نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، ص. ۷۵-۶۳

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 1, Spring 2017, p. 63-75

تأثیر تلقیح با *ازتوباکتر* و مصرف سطوح نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) در نظام چند کشتی همزمان با لگوم‌ها

محمد میرزاخانی[1*] و محمد رضا داوری[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۶/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۱۰

میرزاخانی، م.، و داوری، م.ر. ۱۳۹۶. تأثیر تلقیح با *ازتوباکتر* و مصرف سطوح نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) در نظام چند کشتی همزمان با لگوم‌ها. بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۱): ۷۵-۶۳.

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تلقیح با *ازتوباکتر* و مصرف سطوح نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) در نظام چند کشتی همزمان با لگوم‌ها، آزمایشی در سال ۱۳۹۰ به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمار روش‌های مختلف تغذیه گیاهی در سه سطح شامل: (تلقیح با *ازتوباکتر* + عدم مصرف نیتروژن)، (تلقیح با *ازتوباکتر* + مصرف ۳۷/۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به صورت محلول پاشی) و (تلقیح با *ازتوباکتر* + مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به صورت خاک مصرف) و تیمار چند کشتی همزمان با گیاهان لگوم در پنج سطح شامل: کشت ذرت + یونجه (*Medicago sativa L.*)، کشت ذرت + خلر (*Lathyrus sativus* L.)، کشت ذرت + ماش سبز (*Vigna radiata* L.)، کشت ذرت + نخود (*Cicer arietinum* L.) و کشت ذرت + گاودانه (*Vicia ervillia* L.) بود. صفاتی مانند ارتفاع گیاه، ارتفاع بلال دهی، تعداد دانه ذرت در مترمربع، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، مساحت برگ بلال، عملکرد دانه ذرت، وزن هزار دانه، شاخص برداشت ذرت، کارایی مصرف نیتروژن و وزن خشک لگوم‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اثر تیمار روش‌های مختلف تغذیه گیاه، بر صفات ارتفاع گیاه، تعداد دانه ذرت در مترمربع، تعداد دانه در ردیف، مساحت برگ بلال، عملکرد دانه ذرت، وزن هزار دانه، کارایی مصرف نیتروژن و وزن خشک لگوم‌ها معنی‌دار بود. همچنین اثر تیمار چند کشتی همزمان ذرت با لگوم‌ها نیز بر صفات ارتفاع گیاه، تعداد دانه ذرت در مترمربع، تعداد دانه در ردیف، عملکرد دانه ذرت، وزن هزار دانه، شاخص برداشت ذرت، کارایی مصرف نیتروژن و وزن خشک لگوم‌ها معنی‌دار بود. در بین اثرات متقابل تیمار (تلقیح با *ازتوباکتر* + مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + چند کشتی همزمان ذرت و گاودانه) با میانگین ۴۲۳۷ کیلوگرم در هکتار و تیمار (تلقیح با *ازتوباکتر* + عدم مصرف نیتروژن + چند کشتی همزمان ذرت و یونجه) با میانگین ۱۹۷۳ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار عملکرد دانه ذرت را تولید نمودند.

واژه‌های کلیدی: کود زیستی، گاودانه، عملکرد دانه، یونجه

مقدمه

کمبود علوفه یکی از مشکلات اصلی دامپروری در ایران است (Eshghizadeh et al., 2008). علوفه ذرت (*Zea mays* L.) همواره به عنوان یکی از منابع تغذیه حیوانات نشخوار کننده مطرح بوده است که علاوه بر کاهش هزینه‌های مربوط به تغذیه دام‌ها، در رشد مناسب آن‌ها نیز اهمیت زیادی دارد (Anil et al., 2000). اگر چه ذرت عملکرد بالایی در تولید ماده خشک دارد، با این حال علوفه این گیاه از نظر مقدار پروتئین فقیر است (کمتر از صد گرم در هر کیلوگرم ماده خشک)، در حالی که پروتئین برای رشد مطلوب و تولید شیر کافی توسط دام ضروری است. همچنین، پروتئین برای فعالیت باکتری‌های موجود در دستگاه گوارش حیوانات نشخوارکننده که مسئول هضم علوفه مصرف شده توسط دام می‌باشند، نیز ضروری است (Ghanbari-Bonjar, 2000) کشت مخلوط به صورت کاشت

۱ و ۲- به ترتیب استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد فراهان و دانش‌آموخته دکتری اگرواکولوژی، انجمن ارگانیک ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: mmirzakhani@iau.farahan.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v9i1.39057

دو یا چند گونه زراعی با یکدیگر در مناطق گرمسیری جهان به طور گسترده‌ای متداول بوده و در حال حاضر این نظام کشت در مناطق معتدل نیز به سرعت در حال گسترش است. از مزایای کشت مخلوط می‌توان به استفاده کارآمد از نهاده‌های تولید، تبادل موادغذایی، کاهش رقابت علف‌های هرز، کاهش عوامل بیماری زا و افزایش حاصلخیزی خاک اشاره کرد (Mazaheri, 1998). تحقیقات نشان می‌دهند که علوفه تولیدی در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی، دارای کیفیت بالاتری می‌باشد. به ویژه وقتی که در کشت مخلوط از ترکیب لگوم - غیرلگوم استفاده گردد، زیرا گرامینه‌ها به لحاظ کربوهیدرات و لگوم‌ها از نظر پروتئین و ویتامین‌ها غنی می‌باشند (Dawo et al., 2007). با بررسی تیمارهای کشت خالص و مخلوط یونجه و سورگوم (*Sorghum vulgare* L.)مشاهده کردند که تیمار ۲۵ درصد یونجه و ۷۵ درصد سورگوم دارای بیشترین عملکرد در سه سال انجام آزمایش بود (Chai Chi & Daryaei, 2006).

در طی چند دهه گذشته رویکرد جهانی به سمت کشاورزی مدرن همچون سایر فعالیت‌های بشر باعث صدمه به منابع طبیعی و آلوده سازی و تخریب محیط زیست شده و سبب بر هم خوردن تعادل اکولوژیک گردیده است (Rezvani Moghaddam et al., 2009). کاربرد کودهای غیر آلی در کشاورزی، چرخش و ذخیره ماده و انرژی را تغییر داده و منجر به تخریب نقش طبیعی اکوسیستم شده است (Mozumder & Berrens, 2007). کودهای بیولوژیک شامل انواع گوناگونی از باکتری‌ها یا قارچ‌های زنده‌ای هستند که توانایی تثبیت زیستی نیتروژن یا حل کردن و افزایش جذب فسفات موجود در خاک را دارند (Narula et al., 2000). گونه‌های باکتریایی زیادی شناسایی شده اند که عمل تثبیت بیولوژیک نیتروژن و حلالیت فسفات را انجام می‌دهند که شامل *Azotobacter* sp.، *Azospirillium* sp.، *Pseudomonas* sp. و غیره می‌باشند (Moradi et al., 2009).

جذب کافی نیتروژن به وسیله گیاه موجب افزایش پروتئین و درشتی میوه و دانه می‌شود. هر چه غلظت نیتروژن در برگ‌ها افزایش یابد، شدت کربن‌گیری را زیادتر می‌کند. زیرا نیتروژن غیر از آن که به صورت پروتئین در گیاه وجود دارد، عنصر اصلی تشکیل دهنده کلروفیل یا سبزینه گیاه نیز می‌باشد که عامل اساسی در کربن گیری است (Mengel & Kirkby, 2001). محققان گزارش نمودند که با افزایش کود نیتروژن تا ۱۶۸ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه، زیست توده کل و جذب نیتروژن افزایش می‌یابد (Torbert et al., 2001). اثر سطوح مختلف مصرف نیتروژن بر وزن تر برگ‌های ذرت در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود و تیمار مصرف ۳۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۱۰۱ گرم نسبت به سایر تیمارها برتر بود (Fallah & Tadayyon, 2009). پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر تلقیح با *ازتوباکتر* و مصرف سطوح نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت در نظام چند کشتی همزمان با لگوم‌ها در شرایط آب و هوایی استان مرکزی انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه پیام نور استان مرکزی واقع در شهرستان اراک در سال زراعی ۱۳۹۰ با خاک زراعی شنی لومی اجرا گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمار روش‌های مختلف تغذیه گیاهی در سه سطح شامل: تلقیح با *ازتوباکتر* + عدم مصرف نیتروژن، تلقیح با *ازتوباکتر* + مصرف ۳۷/۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به صورت محلول پاشی و تلقیح با *ازتوباکتر* + مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به صورت خاک مصرف و تیمار چند کشتی همزمان با گیاهان لگوم در پنج سطح شامل: کشت ذرت + یونجه (*Medicago sativa* L.)، کشت ذرت + خلر(*Lathyrus sativus* L.)، کشت ذرت + ماش سبز (*Vigna radiata* L.)، کشت ذرت + نخود (*Cicer arientinum* L.) و کشت ذرت + گاودانه (*Vicia ervillia* L.) بود. هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کاشت به طول ۶ متر، فاصله بین ردیف‌های کاشت ۶۰ سانتی‌متر، فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر و از رقم ذرت Apex استفاده شد. تراکم کاشت تمامی گیاهان لگوم (بجز یونجه) نیز ۱۶ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. مبارزه با علف های هرز به موقع و به روش دستی انجام شد. در زمان برداشت تعداد ۲۰ بوته از ذرت و ۲۰ بوته هم از گیاهان لگوم، هر کرت آزمایشی با در نظر گرفتن اثرات حاشیه ای به طور کاملاً تصادفی برداشت شد و صفاتی ارتفاع گیاه، ارتفاع بلال دهی، تعداد دانه ذرت در مترمربع، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، مساحت برگ بلال، عملکرد دانه ذرت، وزن هزار دانه، شاخص برداشت ذرت، کارایی مصرف نیتروژن و وزن خشک لگوم‌ها اندازه گیری و ثبت شد. پس از تجزیه داده ها، میانگین ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

همچنین کلیه ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه، محاسبه و معنی‌دار بودن آن‌ها به وسیله نرم افزار Mstat-c تعیین گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

نتایج نشان داد که اثر تیمار روش‌های مختلف تغذیه، اثر متقابل آن‌ها و تیمار چند کشتی همزمان با لگوم‌ها بر صفت ارتفاع گیاه به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شد (جدول۱). به طوری که در جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل بیشترین ارتفاع گیاه با میانگین ۱۹۸/۴ سانتی‌متر مربوط به تیمار (تلقیح با *ازتوباکتر* + مصرف ۳۷/۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + چند کشتی همزمان ذرت و گاودانه) و کمترین مقدار آن با میانگین ۱۵۸/۵ سانتی‌متر مربوط به تیمار (تلقیح با *ازتوباکتر* + عدم مصرف نیتروژن + چند کشتی همزمان ذرت و یونجه) بود (جدول۳). به نظر می‌رسد که به دلیل حجم کمتر کنوپی گاودانه نسبت به یونجه رقابت زیادی با ذرت بر سر جذب آب و مواد غذایی از خاک ایجاد نکرده است و از طرفی مصرف ۳۷/۵ کیلوگرم در هکتار مصرف نیتروژن به صورت محلول پاشی (جذب بیشتر و سریع‌تر از طریق برگ‌های ذرت) باعث برتری این تیمار نسبت به سایر تیمارها شده است.

در ارزیابی کشت مخلوط ذرت با چند لگوم گزارش شد که اثر تیمار کشت مخلوط بر ارتفاع ذرت در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار بود. همچنین بیشترین و کمترین ارتفاع ذرت با میانگین ۱۲/۳ و ۱۰/۳ تن در هکتار به ترتیب متعلق به تیمار کشت خالص ذرت و کشت مخلوط آن با گاودانه بود (Najafi et al., 2013). در بین تیمارهای تقسیط کود نیتروژن، تیمار (مصرف ۹۸ کیلوگرم در هکتار اوره در زمان کاشت و ۱۴۷ کیلوگرم در هنگام سه هفته قبل از گلدهی و ۱۴۷ کیلوگرم در زمان سه هفته بعد از گلدهی) با میانگین ۱۸۱/۴ سانتی‌متر بیشترین ارتفاع را داشت بودند (Rozati et al., 2011). سایر محققان نیز با تقسیط کود نیتروژن طی سه مرحله به بیشترین میزان ارتفاع دست یافتند (Muthukumar et al., 2005).

تعداد دانه ذرت در مترمربع

در جدول تجزیه واریانس صفات، تعداد دانه ذرت در مترمربع تحت تأثیر تیمار روش‌های مختلف تغذیه، تیمار چند کشتی همزمان با لگوم‌ها و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول۱). به طوری‌که در جدول مقایسه میانگین تیمار (تلقیح با *ازتوباکتر* + مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + چند کشتی همزمان ذرت و گاودانه) اثرات متقابل با میانگین ۳۵۸۲ عدد بیشترین و تیمار (تلقیح با *ازتوباکتر* + عدم مصرف نیتروژن + چند کشتی همزمان ذرت و یونجه) با میانگین ۱۹۷۱ عدد کمترین تعداد دانه در مترمربع را به خود اختصاص دادند (جدول۳). مصرف بیشتر نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص) و رقابت کم ریشه-های گاودانه با ریشه‌های ذرت دو عامل مهم در برتری تیمار (تلقیح با *ازتوباکتر* + مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + چند کشتی همزمان ذرت و گاودانه) به سایر تیمارهای مورد بررسی بود.

محققان در ارزیابی کشت مخلوط ذرت با سویا (*Glycine max* (L.) بیان داشتند که اثر تیمار الگوهای مختلف کشت مخلوط بر تعداد دانه ذرت در متر مربع در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. همچنین تیمار کشت مخلوط (سه ردیف سویا + دو ردیف ذرت + سه ردیف سویا) با میانگین ۳۷۰۴/۸ عدد و تیمار کشت خالص ذرت با میانگین ۲۰۲۹/۱ عدد به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد دانه در مترمربع را به خود اختصاص دادند (Mansoori, 2010). اثر سطوح مختلف نیتروژن بر تعداد دانه در بلال معنی‌دار شد و بیشترین تعداد دانه متعلق به تیمار (مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم) با میانگین ۸۰۵/۲ عدد بود (Akbari et al., 2005).

تعداد ردیف در بلال

تعداد ردیف در بلال تحت تأثیر هیچ یک از تیمارها قرار نگرفت. به نظر می‌رسد که چون در این آزمایش فقط از یک هیبرید ذرت استفاده شده و تعداد ردیف در بلال نیز از صفات وابسته به خصوصیات ژنتیکی هیبریدها می‌باشد، بنابراین اثر تیمارها بر صفت تعداد ردیف در بلال غیرمعنی‌دار شده است (جدول۱).

محققان گزارش نمودند که اثر سطوح مختلف نیتروژن بر تعداد ردیف در بلال غیرمعنی‌دار شد و بیشترین تعداد ردیف در بلال متعلق به تیمار (مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم) با میانگین ۱۴/۵ ردیف بود (Akbari et al., 2005). تأثیر کاربرد کود بیولوژیک نیتروکسین و نیتروژن بر تعداد ردیف در بلال معنی‌دار شد و بیشترین تعداد ردیف در بلال با میانگین ۱۴/۶ عدد مربوط به تیمار (مصرف ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن و فسفر + تلقیح با نیتروکسین) بود (Maleki Narg Mousa & Balouchi,

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات برخی صفات مهم ذرت تحت تأثیر روش های تغذیه و چند کشتی همزمان

Table 1– ANOVA of mean squers of some important traits of corn affected nutrition methods and simultaneous cropping

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	وزن خشک لگوم‌ها Dry weight of legumes	کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency	شاخص برداشت ذرت Harvest index of corn	وزن هزار دانه 1000-Grain weight	عملکرد دانه ذرت Grain yield of corn	مساحت برگ بلال Surface of ear leaf	تعداد دانه در ردیف Number of grain per row	تعداد ردیف در بلال Number of row per ear	تعداد دانه ذرت در مترمربع Number of grain per m^2	ارتفاع بلال‌دهی Earing height	ارتفاع گیاه Plant height
تکرار Replication	2	18260 ns	3.77 ns	1.41 ns	52.2 ns	8820 ns	21.08 ns	2.01 ns	1.55 ns	71027 ns	28.3 ns	139.9 ns
روش‌های تغذیه Methods of nutrition	2	324564 **	7147 **	1.56 ns	1656 **	1947140 **	10291 **	79.5 **	1.45 ns	460881 **	96.06 ns	524.2 **
چند کشتی همزمان Simultaneous cropping	4	3073879 **	73.1 **	167.4 **	462 *	2747024 **	925 ns	31.4 **	1.27 ns	1626700 **	19.4 ns	224.3 *
روش تغذیه × چند کشتی همزمان (M × S)	8	781339 **	46.8 **	33.1 **	154 ns	533901 **	3021 **	40.3 **	0.32 ns	385400 **	123.8 ns	344.8 **
خطا Error	28	37486	4.99	5.83	116	52403	410	7.06	1.57	72821	66.05	71.4
ضریب تغییرات (درصد) Cv (%)	-	8.41	12.22	9.04	7.73	6.91	5.24	8.28	8.82	9.13	12.35	4.57

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: Non significant, Significant at the 5% and 1% probability levels respectively.

سایر محققان گزارش نمودند که اثر کاربرد انواع باکتری‌های محرک رشد گیاه و سطوح نیتروژن بر تعداد ردیف در بلال به ترتیب معنی‌دار و غیرمعنی‌دار بود. بیشترین تعداد ردیف در بلال با میانگین ۱۶/۰۹ و ۱۵/۷۶ عدد به ترتیب مربوط به تیمارهای (تلقیح با باکتری *ازتوباکتر* + *سودوموناس*) و تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره بود (Behzad et al., 2012).

تعداد دانه در ردیف

نتایج این بررسی نشان داد که اثر تیمار روش‌های تغذیه، تیمار چند کشتی همزمان با لگوم‌ها و اثر متقابل آن‌ها بر صفت تعداد دانه در ردیف بلال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول۱). با مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل مشخص شد که تیمار (تلقیح با *ازتوباکتر* + مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + چند کشتی همزمان ذرت و خلر) با میانگین ۳۸/۳ عدد بیشترین و تیمار (تلقیح با *ازتوباکتر* + مصرف ۳۷/۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به صورت محلول پاشی + چند کشتی همزمان ذرت و خلر) با میانگین ۲۶ عدد کمترین تعداد دانه در ردیف را داشتند (جدول۳). با توجه به اینکه در تیمارهایی که دارای بیشترین و کمترین تعداد دانه در ردیف هستند، تلقیح با باکتری *ازتوباکتر* و نوع گیاه لگوم بکار رفته مشابه است، بنابراین عامل اصلی در ایجاد تفاوت در تعداد دانه در دریف‌های بلال مربوط به مقدار نیتروژن به کار رفته می باشد که باعث افزایش مقدار رشد رویشی گیاه و تشکیل اجزاء عملکرد بیشتر در گیاه ذرت شده است.

پژوهشگران گزارش نمودند که اثر کاربرد انواع باکتری‌های محرک رشد گیاه و سطوح نیتروژن بر تعداد دانه در ردیف به ترتیب معنی‌دار و غیر معنی‌دار بود. بیشترین تعداد دانه در ردیف با میانگین ۲۹/۳۴ و ۴۳۸/۶۴ عدد به ترتیب مربوط به تیمارهای (تلقیح با باکتری *ازتوباکتر* + *سودوموناس*) و تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره بود (Behzad et al., 2012). سایر محققان تأثیر کاربرد کود بیولوژیک نیتروکسین و نیتروژن را بر تعداد دانه در ردیف معنی‌دار گزارش نمودند و بیشترین تعداد دانه در ردیف با میانگین ۴۱ عدد مربوط به تیمار (مصرف ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن و فسفر + تلقیح با نیتروکسین + مصرف ۱۰۰ گرم در هکتار فسفات بارور-۲) بوده است (Maleki Narg Mousa & Balouchi, 2012).

مساحت برگ بلال

از آن جایی که برگ بلال نزدیکترین برگ فتوسنتز کننده به بلال و دانه‌های آن می‌باشد، بنابراین از نقطه نظر سرعت، مقدار، فاصله بین منبع و مخزن و کاهش هزینه انتقال مواد پرورده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و افزایش سطح برگ بلال می‌تواند در دوره پر شدن دانه‌های بلال و افزایش وزن هر دانه نقش به سزایی ایفا نماید. اثر تیمار روش‌های مختلف تغذیه و اثر متقابل چند کشتی همزمان با لگوم‌ها و روش‌های تغذیه بر صفت مساحت برگ بلال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۱). تیمار (تلقیح با *ازتوباکتر* + مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + چند کشتی همزمان ذرت و یونجه) با میانگین ۴۴۶ سانتی‌متر مربع و تیمار (تلقیح با *ازتوباکتر* + عدم مصرف نیتروژن + چند کشتی همزمان ذرت و ماش) با میانگین ۳۳۴ سانتی‌متر مربع به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار مساحت برگ بلال را داشتند (جدول۳). مصرف مقدار بیشتر نیتروژن، تلقیح با *ازتوباکتر* و تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط یونجه از مهمترین دلایل افزایش سطح برگ بلال در تیمار برتر این آزمایش بود. نتایج ارزیابیرشد و عملکرد هیبریدهای جدید ذرت علوفه‌ای نشان داد که مساحت برگ بلال در بین هیبریدهای ذرت غیر معنی‌دار بود (Khavari Khorasani et al., 2010).

عملکرد دانه

در جدول تجزیه واریانس صفت عملکرد دانه تحت تأثیر تیمار روش‌های مختلف تغذیه، تیمار چند کشتی همزمان با لگوم‌ها و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول۱). با مقایسه میانگین اثرات متقابل مشخص شد که تیمار (تلقیح با *ازتوباکتر* + مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + چند کشتی همزمان ذرت و گاودانه) با میانگین ۴۲۳۷ کیلوگرم در هکتار بیشترین و تیمار (تلقیح با *ازتوباکتر* + عدم مصرف نیتروژن + چند کشتی همزمان ذرت و یونجه) با میانگین ۱۹۷۳ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه ذرت را به خود اختصاص دادند (جدول۳). از آن جایی که در هر دو تیمار هم تلقیح با *ازتوباکتر* انجام شده و هم گیاه لگوم جهت انجام تثبیت بیولوژیکی نیتروژن وجود داشته است، بنابراین عامل اصلی در ایجاد اختلاف در عملکرد می‌تواند ناشی از تفاوت سطوح مصرف نیتروژن باشد. نیتروژن توانسته است با افزایش سطح فتوسنتز کنندگی و رشد گیاه، باعث افزایش اجزاء عملکرد دانه

شده است.

جدول۲- مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی ذرت تحت تأثیر روش‌های تغذیه و چند کشتی همزمان

Table2- Mean comparisions of simple effects for corn affected on nutrition methods and simultaneous cropping

تیمار Treatment	مساحت برگ بلال (سانتی‌مترمربع) Surface of ear leaf (cm^2)	تعداد دانه در ردیف Number of grain per row	تعداد ردیف در بلال Number of row per ear	تعداد دانه ذرت در مترمربع Number of grain per m^2	ارتفاع بلال دهی (سانتی متر) Earing height (cm)	ارتفاع گیاه (سانتی متر) Plant height (cm)
روش‌های تغذیه گیاهی Methods of nutrition						
تلقیح با *ازتوباکتر* *Azotobacter* inoculation	361.9^{c}	30.02^{b}	14.55^{a}	2815^{b}	63.2^{a}	178.1^{b}
تلقیح با *ازتوباکتر*+ مصرف نیتروژن* *Azotobacter* inoculation+Nitrogen*	383.5^{b}	31.75^{b}	13.93^{a}	2897^{b}	65.8^{a}	187.0^{a}
تلقیح با *ازتوباکتر*+ مصرف نیتروژن** *Azotobacter* inoculation+Nitrogen**	414.1^{a}	34.58^{a}	14.29^{a}	3152^{a}	68.2^{a}	189.4^{a}
چند کشتی همزمان با لگوم‌ها Simultaneous cropping with legumes						
ذرت+یونجه Corn+alfalfa	386.2^{ab}	30.21^{b}	14.34^{a}	2593^{b}	67.1^{a}	180.0^{b}
ذرت+خلر Corn+bitter vetch	386.7^{ab}	32.74^{ab}	14.36^{a}	3292^{a}	66.7^{a}	182.5^{b}
ذرت+ماش سبز Corn+mung bean	376.7^{b}	32.38^{ab}	14.61^{a}	2825^{b}	64.4^{a}	181.5^{b}
ذرت+نخود Corn+chickpea	380.0^{b}	30.46^{b}	13.61^{a}	2555^{b}	63.9^{a}	188.5^{ab}
ذرت+گاودانه Corn +vetch	403.0^{a}	34.79^{a}	14.34^{a}	3509^{a}	66.6^{a}	191.6^{a}

*مصرف ۳۷/۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به صورت محلول پاشی، ** مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به صورت خاک مصرف

*Foliair application of nitrogen (37.5 $kg.ha^{-1}$), **Application of nitrogen (150 $kg.ha^{-1}$) mix with soil

میانگین هایی که دارای حرف مشترک هستند، اختلاف آماری معنی‌داری در آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند

Means which have at least one common letter are not significantly different at the 5% level using DMRT.

محققان گزارش کردند که در کشت مخلوط ذرت و یونجه چند ساله کاهش عملکرد ذرت مشاهده نشد، درحالی که در کشت مخلوط ذرت با یونجه‌های یک ساله ۱۷ درصد کاهش عملکرد ذرت دیده شد (Alfford et al., 2005). در بین تیمارهای تقسیط کود نیتروژن، تیمار (مصرف ۹۸ کیلوگرم در هکتار اوره در زمان کاشت و ۱۴۷ کیلوگرم در هنگام سه هفته قبل از گلدهی و ۱۴۷ کیلوگرم در زمان سه هفته بعد از گلدهی) با میانگین ۸/۰۲ تن در هکتار بیشترین مقدار عملکرد دانه را تولید نمود (Rozati et al., 2011). اثر سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد دانه ذرت معنی‌دار شد و بیشترین و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۹۱۵/۶ و ۷۷۹/۶ گرم در متر مربع به ترتیب مربوط به مصرف ۲۲۰ و ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بود (Lack et al., 2007).

وزن هزار دانه

نتایج نشان داد که اثر تیمار روش‌های مختلف تغذیه گیاهی و تیمار چند کشتی همزمان با لگوم‌ها بر وزن هزار دانه ذرت به ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار شد (جدول۱). به طوری که در بین سطوح روش‌های تغذیه تیمار (تلقیح با *ازتوباکتر* + مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن) با ۱۵۱ گرم و تیمار (تلقیح با *ازتوباکتر* + عدم مصرف نیتروژن) با میانگین ۱۳۳ گرم به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار وزن هزار دانه را داشتند. در بین سطوح چند کشتی نیز بیشترین مقدار وزن هزار دانه مربوط به کشت ذرت + یونجه بود، که به نظر می‌رسد یونجه از طریق تثبیت مقادیر بیشتری از نیتروژن، ایجاد کنوپی بیشتر و در نتیجه سایه‌اندازی بهتر روی خاک بین ردیف‌های کاشت، مانع از خروج رطوبت خاک از طریق تبخیر شده و ریشه‌های ذرت با جذب بیشتر رطوبت و عناصر غذایی توانسته‌اند مواد فتوسنتزی بیشتری را به دانه‌ها تخصیص و انتقال دهند (جدول۲).

پژوهشگران گزارش نمودند که اثر کاربرد انواع باکتری‌های محرک رشد گیاه و سطوح نیتروژن بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود و بیشترین مقدار وزن هزار دانه با ۲۵۴/۰۵ و ۱۵/۷۶ عدد به ترتیب مربوط به تیمارهای (تلقیح با باکتری *ازتوباکتر* + *سودوموناس*) و تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره بود (Behzad et al.,

(2012. در آزمایش دیگری با بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ذرت و خلر در کشت مخلوط گزارش نمودند کـه اثـر نسـبت‌هـای کشـت مخلوط بر وزن هزار دانه معنی‌دار شد و بیشترین وزن هزار دانه ذرت ۲۶۲/۳ گرم مربوط به کشت مخلوط ۲۵ درصد خلر + ۷۵ درصد ذرت بـود (Naghizadeh et al., 2012). در یـک آزمـایش بـا بررسـی تیمارهای تقسیط کود نیتروژن، تیمار (مصرف ۲۹۴ کیلوگرم در هکتار اوره در زمان کاشت و ۴۹ کیلوگرم در هنگام سه هفته قبل از گلدهی و ۴۹ کیلوگرم در زمان سه هفته بعد از گلدهی) با ۲۵۱/۶ گرم بیشترین مقدار وزن هزار دانـه را تولیـد نمـود (Rozati et al., 2011). سـایر محققان گزارش نمودند که اثر سطوح مختلف نیتروژن بـر وزن هـزار دانه غیرمعنی‌دار شد و بیشترین و کمترین وزن هـزار دانـه ۲۴۷/۷ و ۲۳۹/۵ گرم به ترتیب مربـوط بـه مصـرف ۲۲۰ و ۱۴۰ کیلـوگرم در هکتار نیتروژن بود (Lack et al., 2007).

شاخص برداشت ذرت

شاخص برداشـت دانـه معیـاری مناسـبی جهـت بررسـی میـزان تخصیص و انتقال مواد پرورده به دانه‌ها نسبت به کل مواد فتوسنتزی سایر اندام‌های گیاه است. یکی از عوامل مهم در تخصیص بهینه مواد فتوسنتزی به دانه‌ها، تأمین مناسب عناصر ضروری گیاه به خصـوص عنصر نیتروژن می باشد. در این آزمایش شاخص برداشت دانـه ذرت تحت تأثیر تیمار چند کشتی با لگوم‌ها و اثر متقابل روش‌های تغذیه و چند کشتی همزمان قرار گرفت و در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد (جدول۱). در جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل، تیمار (تلقیح با *ازتوباکتر* + چند کشتی همزمان ذرت و گاودانه) با ۳۳/۸ درصد و تیمار (تلقیح با *ازتوباکتر* + چند کشـتی همزمـان ذرت و یونجـه) بـا ۱۶/۸ درصد به ترتیب بیشترین و کمتـرین شـاخص برداشـت دانـه ذرت را داشتند (جدول۳).

به نظر می‌رسد که ریشه‌های یونجـه بـر سـر جـذب آب و مـواد غذایی با ذرت رقابت بیشتری را نسبت به سایر چند کشتی‌های مورد بررسی ایجاد نموده است و ذرت نتوانسته است رشد رویشی مطلوب و مقدار مناسبی از مواد فتوسنتزی را به دانه ها منتقل نماید.

محققان با بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ذرت و خلر در کشت مخلوط گزارش نمودند که اثر نسبت‌های کشت مخلوط بـر شـاخص برداشت دانه ذرت معنی‌دار شد و بیشترین مقدار آن با میانگین ۵۴/۶ درصد مربوط به کشت مخلوط ۲۵ درصد خلر + ۷۵ درصد ذرت بـود (Naghizadeh et al., 2012). در یک آزمایش، تـأثیر کـاربرد کـود بیولوژیک نیتروکسین و نیتروژن بر تعداد ردیف در بلال معنی‌دار شد و بیشترین مقدار شاخص برداشت دانه ذرت با ۷۳/۲ درصد مربـوط بـه تیمار (مصرف ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن و فسفر + عدم تلقیح بـا نیتروکسین) بود (Maleki Narg Mousa & Balouchi, 2012). در بین تیمارهای تقسیط کود نیتروژن، تیمار (مصـرف ۹۸ کیلـوگرم در هکتار اوره در زمان کاشت و ۱۴۷ کیلوگرم در هنگام سه هفته قبل از گلدهی و ۱۴۷ کیلوگرم در زمان سه هفته بعـد از گلـدهی) بـا ۴۴/۵۳ درصد بیشترین مقدار شاخص برداشت دانه را بـه خـود اختصـاص داد (Rozati et al., 2011).

کارایی مصرف نیتروژن

در جـدول تجزیـه واریـانس اثـر تیمـار چنـد کشـتی همزمـان، روش‌های تغذیه و اثر متقابل آن‌ها بـر کـارایی مصـرف نیتـروژن در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول۱). به طوری کـه تیمـار (تلقیح با *ازتوباکتر* + مصرف ۳۷/۵ کیلوگرم نیتروژن به صورت محلول پاشی + چنـد کشـتی همزمـان ذرت و گاودانـه) بـا میـانگین ۵۱/۷ کیلوگرم بر کیلوگرم و تیمار (تلقیح با *ازتوباکتر* + مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن به صورت خاک مصرف + چند کشتی همزمان ذرت و نخود) با میانگین ۱۰/۱ کیلوگرم بر کیلوگرم به ترتیب بیشـترین و کمتـرین مقدار کارایی مصرف نیتروژن را به خود اختصاص دادند (جدول۳). به دلیل میزان آبشویی بالای نیتروژن، معمولا با افزایش مصرف نیتروژن مقدار کارایی مصرف آن کـاهش مـی‌یابـد ولـی در صـورت مصـرف نیتروژن به صورت محلول پاشی، مقدار آبشویی آن به حداقل خواهـد رسید.

بنابراین به نظر می‌رسد که مهمترین دلیل برتری کارایی مصرف نیتروژن در تیمار (تلقیح با *ازتوباکتر* + مصرف ۳۷/۵ کیلوگرم نیتروژن به صورت محلول پاشی + چند کشتی همزمان ذرت و گاودانه) نسبت به سایر تیمارها، نوع مصرف نیتروژن (محلول پاشی) باشد.

جدول۳- مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی ذرت تحت تأثیر روش‌های تغذیه و چند کشتی همزمان

Table3- Mean comparisions of simple effects for corn affected on nutrition methods and simultaneous cropping

تیمار Treatment	وزن خشک لگوم‌ها (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of legumes ($kg.ha^{-1}$)	کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم) Nitrogen use efficiency ($kg.kg^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index of corn (%)	وزن هزار دانه (گرم) 1000-Grain weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield of corn ($kg.ha^{-1}$)
روش‌های تغذیه گیاهی Methods of nutrition					
تلقیح با *ازتوباکتر* *Azotobacter* inoculation	2473[a]	0[c]	26.7[a]	133[b]	3032[b]
تلقیح با *ازتوباکتر*+ مصرف نیتروژن* *Azotobacter* inoculation+Nitrogen*	2219[b]	42.4[a]	27.0[a]	133[b]	3184[b]
تلقیح با *ازتوباکتر*+ مصرف نیتروژن** *Azotobacter* inoculation+Nitrogen**	2216[b]	12.3[b]	26.3[a]	151[a]	3718[a]
چند کشتی همزمان با لگوم‌ها Simultaneous cropping with legumes					
ذرت+یونجه Corn+alfalfa	1719[c]	17.1[b]	21.7[d]	150[a]	2898[d]
ذرت+خلر Corn+bitter vetch	2611[b]	18.9[b]	29.1[b]	137[b]	3678[b]
ذرت+ماش سبز Corn+mung bean	2522[b]	19.1[b]	25.8[c]	139[b]	3162[c]
ذرت+نخود Corn+Chickpea	2994[a]	14.2[c]	24.0[cd]	140[b]	2747[d]
ذرت+گاودانه Corn +vetch	1668[c]	21.9[a]	32.6[a]	130[b]	4072[a]

*مصرف ۳۷/۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به صورت محلول پاشی، ** مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به صورت خاک مصرف

*Foliair application of nitrogen (37.5 $kg.ha^{-1}$), **Application of nitrogen (150 $kg.ha^{-1}$) mix with soil

میانگین هایی که دارای حرف مشترک هستند، اختلاف آماری معنی‌داری در آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means which have at least one common letter are not significantly different at the 5% level using DMRT.

محققان در بررسی کارایی مصرف نیتروژن در بین هیبریدهای مختلف ذرت گزارش نمودند که مقدار کارایی مصرف نیتروژن بین هیبریدهای مختلف ذرت مشابه بود و به طور متوسط حدود ۲۴ کیلوگرم بر کیلوگرم بود (Uribelarrea et al., 2007). اثر تیمار مقادیر کودهای شیمیایی بر کارایی مصرف نیتروژن ذرت در سطح یک درصد معنی‌دار بود. همچنین تیمار (مصرف ۶۰، ۱۲۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن، فسفر و پتاسیم + تلقیح با باکتری‌های محرک رشد و باکتری‌های حل کننده فسفر) و تیمار (عدم مصرف کودهای شیمیایی + تلقیح با باکتری‌های محرک رشد و باکتری‌های حل کننده فسفر) با میانگین ۶۰/۸ و صفر درصد بیشترین و کمترین کارایی مصرف نیتروژن را به خود اختصاص دادند (Yazdani et al., 2010). اثر سطوح مختلف نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن معنی‌دار شد و بیشترین و کمترین مقدار کارایی مصرف نیتروژن با میانگین ۵۵/۶۸ و ۴۱/۶۲ کیلوگرم بر کیلوگرم به ترتیب مربوط به مصرف ۱۴۰ و ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بود (Lack et al., 2007).

وزن خشک گیاهان لگوم

وزن خشک گیاهان لگوم تحت تأثیر تیمار چند کشتی همزمان، روش‌های تغذیه و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت و در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد (جدول۱). در جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل، تیمار (تلقیح با *ازتوباکتر* + مصرف ۳۷/۵ کیلوگرم نیتروژن به صورت محلول پاشی + چند کشتی همزمان ذرت و نخود) با میانگین ۳۲۳۳ کیلوگرم در هکتار و تیمار (تلقیح با *ازتوباکتر* + مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن به صورت خاک مصرف + چند کشتی همزمان ذرت و یونجه) با میانگین ۹۰۲ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار وزن خشک گیاهان لگوم را تولید نمودند (جدول۳).

جدول4- مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی ذرت تحت تأثیر روش‌های تغذیه و چند کشتی همزمان

Table 4- Mean comparisions of simple effects for corn affected on nutrition methods and simultaneous cropping

	تیمار Treatment	وزن خشک لگوم‌ها (کیلوگرم در هکتار) Dry weight ($kg.ha^{-1}$)	کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم برکیلوگرم) NUE ($kg.kg^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index of corn (%)	وزن هزار دانه (گرم) 1000 Grain weight (g)	عملکرد دانه ذرت (کیلوگرم در هکتار) Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	مساحت برگ بلال (سانتی-متر مربع) Surface of ear leaf (cm^2)	تعداد دانه در ردیف No. of grain per row	تعداد ردیف در بلال No. of row	تعداد دانه در مترمربع No. of grain per m^2	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)
تلقیح با *ازتوباکتر* *Azotobacter* inoculation	ذرت + یونجه Corn+alfalfa	2400^{cd}	0^{f}	16.8^{h}	145^{a-c}	1973^{h}	353f^{g}	26.1^{e}	14.5^{a}	1971^{f}	158^{d}
	ذرت + خلر Corn+bitter	2833^{b}	0^{f}	30.0^{a-d}	132^{b-e}	3693^{bc}	374^{d-f}	33.8^{a-c}	14.9^{a}	3544^{a}	190^{ab}
	ذرت + ماش سبز Corn+mung bean	2750^{bc}	0^{f}	25.6^{d-g}	127^{c-e}	2627^{fg}	334^{g}	28.2^{de}	14.9^{a}	2503de	178^{bc}
	ذرت + نخود Corn+chickpea	2433^{d}	0^{f}	27.1^{c-f}	139^{a-e}	2767^{fg}	355^{e-g}	26.9^{e}	13.8^{a}	2498de	179^{bc}
	ذرت + گاودانه Corn+vetch	1947^{ef}	0^{f}	33.8^{a}	124de	4100^{ab}	392^{c-e}	37.9^{a-c}	14.5^{a}	3562^{a}	184^{ab}
ازتوباکتر+ ۳۷/۵ کیلوگرم نیتروژن *Azotobacter* + nitrogen (37.5 $kg.ha^{-1}$) inoculation	ذرت + یونجه Corn+alfalfa	1854^{ef}	38.8^{c}	23.7f^{g}	147^{a-c}	2910^{ef}	359^{e-g}	30.2^{c-e}	13.9^{a}	2658^{c-e}	193^{ab}
	ذرت + خلر Corn+bitter	2183de	43.2^{b}	29.0^{b-e}	130^{b-e}	3247de	367^{d-g}	26.0^{e}	13.5^{a}	2758^{c-e}	168^{cd}
	ذرت + ماش سبز Corn+mung bean	2133de	45.9^{b}	29.8^{a-d}	141^{a-d}	3447^{cd}	359^{e-g}	36.2^{ab}	14.7^{a}	3003^{b-d}	180^{bc}
	ذرت + نخود Corn+chickpe	3233^{a}	32.4^{d}	21.7^{g}	120^{e}	2437^{g}	399^{b-d}	32.1^{b-d}	13.3^{a}	2685^{c-e}	194^{ab}
	ذرت + گاودانه Corn +vetch	1693^{f}	51.7^{a}	30.6^{ac}	127^{c-e}	3880^{ab}	432^{ab}	34.0a^{-c}	14.1^{a}	3382^{ab}	198^{a}
ازتوباکتر+ ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن *Azotobacter* + nitrogen (150 $kg.ha^{-1}$)	ذرت + یونجه Corn+alfalfa	902^{h}	12.7^{e}	24.6^{eg}	159^{a}	3810^{bc}	446^{a}	34.2^{a-c}	14.5^{a}	3151^{a-c}	188^{ab}
	ذرت + خلر Corn+bitter	2817^{b}	13.6^{e}	28.4^{c-e}	149^{ab}	4093^{ab}	418^{a-c}	38.3^{a}	14.6^{a}	3573^{a}	189^{ab}
	ذرت + ماش سبز Corn+mung bean	2683^{bc}	11.3^{e}	22.1^{g}	148^{ab}	3413^{cd}	436^{a}	32.7^{b-d}	14.2^{a}	2968^{b-e}	185^{ab}
	ذرت + نخود Corn+chickpea	3317^{a}	10.1^{e}	23.1^{fg}	160^{a}	3037^{d-f}	385^{c-f}	32.2^{b-d}	13.6^{a}	2483^{e}	192^{ab}
	ذرت + گاودانه Corn +vetch	1363^{g}	14.2^{e}	33.5^{ab}	141^{a-e}	4237^{a}	384^{c-f}	35.4^{ab}	14.3^{a}	3582^{a}	192^{ab}

*میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند، اختلاف آماری معنی‌داری در آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

*Means which have at least one common letter are not significantly different at the 5% level using DMRT.

با توجه به اینکه نخود و گاودانه دارای صفر فیزیولوژیکی پایین تری نسبت به سایر لگوم‌های مورد استفاده در این آزمایش داشتند، در اوایل فصل رشد که هنوز هوا خنک‌تر بود و قبل از اینکه ذرت بتواند روی کف ردیف‌های کاشت سایه اندازی ایجاد نماید، نخود توانست رشد رویشی و حجم کنوپی خود را به طور قابل توجهی افزایش داد و در ادامه فصل رشد نیز حتی با وجود سایه اندازی ذرت و خنک‌تر بودن میکروکلیمای داخل ردیف های کاشت، نخود به خوبی به رشد خود ادامه داد و توانست بیشترین مقدار بیوماس را نسبت به سایر گیاهان لگوم به وجود آورد.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیقی نشان داد که در میان ترکیب‌های کشت حاوی

یونجه، کشت خالص آن با عملکردی معادل ۱۷۷۳ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین عملکرد علوفه خشک بود و ترکیب ۲۰ درصد یونجه و ۱۰۰ درصد جو (*Hordeum vulgare* L.) نیز با ۴۹۸/۸ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد علوفه خشک یونجه را داشت (Smaeeli et al., 2012). محققان گزارش نمودند که بیشترین عملکرد علوفه خشک از کشت خالص جو و ترکیب ۵۰ درصد ماشک (*Vicia sativa* L.) + ۵۰ درصد جو با تولید ۵/۸۷ و ۵/۳۸ تن در هکتار از تراکم‌های ۲۰۰ دانه در متر مربع ماشک به دست آمد (Shakkoorzadeh et al., 2012). در بررسی الگوهای کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) مشخص شد که بیشترین و کمترین وزن خشک علوفه با میانگین ۱۱/۱۳ و ۶/۱۳ تن در هکتار به ترتیب متعلق به تیمار الگوی کشت مخلوط روی ردیف های جداگانه و کشت خالص لوبیا بود (Eskandari & Javanmard, 2013).

منابع

Akbari, G.A., Mazaheri, D., and MokhtassiBidgoli, A. 2005. Effect of plant densities, different levels of nitrogen and potash on grain yield and yield components of maize. Journal of Agricultural sciences and Natural Resource 12(5): 1-9. (In Persian with English Summary)

Alford, C.M., Krall, J.M., and Miller, S.D. 2005. Intercropping irrigated corn with annual legumes for fall forage in the High Plains. Agronomy Journal 95: 520-525.

Anil, L., Park, J. and Phipps, R.H. 2000. The potential of forage-maize intercrops in ruminant nutrition. Animal Feed Science and Technology 85: 157-164.

Behzad, A., Habibi, D., Paknejad, F., Asgharzadeh, A., and Abdollahian-Noghabi, M. 2012. Effect of plant growth promoting regulators and nitrogen fertilizer on yield and yield components of corn. Iranian Journal of Crop Sciences 43 (1): 129-137. (In Persian with English Summary)

Chai Chi, M.R., and Daryaei, F. 2006. Evaluation of forage yield in sole and intercropping of sorghum and alfalfa. In: Proceedings of the First National Forage Crops Congress of Iran 77 pp. (In persian)

Dawo, M.I., Wilkinson, J.M., Sanders, F.E.T., and Pilbeam, D.J. 2007. The yield and quality of fresh and ensiled plant material from intercropping maize (*Zea mays*) and beans (*Phaseolus vulgaris*). Journal of Science Food Agriculter 87: 1391–1399.

Eshghizadeh, H.R., Chaichi M.R., Ghalav and, A., Shabani, G., Azizi, K., Raeisi, H., and Papizadeh, A. 2008. Evaluation of annual medic and barley intercropping on forage yield and protein content in dry farming system. Pajouhesh and Sazandegi 75: 102-112. (In Persian with English Summary)

Eskandari, H., and Javanmard, A. 2013. Evaluation of forage yield and quality in intercropping patterns of maize (*Zea mays*) and cow pea (*Vigna sinensis*). Sustainable Agricultural and Production Science 23(4): 100-110. (In Persian with English Summary)

Fallah, S., and Tadayyon, A. 2009. Effects of plant density and nitrogen rates on yield, nitrate and protein of silage maize. Electronic Journal of Crop Production 2(1): 105-121. (In Persian with English Summary)

Ghanbari-Bonjar, H. 2000. Intercropped wheat (*Triticum aestivum*) and bean as a low-input forage. PhD thesis. Wye College. University of London.

Khavari Khorasani, S., Golpashi, M., Azizi, F., Ashofteh Biragi, M., and Fatemi, R. 2010. Growth and yield evalution of new hybrid of silage maize. Journal of Agroecology 2(2): 335-342. (In Persian with English Summary)

Lack, Sh., Naderi, A., Siadat, S.A., Ayenehband, A., and Nourmohammadi, Gh. 2007. Effect of water deficiency stress on yield and nitrogen efficiency of grain corn hybrid SC. 704 at different nitrogen rates and plant population. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resource 14(2): 14 pp. (In Persian with English Summary)

Maleki Narg Mousa, M., and Balouchi, H.R. 2012. Effects of nitrogen and phosphorus chemical and biological fertilizers on yield and yield components of sweet corn (*Zea mays* var saccharata). Journal of Plant Production 19 (4): 55-75.

Mansoori, I. 2010. Evaluating performance of corn (*Zea mays* L.) soybean [*Glycine max* (L.) Merr] intercrop in different planting dates. Electronic Journal of Crop Production 3(1): 209-216. (In Persian with English Summary)

Mazaheri, D. 1998. Intercropping. Tehran University Press. Tehran. Iran 262 pp. (In Persian)

Mengel, K., and Kirkby, E.A. 2001. Principles of Plant Nutritions. Kluwer Academic Pub. Paper back 849 pp.

Moradi, R., Rezvani Moghaddam, P., Nassiri Mahallati, M., and Lakzian, A. 2009. The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of *Foeniculum vulgare* (Fennel). Journal of Iranian Field Crops Research 7(2): 635-645. (In Persian with English Summary)

Mozumder, P., and Berrens, R.P. 2007. Inorganic fertilizer use and biodiversity risk: An empirical investigation. Ecological Economics 62: 538-543.

Muthukumar, V.B., Velaudham, K., and Thavaprakaash, N. 2005. Growth and yield of bady corn (*Zea mays* L.) as Influenced by plant growth regulators and different time of nitrogen application. Journal of Agricultural and Biological Sciences. 1: 303-307.

Naghizadeh, M., Ramroudi, M., Galavi, M., Siahsar, B.A., Heydari, M., and Maghsoudi – Moud, A.A. 2012. Effect of chemical and biology phosphorus fertilizers on yield and yield components of corn and lathyrus in intercropping. Iranian Journal of Crop Sciences 43(2): 203-215. (In Persian with English Summary)

Najafi, N., Mostafaei, M., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., and Oustan, Sh. 2013. Effect of Intercropping and farmyard manure on the growth, yield and protein concentration of corn, bean and bitter vetch. Sustainable Agricultural and Production Science 23(1): 99-116. (In Persian with English Summary)

Narula, N., Kumar, V., Behl, R.K., Deubel, A., Gransee, A., and Merbach, W. 2000. Effect of Psolubilizing Azotobacter chroococcum on N, P, K uptake in P-responsive wheat genotypes grown under greenhouse conditions. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 163: 393-398.

Rezvan Bidokhti, S. 2004. Comparison of different combinations of planting corn and beans. Thesis of Master of Science in Agronomy. Faculty of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Rezvani Moghaddam, P., Raoofi, M.R., Rashed Mohassel, M.H., and Moradi, R. 2009. Evaluation of sowing patterns and weed control on mung bean (*Vigna radiate* L. Wilczek) - black cumin (*Nigella sativa* L.) intercropping system. Journal of Agroecology 1(1): 65- 79. (In Persian with English Summary)

Rozati, N.S., Gholami, A., and Asghari, H.R. 2011. Study of nitrogen split application levels and variety effects on yield and agronomical characteristics of corn. Electronic Journal of Crop Production 4(2): 1-16.

Shakkoorzadeh, I., Alizadeh, K., Pooryusef, M., and Ghaffari, A. 2012. Effect of different ratios and seed density of smooth vetch (*Vicia dasycarpa*)-barley mixtures on forage yield and quality in dryland conditions. Iranian Journal of Drylan Agricultural Sciences 1(1): 63-74.

Sistachs, M., and Singh, L. 1991. Intercopping of forage sorghum, maize and soybean during estabilshment of different grasses in amontmorillonitic soil II. Guinea grass (*Panicum maxicum*). Cuban Journal of Agricultural Science 25: 83-87.

Smaeeli, A.R., Hoseyni, M.B., Mohammadi, M. and Hoseyni khah, F.S. 2012. Evaluation of grain yield, dry matter production and some of the forage and silage quality properties in annual medic (*Medicago scutellata*) and spring barley (*Hordeum vulgare*) intercropping. Seed and Plant Production Journal 28-2 (3): 277-296.

Torbert, H.A., Potter, K.N., and Morrison, J.E. 2001. Tillage system, fertilizer nitrogen rate and timing effect on corn yields in the Texas Blackland prairie. Agronomy Journal 93:1119-1124.

Uribelarrea, M., Moose, S.P., and Below, F.E. 2007. Divergent selection for grain protein affects nitrogen use in maize hybrids. Field Crops Research 100: 82-90.

Yazdani, M., Pirdashti, H., Esmaili, M.A., and Bahmanyar, M.A. 2010. Effect of inoculation phosphate solubilization microorganisms (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on nutrient use efficiency in corn (*Zea mays* L.) cultivation. Electronic Journal of Crop Production 3(2): 65-80. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 1, Spring 2017, p. 63-75

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، ص. ۷۵-۶۳

The Effect of Inoculation with *Azotobacter* and Nitrogen Levels on Grain and Corn (*Zea mays* L.) Yield Components at Simultaneous Cropping System with Legumes

M. Mirzakhani[1]*, M. R. Davari[2]
Submitted: 05-09-2014
Accepted: 30-01-2015

Mirzakhani, M., and Davari, M. R. 2017. The effect of inoculation with *Azotobacter* and nitrogen levels on grain and corn (*Zea mays* L.) yield components at simultaneous cropping system with legumes. Journal of Agroecology 9(1): 63-75.

Introduction:

Corn has been regarded as one of the important crops from the view point of both human and animal feeding resource. Intercropping defined as cultivation of two or more species together. The advantages of intercropping can be included: efficient use of water and sunlight, exchange of nutrients, weed competition reduction, reduction of pathogens and the increase of soil fertility. Research shows that intercropping combinations of legume–grass will increase forage quality. Because, grasses Grains have a lot of carbohydrates and legumes are rich in protein and vitamins. This study was conducted to evaluate the effect of inoculation with azotobacter and nitrogen levels on grain and corn yield components at simultaneous cropping system with legumes under the weather conditions of Markazi province.

Materials and methods:

This study was carried out at agricultural research field of Payame Noor University, Arak Branch during 2011. A factorial arrangement of treatment in a randomized complete block design with three replications was used. Methods of plant nutrition (M_0= inoculation with *Azotobacter*, M_1= inoculation with *Azotobacter* + 37/5 Kg ha^{-1} of rare nitrogen with foliar application method, M_2= inoculation with *Azotobacter* + 150 Kg ha^{-1} of rare nitrogen mix with soil) and simultaneous cropping treatment of legumes, [S_1= corn + alfalfa (*Medicago sativa L.*), S_2= corn + bitter vetch (*Lathyrus sativus* L.), S_3= corn + mung bean (*Vigna radiata* L.), S_4= corn + chickpea (*Cicer arientinum* L.), S_5= corn + vetch (*Vicia ervillia* L.)] were assigned in plots. Each sub plot consisted of 4 rows, 6 m long with 60 cm between rows space and 20 cm between plants on the rows and S.C Apex hybrid was used. In this study characteristics such as: plant height, earing height, the number of grains per m^{-2}, the number of rows per ear, the number of grains per row, surface of ear leaf, grain yield of corn, 1000 grain weight, harvest index of corn, nitrogen use efficiency, dry weight of legumes were assessed. After analyzing the data, the means by Duncan multiple range test were compared to five percent. All of the correlation coefficients were calculated and their significance was determined by Mstat-c software.

Results and discussion:

Results indicated that the effect of nutrition methods on corn characteristics such as: plant height, the number of grains per m^2, the number of grains per row, surface of ear leaf, grain yield of corn, 1000 grain weight, nitrogen use efficiency and dry weight of legumes was significant. The impact of simultaneous cropping treatment on the characteristics such as: plant height, the number of grains per m^{-2}, the number of grains per row, corn grain yield, 1000 grain weight, corn harvest index, nitrogen use efficiency, dry weight of legumes was significant, too. Maximum and minimum grain yield (4237 and 1973 $kg.ha^{-1}$) were obtained with the (inoculation with *Azotobacter* + 150 $kg.ha^{-1}$ nitrogen fertilizer + Simultaneous cropping system of vetch and corn) and (inoculation with *Azotobacter* + Simultaneous cropping system of corn and alfalfa) treatments, respectively. Inoculation with *Azotobacter* + 37.5 $kg.ha^{-1}$ nitrogen fertilizer + simultaneous cropping system of

1 and 2- Assistant Professor, Department of Apronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Farahan Branch, Islamic Azad University and former PhD student in Agronomy, Scientist in Iran Organic Association, Tehran, Iran.
(*- Corresponding author Email: mmirzakhani@iau.farahan.ac.ir)

vetch and corn with 51.7 kg kg^{-1} and inoculation with *Azotobacter* + 150 Kg ha^{-1} nitrogen fertilizer + simultaneous cropping system of corn and chickpea with 10.1 kg kg^{-1} were the highest and lowest amount of nitrogen use efficiency.

Conclusion:

Over the past few decades, global approach to modern agriculture, as in other human activities has been causing damage to natural resources, polluting and destroying the environment and causing ecological imbalance. Inorganic fertilizers used in agriculture cause the destruction of natural ecosystems. Therefore, combined use of bio-fertilizers, chemicals manures and nitrogen fixation by the legume will increase the quantity and quality of agricultural products. It can also be one of the most effective ways to achieve sustainable agriculture. But, application of chemical fertilizers causes soil degradation and increase the production cost.

Keywords: Alfalfa, Biological manure, Grain yield, Vetch