University of Birjand

Journal homepage:
https://escs.birjand.ac.ir

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

Vol. 17, No. 1, pp. 159-174 (Spring 2024)

https://dx.doi.org/10.22077/ESCS.2023.5560.2157

Original article

The effect of faba bean (*Vicia faba* L.) cover crop on corn (*Zea mays* L.) nitrogen efficiency under water deficit stress

S. Ghorbi[1], A. Ebadi[2*], S. Khomari[3], M. Hashemi[4]

1. *PhD, Agronomy, Mailing Address: Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran*
2. *Professor, Agronomy, Crop Physiology, Mailing Address: Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran*
3. *Associate Professor, Agronomy, Crop Physiology, Mailing Address: Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran*
4. *Professor, Agronomy, Crop Physiology, Stockbridge School of Agriculture, University of Massachusetts, Amherst, MA, USA*

Received 17 August 2022; Accepted 19 October 2022

Extended abstract

Introduction

Drought is known as the most important factor limiting corn production in the world. Depending on the growth stage and severity of drought stress, it can decrease corn yield by 76%. In addition, the increase in drought stress can decrease the efficiency of elements such as nitrogen in this crop. Therefore, many ways have been studied to decrease the effects of drought stress on crops. The results show that the use of cover crops can be an important approach for agriculture to protect crops against climate changes. These crops improve crop yields and soil nutrients by reducing runoff and soil erosion. The use of legumes as cover crops can decrease the need for chemical nitrogen fertilizer by biological N fixation in these crops.

Materials and methods

In 2019, a pot experiment was conducted in the greenhouse of the Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. The experimental treatments were faba bean cultivation (cultivated, non-cultivated), the different rates of nitrogen based on urea (0, 50, 100% of the recommended amount) and water deficit stress (40, 60, 80, 100% FC). In this experiment, 72 pots of 10 kg were used. First, the field capacity of the soil was determined, then the pots were filled with the air-dried soil. Ten grains of faba bean were planted in each pot, 5 of which were removed after germination. Shoots of faba bean were cut at the 50% flowering stage and mixed with the soil to the depth of 10 cm. Four corn grains were planted in each pot, two of which were removed after germination. In this experiment, the variety Shadan of faba bean and the corn hybrid 201 (single cross) were used. Different levels of nitrogen were applied at the V5 stage of corn, drought stress was applied ten days later and continued until the harvest stage of corn. Pots were weighed regularly for the application of drought stress. Corn was harvested at the pasty stage. Experimental characteristics included grain and shoot fresh and dry weights, grain and shoot protein content, nitrogen agronomic efficiency, nitrogen productivity, nitrogen recovery efficiency, and shoot and grain partial factor productivity. Statistical analysis of data was performed using SPSS software (version 26), and significant differences between treatment means were tested using Duncan's Multiple Range Test at $P < 0.05$.

* Corresponding author: Saeideh Ali Ebadi; E-Mail: ali.ebadi.khazineh@gmail.com

© 2024, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

Results and discussion

Our results showed that all traits were influenced by interactions between faba bean cultivation × N fertilizer × water deficit stress. The highest grain yield was obtained of treatment the faba bean cultivation+100% of the recommended nitrogen rate+no application of water deficit stress, while no grains were observed in the treatment of non-cultivation of faba bean+100% of the recommended rate of nitrogen+application of severe water deficit stress, non-cultivation of faba bean+no nitrogen application+application of moderate water deficit stress and non-cultivation of faba bean+no nitrogen application+application of severe water deficit stress. The higher rate of nitrogen in the soil under severe water deficit stress can be considered as the limiting factor for crop growth, and therefore we observed lower yields in these treatments. Addition, our results showed that faba bean cultivation as cover crop increased some traits such as fresh and dry weight of shoot, agronomic efficiency and nitrogen recovery of nitrogen compared to non-cultivation of faba bean. The highest fresh dry shoot weight was obtained from the treatments of faba bean cultivation+100% of the recommended nitrogen rate+no application of water deficit stress and non-cultivation of faba bean cultivation+100% of the recommended nitrogen rate+no application of water deficit stress. Also, the highest shoot and grain agronomic efficiency was observed from the faba bean cultivation+100% of the recommended nitrogen rate+ no nitrogen application+application of moderate water deficit stress.

Conclusion

Overall, our results showed that the use of faba bean as cover crop can decrease the effects of water deficit stress and improve the growth status of corn, although the increase at higher water deficit stress level is lower than the other levels. Based on the results, it can be concluded that the use of faba bean as cover crop and and 50% of the recommended rate of nitrogen can be recommended under the same conditions (under water deficit stress).

Keywords: Environmental stresses, N fertilizer, Nitrogen productivity, Nitrogen recovery efficiency, Mulching

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد هفدهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۳

https://dx.doi.org/10.22077/ESCS.2023.5560.2157

مقاله پژوهشی

تأثیر استفاده از گیاه پوششی باقلا (*Vicia faba* L.) بر کارایی نیتروژن ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) در شرایط تنش کم‌آبی

سمانه قربی[۱]، علی عبادی[۲*]، سعید خماری[۳]، مسعود هاشمی[۴]

۱. دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
۲. استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
۳. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
۴. استاد گروه علوم خاک و فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه ماساچوست، آمریکا

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
تنش‌های محیطی
کارایی بازیافت نیتروژن
کارایی بهره‌وری نیتروژن
کود نیتروژن
مالچ

تاریخ دریافت:
۱۴۰۱/۰۵/۲۶

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۰۷/۲۷

تاریخ انتشار:
بهار ۱۴۰۳

۱۷۴-۱۵۹ :(۱)۱۷

چکیده

کشت گیاهان پوششی روشی مناسب در تطبیق نظام‌های کشاورزی با تغییرات اقلیمی به‌ویژه تنش کم‌آبی است. بااین‌حال، تحقیقات کمی در بررسی اثرات مستقیم کشت این گیاهان در کاهش اثرات تنش کم‌آبی در محصولات زراعی وجود دارد. ازاین‌رو، آزمایشی گلخانه‌ای به‌منظور بررسی اثر کشت باقلا (*Vicia faba* L.) به‌عنوان گیاه پوششی در کاهش اثرات سطوح مختلف تنش کم‌آبی و نیز کارایی جذب کود نیتروژن در ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) در سال ۱۳۹۸ به اجرا درآمد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار بود. عامل‌های موردمطالعه شامل کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی با دو سطح (کشت و عدم کشت)، سطوح مختلف تنش کم‌آبی با چهار سطح (۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و کاربرد نیتروژن معدنی بر پایه‌ی اوره با سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده) بودند. نتایج نشان داد که تیمار کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی به همراه کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده نیتروژن و عدم اعمال تنش کم‌آبی با میانگین ۲۳/۳ گرم دارای بیشترین میزان عملکرد دانه بود. همچنین نتایج حاصل با توجه به عملکرد دانه نشان داد که کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی و کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده‌ی نیتروژن در سطوح مختلف تنش کم‌آبی باعث بهبود صفاتی نظیر کارایی زراعی، کارایی بازیافت و کارایی بهره‌وری نیتروژن هم در دانه و هم در بافت هوایی ذرت نسبت به عدم کشت باقلا در شرایط مشابه گردید. بر همین اساس، استفاده از بقایای باقلا در خاک و کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده نیتروژن در تمامی سطوح تنش کم‌آبی در شرایط مشابه آب و هوایی توصیه می‌شود.

مقدمه

کم‌آبی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده‌ی تولید ذرت در جهان شناخته می‌شود و بسته به زمان و مرحله‌ی رشد گیاه و شدت آن می‌تواند عملکرد این گیاه را تا ۷۶ درصد کاهش دهد (Mousavi et al., 2021). همچنین، افزایش شدت تنش کم‌آبی می‌تواند باعث کاهش کارایی عناصر غذایی نظیر نیتروژن در این گیاه شود. به‌عنوان‌مثال قبادی و همکاران (Ghobadi et al., 2015) در آزمایش خود بر روی ذرت دانه‌ای (رقم سینگل‌کراس ۷۰۴) مشاهده کردند که همزمان با افزایش تنش کم‌آبی از ۱۰۰ به ۶۰ درصد ظرفیت زراعی و افزایش میزان نیتروژن از ۱۱۹ به ۲۲۱ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه ذرت به میزان ۴۹ درصد کاهش یافت. فرید و همکاران (Farid et al., 2020) نیز در آزمایشی جداگانه مشاهده کردند که افزایش شدت تنش کم‌آبی (از ۱۰۰ به ۶۰ درصد ظرفیت زراعی) باعث کاهش کارایی جذب

* نگارنده پاسخگو: علی عبادی. پست الکترونیک: ali.ebadi.khazineh@gmail.com

و بازیافت ظاهری نیتروژن در ذرت شیرین (رقم سینگل‌کراس ۴۰۳) شد. در همین راستا، روش‌های بسیاری جهت کاهش اثرات تنش کم‌آبی در گیاهان موردبررسی قرار گرفت و بر اساس نتایج حاصل، کشت گیاهان پوششی می‌تواند به‌عنوان ابزاری حیاتی در تطبیق نظام‌های کشاورزی با تغییرات شدید آب و هوایی مورداستفاده قرار گیرد. این گیاهان از طریق کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی نظیر فرسایش خاک و آبشویی عناصر غذایی براثر رواناب، افزایش بهره‌وری محصولات زراعی و مواد مغذی خاک به افزایش پایداری در سیستم‌های کشاورزی کمک می‌کنند (Giri et al., 2020).

استفاده از حبوبات به‌عنوان گیاه پوششی علاوه بر آثار مثبت فوق، می‌تواند از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن به‌صورت چشمگیری نیاز به کود نیتروژن را در محصولات بعدی نظیر ذرت کاهش دهد (Jahanzad et al., 2014). همچنین برگرداندن بقایای این گیاهان به خاک از طریق پوشش سطح خاک می‌تواند باعث کاهش اثرات تنش کم‌آبی گردد. به‌عنوان‌مثال در سال ۲۰۱۲ و در شرایط تنش کم‌آبی کشاورزان در ایالت‌های غربی آمریکا، ۱۰ تا ۱۵ درصد عملکرد بالاتری را در مزارع ذرتی که در آن سویا به‌عنوان گیاه پوششی کشت گردیده بود، مشاهده کردند (Nichols et al., 2022). ازپینار (Ozpinar, 2009) نیز در آزمایش خود مشاهده کرد که کاشت ماشک به‌عنوان گیاه پوششی پیش از ذرت باعث افزایش محتوای رطوبت و بهره‌وری خاک و نیز افزایش عملکرد در این گیاه نسبت به تک‌کشتی ذرت شد. مارسلو و میگوئز (Marcillo and Miguez, 2017) گزارش کردند که استفاده از حبوبات به‌تنهایی و به‌عنوان گیاه پوششی زمستانه عملکرد ذرت را به میزان ۳۰ درصد افزایش داد. آن‌ها همچنین بیان کردند که اثرات مثبت حبوبات به‌عنوان گیاه پوششی بر عملکرد ذرت با افزایش مصرف کود نیتروژنی کاهش یافت. قبادی و همکاران (Ghobadi et al., 2015) در آزمایشی مشاهده کردند تنش کم‌آبی باعث کاهش کارایی زراعی نیتروژن در ذرت شد. از سویی دیگر طارق جان و همکاران (Tariq-Jan et al., 2010) بیان کردند که آزادسازی تدریجی نیتروژن از بقایای گیاهی نسبت به آزادسازی سریع آن (استفاده از کود شیمیایی) باعث افزایش کارایی زراعی نیتروژن می‌شود. باقلا یکی از قدیمی‌ترین محصولات زراعی در جهان و عضوی از خانواده‌ی حبوبات است و مانند سایر گیاهان این خانواده دارای قابلیت تثبیت بیولوژیکی نیتروژن است. در سال‌های اخیر، به دلیل نقش مثبت این گیاه در اکوسیستم‌های زراعی، توجه فزاینده‌ای به استفاده از آن به‌عنوان گیاه پوششی در سیستم‌های کشاورزی شده است (Landry et al., 2015). اعتمادی و همکاران (Etemadi et al., 2018) استفاده از باقلا به‌عنوان گیاه پوششی را عاملی مهم در جهت کاهش نیاز به مصرف کود نیتروژن در ذرت شیرین و نیز بهبود خصوصیات فیزیکی خاک بیان کردند.

با توجه به نتایج فوق و شرایط آب و هوایی حاکم در غالب نقاط کشور و نیز مدیریت نامناسب مصرف کود، در این آزمایش فرض بر این بود که استفاده از باقلا به‌عنوان گیاه پوششی می‌تواند علاوه بر کاهش اثرات تنش کم‌آبی از طریق پوشش سطح خاک و ممانعت از تبخیر آب، باعث افزایش کارایی نیتروژن (از طریق رهاسازی این عنصر از بقایای خود) و به دنبال آن افزایش عملکرد ذرت در سطوح بالاتر تنش کم‌آبی شود. اهداف این مطالعه، بررسی اثرات تنش کم‌آبی در سطوح مختلف و تأثیر آن بر جذب نیتروژن در ذرت و نیز میزان تأثیر باقلا به‌عنوان گیاه پوششی بر تنش کم‌آبی و جذب نیتروژن در ذرت دانه‌ای بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۸ و به‌صورت فاکتوریل بر پایه‌ی طرح کامل تصادفی با سه عامل و سه تکرار در گلخانه‌ی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی واقع در اردبیل به اجرا درآمد. عامل‌های موردمطالعه شامل کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی با دو سطح (کشت و عدم کشت) (Etemadi et al., 2018)، سطوح مختلف نیتروژن معدنی بر پایه‌ی اوره با سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده) (Sarfraz et al., 2017) (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) (Etemadi et al., 2018) و تنش کم‌آبی با چهار سطح {(سطح شدید)۴۰، (سطح متوسط)۶۰، (سطح ملایم)۸۰ و (عدم اعمال) ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی} (Anjum et al., 2011) بودند. در طول دوره‌ی آزمایش، رطوبت گلخانه ۶۵ تا ۷۰ درصد، دمای گلخانه به‌طورکلی بین ۲۰ تا ۲۶ درجه‌ی سانتی‌گراد و طول دوره روشنایی بین ۱۰ تا ۱۲ ساعت بود. در این آزمایش به تعداد ۷۲ عدد گلدان پلاستیکی با قطر دهانه و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر (۱۰ کیلوگرمی) استفاده شد. قبل از پر کردن گلدان‌ها با خاک، از یک توری پلاستیکی دولایه به‌منظور ممانعت از خروج احتمالی خاک در ته هر گلدان استفاده گردید. لایه‌ای از شن

نیز، به جهت انجام زه‌کشی مناسب در انتهای هر گلدان ریخته شد. قبل از پر کردن گلدان‌ها با خاک، در ابتدا خاک هوا خشک و کوبیده شد و پس از عبور از الک ۵ میلی‌متری و تعیین ظرفیت زراعی خاک، با استفاده از ترازو (۲۰ کیلوگرمی)، هر گلدان با ۱۰ کیلوگرم خاک هوا خشک‌شده پر شد. خصوصیات خاک مورد آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. مشخصات فیزیکو شیمیایی خاک مورد آزمایش

Table 1. Physiochemical properties of the soil

مشخصات Charasteristics	پتاسیم K	فسفر P	روی Zn	نیتروژن N	کربن آلی Organic Carbon	اسیدیته pH	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	بافت خاک Soil texture	درجه‌ی اشباع Saturation
	----------mg kg^{-1}----------			----------%----------			----------%----------				%
میزان Amount	250	26.4	1.02	0.04	0.7	7.6	38.5	42	19	silt	47

بذر باقلا مورداستفاده در این آزمایش رقم شادان بود که قبل از کاشت خیسانده شده و پس از تلقیح با باکتری *Rhizobium leguminosarum* var viciae (Siczek and Lipiec, 2016) به تعداد ۱۰ عدد در هر گلدان کشت گردید که پس از سبز شدن و تنک کردن، تعداد ۵ بوته در هر گلدان باقی ماند. از خصوصیات این رقم می‌توان به پتانسیل عملکرد بالا، برداشت مکانیزه، مقاومت به لکه برگی و خوابیدگی بوته اشاره کرد. در اواسط مرحله‌ی گلدهی، بوته-های باقلا کف‌بر شده و پس از خرد کردن و اختلاط آن‌ها تا عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک، به تعداد ۴ عدد بذر ذرت در هر گلدان کشت گردید که پس از سبز شدن در هر گلدان ۲ بوته باقی ماند (۲ بوته دیگر تنک شدند). بذور ذرت مورداستفاده در این آزمایش رقم سینگل‌کراس ۲۰۱ (کوشا) بود که یک هیبرید زودرس ذرت است. قبل از اعمال تنش کم‌آبی سطوح مختلف نیتروژن بر اساس تیمارهای مربوطه، به هر گلدان اضافه و ۱۰ روز پس‌ازآن، تنش کم‌آبی اعمال گردید. آبیاری در تمامی مراحل رشد باقلا و در ذرت (در این گیاه تا مرحله‌ی V5) به‌صورت نرمال بود و پس‌ازاین مرحله در ذرت (V5)، بر اساس تیمارهای آزمایشی سطوح ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش کم‌آبی) تا انتهای مرحله‌ی برداشت این گیاه، اعمال گردید. از توزین مداوم گلدان‌ها و محاسبه‌ی مقدار آب موردنیاز برای اعمال تنش کم‌آبی در درصدهای مختلف ظرفیت زراعی استفاده شد. ذرت‌ها حدوداً پس از ۴ ماه، در مرحله‌ی خمیری برداشت و جهت اندازه‌گیری صفات به آزمایشگاه منتقل شدند. صفات موردمطالعه در این آزمایش شامل کارایی زراعی، کارایی بازیافت، کارایی بهره‌وری، کارایی مصرف نیتروژن دانه و بافت هوایی (به‌جز دانه)، درصد پروتئین دانه و بافت هوایی، عملکرد دانه، وزن تر و خشک بافت هوایی بودند.

برای محاسبه‌ی عملکرد تر بافت هوایی و دانه، پس از برداشت، نمونه‌ها توسط ترازو (۰/۱ گرم) وزن شدند و پس از خشک شدن در آون ۷۵ درجه به مدت ۴۸ ساعت (Fakhari et al., 2017) وزن آن‌ها توسط ترازو دوباره اندازه‌گیری شد. درصد پروتئین دانه و بافت هوایی از ضرب درصد نیتروژن هر نمونه در عدد ۶/۲۵ به دست آمد. کارایی زراعی، کارایی بازیافت و کارایی بهره‌وری نیتروژن (Abbasi et al., 2010) و عامل جزئی سودمندی دانه و بافت هوایی (Jamali et al., 2020) با استفاده از معادلات زیر محاسبه شد.

$$\text{کارایی زراعی نیتروژن} = \frac{\text{عملکرد در کرتی که نیتروژن دریافت نکرده - عملکرد در کرتی که نیتروژن دریافت کرده}}{\text{مجموع نیتروژن خاک}} \quad [۱]$$

$$\text{کارایی بازیافت نیتروژن} = \frac{\text{مقدار نیتروژن موجود در نمونه در کرتی که نیتروژن دریافت نکرده - مقدار نیتروژن موجود در نمونه در کرتی که نیتروژن دریافت کرده}}{\text{مجموع نیتروژن خاک}} \quad [۲]$$

$$\text{کارایی بهره‌وری نیتروژن} = \frac{\text{عملکرد خشک نمونه}}{\text{مجموع نیتروژن کل گیاه}} \quad [۳]$$

$$\text{عامل جزئی سودمندی} = \frac{\text{عملکرد خشک نمونه}}{\text{مجموع نیتروژن خاک}} \quad [۴]$$

مجموع نیتروژن خاک: مقدار نیتروژن تثبیت‌شده توسط باقلا + مقدار کود مصرفی در هر گلدان + میزان نیتروژن اولیه در خاک

برای اندازه‌گیری مقدار نیتروژن تثبیت‌شده توسط باقلا از روش دفن کردن بقایا (Etemadi et al., 2018) استفاده شد. در ابتدا صد گرم نمونه‌ی ریشه و بافت هوایی باقلا در آون خشک گردید. پس‌ازآن، نمونه آسیاب و الک شد. در ادامه، نمونه به‌دست‌آمده جهت اندازه‌گیری نیتروژن (روش کجلدال) به آزمایشگاه مرکزی دانشگاه محقق اردبیلی ارسال گردید. هم‌زمان، صد گرم نمونه ریشه و بافت هوایی باقلا داخل کیسه مشبک نایلونی به ابعاد ۲۰ × ۱۰ سانتی‌متر قرار گرفت و پس‌ازآن در عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک یک گلدان دفن گردید (در این گلدان، هیچ بذر ذرتی کشت نشد). در انتهای فصل رشد و مقارن با برداشت ذرت، این نمونه نیز، از گلدان خارج و در آون خشک گردید. نمونه خشک‌شده پس از آسیاب شدن با ذکر مشخصات کامل، به آزمایشگاه مرکزی دانشگاه محقق اردبیلی جهت اندازه‌گیری درصد نیتروژن (روش کجلدال) منتقل شد. در انتها از تفاضل نیتروژن به‌دست‌آمده از بقایای باقلا در ابتدا و انتهای فصل رشد ذرت، میزان نیتروژن رهاشده از بقایای باقلا محاسبه گردید.

نرمالیتی داده‌ها توسط آزمون Kolmogrov-Smirnov در نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۲۶ محاسبه شد که بر اساس نتایج آزمون، نرمال‌سازی در موارد موردنیاز اعمال گردید. همگنی داده‌ها با استفاده از آزمون levene's در نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۲۶ موردبررسی قرار گرفت. ازآنجایی‌که در سطوح شدید تنش کم‌آبی (۴۰ درصد ظرفیت زراعی) در اکثر تیمارها به عملکرد دانه منجر نشد، جهت همگن شدن داده‌ها، این تیمار در محاسبات آماری (بافت هوایی و دانه) به‌صورت کلی حذف شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد محاسبه شد.

نتایج و بحث

همگنی داده‌ها قبل از تجزیه‌ی واریانس توسط آزمون لون مورد ارزیابی قرار گرفت و بر اساس نتایج حاصل و معنی‌داری وزن تر دانه، این صفت در مرحله‌ی تجزیه‌ی واریانس حذف شد (جدول ۲).

وزن تر بافت هوایی

بر اساس نتایج تجزیه‌ی واریانس وزن تر بافت هوایی تحت تأثیر کشت باقلا، تنش کم‌آبی، کود نیتروژن و اثر سه‌گانه‌ی کشت باقلا × تنش کم‌آبی × کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل کشت باقلا × تنش کم‌آبی در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین نیز نشان داد که تیمارهای کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی و کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده‌ی نیتروژن به همراه عدم اعمال تنش کم‌آبی و عدم کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی و کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده‌ی نیتروژن به همراه عدم اعمال تنش کم‌آبی دارای بیشترین وزن تر بافت هوایی بودند

این تیمارها نسبت به تیمار عدم کشت باقلا به همراه عدم کاربرد نیتروژن و اعمال سطح متوسط تنش کم‌آبی (کمترین میزان وزن تر هوایی) افزایشی بین ۱۷۰-۱۵۷ درصد از خود نشان دادند (جدول ۴). همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی به ترتیب باعث افزایش ۲۷-۱۱ درصدی (در شرایط کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده نیتروژن در سطوح مختلف تنش کم‌آبی)، ۲۸-۵ درصدی (در شرایط کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده نیتروژن در سطوح مختلف تنش کم‌آبی) و ۴۸-۱۰ درصدی (در شرایط عدم کاربرد نیتروژن در سطوح مختلف تنش کم-آبی) در وزن تر بافت هوایی نسبت به عدم کشت باقلا در شرایط مشابه (کودی و تنش کم‌آبی) شد (جدول ۴). اورفانو و همکاران (Orfanou et al., 2019) در آزمایش خود مشاهده کردند که تنش کم‌آبی از طریق تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و نیز اختلال در رشد و نمو گیاه، باعث کاهش عملکرد علوفه در ذرت شد.

به نظر می‌رسد که استفاده از بقایای باقلا در خاک از طریق پوشش سطح خاک و حفظ رطوبت آن و نیز رهاسازی تدریجی نیتروژن از بقایای خود، باعث افزایش جذب نیتروژن و به دنبال آن افزایش عملکرد تر بافت هوایی در این تیمارها شده است. ازپینار (Ozpinar, 2009) نیز در آزمایش خود مشاهده کرد که کاشت ماشک به‌عنوان گیاه پوششی پیش از ذرت باعث افزایش محتوای رطوبت و بهره‌وری خاک و نیز افزایش عملکرد در این گیاه نسبت به تک‌کشتی ذرت شد.

وزن خشک بافت هوایی

نتایج تجزیه‌ی واریانس نشان داد که اثرات کشت باقلا، تنش کم‌آبی، کود نیتروژن، اثر متقابل تنش کم‌آبی × کود نیتروژن و اثر سه‌گانه‌ی کشت باقلا × تنش کم‌آبی × کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل کشت باقلا × تنش کم‌آبی در سطح احتمال پنج درصد بر این صفت معنی‌دار شد

(جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین، تیمارهای کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی و کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده‌ی نیتروژن به همراه عدم اعمال تنش کم‌آبی، کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی و کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده‌ی نیتروژن به همراه اعمال سطح ملایم تنش کم-آبی و عدم کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی و کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده‌ی نیتروژن به همراه عدم اعمال تنش کم‌آبی دارای بیشترین و عدم کشت باقلا به همراه عدم کاربرد نیتروژن و اعمال سطح متوسط تنش کم‌آبی دارای کمترین وزن خشک بافت هوایی بودند. میزان افزایش این صفت در تیمارهای حاوی حداکثر وزن خشک بافت هوایی نسبت به تیمار حداقل آن ۸۸-۸۳ درصد بود (جدول ۴). همچنین افزایش ۱۶-۳ درصدی (در شرایط کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده نیتروژن در سطوح مختلف تنش کم‌آبی)، ۲۵-۵ درصدی (در شرایط کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده نیتروژن در سطوح مختلف تنش کم‌آبی) و ۲۵-۱۴ درصدی (در شرایط عدم کاربرد نیتروژن در سطوح مختلف تنش کم-آبی) در شرایط کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی نسبت به عدم کشت باقلا در شرایط مشابه (کودی و تنش کم‌آبی) در وزن خشک بافت هوایی مشاهده شد (جدول ۴). کاهش وزن خشک بافت هوایی در این تیمارها را می‌توان به کاهش جذب آب و به‌احتمال‌زیاد اختلال در فرآیند فتوسنتز و کاهش تولید شیره‌ی پرورده نسبت داد. از سویی دیگر به نظر می‌رسد وجود بقایای گیاهی در خاک از طریق فراهمی بیشتر عناصر غذایی و رطوبت قابل‌دسترس، باعث بهبود فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به بافت هوایی می‌شود (Hesami et al., 2020).

جدول ۲. نتایج آزمون لون جهت ارزیابی همگنی (برابری واریانس‌های) داده‌های برخی صفات ذرت دانه‌ای

Table 2. Analysis of test levene's equality of variance data of some traits of maize

تیمارها Treatment	df	وزن تر بافت هوایی Fresh shoot weight	وزن تر دانه Fresh grain weight	وزن خشک بافت هوایی Dry shoot weight	عملکرد دانه Grain yield	پروتئین بافت هوایی Shoot protein	پروتئین دانه Grain protein	کارایی زراعی نیتروژن بافت هوایی Nitrogen agronomic efficiency (shoot)
Faba bean کشت باقلا	1	0.402^{ns}	28.8**	0.119^{ns}	3.74^{ns}	2.092^{ns}	2.38^{ns}	2.51^{ns}
N fertilizer کود نیتروژن	2	0.558^{ns}	0.29^{ns}	0.12^{ns}	0.752^{ns}	0.94^{ns}	0.586^{ns}	0.668^{ns}
Water deficit تنش کم‌آبی	2	0.521^{ns}	6.48**	1.328^{ns}	1.76^{ns}	2.1^{ns}	1.85^{ns}	0.24^{ns}

Table 1. Continued **جدول ۲. ادامه**

تیمارها Treatment	df	کارایی زراعی نیتروژن دانه Nitrogen agronomic efficiency (grain)	عامل جزئی سودمندی بافت هوایی partial factor productivity (shoot)	عامل جزئی سودمندی دانه partial factor productivity (grain)	کارایی بهره‌وری نیتروژن بافت هوایی Nitrogen productivity (shoot)	کارایی بهره‌وری نیتروژن دانه Nitrogen productivity (grain)	کارایی بازیافت نیتروژن بافت هوایی Nitrogen recovery efficiency (shoot)	کارایی بازیافت نیتروژن دانه Nitrogen recovery efficiency (grain)
Faba bean کشت باقلا	1	3.68^{ns}	1.55^{ns}	1.54^{ns}	2.05^{ns}	1.35^{ns}	1.097^{ns}	18.76**
N fertilizer کود نیتروژن	2	118.15**	0.895^{ns}	2.69^{ns}	0.027^{ns}	1.62^{ns}	2.972^{ns}	0.647^{ns}
Water deficit تنش کم‌آبی	2	0.724^{ns}	0.28^{ns}	0.464^{ns}	1.16^{ns}	1.55^{ns}	0.81^{ns}	0.812^{ns}

^{ns}، *، ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می باشد.

**, * and ^{ns} significantly difference at $p< 0.01$ and $p< 0.05$ and not significant respectively.

جدول ۳. تجزیه‌ی واریانس اثر کشت باقلا، کود نیتروژن و تنش کم‌آبی بر برخی صفات ذرت دانه‌ای.

Table 3. Analysis of variance the effect of faba bean cultivation, N fertilizer and water deficit stress on some traits of maize.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن تر بافت هوایی Fresh shoot weight	وزن خشک بافت هوایی Dry shoot weight	عملکرد دانه Grain yield	پروتئین بافت هوایی Shoot protein	پروتئین دانه Grain protein
کشت باقلا Faba bean (F)	1	7771.2**	737.0**	718.7**	25.3**	1.8**
کود نیتروژن Nitrogen (N)	2	24615.8**	2006.9**	370.9**	138.7**	1.3**
تنش کم‌آبی Water deficit(WD)	2	12208.6**	404.5**	668.7**	13.7**	1.2**
F × N	2	198.2^{ns}	3.9^{ns}	13.3*	2.4*	0.03^{ns}
F × WD	2	1259.0*	13.0*	39.9**	0.5^{ns}	0.08*
WD × N	4	758.6^{ns}	14.8**	20.6**	2.7**	0.05^{ns}
WD × N × F	4	1506.7**	35.7**	40.1**	3.2**	0.07*
خطا Error	36	350.9	11.4	3.1	0.7	0.02
ضریب تغییرات C.V (%)	—	*10.5*	*5.6*	*13.1*	*9.1*	*9.2*

Table 3. Continued **جدول ۳. ادامه**

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	کارایی زراعی نیتروژن بافت هوایی Nitrogen agronomic efficiency (shoot)	کارایی زراعی نیتروژن دانه Nitrogen agronomic efficiency (grain)	عامل جزئی سودمندی بافت هوایی partial factor productivity (shoot)	عامل جزئی سودمندی دانه partial factor productivity (grain)
کشت باقلا Faba bean (F)	1	3.0**	76.0**	91159.8**	90.3**
کود نیتروژن Nitrogen (N)	2	0.05**	3.0**	33944.7**	3.4**
تنش کم‌آبی Water deficit(WD)	2	0.01^{ns}	0.6**	911.2**	12.0**
F × N	2	1.3**	23.8**	93476.9**	41.9**
F × WD	2	0.02*	1.3**	353.5^{ns}	0.06^{ns}
WD × N	4	0.09**	0.6**	270.5^{ns}	0.3^{ns}
WD × N × F	4	0.1**	0.6**	491.7*	3.0**
Error خطا	36	0.006	0.1	168.8	0.1
ضریب تغییرات C.V (%)	—	*14.8*	*10.9*	*16.7*	*10.4*

^{ns} و * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می باشد.

**, * and ^{ns} significantly difference at $p< 0.01$ and $p< 0.05$ and not significant respectively.

امام و همکاران (Emam et al., 2014) در آزمایش خود مشاهده کردند که تنش کم‌آبی در سطوح بالاتر و کاربرد کود نیتروژن در سطوح پایین‌تر باعث کاهش وزن خشک بافت هوایی در سورگوم شد.

عملکرد دانه

بر اساس نتایج تجزیه‌ی واریانس عملکرد دانه تحت تأثیر کشت باقلا، تنش کم‌آبی، کود نیتروژن، اثرات متقابل تنش کم‌آبی × کشت باقلا، تنش کم‌آبی × کود نیتروژن و اثر

سه‌گانه‌ی بین آن‌ها در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل کشت باقلا × کود نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین نیز نشان داد که بیشترین عملکرد دانه از تیمار کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی و کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده نیتروژن به همراه عدم اعمال تنش کم‌آبی به دست آمد و تیمارهای عدم کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی به همراه کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده‌ی کود و اعمال سطح شدید تنش کم‌آبی، عدم کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی به همراه عدم کاربرد کود و اعمال سطح شدید تنش کم‌آبی و عدم کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی و عدم کاربرد کود به همراه اعمال سطح متوسط تنش کم‌آبی (با عدم تولید بلال) دارای کمترین میزان عملکرد دانه بودند (جدول ۴). از سویی دیگر بررسی نتایج مقایسه میانگین نشان داد که استفاده از باقلا به‌عنوان گیاه پوششی به ترتیب باعث افزایش ۱۸۲-۷ درصدی (در شرایط کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده نیتروژن در سطوح مختلف تنش کم‌آبی)، ۲۶۳-۴۳ درصدی (در شرایط کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده نیتروژن در سطوح مختلف تنش کم‌آبی) و ۴۲-۱۰۶ درصدی (در شرایط عدم کاربرد نیتروژن در سطوح مختلف تنش کم‌آبی) در عملکرد دانه نسبت به عدم کشت باقلا در شرایط مشابه (کودی و تنش کم‌آبی) شد (جدول ۴). فولادمند و همکاران (Foladmand et al., 2006) بیان کردند که در شرایط تنش کم‌آبی افزایش سطح کود نیتروژن باعث افزایش اثر تنش کم‌آبی در گیاهان می‌شود. حق جو و بحرانی (Haghjoo and Bahrani, 2015) در آزمایش خود بر ذرت رقم سینگل‌کراس ۲۶۰ در شرایط تنش کم‌آبی مشاهده کردند که در سطوح بالاتر کود و تنش، عملکرد ذرت کاهش یافت. تنش کم‌آبی در مرحله‌ی رویشی و زایشی به ترتیب باعث کاهش پتانسیل اندازه بلال و تخمک‌ها و اختلال در عمل گرده‌افشانی و سقط‌جنین می‌شود و درنتیجه عملکرد دانه کاهش می‌یابد (Schussler and Westgate, 1991). لیمون-اورتگا و همکاران (Limon-Ortega et al., 2008) گزارش کردند که در شرایط تنش کم‌آبی استفاده از بقایای گیاهی در خاک باعث حفظ رطوبت خاک شده و از این طریق عملکرد دانه ذرت افزایش می‌یابد؛ به‌عبارت‌دیگر فراهمی آب و عناصر غذایی برای پر شدن دانه‌های ذرت به وجود بقایای گیاهی در خاک وابسته است.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر کشت باقلا، کود نیتروژن و تنش کم‌آبی بر برخی صفات ذرت دانه‌ای.

Table 4. Mean comparisons the effect of faba bean cultivation, N fertilizer and water deficit stress on some traits of maize.

کشت باقلا Faba bean cultivation	کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	تنش کم‌آبی Water deficit stress	وزن تر بافت Fresh shoot weight	وزن خشک بافت Dry shoot weight	عملکرد دانه Grain yield
	%	FC%	---------- g.pl^{-1} ----------		
cultivated	0	60	169.9± 9.7 de	50.1±1.2 f	7.5±1.1 h
		80	134.2±9 f	50±2.4 f	10.3±0.7 fg
		100	168.6±10.3 de	57.3±1.5 e	18±1.2 de
	50	60	157.1±11 ef	61.5±1.9 cde	10.9±1.4 fg
		80	198.4±9.9 bcd	71.8±0.9 ab	21.2±1.1 abc
		100	210.5±8.3 bc	71.9±1.1 ab	23±1.5 ab
	100	60	200.3±9.5 bcd	67.2±1.4 bc	15.5±1.2 cde
		80	232.2±12.3 ab	74.6±0.9 a	22±1.2 ab
		100	251.9±19.4 a	75.2±2.8 a	23.3±1 a
Non-cultivated	0	60	93.2±9.2 g	40.1±0.9 g	0 j
		80	132.8±18.6 f	45.3±2 fg	5±0.9 hi
		100	153.3±8.5 ef	50.3±1.8 f	12.7±1.5 f
	50	60	154.3±8.1 ef	58.6±1 de	3±0.3 ij
		80	154.3±12.3 ef	57.5±2.1 e	8±1.1 gh
		100	208±9 bc	63.9±1.9 cd	16.3±1 e
	100	60	159.6±8.3 ef	57.7±1 e	5.5±0.3 ij
		80	195.1±8.9 cd	66.4±1.3 bc	19.9±1.2 bcd
		100	239.7±20.1 a	73.3±3.1 a	21.7±0.9 abc

جدول ۴. ادامه **Table 4. Continued**

کشت باقلا Faba bean cultivation	کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	تنش کم‌آبی Water deficit stress	پروتئین بافت هوایی Shoot protein	پروتئین دانه Grain protein	کارایی زراعی نیتروژن بافت هوایی Nitrogen agronomic efficiency (shoot)	کارایی زراعی نیتروژن دانه Nitrogen agronomic Efficiency (grain)
	%	FC%	----------(%)----------		----------kg.kg^{-1}----------	
cultivated	0	60	7.1±0.1efg	0.9±0.1 efg	56.2±4.8 a	45±3.8 a
		80	5.7±0.1 gh	1.2±0.06 def	25.8±2.8 cd	39±2.8b
		100	7.4±0.8 fg	2.1±0.5 cd	44±2.5 b	28.9±2.5 b
	50	60	9±0.4 d	1.5±0.1 de	21.8±2 cde	11.1±1.2 d
		80	11.3±0.3 c	3.2± 0.2 ab	21.7±2.9 c	16.5±1.5 c
		100	11.5±0.8 bc	3.3±0.1 ab	22.1±1.7 cde	10.5±0.9 de
	100	60	11.2±0.5 c	2.8±0.2 bc	16±0.8 cde	9.8±1 def
		80	12.9±0.3 ab	3.7±0.2 ab	15.6±1.1 cde	9±0.8 defg
		100	13.4±0.2 a	3.9±0.3 a	13.3±0.8 de	5.7±0.9 efgh
Non-cultivated	0	60	4.8±0.3 h	0 g	0 f	0 h
		80	5.6±0.5 gh	0.5±0.1 fg	0 f	0 h
		100	6.7±0.8 efg	1.4±0.8 de	0 f	0 h
	50	60	8.6±0.1 de	0.4±0.06 fg	22.3±0.9 cde	3.6±0.5 gh
		80	8.5±0.8 def	1±0.1 ef	14.7±2.8 cde	3.6±0.3 fgh
		100	9±0.8 d	2.1±0.5 cd	16.5±3.3 cde	4.4±0.6 fgh
	100	60	8.8±0.2 de	0.6±0.03 fg	11.9±1.2 ef	1.4±0.6 h
		80	11.6±0.4 bc	3.1±0.2 ab	12.2±1 def	8.6±1.3 defg
		100	12.1±0.2 abc	3.1±0.4 ab	13.3±1.5 de	5.2±1 fgh

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Similar letter in each column indicate no significant difference at 5% probability level using Duncan's multiple range test.

پروتئین بافت هوایی

بر اساس نتایج تجزیه‌ی واریانس، پروتئین بافت هوایی تحت تأثیر کشت باقلا، کود نیتروژن، تنش کم‌آبی، اثر متقابل تنش کم‌آبی × کود نیتروژن و اثر سه‌گانه‌ی کشت باقلا × تنش کم-آبی × کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل کشت باقلا × کود نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۳). همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمار کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی و کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده‌ی نیتروژن به همراه عدم اعمال تنش کم‌آبی دارای بیشترین پروتئین بافت هوایی بود که نسبت به تیمار عدم کشت باقلا به همراه عدم کاربرد نیتروژن و اعمال سطح متوسط تنش کم‌آبی (کمترین میزان این صفت) افزایش ۱۷۹ درصدی از خود نشان داد (جدول ۴). از سویی دیگر با بررسی نتایج مقایسه میانگین مشخص شد که کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی باعث افزایش ۲۷-۱۱ درصدی (در شرایط کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده نیتروژن در سطوح مختلف تنش کم‌آبی)، ۵-۲۸ درصدی (در شرایط کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده نیتروژن در سطوح مختلف تنش کم‌آبی) و ۴۸-۲ درصدی (در شرایط عدم کاربرد نیتروژن در سطوح مختلف تنش کم‌آبی) در پروتئین بافت هوایی نسبت به عدم کشت باقلا در شرایط مشابه (کودی و تنش کم‌آبی) شد (جدول ۴). در شرایط تنش کم‌آبی جذب عنصر نیتروژن حتی در شرایط فراهمی این عنصر در خاک توسط گیاهان کاهش می‌یابد. نیتروژن یکی از عناصر ضروری در ساختمان کلروفیل است و نقش مهمی در سنتز پروتئین دارد؛ بنابراین افزایش این عنصر تا حد مشخصی و در شرایط مطلوب باعث افزایش محتوای پروتئین در گیاه می‌شود. از سویی دیگر به نظر می‌رسد وجود بقایای ریشه و بافت هوایی باقلا و تجزیه‌ی آن‌ها در خاک در طول دوره‌ی رشد ذرت باعث فراهمی و جذب بیشتر این عنصر توسط گیاه شده است. افشون و همکاران (Afshoon et al., 2021) در آزمایشی بر روی ذرت مشاهده کردند که بیشترین میزان پروتئین خام در شرایط عدم تنش کم‌آبی و کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده کود نیتروژن به دست آمد. همچنین حسامی و همکاران (Hesami et al., 2020) در آزمایش خود بر روی ذرت مشاهده کردند که استفاده از باقلا به‌عنوان پیش کشت باعث افزایش محتوای پروتئین ذرت می‌شود. آن‌ها توانایی باقلا در تثبیت نیتروژن و رهاسازی نیتروژن از طریق تجزیه

بقایای باقلا در طول دوره‌ی رشد ذرت را عامل اصلی این افزایش بیان کردند.

پروتئین دانه

نتایج تجزیه‌ی واریانس نشان داد که اثر اصلی هر سه عامل فوق در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل کشت باقلا × تنش کم‌آبی و اثر سه‌گانه‌ی کشت باقلا × کود نیتروژن × تنش کم‌آبی در سطح احتمال پنج درصد بر پروتئین دانه معنی‌دار شد (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین نیز بیشترین میزان پروتئین دانه در تیمار کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی به همراه کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده‌ی نیتروژن و عدم تنش کم‌آبی مشاهده شد (جدول ۴). همچنین کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی باعث افزایش ۳۶۶-۲۶ درصدی (در شرایط کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده نیتروژن در سطوح مختلف تنش کم‌آبی)، ۲۷۵-۵۷ درصدی (در شرایط کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده نیتروژن در سطوح مختلف تنش کم‌آبی) و ۱۴۰-۵۰ درصدی (در شرایط عدم کاربرد نیتروژن در سطوح مختلف تنش کم‌آبی) در پروتئین دانه نسبت به عدم کشت باقلا در شرایط مشابه (کودی و تنش کم‌آبی) شد (جدول ۴). با مقایسه‌ی پروتئین شاخساره و دانه می‌توان نتیجه گرفت که اعمال تنش شدید کم‌آبی باعث کاهش بیشتر عملکرد و پروتئین در دانه‌ی ذرت شد. سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2013) در آزمایش خود مشاهده کردند تنش کم‌آبی باعث کاهش نقل‌وانتقال شیره‌ی پرورده از برگ به دانه در ذرت شد، درنتیجه‌ی غلظت املاح محلول به‌ویژه پروتئین‌ها در برگ (نسبت به دانه) افزایش یافت. از سوی دیگر حسامی و همکاران (Hesami et al., 2020) بیان کردند برگرداندن بقایای حبوبات به خاک از طریق تجزیه‌ی بقایای آن‌ها باعث افزایش محتوای نیتروژن خاک و افزایش نیتروژن و پروتئین گیاه می‌شود.

کارایی زراعی نیتروژن در بافت هوایی و دانه

بر اساس نتایج تجزیه‌ی واریانس اثرات کشت باقلا، کود نیتروژن، اثر متقابل کشت باقلا × کود نیتروژن، تنش کم‌آبی × کود نیتروژن و اثر سه‌گانه‌ی کشت باقلا × کود نیتروژن × تنش کم‌آبی در سطح احتمال یک درصد بر کارایی نیتروژن بافت هوایی و دانه معنی‌دار بود، اثر متقابل کشت باقلا × تنش کم‌آبی در سطح احتمال پنج درصد و اثر تنش کم‌آبی، اثر متقابل کشت باقلا × تنش کم‌آبی در سطح احتمال یک درصد به ترتیب بر کارایی زراعی نیتروژن بافت هوایی و دانه معنی‌دار شد (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین بیشترین میزان کارایی زراعی نیتروژن بافت هوایی و دانه مشترکا از تیمار کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی و عدم کاربرد نیتروژن به همراه اعمال سطح متوسط تنش کم‌آبی به دست آمد (جدول ۴). علاوه بر این، نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی باعث افزایش ۳۴-۲۸ درصدی (در شرایط کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده نیتروژن در سطوح مختلف تنش کم‌آبی) و ۴۸-۳۹ درصدی (در شرایط کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده نیتروژن در سطوح عدم اعمال و اعمال سطح ملایم تنش کم‌آبی) در کارایی زراعی بافت هوایی نسبت به عدم کشت باقلا در شرایط مشابه (کودی و تنش کم‌آبی) شد، اما در تیمار کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی و کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده‌ی نیتروژن در شرایط اعمال سطح متوسط تنش کم‌آبی کاهش دودرصدی در کارایی زراعی نیتروژن بافت هوایی نسبت به شرایط عدم کشت باقلا در شرایط مشابه مشاهده گردید (جدول ۴). از سویی دیگر نتایج نشان داد که کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی باعث افزایش ۶۰۰-۹/۶ درصدی (در شرایط کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده نیتروژن در سطوح مختلف تنش کم‌آبی) و ۱۳۹-۴۰۰ درصدی (در شرایط کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده نیتروژن در سطوح مختلف تنش کم‌آبی) در کارایی زراعی نیتروژن دانه نسبت به عدم کشت باقلا در شرایط مشابه (کودی و تنش کم‌آبی) شد (جدول ۴). بر اساس گزارش طارق‌جان (Tariq-Jan et al., 2010) آزادسازی تدریجی نیتروژن از بقایای گیاهی نسبت به آزادسازی سریع آن (استفاده از کود شیمیایی) باعث افزایش کارایی زراعی نیتروژن می‌شود؛ به‌عبارت‌دیگر به نظر می‌رسد که پوشاندن سطح خاک توسط بقایای باقلا از طریق حفظ رطوبت خاک و نیز آزادسازی تدریجی نیتروژن از بقایای باقلا در مراحل مختلف رشد ذرت باعث افزایش تولید ماده‌ی خشک و درنهایت بهبود کارایی زراعی نیتروژن در این تیمارها شده است. قبادی و همکاران (Ghobadi et al., 2015) در آزمایش خود مشاهده کردند تنش کم‌آبی باعث کاهش کارایی زراعی نیتروژن در ذرت شد.

عامل جزئی سودمندی در بافت هوایی و دانه

بر اساس نتایج تجزیه‌ی واریانس اثرات کشت باقلا، کود نیتروژن، تنش کم‌آبی، اثر متقابل کشت باقلا × کود نیتروژن

در سطح احتمال یک درصد بر عامل جزئی سودمندی بافت هوایی و دانه معنی‌دار بود. اثر سه‌گانه‌ی کشت باقلا × کود نیتروژن × تنش کم‌آبی بر عامل جزئی سودمندی بافت هوایی و دانه نیز به ترتیب در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نیز نشان داد که تیمار کشت باقلا به همراه عدم کاربرد نیتروژن و عدم اعمال تنش کم‌آبی دارای بیشترین میزان عامل جزئی سودمندی در بافت هوایی و دانه بود (جدول ۶). همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی باعث افزایش ۷-۳ درصدی (در شرایط کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده نیتروژن در سطوح ملایم و متوسط تنش کم‌آبی) و ۶ درصدی (در شرایط کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده نیتروژن در سطح ملایم تنش کم‌آبی) بر عامل جزئی سودمندی بافت هوایی شد، اما در شرایط کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی و کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده کود به همراه عدم اعمال تنش کم‌آبی و کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده کود به همراه عدم اعمال و اعمال سطح متوسط تنش کم‌آبی به ترتیب کاهش ۶ و ۱۱-۵ درصدی در این صفت نسبت به عدم کشت باقلا در شرایط مشابه، مشاهده گردید (جدول ۶). همچنین کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی باعث افزایش ۶۰۰-۲ درصدی (در شرایط کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده نیتروژن در سطوح ملایم و متوسط تنش کم‌آبی) و ۲۰۸-۱۹ درصدی (در شرایط کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده کود در سطوح مختلف تنش کم‌آبی) در عامل جزئی سودمندی دانه نسبت به عدم کشت باقلا در شرایط مشابه (کودی و تنش کم‌آبی) شد (جدول ۶). جمالی و همکاران (Jamali et al., 2020) مشاهده کردند در شرایط عدم اعمال تنش کم‌آبی و پایین‌ترین سطح کاربرد کود (۵۰ کیلوگرم در هکتار) عامل جزئی سودمندی کینوا افزایش یافت.

علی و همکاران (Ali et al., 2011) بیان کردند که در شرایط عدم کمبود آب مصرف سطوح بالاتر نیتروژن برای گیاه سودمند خواهد بود؛ اما در شرایط تنش استفاده از کود نیتروژنی باعث افزایش رشد رویشی گیاه و افزایش تبخیر و تعرق می‌شود درنتیجه رطوبت خاک کاهش می‌یابد و این امر باعث کاهش میزان ماده خشک تولیدشده به ازای نیتروژن مصرفی می‌شود. به نظر می‌رسد که استفاده از بقایای باقلا از طریق کاهش اثرات تنش خشکی و نیز افزایش نیتروژن خاک باعث بهبود این صفت در ذرت شد.

کارایی بهره‌وری نیتروژن در بافت هوایی و دانه

بر اساس نتایج تجزیه‌ی واریانس اثرات کود نیتروژن، تنش کم‌آبی در سطح احتمال یک درصد بر کارایی بهره‌وری نیتروژن بافت هوایی و دانه معنی‌دار بود. همچنین، اثرات متقابل کود نیتروژن × تنش کم‌آبی و اثر سه‌گانه‌ی کشت باقلا × کود نیتروژن × تنش کم‌آبی در سطح احتمال پنج و اثرات متقابل کشت باقلا × کود نیتروژن، کشت باقلا × تنش کم‌آبی، کود نیتروژن × تنش کم‌آبی و اثر سه‌گانه‌ی هر سه عامل فوق در سطح احتمال یک درصد به ترتیب بر کارایی بهره‌وری نیتروژن بافت هوایی و دانه معنی‌دار شد (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین نیز نشان داد که تیمارهای کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی و عدم کاربرد کود به همراه سطح ملایم تنش کم‌آبی و عدم کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی و عدم کاربرد کود به همراه عدم اعمال تنش کم‌آبی به ترتیب دارای بیشترین مقدار کارایی بهره‌وری نیتروژن در بافت هوایی و دانه نسبت به سایر تیمارها بودند (جدول ۶). از سویی دیگر نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی باعث افزایش ۲۰-۱۱ درصدی (در شرایط ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده کود به همراه عدم اعمال و اعمال سطح ملایم تنش کم‌آبی) و ۱۴-۲ درصدی (در شرایط عدم کاربرد نیتروژن به همراه عدم اعمال و اعمال سطح ملایم تنش کم‌آبی) در کارایی بهره‌وری نیتروژن بافت هوایی نسبت به عدم کشت باقلا در شرایط مشابه شد. همچنین در شرایط کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده نیتروژن در سطح متوسط تنش کم‌آبی، ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده نیتروژن در سطوح مختلف تنش کم‌آبی و عدم کاربرد نیتروژن در سطح متوسط تنش کم‌آبی به ترتیب باعث کاهش ۲۱، ۲۶-۴ و ۱۰ درصدی در کارایی بهره‌وری نیتروژن بافت هوایی نسبت به شرایط عدم کشت باقلا در شرایط مشابه شد (جدول ۶). بر اساس نتایج مقایسه میانگین کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی باعث کاهش ۶-۵ درصدی (در شرایط کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده نیتروژن در سطوح مختلف تنش کم‌آبی)، ۱۶-۴ درصدی (در شرایط کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده نیتروژن در سطوح مختلف تنش کم‌آبی) و ۲۲-۵ درصدی (در شرایط عدم کاربرد نیتروژن در سطوح مختلف تنش کم‌آبی) در کارایی بهره‌وری نیتروژن دانه نسبت به عدم کشت باقلا در شرایط مشابه شد (جدول ۶).

جدول ۵. تجزیه‌ی واریانس اثر کشت باقلا، کود نیتروژن و تنش کم‌آبی بر برخی صفات ذرت دانه‌ای

Table 5. Analysis of variance the effect of faba bean cultivation, N fertilizer and water deficit stress on some traits of maize

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	کارایی بهره‌وری نیتروژن بافت هوایی Nitrogen productivity(shoot)	کارایی بهره‌وری نیتروژن دانه Nitrogen productivity(grain)	کارایی بازیافت نیتروژن بافت هوایی Nitrogen recovery efficiency(shoot)	کارایی بازیافت نیتروژن دانه Nitrogen recovery efficiency(grain)
کشت باقلا Faba bean (F)	1	71.9^{*}	14.6^{ns}	61.6^{**}	0.3^{**}
کود نیتروژن Nitrogen (N)	2	891.3^{**}	130.2^{**}	4.4^{**}	0.03^{**}
تنش کم‌آبی Water deficit(WD)	2	28.4^{**}	828.9^{**}	1.0^{ns}	0.001^{ns}
F × N	2	47.4^{ns}	256.9^{**}	36.3^{**}	0.1^{**}
F × WD	2	12.7^{ns}	665.9^{**}	0.2^{ns}	0.006^{**}
WD × N	4	26.6^{*}	696.1^{**}	0.7^{**}	0.007^{**}
WD × N × F	4	52.3^{*}	441.8^{**}	1.5^{**}	0.004^{**}
خطا Error	36	16.3	11.6	0.4	0.0008
ضریب تغییرات C.V (%)	—	*12.9*	*8.0*	*14.7*	*2.6*

^{ns} و * ، ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ است.

**, * and ^{ns} significantly difference at $p< 0.01$ and $p< 0.05$ and not significant respectively.

جدول ۶. مقایسه میانگین اثرات کشت باقلا، کود نیتروژن و تنش کم‌آبی بر برخی صفات ذرت دانه‌ای.

Table 6. Mean comparisons of faba bean cultivation, nitrogen fertilizer and water deficit stress effects on some corn traits.

Faba bean cultivation	N fertilizer	Water deficit stress	عامل جزئی سودمندی بافت Partial factor productivity (shoot)	عامل جزئی سودمندی دانه Partial factor productivity (grain)	کارایی بهره‌وری نیتروژن بافت هواییNitrogen productivity (shoot)	کارایی بهره‌وری نیتروژن دانه Nitrogen productivity (grain)	کارایی بازیافت نیتروژن بافت Nitrogen recovery efficiency (shoot)	کارایی بازیافت نیتروژن دانه Nitrogen recovery efficiency (grain)
			---------- kg kg^{-1} ----------					
Cultivated	0	60	230.5±1.7 b	30±2 c	35.4±1.5 bcd	45.9±1 cd	1.4±0.07a	0.69±0.1 b
		80	233.1±4.8 b	48.7±2.6 b	43.3±3.3 a	49.7±1.6 bc	0.7±0.05c	0.98±0.05 a
		100	282.2±5.2 a	76.3±3.8 a	38.1±1.6 abc	52.3±1.5 b	1.1±0.07b	0.67±0.09 b
	50	60	62.7±2 cd	11.1±1.2 f	28±1.3 def	41±1.6 de	0.5±0.05def	0.24±0.03 de
		80	73.2±1 c	21.6±1.2 d	25.2±1.7 efg	41±1.2 de	0.7±0.02 c	0.44±0.01 c
		100	73.4±1.1 c	23.5±1.6 cd	27.5±1 efg	41.7±1.7 de	0.7±0.03 cd	0.31±0.03 d
	100	60	35.6±2.2 e	9.8±0.6 f	20.7±1 efg	40.1±1 de	0.5±0.06 efg	0.24±0.02 de
		80	39.7±2 de	11.7±0.6 ef	24.3±1.4 fg	37.5±2 e	0.5±0.04 de	0.3±0.01 de
		100	40±1.1 de	12.4±0.5 ef	31.1±3 cde	37.8±2.5 e	0.5±0.06 def	0.21±0.05 de
Non-cultivated	0	60	0 f	0 h	41.1±1 ab	0 f	0h	0 g
		80	0 f	0 h	38±1.3 abc	52.4±3.5 b	0 h	0 g
		100	0 f	0 h	37.5±2.9 abc	66.7±3.3 a	0 h	0 g
	50	60	70.6±2.5 c	3.6±0.3 g	29.2±1.4 def	42.9±2.1 de	0.5±0.07de	0.07±0.001fg
		80	69.3±2.3 c	9.6±1.3f	34±1.5 bcd	45±1.7 cd	0.4±0.02efg	0.09±0.006fg
		100	77±1.8 c	19.7±1.1 de	35.6±3.2 bcd	49.4±2.2 bc	0.3±0.02fg	0.2±0.004 de
	100	60	33.3± e	1.4±0.2 g	26.3±1.4 g	40±2.6 de	0.2±0.05g	0.03±0.003fg
		80	38.4±1 e	11.5±0.7 ef	21.9±1 efg	39.7±1.5 de	0.5±0.06efg	0.24±0.01 de
		100	42.4±1.3 de	12.5±0.5 ef	26±1.2 efg	41.4±2.8 de	0.4±0.03efg	0.15±0.01 ef

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Similar letter in each column indicate no significant difference at 5% probability level using Duncan's multiple range test.

مونتومرو و همکاران (Montemurro et al., 2006) در آزمایش خود مشاهده کردند که افزایش سطح نیتروژن باعث کاهش کارایی بهره‌وری نیتروژن در ذرت شد. به نظر می‌رسد که در تیمارهای کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی، افزایش میزان نیتروژن خاک به دلیل تجزیه‌ی بقایای گیاهی باعث کاهش این صفت در این تیمارها شد.

کارایی بازیافت نیتروژن بافت هوایی و دانه

نتایج تجزیه‌ی واریانس نشان داد که اثر کشت باقلا، کود نیتروژن، اثرات متقابل کشت باقلا × کود نیتروژن، کود نیتروژن × تنش کم‌آبی و اثر سه‌گانه‌ی کشت باقلا × کود نیتروژن × تنش کم‌آبی در سطح احتمال یک درصد بر کارایی بازیافت نیتروژن بافت هوایی و دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). همچنین اثر متقابل کشت باقلا × تنش کم‌آبی در سطح احتمال یک درصد بر کارایی بازیافت نیتروژن دانه معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین نیز نشان داد که بیشترین کارایی بازیافت نیتروژن بافت هوایی از تیمار کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی به همراه عدم کاربرد نیتروژن و اعمال سطح متوسط تنش کم‌آبی به دست آمد و تیمار کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی به همراه عدم کاربرد نیتروژن و اعمال سطح ملایم تنش کم‌آبی دارای بیشترین میزان کارایی بازیافت نیتروژن دانه بود (جدول ۶). همچنین با بررسی نتایج مقایسه میانگین مشخص شد که کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی باعث افزایش ۱۵۰-۲۵ درصدی (در شرایط کاربرد ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده نیتروژن در سطوح مختلف تنش کم‌آبی) و ۱۳۳-۷۵ درصدی (در شرایط کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده نیتروژن در سطوح مختلف تنش کم‌آبی) در کارایی بازیافت نیتروژن بافت هوایی نسبت به عدم کشت باقلا در شرایط مشابه (کودی و تنش کم‌آبی) شد (جدول ۶). از سویی دیگر نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی در شرایط کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده‌ی نیتروژن و با افزایش سطوح تنش خشکی به ترتیب باعث افزایش ۲۴۲-۵۵ درصدی و ۴۰-۲۵ درصدی کارایی بازیافت نیتروژن دانه نسبت به عدم کشت باقلا در شرایط مشابه (کودی و تنش کم‌آبی) شد (جدول ۶). در آزمایشی بر روی گیاه ذرت مشخص شد که با افزایش مصرف نیتروژن به دلیل افزایش فراهمی این عنصر، کارایی بازیافت نیتروژن کاهش می‌یابد (Koocheki et al., 2018). همچنین بنا به نظر مونتمورو و همکاران (Montemurro et al., 2006) ممکن است هم‌زمان با افزایش مصرف کود گیاه نتواند متناسب با این افزایش از رشد مطلوبی برخوردار باشد. جلالی و بحرانی (Jalali and Bohrani, 2012) نیز در آزمایش خود بر روی ذرت مشاهده کردند که افزایش نیتروژن از ۱۵۰ به ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار هم‌زمان با افزایش بقایای گیاهی از ۲۵ درصد به ۵۰ درصد باعث کاهش کارایی بازیافت نیتروژن در این گیاه شد.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج نشان داد که در این آزمایش کشت باقلا به‌عنوان گیاه پوششی و برگرداندن بقایای آن به خاک در مرحله‌ی گلدهی، از طریق پوشاندن سطح خاک و آزادسازی تدریجی نیتروژن در طول دوره‌ی رشد ذرت باعث افزایش عملکرد دانه، درصد پروتئین، کارایی زراعی و کارایی بازیافت نیتروژن دانه این گیاه در تمامی سطوح تنش کم‌آبی و کاربرد نیتروژن شد. در این میان، استفاده از بقایای باقلا در خاک و کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه‌شده کود در تمامی سطوح تنش کم‌آبی و در شرایط مشابه آب و هوایی مشابه توصیه می‌شود. به‌طورکلی، وجود بقایای باقلا در خاک می‌تواند هم‌زمان با رهاسازی نیتروژن تا حدود زیادی اثرات منفی ناشی از تنش کم‌آبی را کاهش دهد و با توجه به تغییرات آب و هوایی زمین استفاده از این روش در مناطق کم‌آب کشور توصیه می‌شود.

منابع

Abbasi, M.K., Khaliq, A., Shafiq, M., Kazmi, M., Imran, A., 2010. Comparatative effectiveness of urea N, poultry manure and their combination in changing soil properties and Maize productivity under rainfed conditions in northeast Pakistan. Experimental Agriculture. 46, 211–30. https://doi.org/10.1017/S0014479709991050

Afshoon, S., Moghadam, H., Jahansooz, M.R., Soufizadeh, S., Oveisi, M., 2021. Effect of tillage, water stress and nitrogen fertilizer on forage quality of Maize in Karaj. Iranian Journal of Field Crop Science. 52, 25–40. [In

Persian with English abstract] https://doi.org/10.22059/IJFCS.2020.295521.654681

Ali, M.A., Jabran, K, Awan, S.I., Abbas, A., Zulkiffal, E. M., Rehman, A. Acet, T., Farooq, J., 2011. Morphophysiological diversity and its implications for improving drought tolerance in grain Sorghum at different growth stages. Australian Journal of Crop Science. 5, 311–20.

Anjum, A., Xie, X.Y., Wang, L.C., Saleem, M.F., Man, Ch., Lei, W., 2011. Morphological, Physiological and biochemical responses of plants to drought stress. African Journal of Agricultural Research. 6, 2026–32. https://doi.org/10.5897/AJAR10.027

Emam, Y., Maghsoudi, K., Moghimi, N., 2014. Effect of water stress and nitrogen levels on yield of Forage Sorghum. Journal of Crop Production and Processing. 3, 145–55. [In Persian].

Etemadi, F., Hashemi, M., Zandvakili, O., Dolatabadian, A., Sadeghpour, A., 2018. Nitrogen contribution from winter-killed Faba Bean cover crop to spring-sown Sweet Corn in conventional and no-till systems. Agronomy Journal. 110, 455–62. https://doi.org/10.2134/agronj2017.08.0501

Fakhari, R. Tobeh, A., Alebrahim, M.T., Baghestani, M.A., Zand, E., 2017. The Effect of cover crops and time of sowing on weed population and Corn yield in two minimum and conventional tillage systems. Iranian Society of Weed Science. 12, 211–20. [In Persian].

Farid, N., Siadat, S.A., Ghalamboran, M.R., Moradi Telavat, M.R., 2020. Effect of deficit irrigation and nitrogen fertilizer source on earyield, nitrogen use efficiency and water productivity in Sweet Corn (*Zea Mays* L. Cv. Saccharata). Iranian Journal of Crop Sciences. 2, 386–98. [In Persian]. https://doi.org/10.29252/abj.21.4.386

Foladmand, H.R., Niyazi, J.A., Keshavarzi, H., Jokar, L., 2006. The interaction effect between different levels of irrigation water and nitrogen on Wheat yield. Agriculture Science.12, 779–86. [In Persian].

Ghobadi, R., Shirkhani, A., Jalilian, A., 2015. Effects of water stress and nitrogen fertilizer on yield, its components, water and nitrogen use efficiency of Corn (*Zea Mays* L.) Cv. SC. 704. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi). 106, 79–87. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/AJ.2015.105726

Giri, S., Richard, G., Lathrop, A., Christopher, C., 2020. Climate change vulnerability assessment and adaptation strategies through best management practices. Journal of Hydrology. 580. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124311

Haghjoo, M., Bahrani, A., 2015. Evaluating yield variations of Corn (single cross 260) at different water regimes and nitrogen rates by using of growth indices. Journal of Crop Ecophysiology. 9, 259–74. [In Persian].

Hesami, E., Jahan, M., Nassiri-Mahallati, M., Farhoudi, R., 2020. Evaluation of the effect of the return of different types of plant residues to soil on the yield of Maize and some soil characteristics in Shoushtar weather conditions. Plant Ecophysiology (Arsanjan Branch). 12, 134–47. [In Persian].

Jahanzad, E., Sadeghpour, A., Hosseini, M. B., Hashemi, M., Barker, A.V., 2014. Silage yield and quality of Millet-Soybean intercrops as influenced by nitrogen fertilization and row arrangement. Agronomy Journal. 106, 1993–2000. [In Persian].

Jalali, A. H., Bohrani, M., 2012. Effect of crop residue and nitrogen fertilizer on nitrogen use efficiency on Corn (*Zea Maize* L.) Production. Agronomy Journal (Sazandegi & Pajouhesh). 102, 197–204. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/AJ.2014.101070

Jamali, S., Goldani, M., Zeynodin, S. M., 2020. Evaluation the effects of periodic water stress on yield and water productivity on Quinoa. Iranian Journal of Irrigation and Drainage. 13, 1687–97. [In Persian].

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Khorramdel, S., Morid Ahmadi, S., 2018. Optimization of plant density and nitrogen use in Corn (*Zea Mays* L.) by central composite design. Iranian Journal of Field Crops Research. 15, 798–810. [In Persian]. https://doi.org/10.22067/gsc.v15i4.54235

Landry, E. Clarice, J., Coyne, J., Jinguo, H., 2015. Agronomic performance of spring-sown Faba bean in Southeastern Washington. Agronomy Journal. 107, 574–78. https://doi.org/10.2134/agronj14.0284

Limon-Ortega, B., Agustin, Bram, A., Govaerts, C., Kenneth, D., 2008. Straw management, crop rotation, and nitrogen source effect on Wheat grain yield and nitrogen use efficiency. European Journal of Agronomy. 29, 21–28. https://doi.org/10.1016/j.eja.2008.01.008

Marcillo, G., Miguez, F., 2017. Corn yield response to winter cover crops: an updated meta-analysis. Journal of Soil and Water Conservationoil. 72, 226–39. https://doi.org/10.2489/jswc.72.3.226

Montemurro, F., Maiorana, M., Ferri, D., Convertini, G., 2006. Nitrogen indicators, uptake and utilization efficiency in a Maize and Barley rotation cropped at different levels and sources of N fertilization. Field Crops Research. 99, 114–24. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.04.001

Mousavi, S. M. N., Csaba, B., Arpad, I., Janos, N., 2021. Genotype by trait interaction (GT) in Maize hybrids on complete fertilizer. Plants. 10,113-125. https://doi.org/10.3390/plants10112388

Nichols, V. A., Moore, E.B., Gailans, S., Kaspar, T.C., Liebman, M., 2022. Site-specific effects of winter cover crops on soil water storage. Agrosystems, Geosciences and Environment. 5, 115-125. https://doi.org/10.1002/agg2.20238

Orfanou, A., Dimitrios P., Porter, W. M., 2019. Maize yield and irrigation applied in conservation and conventional tillage at various plant densities. Water (Switzerland). 11, 105-117. https://doi.org/10.3390/w11081726

Ozpinar, S., 2009. Tillage and cover crop effects on Maize yield and soil nitrogen. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 15, 533–43.

Sarfraz, R., Shakoor, A., Abdullah., M., Arooj, A., Hussain, A., Xing, Sh., 2017. Impact of integrated application of biochar and nitrogen fertilizers on Maize growth and nitrogen recovery in alkaline calcareous soil. Soil Science and Plant Nutrition. 63, 488–98. [In Persian]. https://doi.org/10.1080/00380768.2017.1376225

Schussler, J.R., Westgate, M.E., 1991. Maize kernel set at low water potential: I. sensitivity to reduced assimilates during early kernel growth. Crop Science. 31, 1189–95. https://doi.org/10.2135/cropsci1991.0011183X003100050023x

Siczek, A., Lipiec, J., 2016. Impact of Faba bean-seed rhizobial inoculation on microbial activity in the rhizosphere soil during growing season. International Journal of Molecular Sciences. 17, 105-120. https://doi.org/10.3390/ijms17050784

Soltani, A., Waismoradi, A., Heidari, M., Rahmati, H., 2013. Effect of water deficit stress and nitrogen on yield and compatibility metabolites on two medium maturity Corn cultivars. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 5, 637–740. [In Persian].

Tariq-Jan, M., Khan, M.J., Khan, A., Arif, M., Shafi, M., 2010. Wheat nitrogen indices response to nitrogen source and application time. Pakistan Journal of Botany. 42, 4267–79.