نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۹، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۳۰۹-۲۹۹

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 19, No. 3, Fall. 2021, p. 299-309

مقاله پژوهشی

تاثیر کود نیتروژنی و تراکم باقلا در تناوب بر کارایی مصرف نیتروژن ذرت SC201 در سیستم بدون شخم

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۶

چکیده

دستیابی همزمان به امنیت غذایی و پایداری محیطزیست یک چالش بزرگ جهانی است. بنابراین، استفاده از سیستم‌های کشاورزی حفاظتی برای دستیابی به این هدف ضروری به نظر می‌رسد. از این‌رو یک آزمایش مزرعه‌ای طی دو سال زراعی (۱۳۹۷-۱۳۹۶ و ۱۳۹۸-۱۳۹۷) به‌صورت فاکتوریل دو عاملی بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل تراکم‌های مختلف بوته در باقلا (۲۵، ۳۵، ۴۰ و ۸۰ بوته در متر مربع) و مقادیر مختلف نیتروژن معدنی بر پایه کود اوره در ذرت علوفه‌ای (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. نتایج نشان داد که تراکم بوته باقلا بر تلاش زادآوری، عملکرد تر و خشک دانه، درصد نیتروژن و پروتئین خام موجود در دانه، عملکرد پروتئین و شاخص برداشت پروتئین دانه باقلا معنی‌دار ($P<0.01$) بود. بیشترین عملکرد دانه باقلا از تراکم‌های ۸۰ و ۴۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب با میانگین ۳/۷۶ و ۳/۶۵ تن در هکتار به‌دست آمد. همچنین اثرات متقابل مقادیر مختلف کاربرد نیتروژن معدنی و تراکم‌های مختلف بوته باقلا بر تولید ماده‌ی خشک، کارایی مصرف نیتروژن و کارایی تولید ذرت علوفه‌ای تاثیر معنی‌داری ($P<0.01$) داشت. بیشترین میزان ماده‌ی خشک در ذرت علوفه‌ای با میانگین ۱۵/۶ تن در هکتار از تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن معدنی در هکتار و تراکم ۴۰ بوته در مترمربع باقلا حاصل شد. به‌طور کلی نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که قرارگیری باقلا در تناوب با ذرت می‌تواند یک روش جایگزینی مناسب برای سیستم تک کشتی ذرت با مقادیر بالای مصرف کود نیتروژنه باشد.

واژه‌های کلیدی: بقولات، عملکرد پروتئین دانه، کشاورزی پایدار، کود شیمیایی

مقدمه

افزایش بهره‌وری محصولات زراعی به همراه کاهش مصرف نهاده‌ها و نیز کاهش اثرات مخرب سیستم‌های کشاورزی متداول بر محیطزیست، یکی از چالش‌های عمده‌ی پیش روی جهانی بر تولید محصولات غذایی است (Abdalla, 2019). به عبارت دیگر گسترش سیستم‌های تولید فشرده محصولات کشاورزی به دلیل استفاده بیش از حد از سموم، آفت‌کش و کودهای شیمیایی باعث ایجاد مشکلات زیادی از جمله کاهش تنوع زیستی، افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی، کاهش کارایی مصرف کود و نیز عدم اطمینان از عملکرد نهایی محصولات زراعی شده است (Wang *et al*., 2020). این نگرانی‌های روزافزون در مورد آثار مخرب سیستم‌های فشرده کشاورزی ضرورت یک سیستم جایگزین با کارایی بهتر و آثار منفی کمتر را نشان می‌دهد. کشاورزی پایدار سیستمی برای تولید محصولات زراعی است که از تخریب خاک و محیطزیست ممانعت به‌عمل آورده و تولید محصولات زراعی را بهبود می‌بخشد که در این راستا سیستم بدون خاک‌ورزی یکی از روش‌های مهم و اصلی در کشاورزی پایدار است (Palm *et al*., 2014) و به‌عنوان یک روش مناسب شناخته می‌شود که سبب افزایش پایداری در سیستم‌های کشاورزی، کاهش نگرانی‌های جهانی درباره‌ی آلودگی‌های زیست‌محیطی و نیز بهبود کیفیت خاک از طریق به حداقل رساندن تخریب خاک و حفظ بقایا بر روی سطح خاک می‌شود (Dendooven *et al*., 2012; Lal, 2015). حفظ بقایا بر روی سطح خاک یا استفاده از مالچ نیز یکی دیگر از روش‌های مهم در کشاورزی پایدار است. مالچ دارای مزیت‌های زیادی است مانند بهبود ساختار و کیفیت خاک از طریق افزایش نفوذ و ظرفیت نگهداری آب، افزایش جمعیت

۱- دانشجوی دکتری زراعت گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۴- استاد گروه علوم خاک، فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه ماساچوست، آمریکا
(*- نویسنده مسئول: Email: ebadi@uma.ac.ir)
DOI: 10.22067/jcesc.2021.70506.1050

کرم‌های خاکی از طریق ایجاد پناهگاه‌های مناسب، بهبود نفوذ و رشد ریشه که در نهایت باعث کاهش فرسایش و افزایش جذب مواد غذایی در خاک می‌شود (Telkar *et al*., 2017). همچنین تجزیه‌ی بقایای گیاهی می‌تواند مقادیر قابل توجهی از عناصر غذایی را آزاد کند که باعث افزایش حاصلخیزی خاک برای محصولات بعدی می‌شود (Askegaard and Eriksen, 2007).

در ایران با توجه به کمبود مراتع و تراکم بالای دام، تولید ذرت علوفه‌ای (*Zea mays*) دارای اهمیت به‌سزایی است که البته میزان تولید در واحد سطح این گیاه به شدت تحت تاثیر فراهمی عناصر به‌ویژه نیتروژن قرار دارد. نیتروژن یکی از عناصر ضروری در گیاهان است و نقش حیاتی در فرآیندهایی مانند فتوسنتز، رشد و توسعه گیاه، میزان پروتئین خام و غیره دارد. اما بایستی به این نکته توجه داشت که کاربرد بیش از حد نیتروژن علاوه بر خطر آبشویی و آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی باعث تجمع نیترات در بخش‌های توسعه‌یافته گیاه نیز می‌شود. همچنین آلودگی آب‌های سطحی به نیترات منجر به پدیده اوتریفیکیشن[1] یا مردابی شدن می‌شود. در مقابل کمبود نیتروژن در گیاهان نیز باعث کاهش رشد و توسعه گیاه و در نتیجه باعث کاهش عملکرد می‌شود. در ایران به دلایل متعدد از جمله استفاده بیش از حد کود نیتروژنه و نیز روش‌های نادرست مصرف، کارایی مصرف کود بسیار پایین است. از این رو مدیریت استفاده از کودهای نیتروژنه ضروری به نظر می‌رسد زیرا نقش مهمی در کاهش هزینه‌ها و افزایش عملکرد محصولات زراعی و نیز کاهش آثار مخرب مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی بر محیط‌زیست و سلامتی انسان دارد.

گیاهان خانواده‌ی بقولات غنی از پروتئین هستند و قرار گرفتن آن‌ها در تناوب‌های زراعی باعث افزایش محصول در گیاهان پس از خود می‌شوند (Lupwayi and Kennedy, 2007). آن‌ها با تثبیت نیتروژن از طریق گره‌های خود باعث کاهش مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه شده که به نوبه‌ی خود هزینه تولید در محصولات زراعی را کاهش می‌دهد (Stagnari *et al*., 2017). باقلا (*Vicia faba*) یکی از مهم‌ترین محصولات در این خانواده می‌باشد که منبع غنی از پروتئین و نشاسته است (Adissie *et al*., 2020). یکی از مهم‌ترین عوامل موثر بر عملکرد باقلا تراکم بوته در مترمربع می‌باشد. تراکم گیاهی تعداد گیاه در واحد سطح زمین است که به نوبه‌ی خود سطح قابل دسترس برای هر گیاه را مشخص می‌کند. تراکم گیاهی نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد محصولات زراعی، سودآوری اقتصادی و تولید بیوماس گیاهی دارد (Albayrak *et al*., 2011). طبق نظر لوس و همکاران (Loss *et al*., 1998) تراکم گیاهی می‌تواند بر کارایی مصرف نور، طول دوره رویش، تولید ماده خشک، عملکرد دانه و در نهایت بهره‌وری اقتصادی محصولات زراعی اثر بگذارد. بنابراین تراکم گیاهی مناسب یک پیش شرط لازم برای دستیابی به بهره‌وری بالاتر در محصولات زراعی می‌باشد که در باقلا بین ۱۰ تا ۱۰۰ بوته در مترمربع متغیر است و این مسئله نشان می‌دهد که باقلا می‌تواند اندازه و ساختار کانوپی خود را در پاسخ به تراکم گیاهی تغییر دهد (Al-Suhaibani *et al*., 2013).

با توجه به کمبود علوفه و اهمیت ذرت علوفه‌ای به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان علوفه‌ای در کشور و نیز آثار مخرب سیستم‌های کشاورزی متداول بر محیط‌زیست، این پژوهش با هدف شناسایی تراکم مناسب در باقلا و مقدار کود نیتروژنه و نیز اثرات متقابل این دو عامل بر تولید ذرت علوفه‌ای انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی دو سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ و ۱۳۹۸-۱۳۹۷ به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با دو عامل و سه تکرار درمزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی واقع در روستای بابلان با مختصات جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا اجرا شد. اقلیم منطقه به‌صورت نیمه خشک و سرد (دارای زمستان‌های خیلی سرد و تابستان‌های معتدل) است. خصوصیات خاک محل انجام آزمایش و شرایط آب و هوایی منطقه در طول دوره آزمایش به‌ترتیب در جدول ۱ و ۲ ذکر شده است.

شایان ذکر است که نوع خاک منطقه لومی و به‌ترتیب دارای ۳۵، ۴۲ و ۲۳ درصد شن، سیلت و رس بود. عامل‌های مورد مطالعه شامل تراکم‌های مختلف در باقلا (۲۵، ۳۵، ۴۰ و ۸۰ بوته در متر مربع) و مقادیر مختلف نیتروژن بر پایه کود اوره در ذرت علوفه‌ای (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. به‌علاوه یک سطح نکاشت نیز به‌منظور مقایسه اثر تراکم‌های مختلف باقلا بر ذرت علوفه‌ای در نظر گرفته شد. اندازه هر پلات سه در چهار متر بود که با فاصله یک متری بین بلوک‌ها از هم جدا شدند، همچنین به منظور ممانعت از اختلاط اثر کودها فاصله‌ی یک متری بین پلات‌ها در نظر گرفته شد. رقم باقلا کشت شده در این آزمایش رقم شادان بود (از خصوصیات این رقم می‌توان به پتانسیل بالای عملکرد دانه، مقاوم بودن به بیماری لکه برگی باقلا، قابلیت برداشت مکانیزه و نیز درصد پروتئین بالا اشاره کرد). بذور باقلا پس از خیساندن در آب و تلقیح با باکتری *Rhizobium leguminosarum* var *viciae* در تاریخ سوم اسفند، در هر دو سال کشت شدند. به منظور بهبود گره‌زایی در باقلا به میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه در مرحله‌ی رشد رویشی گیاه به خاک اضافه شد. شایان ذکر است که برای اولین بار بود که باقلا در منطقه مورد نظر کشت شد. کنترل علف‌های هرز به‌صورت دستی و از زمان سبز شدن تا مرحله‌ی رشد رویشی ادامه داشت.

1- Eutrophication

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی خاک منطقه در دو عمق قبل از شروع انجام آزمایش

Table 1- Soil chemical characteristics at two depths in the experimental area before planting

فصل رشد Growing season	عمق خاک Depth (cm)	اسیدیته خاک pH	ماده آلی خاک SOM (g dm^{-3})	روی Zn^{2+}	پتاسیم K^{+}	فسفر P	آهک CaO	نیتروژن کل Total Nitrogen (%)	عصاره اشباع base saturation (%)
				(mg kg^{-1})					
2018	0-15	7.8	10.3	18	212	8.29	0.06	14.4	49
	15-30	7.6	6.88	13	143	6.5			
2019	0-15	7.9	10.3	19	220	8.9	0.06	14.5	48
	15-30	7.7	6.88	15	152	6			

جدول ۲- داده‌های هواشناسی منطقه در طول دوره‌ی آزمایش

Table 2- Meteorological data for the area during the study period

فاکتورهای هواشناسی Meteorology data	سال Year	اسفند March	فروردین April	اردیبهشت May	خرداد June	تیر July	مرداد August	شهریور September	مهر October
				Ardebil اردبیل					
مجموع بارش ماهانه Monthly rain (mm)	2018	26.5	9.3	60.3	28.2	3.9	0.9	7.3	9.0
میانگین دمای حداکثر Mean max. temp. (°C)		12.4	15.7	18.6	23.5	29.2	25.8	24.6	20.1
میانگین دمای حداقل Mean min. temp., (°C)		1.5	2.3	5.9	10.0	13.7	14.9	10.5	8.1
تشعشعات دریافتی Radiation received (MJm^{-2})		157.5	170.9	196.3	248.6	344.2	255.6	282.1	193.4
رطوبت نسبی Relative humidity		73	66	71	71	60	69	68	76
مجموع بارش ماهانه Monthly rain (mm)	2019	25.9	40	29.5	13	0.1	0	18.8	53.3
میانگین دمای حداکثر Mean max. temp. (°C)		9.5	13.4	19.8	25.7	25.7	26.7	22.5	23.0
میانگین دمای حداقل Mean min. temp., (°C)		-1.3	2.6	5.0	9.5	11.8	12.6	10.2	7.8
تشعشعات دریافتی Radiation received (MJm^{-2})		173.6	163	258.1	287.7	336	314.1	213.2	240.6
رطوبت نسبی Relative humidity		71	73	63	58	62	61	71	66

باقلا در مرحله‌ی بلوغ فیزیولوژیک و به‌صورت دستی با استفاده از کوادرات ۰/۵ در ۰/۵ متر برداشت شد. پس از برداشت، بقایای گیاه به‌صورت مالچ در سطح خاک رها شده و بلافاصله پس از آن، بدون شخم زدن خاک بذور ذرت[1] با تراکم ۸۰۰۰۰ بوته در هکتار به‌صورت دستی و به‌عنوان کشت دوم به‌ترتیب در تاریخ‌های سوم تیرماه ۱۳۹۷ و پنجم تیرماه ۱۳۹۸ در میان ردیف‌های بقایای باقلا کاشته شدند. به‌صورت میانگین بذور در هر فصل رشد ۷ روز پس از کاشت سبز شدند. با توجه به شرایط آهکی خاک و غیرقابل دسترس شدن آهن برای جذب توسط گیاه و همچنین ممانعت از کمبود آهن در ذرت، محلول‌پاشی آهن (Fe-EDTA) در سه مرحله با فاصله زمانی ده روز انجام شد. تیمارهای کود نیتروژنه به فرم کود اوره و پخش سطحی و از مرحله‌ی V_5 ذرت طی سه مرحله با فاصله‌ی ده روزه استفاده شد. به دلیل خنک شدن هوا، ذرت علوفه‌ای در مرحله‌ی شیری و ۱۰۰ روز

1- Single cross 201

پس از کاشت، برداشت شد. بذور استفاده شده برای هر دو محصول زراعی در هر دو سال، از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل تهیه شدند. درصد جوانه‌زنی برای هر دو محصول و در هر دو سال بالای ۹۸ درصد بود. در ابتدای مرحله‌ی زایشی هر دو محصول زراعی و در هر دو سال، شته‌ها ظاهر شدند که به‌صورت طبیعی توسط کفشدوزک‌ها جمعیت آن‌ها کنترل شد. همچنین مکان انجام این آزمایش، در یک مزرعه و در دو قطعه‌ی مجاور هم بود. هر دو قطعه زمین، یک‌سال قبل از انجام این پژوهش به‌صورت آیش با غالبیت علف‌های هرز پهن برگ یک ساله‌ای مانند *Amaranthus retroflexus* L. و *Chenopodium album* رها شده بودند. هیچ‌گونه علف‌کش، آفت‌کش و کود شیمیایی (غیر از تیمار نیتروژن مربوط به ذرت) و آلی در طول دوره کاشت برای گیاهان زراعی استفاده نشد. آبیاری در طول فصل رشد به‌صورت کرتی و منظم و با توجه به نیاز گیاه، شرایط آب و هوایی و خاکی منطقه انجام گردید.

صفات مورد مطالعه در هر دو سال زراعی در باقلا شامل وزن تر و خشک (عملکرد) دانه، درصد ماده خشک دانه، نسبت دانه به پوسته‌ی غلاف، درصد نیتروژن دانه، پروتیئن خام موجود در دانه، عملکرد پروتئین در دانه، شاخص برداشت پروتئین دانه و تلاش زادآوری[1] و در ذرت علوفه‌ای شامل تولید ماده خشک، کارایی استفاده از نیتروژن و کارایی تولید بودند. برای محاسبه‌ی عملکرد دانه در باقلا (تن در هکتار)، بذور پس از برداشت در آون ۶۵ درجه به مدت ۴۸ ساعت خشک شده و سپس توسط ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۱ g) وزن و در نهایت به هکتار تعمیم داده شدند. برای محاسبه‌ی درصد ماده‌ی خشک دانه، بذور در ابتدا وزن شده و سپس در آون ۶۵ درجه به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و دوباره توزین شدند و درصد ماده خشک دانه بر اساس رابطه‌ی (۱) محاسبه شد:

$$\text{درصد ماده خشک دانه} = \frac{\text{وزن خشک دانه}}{\text{وزن تر دانه}} \times 100 \quad (۱)$$

نسبت دانه به پوسته غلاف (کیلوگرم بر کیلوگرم) از تقسیم وزن دانه به وزن پوسته غلاف به‌دست آمد. درصد نیتروژن موجود در دانه باقلا توسط روش کجلدال (مدل دستگاه V40) محاسبه شد. پروتئین خام دانه (٪) نیز از حاصلضرب درصد نیتروژن در عدد ۶/۲۵ به‌دست آمد (Cox *et al*., 1998). عملکرد پروتئین دانه (کیلوگرم در هکتار) از حاصلضرب عملکرد دانه در مقدار پروتئین محاسبه گردید. شاخص برداشت پروتئین دانه (٪) از تقسیم عملکرد پروتئین دانه بر زیست‌توده محاسبه شد (Seyedi *et al*., 2012). تلاش زادآوری (٪) از تقسیم عملکرد غلاف به زیست‌توده محاسبه گردید (Daneshian *et al*., 2002). برای محاسبه‌ی تولید ماده خشک در ذرت علوفه‌ای (تن در هکتار)، سه بوته به‌صورت تصادفی در هر کرت انتخاب و از نزدیک سطح خاک بریده شدند، سپس کل بوته‌ها در آون ۷۵ درجه به مدت ۷۲ ساعت خشک و در نهایت وزن شده و به هکتار تعمیم داده شدند. کارایی مصرف نیتروژن در بافت‌های گیاهی (کیلوگرم بر کیلوگرم) در ذرت علوفه‌ای از رابطه‌ی (۲) محاسبه شد (Hasanalideh and Hojati, 2012):

$$\text{NUE} = \frac{\text{SDM}}{\text{N (plant)}} \quad (۲)$$

NUE: کارایی مصرف نیتروژن در بافت‌های هوایی

SDM: ماده خشک تولید شده در بافت‌های هوایی

N (plant): کل نیتروژن جذب شده در بافت‌های هوایی

محاسبه‌ی کارایی تولید در ذرت علوفه‌ای (کیلوگرم در هکتار) توسط روش (Tomar and Tiwari, 1990) و با استفاده از رابطه‌ی (۳) به‌دست آمد:

$$\text{کارایی تولید} = \frac{\text{ماده خشک تولید شده در واحد سطح}}{\text{طول دوره رشد گیاه در مزرعه}} \quad (۳)$$

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4، نتایج دو سال آزمایش نیز به‌صورت تجزیه مرکب و مقایسه‌ی میانگین‌ها با استفاده از آزمون Duncan در سطح احتمال آماری پنج درصد مورد ارزیابی قرار گرفتند.

نتایج و بحث

اثر سال بر صفات مورد مطالعه

با توجه به جداول تجزیه واریانس، اثر سال بر وزن تر و خشک دانه، عملکرد پروتئین دانه و شاخص برداشت پروتئین دانه در باقلا (جدول ۳) و نیز بر تولید ماده‌ی خشک علوفه، کارایی تولید و کارایی مصرف نیتروژن در ذرت علوفه‌ای معنی‌دار بود (جدول ۴). با توجه به یکنواخت بودن آبیاری برای هر دو گیاه در طول هر دو سال و بر اساس اطلاعات جدول ۲، به نظر می‌رسد میزان تشعشات دریافتی بالاتر در سال دوم نسبت به سال اول دلیل محکمی برای این مسئله باشد. نور یکی از عوامل تعیین‌کننده بر فرآیند فتوسنتز در گیاهان است و میزان تثبیت دی‌اکسید کربن با میزان نور جذب شده رابطه‌ی مستقیمی دارد (Garofalo and Rinaldi, 2015) و از آن‌جایی‌که برگ تنها اندام گیاه برای جذب نور است، در تشعشعات بالاتر خورشیدی با نفوذ بیشتر نور به بخش‌های پایینی گیاه، میزان فتوسنتز افزایش خواهد یافت. به عبارت دیگر، هرچه جذب نور بیشتر باشد عملکرد نیز بیشتر خواهد بود. مونتیت (Monteith, 1974) بیان کرد در تراکم‌های معمولی گیاه ذرت به دلیل سایه‌اندازی برگ‌های بالایی روی برگ‌های پایینی و کاهش دریافت تشعشعات فتوسنتزی و نیز جذب عناصر، این برگ‌ها دچار پیری زودرس می‌شوند. به عبارتی اگر عناصر غذایی و تشعشعات خورشیدی به میزان کافی برای این برگ‌ها

1- Productivity effort

فراهم باشد، آن‌ها هم مانند برگ‌های بالایی در فرآیند فتوسنتز سهیم بوده و دیرتر پیر می‌شوند که این مسئله در مورد گیاه باقلا نیز صدق خواهد نمود.

باقلا

نتایج تجزیه‌ی واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که تراکم‌های مختلف باقلا بر وزن تر و خشک (عملکرد) دانه، درصد نیتروژن دانه، پروتئین خام موجود در دانه، عملکرد پروتئین دانه، شاخص برداشت پروتئین در دانه و تلاش زادآوری اثر معنی‌دار (P<0.01) داشت (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج جدول تجزیه واریانس مرکب دو ساله بر برخی صفات کمی و کیفی باقلا در تراکم‌های مختلف

Table 3- Results of combined analysis variance on some quality and quantity traits of faba bean in various densities

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square								
		وزن تر دانه Fresh grain weight	عملکرد دانه Grain Yield	ماده خشک دانه Grain dry matter	نسبت دانه به پوسته غلاف Grain /pod ratio	نیتروژن دانه Grain nitrogen	پروتئین خام دانه Grain crude protein	عملکرد پروتئین دانه Grain protein yield	شاخص برداشت پروتئین در دانه Grain protein harvest index	تلاش زادآوری Productivity effort
سال (Year)	1	3.15 *	0.68 *	2.73 ns	1.3 ns	0.46 ns	17.34 ns	116622.04 **	28.82 *	48.99 ns
(Y× R) سال× تکرار	2	0.26 ns	0.103 ns	17.76 ns	0.011 ns	0.019 ns	0.78 ns	11539.39 ns	11.56 ns	1.49 ns
تراکم‌های مختلف (A)	3	11.14 **	5.029 **	207.26 ns	0.037 ns	1.25 **	49.01 **	194131.98 **	29.67 **	153.45 ns
تراکم‌های سال ×مختلف (A×Y)	3	0.937 ns	0.0019 ns	32.43 ns	0.046 ns	0.0076 ns	0.309 ns	1103.96 ns	0.74 ns	2.07 ns
خطا (Error)	12	0.67	0.096	74.64	0.032	0.12	5.14	9896.14	4.91	8.94
C.V ضریب (%) تغییرات	–	12.27	10.59	19.78	17.16	8.53	8.58	13.16	12.9	8.78

ns، * و **به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می‌باشد.

**, * and ns significant difference over control at $p< 0.01$ and $p< 0.05$ and not significantly respectively.

وزن تر و خشک (عملکرد) دانه، درصد ماده‌ی خشک دانه

بر اساس نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها بیشترین وزن‌تر دانه از تراکم‌های ۸۰ و ۴۰ بوته در متر مربع به‌ترتیب با میانگین ۸/۰۵ و ۷/۵۲ تن در هکتار به‌دست آمد و تراکم‌های ۳۵ و ۲۵ بوته در متر مربع به‌ترتیب با میانگین ۶/۰۵ و ۵/۰۷ تن در هکتار دارای کمترین میزان وزن تر دانه باقلا بودند (جدول ۵). همچنین نتایج مقایسات میانگین عملکرد دانه نشان داد که بیشترین میزان عملکرد دانه از تیمارهای ۸۰ و ۴۰ بوته در متربع به‌ترتیب با میانگین ۳/۷۶ و ۳/۶۴ تن در هکتار به‌دست آمد و کمترین میزان عملکرد از تراکم ۳۵ و ۲۵ بوته در متربع مربع به‌ترتیب با میانگین ۲/۳ و ۱/۹۵ تن در هکتار حاصل شد (جدول ۵). اگرچه در این آزمایش درصد ماده‌ی خشک دانه توسط تراکم‌های مختلف گیاهی تحت تاثیر قرار نگرفت با این حال بیشترین درصد ماده‌ی خشک بذر از تراکم ۴۰ بوته در مترمربع با میانگین ۴۹/۴۷ درصد به‌دست آمد (جدول ۵). در تراکم‌های گیاهی مختلف، رقابت درون گونه‌ای و بین گونه‌ای دو مولفه‌ی مهم و اصلی بر تولید محصولات زراعی هستند. با افزایش تراکم در واحد سطح عملکرد دانه و سایر خصوصیات زراعی گیاه متاثر از محدودیت‌هایی مانند فضا، نور، آب و مواد غذایی قرار می‌گیرند. به عبارتی در تراکم‌های بالا به دلیل کاهش منطقه‌ی قابل دسترس برای هر بوته، افزایش سایه‌اندازی و رقابت درون گیاهی و همچنین کاهش توانایی گیاه در انتقال مواد فتوسنتزی از منبع به مقصد، باعث کاهش عملکرد هر بوته می‌شود اما بایستی توجه داشت که در تراکم‌های بالای بوته، به دلیل تعداد بوته‌ی بیشتر میزان این کاهش در واحد سطح جبران خواهد شد. در تراکم‌های کمتر نیز به دلیل کاهش شاخص سطح برگ، از حداکثر ظرفیت فتوسنتزی گیاهان در واحد سطح استفاده نمی‌شود، استفاده ناکارآمد از این نهاده‌ها در تراکم‌های پایین‌تر باعث کاهش عملکرد در واحد سطح خواهد شد. به عبارت دیگر در این تراکم‌ها، جمعیت کل گیاه برای رسیدن به عملکرد مطلوب کافی نیست و عملکرد به‌صورت قابل توجهی در پاسخ به کم شدن تراکم گیاه کاهش خواهد یافت. نکته‌ی حائز اهمیت بعدی این است که

باقلا از ابتدای رشد رویشی تا پایان فصل رشد در رقابت با علف‌های هرز بود. در تراکم‌های پایین باقلا، به دلیل جمعیت بالاتر علف هرز، سایه‌اندازی و رقابت بیشتر آن با گیاه زراعی و همچنین خاصیت آللوپاتی برخی از علف‌های هرز عملکرد کاهش می‌یابد. به عبارتی، هر چه سطح برگ گیاه زراعی بیشتر باشد میزان دریافت تشعشع فعال فتوسنتزی توسط علف‌های هرز کاهش خواهد یافت، درنتیجه گیاه زراعی به علف‌های هرز غلبه خواهد نمود. بابائیان و همکاران (Babaeian *et al*., 2012) و ترابی جفرودی و همکاران (Torabi jefroudi *et al*., 2007) گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته میزان عملکرد دانه در واحد سطح افزایش می‌یابد. هاشم آبادی و صداقت هور (Hashem Abadi and Sedaghat Hour, 2006)، قنبربیرانی و همکاران (Ghanbar Birani *et al*., 2003) نیز اظهار داشتند که با کاهش تراکم بوته عملکرد نیز کاهش می‌یابد.

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس مرکب دو ساله اثرات متقابل کود نیتروژنه و بقایای ریشه باقلا بر برخی صفات ذرت علوفه‌ای
Table 4- Analysis of variance for interaction of root residue of faba bean and N application on some traits of forage corn

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی df	عملکرد خشک علوفه Dry matter yield	کارایی تولید Production efficiency	کارایی استفاده از نیتروژن Nitrogen utilization efficiency
سال (Year)	1	12.01^{*}	1190.7^{*}	265.82^{**}
سال× تکرار (Y× R)	2	1.25^{ns}	127.68^{ns}	33.97^{ns}
تراکم‌های مختلف (A)	4	26.89^{**}	2691.83^{**}	321.71^{**}
تراکم‌های مختلف×سال (A×Y)	4	1.10^{ns}	109.58^{ns}	18.17^{ns}
کود نیتروژنه (B)	3	50.19^{**}	5036.6^{**}	502.48^{**}
کود نیتروژنه×سال (Y×B)	3	0.022^{ns}	2.54^{ns}	1.88^{ns}
تراکم‌های مختلف×کود نیتروژنه (A×B)	12	7.83^{**}	784.86^{**}	45.72^{**}
تراکم‌های مختلف×کود نیتروژنه× سال (A×B×Y)	12	0.27^{ns}	26.67^{ns}	32.05^{**}
خطا (Error)	76	2.47	247.82	13.7
ضریب تغییرات (%) C.V	-	13.8	13.8	7.99

^{ns}، * و ** به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می‌باشد.
**, * and ns significant difference over control at p< 0.01 and p< 0.05 and not significantly respectively.

درصد نیتروژن دانه، درصد پروتئین دانه، عملکرد پروتئین دانه، شاخص برداشت پروتئین در دانه، تلاش زادآوری

بر اساس نتایج مقایسات میانگین بیشترین میزان درصد نیتروژن دانه از تراکم‌های ۲۵ (با میانگین ٪۴/۷) و ۳۵ (با میانگین ٪۴/۳) بوته در مترمربع و کمترین میزان آن از تراکم ۸۰ (با میانگین ٪۳/۶) بوته در مترمربع به‌دست آمد (جدول ۵). مقدار پروتئین خام موجود در دانه نیز در تراکم‌های ۲۵ بوته در مترمربع با میانگین ٪۲۹/۷ و ۳۵ بوته در مترمربع با میانگین ٪۲۷ به دلیل پایین بودن تراکم بوته و در نتیجه تجمع بیشتر نیتروژن در بافت‌های گیاهی و انتقال آن به بذر دارای بیشترین میزان بود، تراکم ۸۰ بوته در مترمربع (با میانگین ٪۲۲/۷) نیز دارای کمترین میزان بود (جدول ۵). همانطور که گفته شد تراکم بوته در واحد سطح یکی از عوامل موثر بر کمیت و کیفیت تولید محصولات زراعی است. با افزایش تراکم بوته در واحد سطح میزان رقابت درون گیاهی برای جذب آب و مواد غذایی و نور خورشید افزایش می‌یابد در این شرایط سهم عمده‌ای از آسمیلات‌ها صرف تنفس و رشد رویشی می‌شود، در نتیجه گره‌زایی در بوته کاهش خواهد یافت که به دنبال آن میزان دسترسی هر بوته به نیتروژن و در نهایت میزان پروتئین موجود در دانه کاهش می‌یابد. نتایج مشابهی توسط ناندینی و همکاران (Nandini *et al*., 2017) و واسیلیا و همکاران (Vasilia *et al*., 2005) به‌ترتیب در گیاه گوار و سویا به‌دست آمده است.

همانطور که قبلاً اشاره شد با کاهش تراکم بوته درصد پروتئین بذر افزایش یافت، اما مقایسه‌ی میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان عملکرد پروتئین از تراکم‌های ۴۰ و ۸۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب با میانگین ۹۵۵/۵ و ۸۵۸ کیلوگرم در هکتار و کمترین میزان آن در تراکم‌های ۳۵ و ۲۵ بوته به‌ترتیب با میانگین ۶۳۲/۲ و ۵۷۸/۴ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۵). عملکرد پروتئین تابعی از دو صفت عملکرد دانه و درصد پروتئین موجود در بذر می‌باشد و افزایش میزان آن در تراکم‌های بالاتر اساساً به عملکرد بالاتر در این تراکم‌ها ارتباط دارد. همچنین بایستی به این نکته توجه کرد که محتوای پروتئین به تنهایی نمی‌تواند معرف کیفیت دانه تولیدی باشد زیرا ممکن است درصد پروتئین بالا به واسطه پایین بودن عملکرد تولیدی چندان قابل ملاحظه به نظر نرسد و یا ممکن است گیاهی با درصد پروتئین کم ولی تولید ماده‌ی خشک بالاتر میزان تولید پروتئین

بیشتری داشته باشد، در نتیجه عملکرد پروتئین نسبت به درصد پروتئین اهمیت بالاتری خواهد داشت. همچنین بررسی نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تراکم ۴۰ بوته در مترمربع با میانگین ٪۲۰/۴ دارای بیشترین میزان شاخص برداشت پروتئین بود و کمترین میزان آن از سه تراکم دیگر به‌دست آمد (جدول ۵). تلاش زادآوری میزان مواد فتوسنتزی که گیاه به تولید اندام‌های زایشی اختصاص می‌دهد را نشان می‌دهد و افزایش آن یکی از مهم‌ترین اهداف پژوهشگران می‌باشد (Daneshian *et al*., 2002). نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد که تراکم ۴۰ بوته در مترمربع (با میانگین ٪۵۷/۱۸) دارای بیشترین میزان و تراکم ۸۰ بوته در مترمربع (با میانگین ٪۴۵) دارای کمترین میزان شاخص زادآوری بود (جدول ۵). شاخص برداشت پروتئین و میزان زادآوری وابسته به عملکرد و زیست‌توده به جا مانده از گیاهان می‌باشند، لذا با افزایش مقدار آن‌ها شاهد افزایش این صفات خواهیم بود.

جدول ۵- مقایسه‌ی میانگین اثر تراکم‌های مختلف بر برخی صفات کمی و کیفی باقلا

Table 5- Mean comparisons of various densities effects on quantity and quality traits of faba bean

تراکم‌های مختلف باقلا varied densities of faba bean	وزن تر دانه Fresh grain weight (ton ha^{-1})	عملکرد دانه Grain yield (ton ha^{-1})	ماده خشک دانه Grain dry matter (%)	نیتروژن دانه Grain nitrogen (%)	پروتئین خام دانه Grain crude protein (%)	عملکرد پروتئین دانه Grain protein yield (kg ha^{-1})	شاخص برداشت پروتئین در دانه Grain protein harvest index (%)	تلاش زادآوری Productivity effort (%)
تراکم ۸۰ بوته در مترمربع A_1 (80 plant per m^{-2})	8.04 a	3.76 a	47.9 ab	3.64 c	22.77 c	858 a	15.57 b	45.07 c
تراکم ۴۰ بوته در مترمربع A_2 (40 plant per m^{-2})	7.53 a	3.65 a	49.47 a	4.18 b	26.17 b	955.5 a	20.42 a	57.18 a
تراکم ۳۵ بوته در مترمربع A_3 (35 plant per m^{-2})	6.05 b	2.34 b	39.08 b	4.31 ab	27 ab	632.25 b	16.83 b	51.82 b
تراکم ۲۵ بوته در مترمربع A_4 (25 plant per m^{-2})	5.07 b	1.95 b	38.82 b	4.75 a	29.7 a	578.38 b	15.9 b	49.35 b

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.

ذرت علوفه‌ای

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل تیمارهای کاربرد سطوح مختلف کود نیتروژنه و تراکم‌های مختلف بقایای ریشه باقلا بر تولید ماده‌ی خشک، کارایی مصرف نیتروژن و کارایی تولید در ذرت علوفه‌ای تاثیر معنی‌داری ($P<0.01$) داشت (جدول ۴).

تولید ماده‌ی خشک

با بررسی نتایج مقایسه‌ی میانگین داده‌ها مشخص شد که تیمار A_2B_3 (تراکم ۴۰ بوته باقلا در مترمربع + کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن معدنی در هکتار) با میانگین ۱۵/۶ تن در هکتار دارای بیشترین و تیمار A_5B_1 (عدم کاشت باقلا و عدم کاربرد نیتروژن معدنی) با میانگین ۸/۶ تن در هکتار دارای کمترین میزان تولید ماده خشک بودند (جدول ۶). تولید ماده‌ی خشک در واقع نشان دهنده‌ی میزان فتوسنتز خالص گیاه می‌باشد که نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد گیاهان دارد. کمبود نیتروژن در مراحل حساس رشد و عدم دسترسی به منابع تکمیلی نیتروژن، باعث کاهش رشد اندام هوایی و در نهایت کاهش تولید آسمیلات‌ها خواهد شد. با توجه به عوامل فوق، افزایش نیتروژن قابل دسترس برای گیاه باعث افزایش سرعت گسترش و دوام سطح برگ می‌شود که به دنبال آن باعث افزایش میزان جذب تشعشع فعال فتوسنتزی خواهد شد. افزایش دوام سطح برگ نیز به نوبه‌ی خود باعث افزایش میزان فتوسنتز خالص برگ شده که در نتیجه شاهد تولید ماده‌ی خشک بیشتری خواهیم بود. استفاده از لگوم‌ها در تناوب‌های زراعی از طریق رهاسازی نیتروژن از بقایای گیاهی خود و نیز افزایش ماده‌ی آلی خاک، باعث افزایش فعالیت میکروبی و کیفیت خاک و نیز افزایش میزان نیتروژن قابل دسترس در خاک شده که در نتیجه باعث بهبود باروری گیاهان زراعی می‌شوند. فرانک و همکاران (Franke *et al*., 2018)، اوزو و همکاران (Uzoh *et al*., 2019) بیان کردند که قرار گرفتن سویا در تناوب زراعی با ذرت باعث افزایش عملکرد ذرت می‌شود. پندیاراج و همکاران (Pandiaraj *et al*., 2015) بیان کردند که با مدیریت

صحیح بقایای گیاهیان لگوم و کاربرد کود نیتروژنه بهره‌وری در کوتاه مدت ارتقا خواهد یافت. نیهوس و همکاران (Niehues *et al*., 2004) بیان کردند که کود نیتروژنه در مرحله‌ی رشد سریع ذرت و به‌منظور استفاده حداکثری از منابع محیطی ضروری بوده و باعث افزایش عملکرد در ذرت می‌شود.

کارایی تولید در ذرت علوفه‌ای

بر اساس نتایج مقایسه‌ی میانگین داده‌ها بیشترین میزان کارایی تولید ذرت علوفه‌ای از تیمار A_2B_3 (تراکم ۴۰ بوته باقلا در مترمربع + کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن معدنی در هکتار) با میانگین ۱۵۶ کیلوگرم در هکتار و کمترین میزان آن از تیمار A_5B_1 (عدم کاشت باقلا و عدم کاربرد نیتروژن معدنی) با میانگین ۸۶ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۶). کارایی تولید بالاتر در ذرت علوفه‌ای را می‌توان به فراهمی و جذب بیشتر نیتروژن در مراحل حساس رشد و در اثر کاربرد این تیمارها نسبت داد. به عبارتی با توجه به نتایج فوق می‌توان چنین استنباط نمود که در حضور کود نیتروژنه و نیز وجود بقایای باقلا در خاک، میزان نیتروژن قابل دسترس در خاک برای گیاه ذرت افزایش خواهد یافت. افزایش محتوای نیتروژن در بافت‌های گیاهی باعث افزایش سطح برگ و رشد رویشی خواهد شد که در نهایت باعث افزایش فتوسنتز و وزن خشک در واحد سطح می‌شود.

جدول ٦- اثرات متقابل تراکم‌های مختلف باقلا و کود نیتروژنه بر برخی صفات ذرت علوفه‌ای

Table 6- Interaction effects of various densities of faba bean and N fertilizer application on some traits of forage corn

تراکم‌های مختلف باقلا Varied densities of faba bean	سطوح مختلف کود نیتروژنه Different levels of N fertilizer	عملکرد خشک علوفه Dry matter yield (ton ha^{-1})	کارایی تولید Production efficiency (kg ha^{-1})	کارایی استفاده از نیتروژن Nitrogen utilization efficiency (kg kg^{-1})
تراکم ۸۰ بوته در مترمربع A_1 (80 plant per m^{-2})	B_1 (0 kg ha^{-1})	10 e-h	100 e-h	46.67 def
	B_2 (100 kg ha^{-1})	11.92 cde	119.17 cde	51.83 abc
	B_3 (200 kg ha^{-1})	11.07 def	110.67 def	47.12 cde
	B_4 (300 kg ha^{-1})	10.97 d-g	109.67 d-g	45.35 efg
تراکم ۸۰ بوته در مترمربع A_2 (40 plant per m^{-2})	B_1 (0 kg ha^{-1})	12.3 bcd	123 bcd	52.93 ab
	B_2 (100 kg ha^{-1})	14.19 ab	141.83 ab	50.99 a-d
	B_3 (200 kg ha^{-1})	15.6 a	156 a	47.82 cde
	B_4 (300 kg ha^{-1})	9.52 fgh	95.17 fgh	43.1 e-j
تراکم ۳۵ بوته در مترمربع A_3 (35 plant per m^{-2})	B_1 (0 kg ha^{-1})	10.63 d-h	106.33 d-h	55.17 a
	B_2 (100 kg ha^{-1})	12.28 bcd	122.83 bcd	46.05 def
	B_3 (200 kg ha^{-1})	13.9 abc	139 abc	43.28 e-j
	B_4 (300 kg ha^{-1})	11.67 def	116.67 def	39.42 hjk
تراکم ۲۵ بوته در مترمربع A_4 (25 plant per m^{-2})	B_1 (0 kg ha^{-1})	8.97 gh	89.5 gh	54.17 ab
	B_2 (100 kg ha^{-1})	11.12 def	111.17 def	50.18 bcd
	B_3 (200 kg ha^{-1})	12.45 bcd	124.5 bcd	50.78 a-d
	B_4 (300 kg ha^{-1})	9.67 fgh	96.67 fgh	41.1 ghj
شاهد (عدم کشت باقلا) A_5 (Monocultured corn)	B_1 (0 kg ha^{-1})	8.61 h	86 h	43.83 e-h
	B_2 (100 kg ha^{-1})	10.53 d-h	105.33 d-h	41.83 f-j
	B_3 (200 kg ha^{-1})	11.63 def	116.33 def	38.83 jk
	B_4 (300 kg ha^{-1})	11.22 def	112.17 def	36 k

در هرستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری با آزمون دانکن درسطح احتمال پنج درصد ندارند.

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

کارایی مصرف نیتروژن

نتایج مقایسه‌ی میانگین داده‌ها نشان داد که بالاترین میزان کارایی مصرف نیتروژن از تیمار A_3B_1 (تراکم ۳۵ بوته در مترمربع و عدم کاربرد نیتروژن معدنی) با میانگین ۵۵/۱ کیلوگرم بر کیلوگرم و کمترین میزان آن از تیمار A_5B_4 (عدم کشت باقلا و کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن معدنی در هکتار) با میانگین ۳۶ کیلوگرم بر کیلوگرم به‌دست آمد (جدول ۶). نتایج به‌دست آمده نشان‌دهنده‌ی این مسئله است که با افزایش مقدار مصرف کود نیتروژنه کارایی مصرف نیتروژن کاهش پیدا می‌کند. وجود بقایای باقلا در خاک و تجزیه‌ی آن‌ها، باعث رهاسازی تدریجی نیتروژن و افزایش مقدار آن در خاک می‌شود، اما بایستی به این نکته نیز توجه داشت که جوامع میکروبی موجود در خاک برای تجزیه این بقایا، خود نیازمند حضور نیتروژن هستند، در

نتیجه هر قدر میزان بقایای ریشه باقلا در خاک بیشتر باشد، نیاز به این عنصر نیز بیشتر خواهد بود که در نتیجه کارایی مصرف نیتروژن در تراکم‌های بالاتر ریشه باقلا نسبت به تراکم‌های کمتر کاهش خواهد یافت. همچنین آبشویی زیاد نیتروژن یکی دیگر از دلایل کاهش مقدار این صفت در مقادیر بالای استفاده از کودهای نیتروژنی می‌باشد، آبشویی سبب خروج نیتروژن از منطقه‌ی نفوذ ریشه شده که در نتیجه باعث عدم جذب آن توسط گیاه می‌شود. رحیم زاده و همکاران (Rahimizadeh *et al.*, 2010) بیان کردند که کارایی مصرف در تناوب‌های مختلف با توجه به میزان کود نیتروژنه‌ی مصرفی متفاوت خواهد بود و با افزایش میزان نیتروژن معدنی کارایی مصرف این عنصر کاهش خواهد یافت.

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد که به‌طور کلی بهترین نتایج در باقلا از تراکم ۴۰ بوته در مترمربع حاصل شد. همچنین تولید ماده‌ی خشک، کارایی استفاده از نیتروژن و کارایی تولید در ذرت علوفه‌ای نیز تحت تاثیر اثرات متقابل تیمارهای مقادیر مختلف کاربرد نیتروژن معدنی و تراکم‌های مختلف بوته در باقلا قرار گرفت. به طوری‌که تراکم ۴۰ بوته در متر مربع باقلا و استفاده از نیتروژن معدنی به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش تولید ماده‌ی خشک و نیز کارایی تولید در ذرت علوفه‌ای نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد نیتروژن معدنی و عدم تناوب با باقلا) شد. به‌طور کلی از نتایج حاصل از این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت که تلفیق کاربرد کود نیتروژنی و تراکم مناسب بوته باقلا، کارایی مصرف کود بیشتری نسبت به تنها کاربرد کود شیمیایی نشان خواهد داد. به عبارت دیگر، جایگزین کردن باقلا در تناوب‌های زراعی دارای اثرات سودمند اقتصادی و زیست‌محیطی بسیاری است و می‌تواند نیاز به کودهای شیمیایی را تا حدود زیادی کاهش دهد و با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش، استفاده از باقلا با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع و کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن معدنی در هکتار برای ذرت علوفه‌ای در چنین شرایط آب و هوایی و خاک می‌تواند توصیه شود.

References

1. Abdalla, M., Hastings, A., Cheng, K., Yue, Q., Chadwick, D., Espenberg, M., Truu, J., Rees, R. M., and Smith, P. A. 2019. Critical review of the impacts of cover crops on nitrogen leaching, net greenhouse gas balance and crop productivity. Global Change Biology Bioenergy 25: 2530-2543.
2. Adissie, S., Adgo, E., and Feyisa, T. 2020. Effect of rhizobial inoculants and micronutrients on yield and yield components of faba bean (*Vicia faba* L.) on vertisol of Wereillu district, South Wollo, Ethiopia. Cogent Food & Agriculture, 6 (1): 1747854. Available from: https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1747854. Accessed 13 Apr 2020.
3. Albayrak, S., Türk, M., and Yüksel, O. 2011. Effect of row spacing and seeding rate on hungarian vetch yield and quality. Turkish Journal of Field Crops 16 (1): 54-58.
4. Al-Suhaibani, N., El-Hendawy, S., and Schmidhalter, U. 2013. Influence of varied plant density on growth, yield and economic return of drip irrigated Faba bean (*Vicia faba* L.). Turkish Journal of Field Crops 18 (2): 185-197.
5. Askegaard, M., and Eriksen, J. 2007. Growth of legume and non-legume catch crops and residual-N effects in spring barley on coarse sand. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 170: 773-780.
6. Babaeian, M., Javaheri, M., and Asgharzade, A. 2012. Effect of row spacing and sowing date on yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). African Journal of Microbiology Research 6 (20): 4340-4343.
7. Cox, W. J., Cherney, D. J. R., and Hanchar, J. J. 1998. Row spacing, hybrid, and plant density effects on corn silage yield and quality. Journal Production Agriculture 11: 128-134.
8. Daneshian, G., Majidi, S., Hashemi dezfoli, A., and Nourmohammadi, Gh. 2002. Effect of drought stress on quantitative and qualitative characteristics of two soybean (*Glycine max* L.) cultivars. Agronomy Science 1 (3): 35-46. (In Persian with English abstract).
9. Dendooven, L., Gutiérrez-Oliva, V. F., Patiño-Zúñiga, L., Ramírez-Villanueva, D. A., Verhulst, N., Luna-Guido, M., Marsch, R., Montes-Molina, J., Gutiérrez-Miceli, F. A., and Vásquez-Murrieta, S. 2012. Greenhouse gas emissions under conservation agriculture compared to traditional cultivation of maize in the central highlands of Mexico. Science of the Total Environment 431: 237-244.
10. FAO. 2018. Transforming food and agriculture to achieve the SDGs 20 interconnected actions to guide decision-makers, Rome.
11. Franke, A. C., Van den brand, G. J., Vanlauwe, B., and Giller, K. E. 2018. Sustainable intensification through rotations with grain legume in Sub-Saharan Africa. Agriculture, Ecosystems and Environment 261: 172-185.
12. Ghanbar Birani, D., Sekhavat, R., Osrosh, R., and Shimi, S. 2003. The effect of Hebrides and plant density on populations of weeds and faba bean yield. Iranian Journal of Crop Science 5: 315-327. (In Persian with English abstract).
13. Hasanalideh, A. H., and Hojati, M. 2012. Enhancing yield and nitrogen use efficiency of *Brassica Napus* L. using

an integrated fertilizer management. Advances in Environmental Biology 6 (2): 641-647.
14. Hashem Abadi, D., and Sedaghat Hour, Sh. 2006. Effect of density and sowing date on yield and yield components of winter Mazandarani faba bean (*Vicia faba* L.). Journal of Agricultural Science 12: 135-142.
15. Garofalo, P., and Rinaldi, M. 2015. Leaf gas exchange and radiation use efficiency of sunflower (*Helianthus anus* L.) in response to different deficit irrigation strategies: From solar radiation to plant growth analysis. European Journal of Agronomy 64: 88-97.
16. Lal, R. 2015. Sequestering carbon and increasing productivity by conservation agriculture. Journal of Soil and Water Conservation 70: 55A-62A.
17. Loss, S. P., Siddique, K. H. M., Martin L. D., and Crombie. A. 1998. Responses of faba bean (*Vicia faba* L.) to sowing rate in South-western Australia. Part II: canopy development, radiation absorption and dry matter partitioning. Australian Journal of Agricultural Research 49: 999-1008.
18. Lupwayi, N. Z., and Kennedy, A. C. 2007. Grain legumes in northern Great Plains: Impacts on selected biological soil processes. Agronomy Journal 99 (6): 1700-1709.
19. Monteith, J. L. 1972. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. Journal of Applied Economics 9: 747-766.
20. Nandini, K. M., Sridhara, S., Shivanand, P., and Kumar, K. 2017. Effect of planting density and different genotypes on growth, yield and quality of guar. International Journal of Pure and Applied Bioscience 5: 320-328.
21. Niehues, B. J., Lamond, R. E., Godsey, C. B., and Olsen, C. J. 2004. Starter nitrogen fertilizer management for continuous No-till corn production. Agronomy Journal 96: 1412-1418.
22. Palm, C., Blanco-Canqui, H., DeClerck, F., Gatere, L., and Grace, P. 2014. Conservation agriculture and ecosystem services. Agriculture, Ecosystems and Environment 187: 87-105.
23. Pandiaraj, S., Selvaraj, T., and Ramu, N. 2015. Effects of Crop Residue Management and Nitrogen Fertilizer on Soil Nitrogen and Carbon Content and Productivity of Wheat (*Triticum aestivum* L.) in Two Cropping Systems. Journal Agricultural Science Technology 17: 249-260.
24. Uzoh, I. M., Igwe, C. A., Okebalama, C. B., and Babalola, O. O. 2019. Legume-maize rotation effect on maize productivity and soil fertility parameters under selected agronomic practices in a sandy loam soil. Scientific Reports, 9: 8539. Available from: https://doi.org/10.1038/s41598-019-43679-5. Accessed 12 June 2019.
25. Rahimizadeh, M., Kashani, A., Zare-Feizabadi, A., Koocheki, A. R., and Nassiri-Mahallati, M. 2010. Nitrogen use efficiency of wheat as affected by preceding crop, application rate of nitrogen and crop residues. Australian Journal of Crop Science 4 (5): 363-368.
26. Stagnari, F., Maggio, A., Galieni, A., and Pisante, M. 2017. Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 4 (2). Available from: https://doi.org/10.1186/s40538-016-0085-1. Accessed February 2017.
27. Telkar, S. G., Singh, A. K., Kant, K., Solanki S. P. S., and Kumar, D. 2017. Types of Mulching and their uses for dryland condition. Biomolecule Reports, Ed. 4. https://www.researchgate.net/publication/320356488. Accessed 13 October 2017.
28. Seyedi, M., Hamzei, J., Ahmadvand, G., and Abutalebian, M. A. 2012. The evaluation of weed suppression and crop production in barley-chickpea intercrops. Sustainable Agricultural and Production Science 22 (3): 101-114. (in Persian with English abstract).
29. Tomar, S. S., and Tiwari, A. S. 1990. Production potential and economics of different crop sequences. Indian Journal of Agronomy 35 (1): 30-35.
30. Torabi Jafroudi, A., Hassanzadeh, A., and Fayaz Moghadam, A. 2007. Effect of plant population on some of morph physiological characteristics of two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. Pajouhesh and Sazandegi 74: 63-71. (in Persian with English abstract).
31. Vasilia, A., Fasoula A., and Roger, B. 2005. Divergent selection at ultra-low plant density for seed protein and oil content within soybean cultivars. Field Crops Research 91: 217-229.
32. Wang, X., Yang, Y., Zhao, J., Nie, J., Zang, H., Zeng, Z., and Olesen, J. E. 2020. Yield benefits from replacing chemical fertilizers with manure under water deficient conditions of the winter wheat–summer maize system in the North China Plain. European Journal Agronomy 119: 1-10.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 19, No. 3, Fall. 2021, p. 299-309

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۹، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۳۰۹-۲۹۹

The Effect of Nitrogen Fertilizer and Faba Bean Density in Rotation, on Maize Nitrogen Use Efficiency under No-till System

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

Received: 20-05-2021
Accepted: 17-07-2021

Introduction

Sustainable agriculture is necessary to tackling environment pollutions whilst protecting food security and reducing dependence to fossil fuels. Conservative agriculture is a sustainable system for crop production which improves crops production. No-till system is one of the methods of Conservative agriculture which decreases greenhouse gas emissions and soil erosion. Mulching is also one of the other methods of conservation agriculture which covers the soil surface with varied covering materials and decreases moisture losses and increases crops yield. Nitrogen is an essential element for plant and its deficiency causes plants growth and yield reduction. Grain legumes are a great source of protein for humans and livestock and recommended in areas under common agricultural systems within ecological focus. These crops have also the ability of biological nitrogen fixation through symbiotic bacteria with their roots, finally, produced nitrogen returns to the soil and reduces the nitrogen fertilizer demand for subsequent plants. However, only a fraction of nitrogen in their biomass will be available for the following crop. It is estimated that 41 to 50% of nitrogen fertilizer applied to Maize (*Zea mays* L.) has been lost to the environment. Thus, this experiment was conducted to evaluate the effects of faba bean cover crop-rotation on forage corn.

Materials and Methods

In order to study the effects of faba bean in rotation with corn, a field experiment was conducted in two growing seasons (2018-2019) at the research farm of the Agriculture and Natural Resources Faculty, University of Mohaghegh Ardabili, located in Babolan village, Ardebil, Iran. Experimental treatments included faba bean densities (25, 35, 40, and 80 plants per square meter) and different levels of nitrogen fertilizer in forage corn (0, 100, 200 and 300 kg ha^{-1}). A local small-seeded variety of faba bean was used in this experiment and 80000 plants ha^{-1} -of corn- Single cross hybrid (201). Nitrogen fertilizer was applied as urea at the V_5 stage of corn development by top dressing (in three stages). At maturity stage of faba bean, samples were taken by 0.5 × 0.5m quadrat for each plot. Grain yield was determined by harvesting seeds and dried in oven 65°C for 48 h and weighted by digital scale (0.01 g). Three plant of corn were cut randomly in each plot, thereafter were weighed to determine fresh forage yield. Shoot were dried in oven 75°C for 72 h and weighted for dry matter calculation (data converted to hectare). Statistical analysis of the data was performed by using of SAS software (version 9.4). Also, significant difference between the treatment means were tested with Duncan's Multiple Range Test at $P<0.05$.

Results and Discussion

Results indicated significant effects of faba bean plant densities on most of the traits. The maximum fresh and dry grain weight were obtained from densities of 80 and 40 plant per m^2. Also, the maximum grain nitrogen and grain crude protein were observed from 25 plants per m^2. 40 plant of faba bean per m^2 had the highest amount of seed dry matter, protein yield, protein harvest index, and productivity effort. Also, results of interaction effects showed that various densities of faba bean and different levels of nitrogen fertilizer had significant effect on forage corn. So that, the maximum dry matter yield and production efficiency was obtained from 40 plant of faba bean per m^2 and application of 200 kg niterogen per ha^{-1}. 35 plant of faba bean per m^2 without application of nitrogen fertilizer had the highest amount of nitrogen utilization efficiency.

Conclusions

Totally, results showed that faba bean rotation with corn could be a suitable alternative method for mono-cropped maize with high utilization of nitrogen fertilizer (density of 40 plant per m^2 of faba bean and application of 200 kg nitrogen per ha is recommended).

Keywords: Chemical fertilizer, Conservation agriculture, Grain protein yield, Legumes

1- PhD Candidate of Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
3- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
4- Professor, Stockbridge School of Agriculture, University of Massachusetts, Amherst, MA, USA
(*- Corresponding Author Email: ebadi@uma.ac.ir)