، ۷، ۸، ۹ و ۱۰)، مطالعات کمی روی اثرات کاربرد آن بر جذب عناصر پرمصرف 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 (۱۱). سالانه میلیون‌ها تن بقایای گندم از مزارع خارج شده و یا سوزانده می‌شود (۱۲). این در حالی است که افزودن این بقایا به خاک می‌تواند ظرفیت نگهداری آب در خاک مزرعه را افزایش داده (۱۳) و بنابراین، سطح تنش آبی را کاهش داده و یا این‌که دست‌کم تنش شدید آبی را به تعویق بیاندازد. پژوهش‌های زیادی درباره اثرات بقایای گیاهی بر افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک انجام شده است (۱۳ و ١٤). به‌عنوان مثال، بر اساس نتایج پژوهش 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 نیمه‌خشک شد (۱۳). از طرفی استفاده از بقایای گیاهی در خاک مزارع، شرایط را برای تکثیر و بقاء باکتری‌های مفید خاک و هم‌چنین باکتری‌های مورد استفاده کشاورزان ازجمله آزوسپیریلوم به‌عنوان کود زیستی را فراهم می‌کند (۱۵). بنابراین، افزودن بقایا علاوه بر کاهش اثرات

Archive of SID.ir

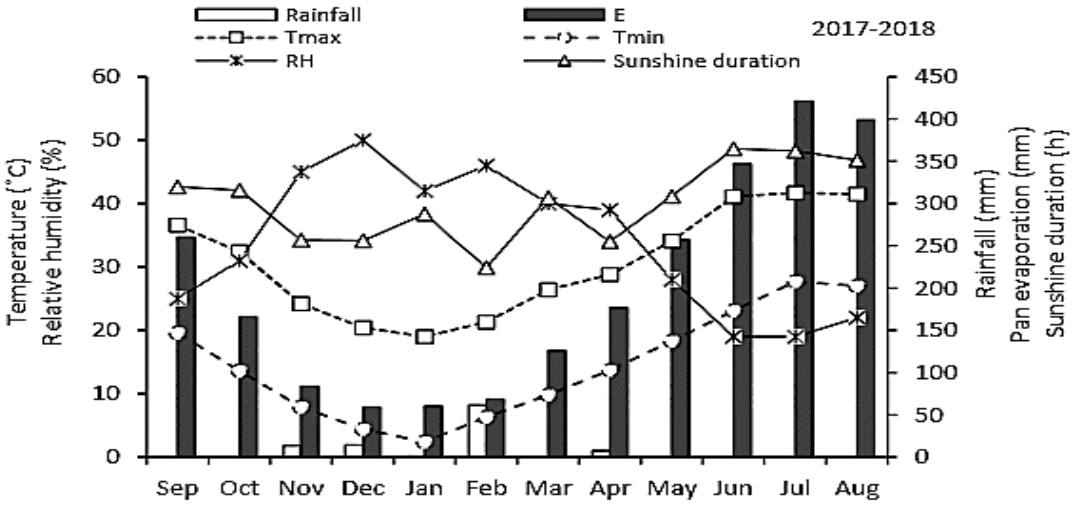
Archive of SID.ir

تنش آبی به‌طور مستقیم، سبب افزایش فعالیت باکتری‌های مفید خاک و درنتیجه کاهش سطح تنش به‌واسطه سازوکارهای موجود در باکتری‌ها مانند تولید هورمون رشد و افزایش سطح جذب ریشه خواهد شد. در چنین شرایطی مقدار جذب عناصر توسط گیاه افزایش می‌یابد (۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۳، ۱۴، ۱۵ و ۱۶). هم‌چنین، مقدار جذب عناصر پرمصرف از خاک رابطه مستقیمی با فراهمی آب در خاک دارد (۱۷). در واقع پاسخ غلات به کود نیتروژن به‌شدت وابسته به قابلیت دسترسی به آب بوده (۱۸ و ۱۹) و در خلال سال‌های خشک کاهش قابل‌ملاحظه‌ای می‌یابد (۲۰). از طرف دیگر کاهش فعالیت ریشه‌ها در مراحل پس از گلدهی به علت پیری، کاهش جذب عناصر در مناطق خشک را تشدید می‌کند (۲۱).

با توجه به اثرات مطلوب کاربرد باکتری آزوسپیریلوم و بقایای گیاهی در کاهش سطح تنش آبی و فقدان مطالعات درزمینه اثرات این عوامل بر محتوای عناصر پرمصرف گیاه جو در مناطق گرم و خشک جنوب ایران، هدف از این پژوهش بررسی اثرات کاربرد بقایای گیاه گندم و منابع مختلف نیتروژن (زیستی و شیمیایی) بر محتوای عناصر پرمصرف گیاه جو بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف بررسی محتوای عناصر پرمصرف در گیاه جو در حضور باکتری آزوسپیریلوم و بقایای گیاهی در شرایط تنش خشکی، 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 آب‌وهوای خشک و دارای 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 داده‌شده است.



شکل ۱- بارندگی ماهیانه، تبخیر از تشت تبخیر، طول دوره روشنایی، میانگین کمینه و بیشینه دمای هوا و رطوبت نسبی در طول سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶.

Figure 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.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

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

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

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

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 براساس 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.

به‌منظور آماده‌سازی زمین عملیات شخم با گاوآهن برگردان‌دار و دیسک انجام شد. 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. اندازه 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.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

بذر جو (رقم زهک) (رقم جو آبی با سازگاری وسیع و مناسب برای کشت در مناطق گرم 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 ۲۳ آذر در ردیف‌های به فاصله ۲۵ سانتی‌متر در شش خط بر اساس مقدار توصیه‌شده (۱۸۲/۲ کیلوگرم بر هکتار) کاشته شد. به‌منظور اعمال مدیریت بقایا، ۳۰ درصد (۱۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار) از بقایای گندم (C/N = ۸۰) برجای‌مانده از گیاه زراعی سال قبل که پس از برداشت محصول روی سطح زمین نگهداری شده بودند، محاسبه شد (۲۲) و در اوایل آبان ماه (۷ هفته قبل از کاشت) به کرت‌های موردنظر افزوده و با خاک مخلوط شدند. سپس، مزرعه با فواصل ۱۰ روز آبیاری گردید و پس از پوسیده شدن بقایا کاشت انجام گرفت. به دلیل پوسیده بودن بقایا از محاسبه فاکتور نیتروژن صرف‌نظر شد.

باکتری آزوسپیریلوم (*Azospirillum brasilense*) مورد استفاده در این پژوهش از مؤسسه تحقیقات آب‌وخاک (بخش بیولوژی خاک) تهیه گردید. قبل از کاشت بر اساس روش‌های موجود (۲۳ و ۲۴) تلقیح بذرها با باکتری آزوسپیریلوم انجام شد. به این صورت که در ابتدا به‌منظور گندزدایی، بذرها برای مدت ۱۰ دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد قرارگرفته و سپس با آب مقطر سترون چندین بار شستشو شدند. در تیمار تلقیح، بذرهای جو در داخل یک کیسه پلی‌اتیلن ریخته شدند و محلول آب و شکر به‌عنوان ماده چسباننده (مقدار ۲۰ میلی‌لیتر محلول شکر ۲۰ درصد برای هر کیلوگرم بذر) به آن اضافه گردید. آن‌گاه کیسه حاوی بذر و ماده چسباننده برای مدت ۳۰ ثانیه به‌شدت تکان داده شد تا سطح تمامی بذرها به‌طور یکنواخت چسبناک گردد. پس از آن، مایه تلقیح (مقدار ۲۰ گرم از مایه تلقیح برای هر کیلوگرم بذر) به بذرهای چسبناک اضافه شد و پس از ۴۵ ثانیه تکان دادن و اطمینان از چسبیدن یکنواخت مایع تلقیح به آن‌ها، بذرهای آغشته به ماده تلقیح برای خشک شدن روی ورقه آلومینیم تمیز در زیر سایه پهن شدند. 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 زمین، قبل از هر آبیاری در کرت‌های مربوط به تیمار آبیاری مطلوب، محتوای رطوبتی خاک به‌وسیله روش وزنی در فواصل ۳۰ سانتی‌متری تا عمق ۶۰ سانتی‌متری خاک اندازه‌گیری شد. در این روش از عمق‌های اشاره شده نمونه‌ای با مته برداشت شد و پس از وزن کردن نمونه مرطوب، آن را به مدت ۲۴ ساعت در آون (دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد) قرار داده تا خشک شود. پس از خشک شدن و وزن کردن دوباره، مقدار رطوبت خاک اندازه‌گیری شد (۲۶). درصد حجمی رطوبت خاک در حالت ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم به روش‌های آزمایشگاهی و مزرعه‌ای اندازه‌گیری شدند. محتوای حجمی رطوبت خاک در حالت ظرفیت مزرعه‌ای در عمق‌های ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری به ترتیب ۰/۲۲ و ۰/۲۱ سانتی‌مترمکعب بر سانتی‌مترمکعب بود. هم‌چنین، محتوای حجمی رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم در عمق‌های ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

به‌ترتیب ۰/۱۱ و ۰/۱۰ سانتی‌متر مکعب بر سانتی‌مترمکعب بود. مقدار آب قابل‌دسترس از تفاضل مقدار رطوبت در حالت ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم به دست آمد (۲۶ و ۲۷). حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی بر اساس گزارش فائو ۵۶ برابر با ۵۵ درصد از کل آب قابل‌دسترس در فصل رشد در نظر گرفته شد (۲۸). بنابراین، هنگامی‌که مقدار آب قابل‌دسترس خاک به کم‌تر از ۵۵ درصد از آن رسید، آبیاری انجام گرفت و رطوبت عمق ۰ تا ۶۰ سانتی‌متری خاک به ظرفیت مزرعه رسانده شد. مقدار آب موردنیاز به‌وسیله معادله زیر محاسبه و مقدار آب کاربردی برای هر کرت به‌وسیله روش حجمی- زمانی اندازه‌گیری شد (۲۹، ۳۰ و ۳۱). در این روش مقدار آب محاسبه‌شده به‌وسیله رابطه ۱ که بر اساس میلی‌متر بود تبدیل به لیتر در هر کرت شد و سپس با توجه به دبی خروجی از لوله‌های تعبیه‌شده برای هر کرت، زمان موردنیاز برای آبیاری آن مشخص 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.

$$D = \sum_{i=1}^{n}(\theta_{fci} - \theta_i)\Delta Z_i \qquad (۱)$$

که در آن، D عمق آب آبیاری (میلی‌متر)، i یک لایه خاک، n تعداد لایه‌های خاک، θ_{fci} محتوای حجمی رطوبت خاک در حالت ظرفیت مزرعه (سانتی‌متر مکعب بر سانتی‌مترمکعب) در i امین لایه خاک، θi محتوای حجمی رطوبت خاک (سانتی‌مترمکعب بر سانتی‌مترمکعب) در i مین لایه خاک، ΔZ_i ضخامت هر لایه خاک (میلی‌متر).

جهت اندازه‌گیری غلظت عناصر دانه و کاه، پس از برداشت اندام هوایی و دانه جو و خشک کردن آن‌ها در آون به مدت ۷۲ ساعت، ماده خشک اندام هوایی و دانه، توسط آسیاب برقی پودر شد. یک گرم از آن در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس خاکستر، و بعد از حل در اسیدکلریدریک ۲ نرمال از کاغذ صافی عبور داده شد و سپس توسط آب مقطر به حجم رسانده شد. در عصاره حاصل، غلظت پتاسیم توسط روش نشر شعله‌ای (Corning 510, UK) با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر و غلظت فسفر نیز از طریق روش رنگ‌سنجی و محلول آمونیوم مولیبدووانادات و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۴۷۰ نانومتر تعیین شد. غلظت نیتروژن (درصد) نیز به روش کلدال (۳۲) اندازه‌گیری شد. میزان جذب عناصر غذایی در اندام هوایی و دانه از حاصل‌ضرب وزن خشک در غلظت آن‌ها محاسبه شد.

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 صورت گرفت (۳۳) و میانگین‌ها با استفاده از آزمون کم‌ترین تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. همچنین، برای بررسی نرمالیته داده‌ها از روش Shapiro-Wilk استفاده شد. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل (Excel) صورت گرفت.

Archive of SID.ir

جدول ۲- تجزیه واریانس محتوای نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه و کاه و پروتئین دانه.

Table 2. Analysis of variance of N, P and K content of grain and straw and grain protein percent.

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی D.f.	میانگین مربعات Mean squares						
			محتوای نیتروژن دانه Grain N content	محتوای نیتروژن کاه Straw N content	محتوای فسفر دانه Grain P content	محتوای فسفر کاه Straw P content	محتوای پتاسیم دانه Grain K content	محتوای پتاسیم کاه Straw K content	درصد پروتئین دانه Grain protein percent
Replication (R)	تکرار	2	10.17^{ns}	150.17^{**}	0.11^{ns}	0.10^{ns}	0.84^{ns}	175.64^{ns}	2.90^{ns}
Irrigation (Ir)	رژیم آبیاری (آبیاری)	1	5219.95^{ns}	610.11^{ns}	2.01^{ns}	3.08^{*}	20.92^{ns}	4007.89^{ns}	444.51^{ns}
Error (a)	خطای (الف)	2	554.53	47.57	0.75	0.15	3.26	898.87	76.42
Residue (Re)	بقایا	1	3159.49^{**}	196.19^{**}	0.03^{ns}	0.14^{ns}	22.87^{**}	2581.19^{**}	124.389^{**}
N Fertilizer (N)	منبع کود نیتروژن (کود)	3	32258.76^{**}	4109.81^{**}	0.38^{**}	0.32^{**}	54.34^{**}	12391.16^{**}	1338.65^{**}
Ir × Re	آبیاری × بقایا	1	0.09^{ns}	128.27^{**}	0.003^{ns}	0.002^{ns}	19.17^{**}	5.69^{ns}	1.22^{ns}
Ir × N	آبیاری × کود	3	222.83^{ns}	720.02^{**}	0.14^{ns}	0.04^{ns}	4.38^{ns}	515.79^{*}	179.02^{**}
Re × N	بقایا × کود	3	3200.07^{**}	60.37^{*}	0.06^{ns}	0.03^{ns}	7.59^{*}	368.69^{ns}	341.50^{**}
Ir × Re × N	آبیاری × بقایا × کود	3	117.45^{ns}	135.39^{**}	0.16^{ns}	0.02^{ns}	9.14^{**}	320.85^{ns}	105.54^{**}
Error (b)	خطای (ب)	28	119.52	15.19	0.09	0.26	1.856	133.67	348.57
CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)		11.95	14.64	25.24	19.06	16.91	16.19	19.38

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

* and ** significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

ns غیرمعنی‌داری

ns Non significant

CV: Coefficient of variation.

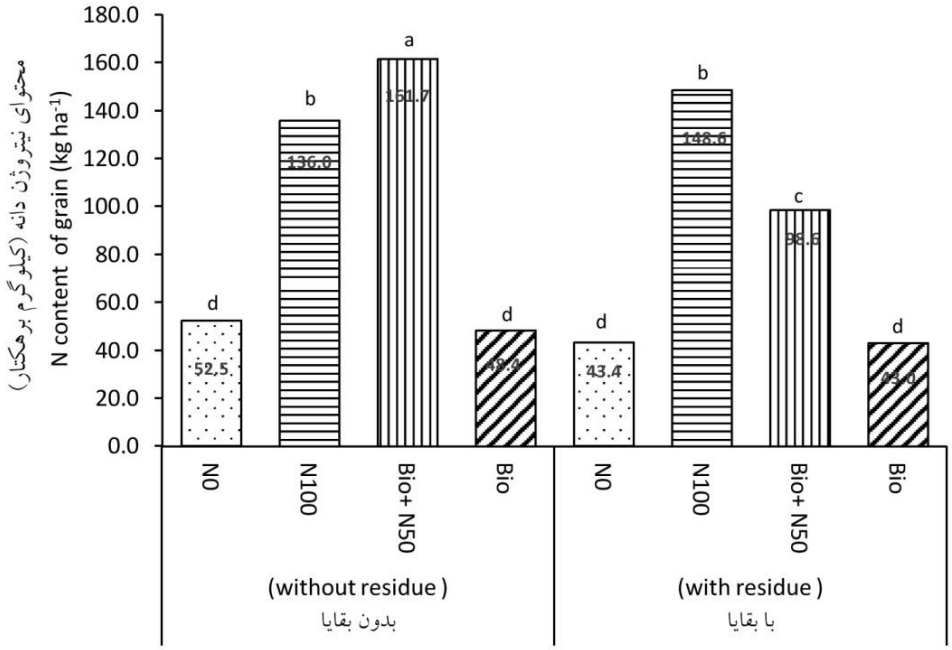
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

نتایج و بحث

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 (شکل ۲).



شکل ۲- اثر برهمکنش بقایای گندم و منبع نیتروژن بر محتوای نیتروژن دانه (کیلوگرم بر هکتار).

میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون کم‌ترین تفاوت معنی‌دار (LSD) اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

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.

Figure 2. Interaction effect of wheat residue and N fertilizer source on N content of grain (kg ha^{-1}). The means followed the same letters are not significantly different at 5% probability level using LSD test. 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*).

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 (شکل ۲). 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

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

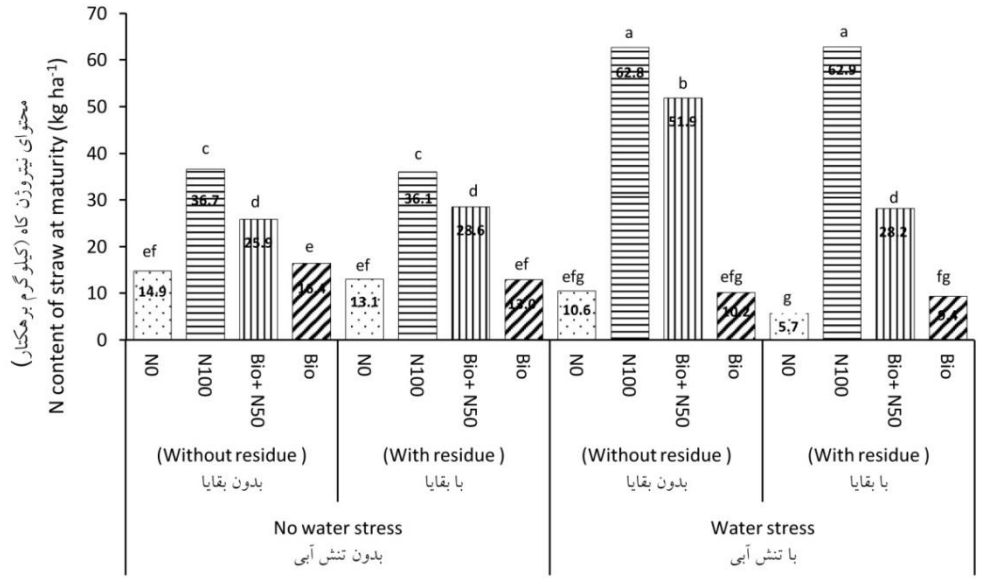
حاصل شد (شکل ۲). در پژوهش‌هایی جداگانه که بر روی گندم دوروم (۳۴) و جو (۳۵) انجام گرفت، نتایج نشان داد که کاربرد کود نیتروژن باعث افزایش محتوای نیتروژن دانه در شرایط آبیاری مطلوب و تنش رطوبتی می‌گردد.

در آزمایش حاضر، حضور بقایا باعث کاهش معنی‌دار محتوای نیتروژن دانه در تیمار تلفیقی و کاهش جزئی 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 (شکل ۲). افزودن بقایای گیاهی به خاک به دلیل 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 منجر شود. در مقابل استفاده از مقدار مناسب کود نیتروژن (مانند استفاده از کود نیتروژن به‌تنهایی در آزمایش حاضر) می‌تواند سبب کاهش رقابت بین ریز جانداران خاک و گیاه بر سر نیتروژن شده و جذب نیتروژن توسط گیاه و درنهایت 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 ازجمله نیتروژن متناسب نگه می‌دارد (۱۱ و ۱۳).

محتوای نیتروژن کاه: محتوای نیتروژن کاه به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) تحت‌تأثیر برهمکنش منبع نیتروژن × بقایای گیاهی × رژیم آبیاری قرار گرفت (جدول ۲). بیش‌ترین محتوای نیتروژن کاه در تیمار تنش آبی و حفظ بقایا و کود نیتروژن (۶۲/۹ کیلوگرم بر هکتار) و کم‌ترین محتوای نیتروژن کاه در تیمار تنش آبی و حفظ بقایا و شاهد نیتروژن (۵/۷ کیلوگرم بر هکتار) به‌دست آمد (شکل ۳). در شرایط آبیاری مطلوب و حذف بقایا تیمارهای کود نیتروژن، کود تلفیقی و کود زیستی محتوای نیتروژن کاه را به ترتیب به میزان ۱۴۷، ۷۴ و ۱۱ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند. اگرچه این افزایش‌ها فقط در کود نیتروژن و تلفیقی معنی‌دار بودند (شکل ۳). هم‌چنین، در شرایط استفاده از بقایا نیز تیمارهای کود نیتروژن و تلفیقی محتوای نیتروژن کاه را به‌طور معنی‌دار و به ترتیب به مقدار ۱۷۶ و ۱۱۸ درصد افزودند (شکل ۳). به‌طور کلی می‌توان گفت که در شرایط آبیاری مطلوب روند تغییرات محتوای نیتروژن کاه در واکنش به منابع کود نیتروژن در شرایط حضور و عدم حضور بقایا مشابه بود، به‌طوری‌که بیش‌ترین واکنش محتوای نیتروژن کاه نسبت به شاهد مربوط به تیمار کود نیتروژن و به‌دنبال آن کود تلفیقی و کم‌ترین میزان واکنش مربوط به کود زیستی بود (شکل ۳).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۳- اثر برهمکنش رژیم آبیاری، بقایای گندم و منبع نیتروژن بر محتوای نیتروژن کاه (کیلوگرم برهکتار).

میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون کم‌ترین تفاوت معنی‌دار (LSD) اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

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.

Figure 3. Interaction of irrigation regime, wheat residue and N fertilizer source on N content of vegetative parts (kg ha^{-1}).

The means followed the same letters are not significantly different at 5% probability level using LSD test. 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 ٣٩٠ درصد نسبت به شاهد افزودند و در شرایط حضور بقایا این افزایش‌ها به ترتیب ١٠٠٤ و ٣٩٨ درصد نسبت به شاهد بود (شکل ٣). تنش آبی محتوای نیتروژن کاه 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 شرایط تنش نسبت به شرایط مطلوب کاهش یافت (شکل ٣).

براتی و غدیری (٢٠١٧) در پژوهشی در جو نشان دادند که در دو سال متوالی با افزایش سطوح کودی و سطوح تنش آبی محتوای نیتروژن کاه افزایش یافت (٣٥). هم‌چنین، در پژوهشی دیگر روی گندم دوروم نتایج به این صورت بود که با افزایش سطوح کود نیتروژن محتوای نیتروژن کاه افزایش یافت (٣٤).

محتوای فسفر دانه: نتایج تجزیه واریانس (جدول ٢) نشان داد که محتوای فسفر دانه به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال ١ درصد تحت‌تأثیر کاربرد کود نیتروژن قرار گرفت. مصرف کود نیتروژن (١٠٠ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، کود تلفیقی (آزوسپیریلوم + ٥٠ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) به ترتیب محتوای فسفر دانه را به میزان ٢١ و ٢٨ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ٣).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول ۳- اثرات رژیم آبیاری، منبع کود و بقایا بر محتوای فسفر دانه و کاه جو (کیلوگرم در هکتار).

Table 3. Effects of irrigation regime, N fertilizer source and residue on P content of grain and straw (kg ha^{-1}).

Treatment	تیمار	میزان فسفر دانه	میزان فسفر کاه
Irrigation regime	رژیم آبیاری		
Normal	مطلوب	1.37^{a}	1.20^{a}
water stress	تنش آبی	0.96^{a}	0.69^{b}
Fertilizer	کود		
N_0	صفر£	1.05^{bc}	0.82^{b}
N_{100}	۱۰۰ ££	1.27^{ab}	1.12^{a}
Bio + N_{50}	کود تلفیقی¥	1.35^{a}	1.05^{a}
Bio	کود زیستی¥¥	0.97^{c}	0.80^{b}
Residue	بقایا		
With residue	با بقایا	1.14^{a}	1.00^{a}
Without residue	بدون بقایا	1.19^{a}	0.89^{a}

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 در هکتار، ££: کود نیتروژن: ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، ¥: کود تلفیقی: باکتری آزوسپیریلوم + ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در 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*)

بالاترین مقدار محتوای فسفر دانه (۱/۳۵ کیلوگرم بر هکتار) مربوط به تیمار کود تلفیقی و کم‌ترین مقدار محتوای فسفر دانه (۰/۹۷) مربوط به تیمار کود زیستی بود. کاهش فسفر در تیمار کود زیستی می‌تواند به‌دلیل کاهش کارایی باکتری تحت شرایط تنش خشکی باشد (۳۶). نیتروژن ازجمله عناصر ضروری در رشد و نمو گیاهان است و نقش مهمی در شکل‌گیری عناصر مورد نیاز گیاه در دانه دارد (۳۷). اثر مثبت کاربرد کود نیتروژن بر میزان محتوای فسفر دانه را سایر پژوهشگران (۳۶) نیز گزارش کرده‌اند.

تنش آبی تأثیر معنی‌داری بر محتوای فسفر دانه نداشت (جدول ۳)؛ اما، محتوای فسفر دانه در شرایط تنش آبی نسبت به تیمار آبیاری مطلوب کاهش ۳۰ درصدی یافت (جدول ۳). مقدار جذب عناصر از خاک رابطه مستقیمی با فراهمی آب در خاک دارد (۱۷) و در خلال سال‌های خشک کاهش قابل‌ملاحظه‌ای می‌یابد (۲۰). از طرف دیگر کاهش فعالیت ریشه‌ها در مراحل پس از گلدهی به علت پیری، کاهش جذب عناصر را تشدید می‌کند (۲۱).

در مطالعه حاضر کاربرد بقایا باعث افزایش جزئی و غیرمعنی‌دار محتوای فسفر دانه شد (جدول ۳). هرچند حضور مقدار زیاد بقایای گیاهی در خاک به‌علت تحریک فعالیت ریز جانداران، نیتروژن خاک را به‌طور موقت از دسترس گیاه خارج می‌کند (۱۱ و ۱۳) اما، به نظر می‌رسد که در آزمایش حاضر افزودن ۳۰ درصد بقایای گندم به خاک رقابت جدی ریز جانداران و گیاه برای نیتروژن را سبب نشد و ازاین‌رو محتوای فسفر دانه دستخوش تغییرات معنی‌داری

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

به‌واسطه کاربرد بقایا نگردید، از طرفی استفاده از بقایای گیاهی در خاک مزارع، شرایط را برای تکثیر و بقاء باکتری‌های مفید خاک و باکتری‌های مورد استفاده کشاورزان ازجمله آزوسپیریلوم (به‌عنوان کود زیستی) فراهم می‌کند (۱۵) درنتیجه، در آزمایش حاضر حضور بقایا باعث افزایش (هر چند جزئی) در محتوای فسفر دانه شد.

محتوای فسفر کاه: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که محتوای فسفر کاه به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد تحت‌تأثیر کاربرد کود نیتروژن قرار گرفت. مصرف کود نیتروژن (۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، کود تلفیقی (آزوسپیریلوم + ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) به ترتیب محتوای فسفر کاه را به میزان ۳۷ و ۲۹ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ۳). بالاترین مقدار محتوای فسفر کاه (۱/۱۲ کیلوگرم بر هکتار) مربوط به تیمار کود نیتروژن و کم‌ترین مقدار محتوای فسفر کاه (۰/۷۹ کیلوگرم بر هکتار) مربوط به تیمار کود زیستی بود. نیتروژن نقش مهمی در شکل‌گیری عناصر مورد نیاز گیاه در دانه دارد (۳۷). اثر مثبت کاربرد کود نیتروژن بر میزان محتوای فسفر دانه را سایر پژوهش‌گران (۳۶) نیز گزارش کرده‌اند. تنش آبی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر محتوای فسفر کاه داشت (جدول ۲) محتوای فسفر کاه در شرایط تنش آبی نسبت به تیمار آبیاری مطلوب کاهش ۴۲ درصدی یافت (جدول ۳). مقدار جذب عناصر از خاک رابطه مستقیمی با فراهمی آب در خاک دارد (۱۷).

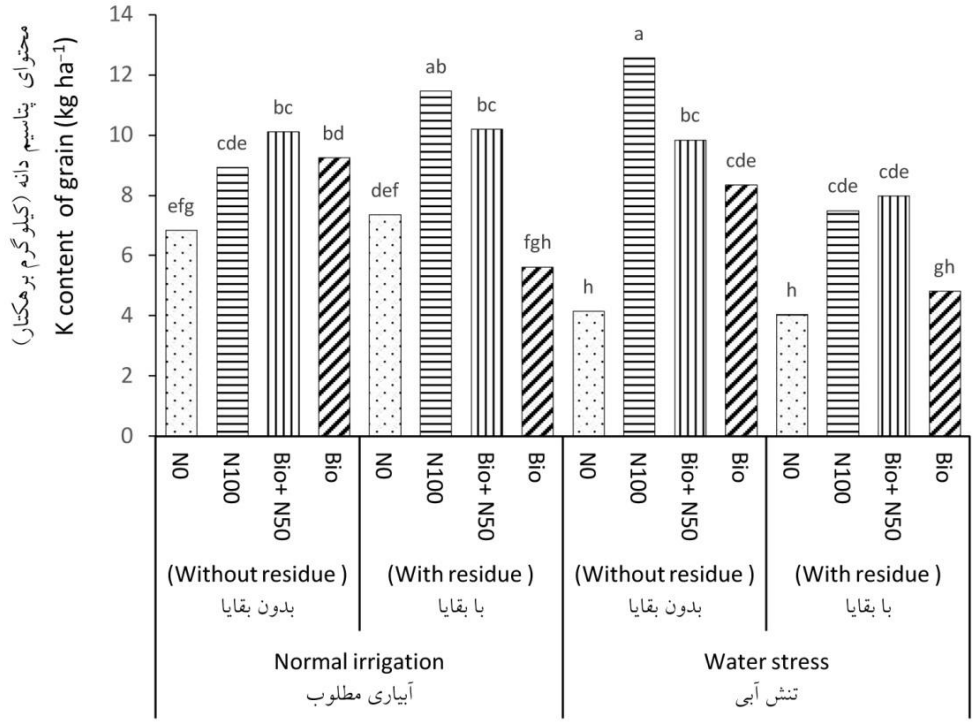
محتوای پتاسیم دانه: محتوای پتاسیم دانه به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) تحت‌تأثیر برهمکنش منبع نیتروژن × بقایای گیاهی × رژیم آبیاری قرار گرفت (جدول ۲). بیش‌ترین محتوای پتاسیم دانه در تیمار تنش آبی و حذف بقایا و کود نیتروژن (۱۲/۶ کیلوگرم بر هکتار) و کم‌ترین محتوای پتاسیم دانه در تیمار تنش آبی و حفظ بقایا و شاهد نیتروژن (۴/۰ کیلوگرم بر هکتار) به‌دست آمد (شکل ۴). در شرایط آبیاری مطلوب و حذف بقایا تیمارهای کود نیتروژن، کود تلفیقی و کود زیستی محتوای پتاسیم دانه را به ترتیب به میزان ۳۱، ۴۸ و ۳۵ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند (شکل ۴). هم‌چنین، در شرایط استفاده از بقایا نیز تیمارهای کود نیتروژن و تلفیقی محتوای پتاسیم دانه را به‌طور معنی‌دار و به‌ترتیب به مقدار ۵۶ و ۳۹ درصد افزودند (شکل ۴). به‌طورکلی می‌توان گفت که در شرایط آبیاری مطلوب روند تغییرات محتوای پتاسیم دانه در واکنش به منابع کود نیتروژن در شرایط عدم حضور بقایا، بیش‌ترین واکنش محتوای پتاسیم دانه نسبت به شاهد مربوط به تیمار کود تلفیقی و به دنبال آن کود زیستی و کم‌ترین میزان واکنش مربوط به کود نیتروژن بود هم‌چنین، در شرایط حضور بقایا بیش‌ترین واکنش محتوای پتاسیم دانه نسبت به شاهد مربوط به کود نیتروژن و به دنبال آن تیمار کود تلفیقی و کم‌ترین میزان واکنش مربوط به کود زیستی بود (شکل ۴). 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 متناسب نگه می‌دارد (۱۱ و ۱۳).

در شرایط تنش آبی و حذف بقایا تیمارهای کود نیتروژن، کود تلفیقی و کود زیستی محتوای پتاسیم دانه را به ترتیب به میزان ۲۰۳، ۱۳۷ و ۱۰۱ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند (شکل ۴). هم‌چنین، در شرایط استفاده از بقایا نیز تیمارهای کود نیتروژن و تلفیقی و زیستی محتوای پتاسیم دانه را به‌طور معنی‌دار و به ترتیب به مقدار ۸۶، ۹۸ و ۱۹ درصد افزودند (شکل ۴). به‌طور کلی می‌توان گفت که در تنش آبی روند تغییرات محتوای پتاسیم دانه در واکنش

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

به منابع کود نیتروژن نسبت به آبیاری مطلوب بیش‌تر بود. در شرایط عدم حضور بقایا، بیش‌ترین واکنش محتوای پتاسیم دانه نسبت به شاهد مربوط به تیمار کود نیتروژن و به دنبال آن کود تلفیقی و سپس مربوط به کود زیستی بود هم‌چنین، در شرایط حضور بقایا بیش‌ترین واکنش محتوای پتاسیم دانه نسبت به شاهد مربوط به کود تلفیقی و به دنبال آن تیمار کود نیتروژن و کم‌ترین میزان واکنش مربوط به کود زیستی بود (شکل ٤).



شکل ٤- اثر برهمکنش رژیم آبیاری، بقایای گندم و منبع نیتروژن بر محتوای پتاسیم دانه (کیلوگرم بر هکتار).

میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون کم‌ترین تفاوت معنی‌دار (LSD) اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

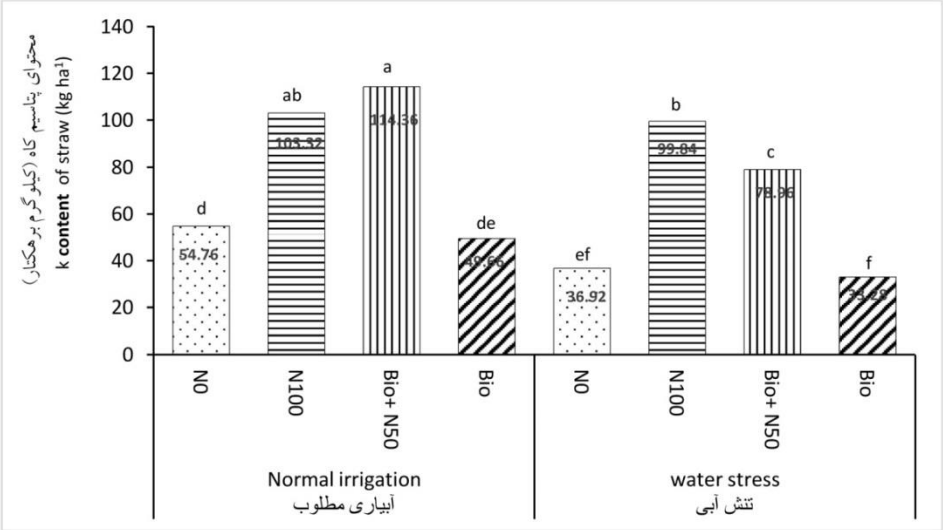
N_0: شاهد: صفر کیلوگرم نیتروژن بر هکتار، N_{100}: کود نیتروژن: ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار، $Bio+N_{50}$: کود تلفیقی: باکتری آزوسپیریلوم + ۵۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار و Bio: کود زیستی: باکتری آزوسپیریلوم.

Figure 4. Interaction effect of irrigation regime, wheat residue and N fertilizer source on K content of grain (kg ha^{-1}). The means followed the same letters are not significantly different at 5% probability level using LSD test. 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*).

محتوای پتاسیم کاه: محتوای پتاسیم کاه به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۵ درصد) تحت‌تأثیر برهمکنش آبیاری × منبع کود نیتروژن قرار گرفت (جدول ۲). بررسی اثر برهمکنش آبیاری × منبع کود نیتروژن نشان داد که بیش‌ترین محتوای پتاسیم کاه (۱۱٤/٤ کیلوگرم بر هکتار) در تیمار آبیاری مطلوب و کود تلفیقی و کم‌ترین میزان محتوای پتاسیم کاه (۳۳/۳ کیلوگرم بر هکتار) در تیمار تنش آبی و کود زیستی مشاهده شد (شکل ۵).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۵- اثر برهمکنش آبیاری در منبع کود نیتروژن بر محتوای پتاسیم کاه (کیلوگرم بر هکتار).

میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون کم‌ترین تفاوت معنی‌دار (LSD) اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

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.

Figure 5. Interaction effect of irrigation regime and N fertilizer source on K content of vegetative parts (kg ha^{-1}). The means followed the same letters are not significantly different at 5% probability level using LSD test. 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*).

اثر برهمکنش آبیاری × منبع نیتروژن بر محتوای پتاسیم کاه نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب، کاربرد کود تلفیقی و کود نیتروژن به‌طور معنی‌دار و به‌ترتیب ۱۰۹ و ۸۹ درصد محتوای پتاسیم کاه را نسبت به شاهد افزایش داد. اما، تیمار کود زیستی تأثیر معنی‌داری نسبت به شاهد بر محتوای پتاسیم کاه نداشت (شکل ۵). در شرایط تنش آبی، نیز کاربرد کود تلفیقی و کود نیتروژن به‌طور معنی‌دار محتوای پتاسیم کاه را نسبت به شاهد افزایش داد. اما، میزان افزایش در کود نیتروژن بیش‌تر بود، به‌طوری‌که در کود نیتروژن ۱۷۰ درصد و در کود تلفیقی ۱۱٤ درصد افزایش نسبت به شاهد حاصل شد (شکل ۵). در پژوهش‌هایی جداگانه که بر روی گندم دوروم (۳٤) و جو (۳۵) انجام گرفت، نتایج نشان داد که کاربرد کود نیتروژن باعث افزایش محتوای عناصر در شرایط آبیاری مطلوب و تنش رطوبتی شد. باکتری‌های آزوسپیریلوم با افزایش تعداد و طول ریشه‌های فرعی و تارهای کشنده، درنهایت افزایش سطح جذب ریشه و افزایش جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاه را به همراه دارند. آزوسپیریلوم به‌عنوان یک تحریک‌کننده رشد گیاهی، غیر از تثبیت نیتروژن مولکولی، با تولید اکسین‌ها موجب افزایش تولید تارهای کشنده ریشه و بهبود جذب عناصر غذایی از خاک و رشد گیاه می‌شوند. اثر مثبت آن از طریق چندین مکانیسم شامل افزایش توسعه ریشه، تولید تنظیم‌کننده‌های رشد و تثبیت نیتروژن به اثبات رسیده است (٤). در آزمایش حاضر، تنش آبی باعث کاهش محتوای پتاسیم کاه در تیمارهای مختلف کودی نسبت به آبیاری مطلوب شد (شکل ۵).

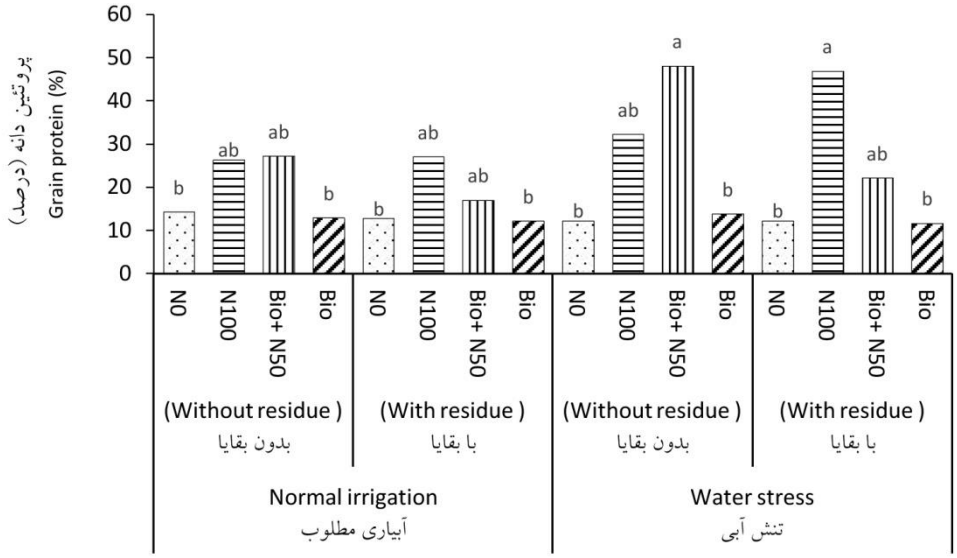
پروتئین دانه: پروتئین دانه به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) تحت‌تأثیر برهمکنش منبع نیتروژن × بقایای گیاهی × رژیم آبیاری قرار گرفت (جدول ۲). بیش‌ترین پروتئین دانه در تیمار تنش آبی و حذف

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

بقایا و کود تلفیقی (۴۸/۱ کیلوگرم بر هکتار) و کم‌ترین پروتئین دانه در تیمار تنش آبی و حفظ بقایا و کود زیستی (۱۱/۶ کیلوگرم بر هکتار) به‌دست آمد (شکل ۶). در شرایط آبیاری مطلوب و حذف بقایا تیمارهای کود نیتروژن، کود تلفیقی پروتئین دانه را به‌ترتیب به میزان ۸۵ و ۹۱ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند (شکل ۶). هم‌چنین، در شرایط استفاده از بقایا نیز تیمارهای کود نیتروژن و تلفیقی پروتئین دانه را به ترتیب به مقدار ۱۱۲ و ۳۳ درصد افزودند (شکل ۶).

در شرایط تنش آبی و حذف بقایا تیمارهای کود نیتروژن، کود تلفیقی و کود زیستی پروتئین دانه را به‌ترتیب به میزان ۱۶۶، ۲۹۷ و ۱۴ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند (شکل ۶). هم‌چنین، در شرایط استفاده از بقایا نیز تیمارهای کود نیتروژن و تلفیقی پروتئین دانه را و به ترتیب به مقدار ۲۸۶ و ۸۲ درصد افزودند (شکل ۶). به‌طور کلی می‌توان گفت که در تنش آبی روند تغییرات پروتئین دانه در واکنش به منابع کود نیتروژن نسبت به آبیاری مطلوب بیش‌تر بود. در شرایط عدم حضور بقایا، بیش‌ترین واکنش پروتئین دانه نسبت به شاهد مربوط به تیمار کود تلفیقی و به دنبال آن کود نیتروژن و سپس مربوط به کود زیستی بود هم‌چنین، در شرایط حضور بقایا بیش‌ترین واکنش پروتئین دانه نسبت به شاهد مربوط به کود نیتروژن و به دنبال آن تیمار کود تلفیقی بود (شکل ۶). براتی و غدیری (۱۳۹۵) در پژوهشی دوساله بر روی جو نشان دادند که استفاده از کود نیتروژن اثر معنی‌داری بر میزان پروتئین دانه داشت. هم‌چنین، آن‌ها نشان دادند که تنش آبی و شرایط دیم پروتئین دانه را افزایش داد؛ و بیش‌ترین پروتئین دانه در تیمار دیم مشاهده شد (۲۹). هم‌چنین، پژوهش‌های دیگری نیز نتایج مشابهی را نشان دادند (۳ و ۱۱).



شکل ۶- اثر برهمکنش رژیم آبیاری، بقایای گندم و منبع نیتروژن بر میزان پروتئین دانه (درصد).

میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون کم‌ترین تفاوت معنی‌دار (LSD) اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

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.

Figure 6. Interaction effect of irrigation regime, wheat residue and N fertilizer source on Grain Protein (%). The means followed the same letters are not significantly different at 5% probability level using LSD test. 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*).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

نتیجه‌گیری

برهمکنش بقایا در منبع نیتروژن بر محتوای نیتروژن دانه در شرایط عدم حضور بقایا، کاربرد کود تلفیقی و کود نیتروژن به‌طور معنی‌دار محتوای نیتروژن دانه را نسبت به شاهد افزایش داد. در شرایط آبیاری مطلوب و حذف بقایا تیمارهای کود نیتروژن، کود تلفیقی و کود زیستی محتوای نیتروژن کاه را نسبت به شاهد افزایش دادند. بالاترین مقدار محتوای فسفر دانه (۱/۳۵ کیلوگرم بر هکتار) مربوط به تیمار کود تلفیقی و بالاترین مقدار محتوای فسفر کاه (۱/۱۲ کیلوگرم بر هکتار) مربوط به تیمار کود نیتروژن بود. در شرایط آبیاری مطلوب و حذف بقایا تیمارهای کود نیتروژن، کود تلفیقی و کود زیستی محتوای پتاسیم دانه را به ترتیب به میزان ۳۱، ۴۸ و ۳۵ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند. در شرایط آبیاری مطلوب، کاربرد کود تلفیقی و کود نیتروژن به‌طور معنی‌دار محتوای پتاسیم کاه را نسبت به شاهد افزایش داد. براساس یافته‌ها، تیمار کود تلفیقی با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی برای شرایط مطلوب رطوبتی به‌منظور دستیابی به حداکثر محتوای عناصر پرمصرف مناسب است. بنابراین، تیمارهای زیستی در مناطق جنوبی ایران که احتمال بروز تنش آبی انتهایی وجود دارد به‌منظور دستیابی به سطح بالای محتوای عناصر پرمصرف، قابل توصیه هستند.

منابع

1. 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 Crops Research. 113: 2. 170-177.
2. 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. Iranian Journal of Crop Sciences. 16: 2. 77-90. (In Persian)
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. Journal of Water and Soil Science. 11: 40. 147-155. (In Persian)
4. Seyedsharifi, R., and Namvar, A. 2015. Biofertilizers in agronomy. Mohaghegh ardebili University press. Ardebil. 280p. (In Persian)
5. Niazi, 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. Agroecology. 12: 1. 127-126. (In Persian)
6. Amoo-Aghaie, R., Mostajeran, A., and Emtiazi, G. 2003. Effect of *Azospirillum* bacteria on some growth parameters and yield of three wheat cultivars. Journal of Water and Soil Science. 7: 2. 127-138. (In Persian)
7. Compant, S., Van Der Heijden, M.G., and Sessitsch, A. 2010. Climate change effects on beneficial plant-microorganism interactions. FEMS Microbiology Ecology. 73: 2. 197-214.
8. Hadi, H., Babaei, N., Daneshian, J., Arzanesh, M., and Hamidi, A. 2012. Effects of *Azospirillum lipoferum* on seedling characteristics derived from sunflower (*Helianthus annus* L.) seed under water deficit conditions. Agroecology. 3: 3. 320-327. (In Persian)
9. Pazoki, A. 2016. Effects of humic acid and plant growth promoting *Rhizobacteria* (PGPRs) on yield and yield components of durum wheat under drought stress condition in Shahr-e-Rey region. Cereal Research. 6: 1. 105-117. (In Persian)
10. 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

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Azospirillum brasilense. Journal Agronomy Sciences. 110: 2. 271-277.

11. 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)
12. Shahpari, F., and Fateh, E. 2016. Different residue type, management, and nitrogen on yield and quality of durum wheat (*Triticum durum* L.). Journal Crop Production. 9: 3. 87-104. (In Persian)
13. 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 Society of Crops and Plant Breeding Sciences. 13: 3. 436-451. (In Persian)
14. Singh, Y., Singh, B., Ladha, J.K., Khind, C.S., Khera, T.S., and Bueno, C.S. 2004. Effects of residue decomposition on productivity and soil fertility in rice–wheat rotation._Soil Science Society of American Journal. 68: 3. 854-864.
15. Khosravi, E. 2015. Azotobacter and its role in soil fertility management. Land Management Journal. 2: 2. 79-94. (In Persian)
16. 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.). Applied Field Crops Research. 28: 4. 149-157. (In Persian)
17. 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. Water and Soil. 29: 6. 1640-1650. (In Persian)
18. Pala, M., Matar, A., and Mazid, A. 1996. Assessment of the effects of environmental factors on the response of wheat to fertilizer in on-farm trials in a Mediterranean type environment. Experimental Agriculture. 32: 3. 339-349.
19. Tilling, A.K., O'Leary, G.J., Ferwerda, J.G., Jones, S.D., Fitzgerald, G.J., Rodriguez, D., and Belford, R. 2007. Remote sensing of nitrogen and water stress in wheat. Field Crops Research. 104: 1-3. 77-85.
20. Rasmussen, P.E., and Rohde, C.R. 1991. Tillage, soil depth, and precipitation effects on wheat response to nitrogen. Soil Science Society of American Journal. 55: 1. 121-124.
21. 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. Applied Field Crops Research. 27: 104. 40-46. (In Persian)
22. Keshavarz Nejad Ghadikolaei, A., Kazemeini, S.A. and Bahrani, M.J. 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: 10. 181-191. (In Persian)
23. Somasegaran, P., and Hoben, H.J. 2012. Handbook for rhizobia: Methods In Legume-Rhizobium Technology. Springer Science and Business Media, University of Hawaii, New York, USA. 449p.
24. Tale Ahmad, A., and Haddad, R. 2011. Study of silicon effects on antioxidant enzyme activities and osmotic adjustment of wheat under drought stress. Czech Journal of Genetics Plant Breeding. 47: 1. 17-27.
25. Zadoks, J.C., Chang, T.T., and Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research. 14: 6. 415-421.
26. Alizadeh, A. 1999. Soil-water-plant relationship. Astan Ghods Razavi Press, 353p. (In Persian)
27. Hanson, B., Schwankl, L., and Fulton, A. 2004. Scheduling Irrigation: When and How Much Water to Apply. Department of Land, Air and Water Resources, University of California, Davis, California, USA. 202p.
28. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration. Guide lines for computing crop water

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

requirements (Irrigation and Drainage Paper 56) Food and Agriculture Organization, Rome.
29. Barati, V., and Ghadiri, H. 2016. Effects of drought stress and nitrogen fertilizer on yield, yield components and protein content of two barley cultivars. Journal of Crop Production and Processing. 6: 20. 191-206. (In Persian)
30. 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. Archives of Agronomy and Soil Science. 61: 1. 15-32.
31. Grimes, D.W., Yamada, H., and Hughes, S.W. 1987. Climate-normalized cotton leaf water potentials for irrigation scheduling. Agricultural Water Management. 12: 4. 293-304.
32. Dordas, C.A., and Sioulas, C. 2009. Dry matter and nitrogen accumulation, partitioning, and retranslocation in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as affected by nitrogen fertilization. Field Crops Research. 110: 1. 35-43.
33. Institute, S. 2004. SAS/GRAPH 9.1 Reference. SAS Institute.
34. 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. European Journal of Agronomy. 28: 2. 138-147.
35. 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. Archives of Agronomy and Soil Science. 63: 6. 841-855.
36. Malekifarahani, S. 2009. Evaluation of deficit irrigation and fertilizer n yield and grain properties of barley (*Hordeum vulgare* cv. Turkman). Ph.D. dissertation, Faculty of agricultural sciences, University of Tehran, Iran. (In Persian)
37. Taiz, L., and Zeiger, E. 2010. Plant physiology. Sinauer Associates, Sunderland, Mass, 782p.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir