View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by Directory of Open Access Journals

نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار/ جلد ۲۷ شماره ۱/ بهار ۱۳۹۶

تولید علوفه در الگوهای مختلف کشت مخلوط سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) با ماشک گل‌خوشه‌ای (*Vicia villosa* L.) در سطوح مختلف کود نیتروژن

عادل دباغ محمدی نسب[۱]، عبدالله جوانمرد[۲*]، جلال آرژه[۳]

تاریخ دریافت: ۹۵/۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۵/۸/۱۲

۱-استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۲-دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
۳-دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
*مسئول مکاتبه:E-mail: A.javanmard@maragheh.ac.ir

چکیده

به منظور بررسی الگوهای مختلف کاشت مخلوط سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) و ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia villosa* L.) در سطوح مختلف کود نیتروژن، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۵ تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تبریز در سال زراعی ۱۳۹۳ به اجرا درآمد. فاکتور اول شامل کود نیتروژنه در سه سطح N_0 (عدم مصرف کود)، N_{30} (مصرف ۳۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار)، N_{60} (مصرف ۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و فاکتور دوم الگوهای مختلف کشت در سه سطح P_1 (کاشت سورگوم علوفه‌ای در وسط پشته‌ها و کاشت ماشک گل خوشه‌ای در طرفین پشته‌ها)، P_2 (کاشت سورگوم علوفه‌ای در یک طرف پشته‌ها و کاشت ماشک گل خوشه‌ای در طرف دیگر پشته‌ها)، P_3 (کاشت سورگوم علوفه‌ای در وسط پشته‌ها و کاشت ماشک گل خوشه‌ای در طرفین و روی پشته‌ها) بود. نتایج نشان داد کاربرد کود نیتروژنه موجب افزایش عملکرد علوفه سورگوم شد و بیشترین عملکرد علوفه سورگوم در الگوی اول و دوم کاشت با مصرف ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد. همچنین در هر دو چین حداکثر عملکرد علوفه خشک ماشک گل خوشه‌ای در الگوی سوم کاشت (P_3) با مصرف ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۳۷۱/۷ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد. بالاترین مقدار نسبت برابری زمین (۱/۹۴) و مجموع ارزش نسبی (۱/۱۴) به ترکیب تیماری الگوی اول کاشت بدون مصرف کود نیتروژن تعلق داشت. بیشترین مقدار نسبت برابری زمین استاندارد (۱/۹۲) در ترکیب تیماری الگوی دوم کاشت با مصرف ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. در مجموع می‌توان بیان کرد که برای تولید علوفه سورگوم، ترکیب الگوی اول و دوم کاشت با عدم مصرف کود بر سایر الگوهای کاشت برتری داشت.

واژه های کلیدی: الگوی کاشت، عملکرد علوفه، کشت مخلوط، مجموع ارزش نسبی، نسبت برابری زمین

Forage Production in Different Intercropping Patterns of Sorghum (*Sorghum Bicolor* L.) With Hairy Vetch (*Vicia Villosa*) in Nitrogen Fertilizer Levels

Adel Dabbagh Mohammadi Nasab[1], Abdollah Javanmard[2], Jalal Arzheh[3]

Received: May 16, 2016 Accepted: November 2, 2016
1-Prof., Dept. of Plant Ecophysiology, University of Tabriz, Iran.
2-Assoc. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran.
3-PhD Student of Crop Physiology, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Iran.
*Corresponding Author: E-mail: A.javanmard@maragheh.ac.ir

Abstract

In order to evaluate the intercropping of forage sorghum (*Sorghum bicolor*) and hairy vetch (*Vicia villosa*) at different nitrogen fertilizer levels and planting patterns, a field experiment was conducted at the Agricultural Research Station, University of Tabriz in 2014. The experimental design was factorial based on randomized complete block design (RCBD) with three replications. The treatments were nitrogen fertilizer levels (0, 30 and 60 kg $N.ha^{-1}$) and three planting patterns [(planting sorghum on the furrow bank and planting vetch in the both side of furrow bank (P_1), planting sorghum in one side of furrow bank and planting vetch in other side (P_2) and planting sorghum on the furrow bank and planting vetch on the furrow bank and both side of furrow bank (P_3)]. Results indicated that nitrogen fertilizer application increased sorghum forage yield. The highest sorghum forage yield was achieved in first and second planting patterns by application of 60 $kg.ha^{-1}$ nitrogen fertilizer. Also, the highest forage yield (371.7 kg. ha^{-1}) of vetch produced in the third nitrogen fertilizer level (N_{60}) and third planting pattern (P_3). In all intercropping treatments, land equivalent ratios (LER) were well above 1 indicating yield advantages for intercropping. The greater LER of the intercrops was mainly due to a greater resource use and resource complementarities that when the species were grown alone. The highest LER (1.94) and RVT (1.14) were obtained in first planting pattern with no nitrogen application. Also the greatest LERs (1.92) were obtained under interaction of second planting pattern and third nitrogen fertilizer level (N_{60}). In general, it can be stated that for the production of forage, the combination of first and second planting patterns with no nitrogen application is superior on other planting patterns.

Keywords: Forage Yield, Intercropping, Land Equivalent Ratios, Planting Pattern, Relative Value Total

مقدمه

امروزه روند رو به افزایش تخریب منابع آب، خاک و محیط زیست در اثر کاربرد بی‌رویه مواد شیمیایی در کشاورزی و روش‌های رایج تولید مواد غذایی در جهان موجب توجه و ترغیب محققان به بخش کشاورزی پایدار گردیده است. از اهداف عمده کشاورزی پایدار، حاصلخیزی خاک، کنترل فرسایش خاک، کاهش خسارت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، تثبیت عملکرد در شرایط نامطلوب و افزایش عملکرد در شرایط مطلوب محیطی، افزایش کارایی استفاده از منابع آب، مواد غذایی، نور خورشید و در نهایت ایجاد تنوع و ثبات در اکوسیستم زراعی می‌باشد (یانگ و همکاران ۲۰۱٤). با توجه به محدودیت اراضی قابل کشت در ایران و سایر کشورها، سیستم کشت مخلوط با تولید دو یا چند گیاه زراعی به‌طور همزمان و در سطح مشترک به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های کشاورزی پایدار در جهت اهداف مذکور حائز اهمیت ویژه است (امیرمردفر و همکاران ۲۰۱۵). مونتای و همکاران (۲۰۱٦) کشت مخلوط را یک روش اقتصادی جهت تولید بالاتر با سطوح نهاده‌های خارجی کمتر می‌داند. این افزایش کارایی مصرف، به‌ویژه برای کشاورزان خرده‌پا و همچنین در مناطق برخوردار از طول فصل رشد کوتاه اهمیت بسیار دارد. در بسیاری از آزمایش‌های کشت مخلوط که اجزای مخلوط را یک گونه از لگوم‌ها و گونه دیگر را گرامینه‌ها تشکیل می دهند، عملکرد مخلوط نسبت به تک‌کشتی برتری نشان داده است، در این باره می‌توان به کشت مخلوط ذرت- لوبیا چشم بلبلی، ذرت- سسبانیا (ابراهیم و همکاران ۲۰۱٤)، ذرت- لوبیا چشم بلبلی (محسن آبادی و همکاران ۲۰۰۸) و ذرت با ماشک گل خوشه‌ای، شبدر برسیم، لوبیا و گاودانه (جوانمرد و همکاران ۲۰۱۳) اشاره نمود. ابراهیم و همکاران (۲۰۱٤) نتیجه گرفتند با کشت مخلوط ذرت با لگوم‌های سازگار، عملکرد ماده خشک افزایش معنی‌داری پیدا می‌کند. نصیری محلاتی و همکاران (۲۰۱۵) دلیل برتری عملکرد در کشت مخلوط ذرت- لوبیا را به کارآیی مصرف نور بیشتر و تأمین نیتروژن ذرت توسط لوبیا ذکر کردند. چنانچه در پژوهشی تعداد گره‌ها و نیتروژن تثبیت شده توسط نخود فرنگی در کشت مخلوط با جو بیشتر از کشت خالص بود. به‌طوری‌که تعداد گره‌ها در کشت مخلوط ٤۵-۲۷ درصد بیشتر و به موجب آن میزان نیتروژن حاصل از تثبیت بیولوژیکی ۱۷-۹ درصد بالاتر بود (چاپاگین و رایزمن ۲۰۱٤). چائی‌چی و دریایی (۲۰۰۸) دریافتند که تولید علوفه در کشت مخلوط یونجه و سورگوم از ثبات بیشتری نسبت به کشت خالص هر یک از دو گیاه برخوردار بود و بیشترین عملکرد علوفه از کشت مخلوط ۷۵ درصد سورگوم+ ۲۵ درصد یونجه به‌دست آمد که این ترکیب ضمن تولید علوفه حداکثر به علت اختلاط گراس و لگوم از کیفیت خوبی نیز برخوردار بود. نصیری محلاتی و همکاران (۲۰۱۵) با مطالعه کشت مخلوط نواری ذرت و لوبیا، مشاهده کردند که در تمامی الگوهای کشت مخلوط نسبت برابری زمین، شاخص ازدحام نسبی، عملکرد بیولوژیکی و شاخص بهره‌وری سیستم بیشتر از کشت خالص دو گونه است. لگوم‌ها در کشت مخلوط ۹۲ درصد نیتروژن مورد نیاز خود را از راه تثبیت زیستی تأمین می‌کنند، بنابراین یکی از مشکلات اساسی در کشت مخلوط گرامینه‌ها با لگوم‌ها تعیین میزان مطلوب نیتروژن جهت تولید حداکثری علوفه می‌باشد (لاربای و همکاران ۲۰۱۱). میزان بهینه کود نیتروژنه جهت تولید حداکثری علوفه در کشت مخلوط گندم با باقلا ۷۵ کیلوگرم در هکتار گزارش شده، در این حالت حداکثر نسبت برابری زمین در شرایط عدم کاربرد کود حاصل شد (قنبری بنجار و لی ۲۰۰۲). از بین عناصر غذائی، نیتروژن به‌عنوان یک عنصر پرمصرف و به علت نقش داشتن در ساخت اسیدهای آمینه، آمیدها، نوکلوئوتیدها، نوکلوپروتئینها، آنزیم‌ها، تقسیم سلولی، افزایش رشد سبزینه‌ای، رشد و توسعه متعادل گیاه، افزایش در شدت رنگ سبز برگ‌ها، افزایش میزان پروتئین‌های

گیاهی و افزایش تولید میوه و دانه مهمترین و ضروری‌ترین عنصر در تغذیه گیاهان می‌باشد (جهانسوز و محسن‌آبادی ۲۰۱۳). از طرفی برای استفاده گیاه زراعی از نور برای تولید بیوماس و متعاقب آن دانه، گیاه باید ذخیره کافی از نیتروژن را در برگهای خود داشته باشد (سالواجیوتی و همکاران ۲۰۰۸) که این امر مستلزم فراهم نمودن نیتروژن قابل دسترس در مزرعه می‌باشد.

با توجه به اینکه سورگوم گیاهی مناسب برای تولید دانه و علوفه در مناطقی با خاک فقیر و زمستان گرم و خشک که ذرت قادر به رشد نیست، می‌باشد، کشت مخلوط آن با گیاهان علوفه‌ای از قبیل ماشک گل خوشه‌ای یک روش با ارزش جهت افزایش تنوع و استفاده مؤثرتر از زمین در طول سال بدون کاهش عملکرد دانه و علوفه آن می‌باشد (بورگی و همکاران ۲۰۱۳). همچنین در سیستم‌های کشاورزی کم‌نهاده مدیریت تغذیه گیاهی باید در جهت پایداری تولید و حفظ محیط زیست باشد، لذا پژوهش حاضر با هدف مطالعه اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط و سطوح کود نیتروژنه بر برخی ویژگی‌های سورگوم و بررسی وضعیت برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص و تعیین بهترین ترکیب کشت مخلوط انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز (ارتفاع از سطح دریا ۱۳٦۰ متر، طول و عرض جغرافیایی به ترتیب ٤٦ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۳ دقیقه عرض شمالی) اجرا شد. قبل از شروع آزمایش، به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک نمونه برداری انجام گرفت. نتایج حاصل از تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس نتایج تجزیه خاک، سطوح مختلف کودی به عنوان کود آغازین و در زمان کشت به‌صورت نواری به خاک اضافه گردید. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتورها عبارتند از: سطوح مختلف کود نیتروژنه که شامل عدم مصرف کود (N_0)، مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص (N_{30})، مصرف ٦۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص (N_{60}) است و الگوهای مختلف کاشت شامل کاشت سورگوم علوفه‌ای در وسط پشته‌ها و کاشت ماشک گل خوشه‌ای در طرفین پشته‌ها ($P_۱$)، کاشت سورگوم علوفه‌ای در یک طرف پشته و کاشت ماشک گل خوشه‌ای در طرف دیگر پشته ($P_۲$) و کاشت سورگوم علوفه‌ای در وسط پشته و کاشت ماشک گل خوشه‌ای در طرفین و روی پشته‌ها ($P_۳$) است. بنابراین آزمایش با ۱۵ تیمار، شامل ٦ تیمار کشت‌های خالص و ۹ تیمار برای ترکیب تیماری کشت‌های مخلوط انجام گرفت. ابعاد کرت‌ها ٥×٤ متر بود و هر کرت دارای ٦ ردیف (پشته) با فواصل ٦۰ سانتی‌متر و به طول ٥ متر بود. برای ایجاد یکنواختی در داخل بلوک، بلوک‌ها به دو بخش شکسته شد. به‌منظور جلوگیری از آبشویی و انتقال نیتروژن به بلوک‌های بعدی بلوک‌ها با یکدیگر ۱/٥ متر و فاصله کرت‌ها از یکدیگر یک متر در نظر گرفته شد. رقم سورگوم علوفه‌ای مورد استفاده در این آزمایش هیبرید اسپیدفید بود، که از دانشگاه محقق اردبیلی، تهیه شد. بذر ماشک گل خوشه‌ای مورد استفاده از زیرگونه داسی‌کارپا و رقم V. D. 2446 بود که از مرکز تحقیقات کشاورزی دیم مراغه تهیه شد. تراکم برای سورگوم علوفه‌ای و ماشک گل خوشه‌ای به ترتیب ۱۰ و ۲٥۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد (لاربای وهمکاران ۲۰۱۱). برداشت چین اول ماشک گل خوشه‌ای ۸۳ روز پس از کاشت در مرحله ۱۰ درصد گلدهی و برداشت چین دوم ماشک گل خوشه‌ای ١٦٤ روز پس از کاشت صورت گرفت. همچنین برداشت سورگوم علوفه‌ای پس از ظهور گل صورت پذیرفت.

جهت برداشت بعد از حذف حاشیه‌ها، ۳ ردیف وسط به مساحت ۵/٤ متر مربع برداشت و وزن تر علوفه به تفکیک نوع گیاه ثبت شد. پس از برداشت نمونه‌ها، از هر کرت برگ، ساقه و گل آذین سورگوم جدا گردید و به‌صورت جداگانه خشک شدند. نمونه‌های برداشت شده به آزمایشگاه منتقل شده و در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد قرار داده شدند و بعد از ثابت شدن وزن، وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. بنابراین وزن خشک هر کدام از اجزا شامل ساقه، برگ، گل آذین و همچنین وزن خشک کل (مجموع) آنها مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

جهت ارزیابی کشت مخلوط از شاخص نسبت برابری زمین و مجموع عملکرد نسبی (بر اساس عملکرد علوفه) طبق رابطه (۱) و نسبت برابری زمین استاندارد طبق رابطه (۲) و مجموع ارزش نسبی (RVT) از رابطه (۳) استفاده شد (ویلی ۱۹۹۰)

$$LER= RYT= RY_a+RY_b= (Y_{ab}/Y_{aa})+(Y_{ba}/Y_{bb})$$

[رابطه ۱]

Yab: عملکرد علوفه خشک سورگوم در کشت مخلوط،
Yaa: عملکرد علوفه خشک سورگوم در کشت خالص،
Yba: عملکرد علوفه خشک ماشک در کشت مخلوط،
Ybb: عملکرد علوفه خشک ماشک در کشت خالص.

$$LERs= (Y_{ab}/Max.Y_{aa})+(Y_{ba}/Max.Y_{bb})$$

[رابطه ۲]

Yab: عملکرد علوفه خشک سورگوم در کشت مخلوط، Max.Yaa: حداکثر عملکرد علوفه خشک سورگوم در کشت خالص، Yba: عملکرد علوفه خشک ماشک در کشت مخلوط، Max.Ybb: حداکثر عملکرد علوفه خشک ماشک در کشت خالص.

$$RVT= (aP_1+bP_2/am_1) \quad am_1>bm2$$

[رابطه ۳]

در این رابطه a قیمت محصول سورگوم، b قیمت محصول ماشک، P_1 و P_2 به ترتیب عملکرد علوفه خشک سورگوم و ماشک در کشت مخلوط و M_1 حداکثر عملکرد علوفه خشک خالص سورگوم است. تجزیه واریانس داده‌های حاصل پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌های آزمایش به دو صورت انجام گرفت. در حالت اول، تجزیه داده‌ها با هدف مشخص کردن تفاوت بین تیمارهای کشت مخلوط و تیمارهای کشت خالص بصورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت. در حالت دوم تیمارهای کشت خالص وارد محاسبات نشدند و آزمایش بصورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی تجزیه شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار آماری MSTATC و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر)	pH	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	بافت	ماده آلی (٪)	نیتروژن (٪)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
٤٧٥	۷/۷۵	۱۵	۲۰	٦٥	لوم شنی	۰/۷٦	۰/۰۹	۷/۱	٥۹۰/۱

نتایج و بحث

ارتفاع بوته سورگوم

الگوی کاشت بر ارتفاع بوته سورگوم در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۲). بیشترین ارتفاع سورگوم در الگوی دوم کشت (کشت ماشک در یک طرف سورگوم) بدون تفاوت معنی‌دار با الگوی اول کاشت (کشت ماشک در دو طرف سورگوم) مشاهده شد و کمترین ارتفاع بوته هم متعلق به الگوی

سوم کاشت (کاشت ماشک در طرفین و روی پشته‌ها) بود که با الگوی اول کاشت اختلاف معنی‌داری نشان نداد (شکل ۱). اختلاف میان کمترین و بیشترین ارتفاع بوته سورگوم در کشت مخلوط ناشی از رقابت برون‌گونه‌ای در مراحل اولیه رشد است که موجب کاهش ارتفاع بوته سورگوم در چنین شرایطی شده است. به طوری که در الگوی دوم کاشت نسبت به الگوی اول و سوم کاشت بیشترین فاصله بین گیاهان ماشک و سورگوم وجود دارد و میزان مجاورت دو گونه کمتر است این امر منجر به افزایش ارتفاع بوته سورگوم شده است. به عبارتی دیگر، نشان دهنده اثر مساعدتی بیشتر و یا اثر رقابتی کمتر در این الگوی کشت می‌باشد. گزارش شده است که در کشت مخلوط ماشک با یولاف کاهش یا افزایش ارتفاع بوته گیاهان به شدت رقابت بین دو گیاه بستگی دارد (تونا و اوراک ۲۰۰۷). در شرایط سایه با کاهش نسبت نور قرمز به قرمز دور (R/FR) و کاهش میزان تشعشعات فعال فتوسنتزی (PAR) افزایش ارتفاع گیاهان قابل انتظار است (یانگ و همکاران ۲۰۱٤). عدم افزایش ارتفاع بوته در تراکم‌های بالاتر از حد مطلوب، احتمالاً به‌دلیل محدودیت تولید مواد فتوسنتزی بر اثر محدودیت آب و عناصر غذایی است.

نتایج تجزیه واریانس به صورت بلوک‌های کامل تصادفی (جدول ۳) نشان داد که بین تیمارهای کشت خالص و مخلوط از لحاظ ارتفاع بوته سورگوم تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد. بیشترین ارتفاع سورگوم (۲۰۲/۱ سانتیمتر) در کشت خالص سورگوم با مصرف ٦۰ کیلوگرم کود نیتروژن مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با سایر سطوح کود نیتروژنه در کشت‌های خالص سورگوم نداشت (شکل ۲). افزایش مصرف نیتروژن منجر به طولانی شدن فاصله میانگره‌ها و در نهایت ارتفاع بوته می‌شود. ابوحسین و همکاران (۲۰۰۵) یکی از دلایل کاهش ارتفاع گیاهان را در مخلوط با لگوم‌ها را به خاطر رقابت برای جذب نیتروژن توسط گونه غیرلگوم نسبت دادند. در کشت مخلوط ذرت- لگوم (جوانمرد و همکاران ۲۰۱۳) ارتفاع بوته ذرت در کشت خالص بلندتر از ارتفاع آن در کشت مخلوط بود.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در سورگوم به صورت فاکتوریل

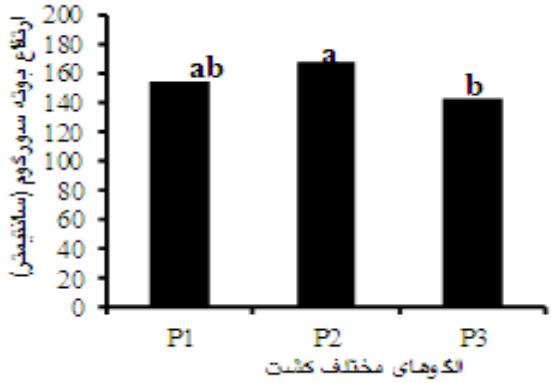
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	عملکرد علوفه	ارتفاع بوته	تعداد برگ
تکرار	۲	۸۵۹٦**	۲۹۳٤	۱۸٤۲۲*	۳۱٦	۱۲/٤۱
سطوح کود	۲	۳۳٤۳۲**	٤۲٥۱٤۸**	۸۸۱۷٦۸**	٥۱۹^{ns}	۱/٦۰^{ns}
الگوی کاشت	۲	۲٤۲۱٥**	۱٤۷٤۸۱**	۳٦۷۲۹۰**	۱٤۱۸**	۳/٥۳^{ns}
سطوح کود* الگوی کشت	٤	٥٦۷۰**	٤۷۱٥۷**	۱۱۲۳۷۳**	۱۷٤^{ns}	۰/٤۹٥^{ns}
اشتباه آزمایشی	۱٦	۱۲۷۲	٤۸۰۳	٤۸٤۷	۲۱۳	۱/٤۹
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۸	۹/۲٤	٥/٥۷	۱٦/۰۳	۱٦/۰۳

**،* و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱، ٥ درصد و عدم معنی‌دار می باشد.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در سورگوم به صورت بلوک‌های کامل تصادفی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	عملکرد علوفه	ارتفاع بوته	تعداد برگ
تکرار	۲	٦۲۷۰	۲۱٤٦	۱٤۱٦۲	۲٤٥	۱۱/۱٦
تیمار	۱۱	۳٤٤٦۲**	۳٤۸۷۲۲**	٦۸٥٤۲٦**	۱٥۷۷**	۳/۳۰*
خالص‌ها در برابر مخلوط‌ها	۱	۱۰٤٤٥**	۱٥۲٤۲۷۲**	۲٥٦۲۲۲٤**	۱۲۷۰۲**	۲۰/۳**
اشتباه آزمایشی	۲۲	۱۱٤۷	٤۳۷٦	٥۲۹۰	۱۷۹	۱/۳۰
ضریب تغییرات (درصد)		۹/۳۳	۷/٦۱	٥/۱۸	۸/۰۸	۱٤/۱۸

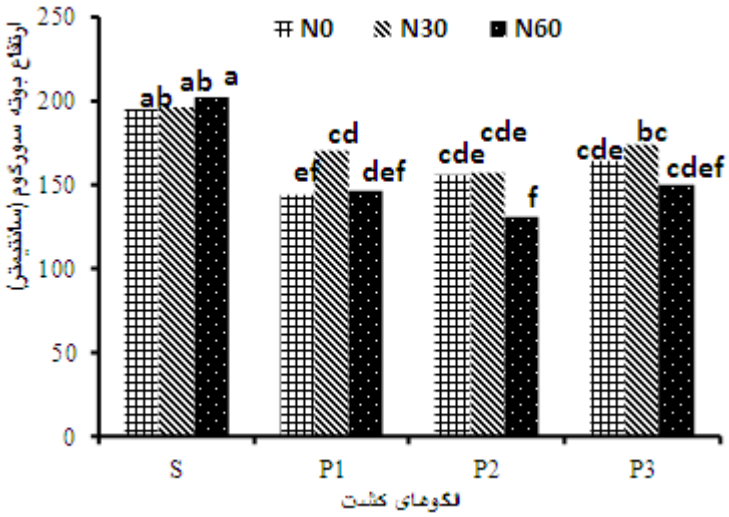
**،* و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱، ٥ درصد و عدم معنی‌دار می باشد.



شکل ۱- ارتفاع بوته سورگوم در الگوهای کاشت مختلف

P_1: الگوی کشت اول، P_2: الگوی کشت دوم، P_3: الگوی کشت سوم،

حروف متفاوت نشانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.



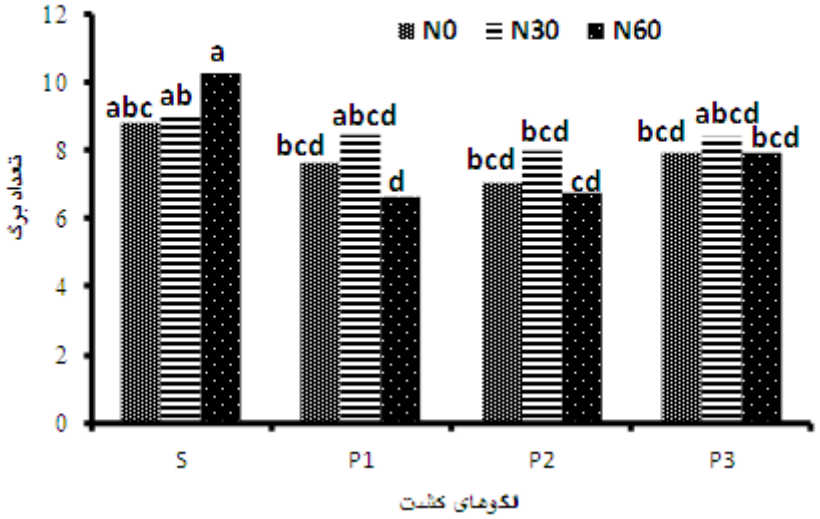
شکل ۲- ارتفاع بوته سورگوم در کشت‌های خالص و مخلوط

P_1: الگوی کشت اول، P_2: الگوی کشت دوم، P_3: الگوی کشت سوم

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است

تعداد برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی (جدول ۳) نشان داد که بین تیمارهای کشت خالص و مخلوط اختلاف معنی‌داری از لحاظ تعداد برگ در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. در کشت خالص سورگوم با مصرف ۶۰ کیلوگرم نیتروژن بیشترین تعداد برگ مشاهده شد (شکل ۳). افزایش مقدار نیتروژن منجر به افزایش تراکم پنجه‌ها، سرعت ظهور آن‌ها و سطح برگ‌های گیاه می‌شود (مونتای و همکاران ۲۰۱۶). به‌طور کلی میانگین تعداد برگ در کشت‌های خالص بیشتر از کشت‌های مخلوط بود. رضایی چیانه و همکاران (۲۰۱۱) از نظر تعداد برگ تفاوت معنی‌داری را در بین کشت خالص ذرت و کشت مخلوط با باقلا گزارش کردند و بیشترین تعداد برگ ذرت را در کشت خالص و کمترین را در کشت مخلوط مشاهده نمودند. طبق گزارش ابوحسین و همکاران (۲۰۰۵) در کشت مخلوط لوبیا- پیاز- کاهو، تعداد برگ لوبیا در کشت مخلوط کمتر از کشت خالص بدست آمد. نتیجه مشابهی توسط محسن‌آبادی و همکاران (۲۰۰۸) در کشت مخلوط جو با ماشک گل‌خوشه‌ای گزارش شده است. آنان کاهش تعداد برگ جو در کشت مخلوط را به خاطر کاهش ارتفاع بوته جو (عدم افزایش رشد میانگره‌ها) ناشی از رقابت برون‌گونه‌ای در کشت مخلوط با ماشک نسبت دادند. از آنجایی که بین ارتفاع بوته و تعداد برگ در بوته همبستگی نزدیکی وجود دارد. به‌نظر می‌رسد در تحقیق حاضر نیز کاهش ارتفاع بوته و تعداد برگ سورگوم در کشت مخلوط ناشی از رقابت برون گونه‌ای بوده است.



شکل ۳- تعداد برگ سورگوم در کشت‌های خالص و مخلوط

N_0: بدون مصرف کود، N_{30}: مصرف ۳۰ کیلوگرم کود نیتروژن،N_{60}: مصرف ۶۰ کیلوگرم کود نیتروژن،
S: سورگوم خالص، P_1: الگوی اول کشت، P_2: الگوی دوم کشت ، P_3: الگوی سوم کشت
حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.

وزن خشک برگ سورگوم

وزن خشک برگ سورگوم تحت تأثیر معنی‌دار سطوح کود، الگوی کاشت، ترکیب تیماری سطوح کود و الگوی کاشت در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین وزن خشک برگ به ترکیب تیماری الگوی دوم کاشت (کاشت سورگوم علوفه‌ای در وسط

پشته و کاشت ماشک گل خوشه‌ای در طرفین پشته‌ها) با مصرف ٦٠ کیلوگرم نیتروژن مربوط بود که با ترکیب تیماری $N_{٦٠}.P_{١}$ (مصرف ٦٠ کیلوگرم نیتروژن در الگوی اول کاشت) تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میزان وزن خشک برگ هم به تیمار $N_0P_{٣}$ (کاشت سورگوم علوفه‌ای در وسط پشته‌ها و کاشت ماشک گل خوشه‌ای در طرفین و روی پشته‌ها بدون مصرف کود نیتروژن) تعلق داشت (شکل ٤). با ثابت ماندن سطوح کود نیتروژنه و تغییر الگوی کشت از اول به سوم یک روند کاهشی در وزن خشک برگ وجود دارد. بنابراین الگوی اول و دوم کاشت با مصرف ٦٠ کیلوگرم نیتروژن مؤثرتر از الگوی سوم کشت بوده‌اند.

همچنین نتایج تجزیه واریانس به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی (جدول ٣) نشان داد که بین تیمارهای کشت خالص و مخلوط اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد. بیشترین وزن خشک برگ سورگوم به تیمار کشت خالص سورگوم با مصرف ٦٠ کیلوگرم کود نیتروژن متعلق بود. تیمار کشت خالص سورگوم با مصرف ٣٠ کیلوگرم نیتروژن تفاوت معنی‌داری با تیمار الگوی دوم کاشت همراه مصرف ٦٠ کیلوگرم نیتروژن نداشت (شکل ٥). برخی محققان تأثیر نیتروژن در افزایش وزن خشک برگ و به دنبال آن افزایش عملکرد را به نقش تنظیم کنندگی نیتروژن در تولید آمینواسیدها و هورمون‌های گیاهی مرتبط با تقسیم و گسترش دیواره سلولی نسبت داده‌اند (مونتای و همکاران ٢٠١٦) و برخی محققان دیگر نقش نیتروژن را به توسعه مراحل نموی نسبت می‌دهند که در مراحل بعدی به دلیل افزایش شاخص سطح برگ (LAI)[1]، تدوام سطح برگ و دریافت انرژی نورانی بیشتر منجر به تولید ماده خشک بیشتر می‌شود (سیام و همکاران ٢٠٠٨).

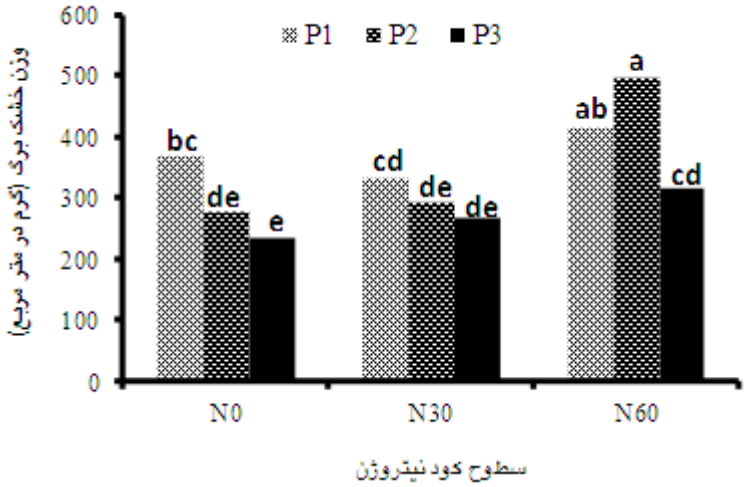
وزن خشک ساقه سورگوم

سطح کود، الگوی کاشت و ترکیب تیماری الگوی کاشت × سطح کود تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک ساقه در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ٢). بیشترین وزن خشک ساقه به الگوی اول کاشت (کاشت سورگوم علوفه‌ای در وسط پشته و کاشت ماشک گل خوشه‌ای در طرفین پشته‌ها) و الگوی دوم کاشت (کشت ماشک در یک طرف پشته‌ها) همراه با مصرف ٦٠ کیلوگرم نیتروژن مربوط بود و کمترین میزان هم به الگوی سوم کاشت بدون مصرف کود تعلق داشت (شکل ٦). با ثابت ماندن الگوی کاشت با افزایش مصرف نیتروژن روند افزایشی در وزن خشک ساقه مشاهده شد. در شرایط عدم کاربرد کود اثر مثبت لگوم بر گرامینه را از نظر تأمین نیتروژن می‌توان انتظار داشت، به طوری که حضور بوته‌های ماشک در دو طرف بوته-های سورگوم (الگوی اول کاشت) نسبت به قرارگیری ماشک در یک طرف سورگوم موجب افزایش معنی‌دار عملکرد ساقه سورگوم گردید (شکل ٦).

نتایج تجزیه واریانس به‌صورت بلوک کامل تصادفی (جدول ٣) نشان داد که بین تیمارهای کشت خالص و مخلوط اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد از لحاظ وزن خشک ساقه سورگوم وجود داشت. بیشترین وزن خشک ساقه سورگوم مربوط به تیمارهای کشت خالص سورگوم با مصرف ٣٠ و ٦٠ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود و کمترین میزان وزن خشک ساقه سورگوم در الگوی کشت سوم و بدون مصرف کود مشاهده شد (شکل ٧). نیتروژن به‌علت حضور در ساختمان کلروفیل سبب افزایش رشد سبزینه‌ای و بافت‌های فتوسنتز کننده گیاه مانند برگ‌ها و افزایش شاخص سطح برگ می‌گردد. همچنین با افزایش فتوسنتز و تولید آسیمیلات‌ها سبب افزایش عملکرد گیاه می‌گردد. منصوری فر و همکاران (٢٠١٠) یکی از دلایل افزایش عملکرد به موازات مصرف نیتروژن را افزایش میزان کلروفیل در برگ گیاهان ذکر

1-Leaf Area Index

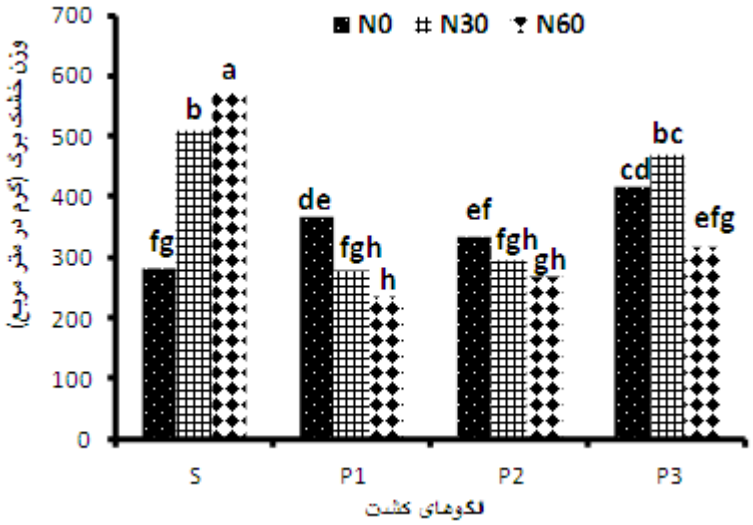
کردند. همچنین به نظر می‌رسد که به علت نقش نیتروژن در ساختار اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها و نقش حیاتی پروتئین‌ها در گیاه، فزونی نیتروژن سبب افزایش وزن خشک ساقه سورگوم گردید.



شکل۴- وزن خشک برگ سورگوم در برهمکنش الگوی کاشت و سطوح کود نیتروژن

N_0: بدون مصرف کود، N_{30}: مصرف ۳۰ کیلوگرم کود نیتروژن،N_{60}: مصرف ۶۰ کیلوگرم کود نیتروژن

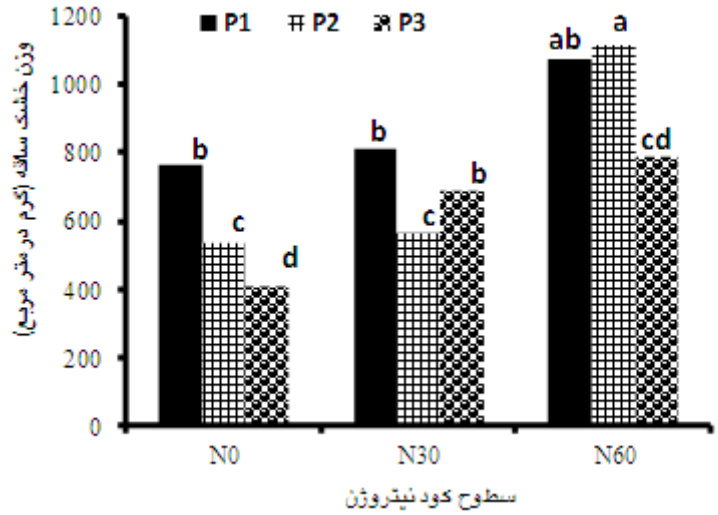
حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.



شکل ۵- وزن خشک برگ سورگوم در کشت‌های خالص و مخلوط

S: سورگوم خالص، P_1: الگوی اول کشت، P_2: الگوی دوم کشت ، P_3: الگوی سوم کشت

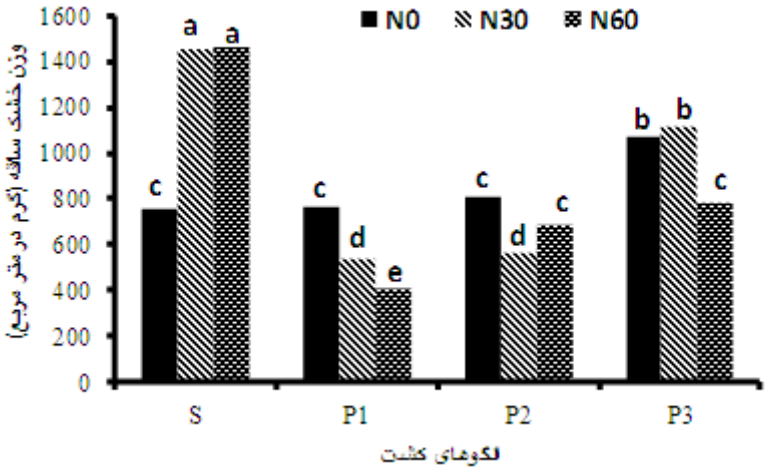
حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است



شکل ۶- وزن خشک ساقه سورگوم در برهمکنش الگوی کاشت و سطوح کود نیتروژن

N_0: بدون مصرف کود، N_{30}: مصرف ۳۰ کیلوگرم کود نیتروژن،N_{60}: مصرف ۶۰ کیلوگرم کود نیتروژن

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج بر اساس آزمون دانکن است



شکل ۷- میانگین وزن خشک ساقه سورگوم در کشت‌های خالص و مخلوط

S: سورگوم خالص، P_1: الگوی اول کشت، P_2: الگوی دوم کشت ، P_3: الگوی سوم کشت

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.

عملکرد علوفه سورگوم

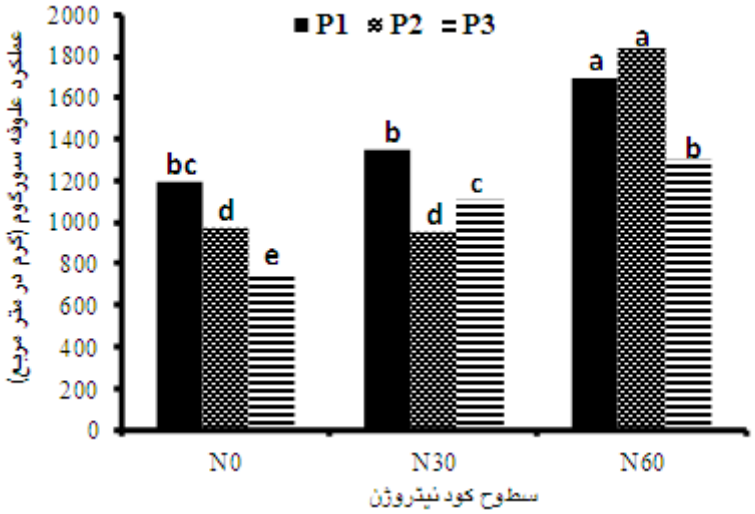
عملکرد علوفه سورگوم همانند وزن خشک ساقه و برگ به کاربرد کود نیتروژنه و الگوی کاشت واکنش نشان داد (جدول ۲). به طوری که در شرایط عدم کاربرد کود و سطح متوسط کود، بیشترین عملکرد علوفه سورگوم در الگوی اول کاشت یعنی کاشت ماشک در طرفین سورگوم به دست آمد و در سطح سوم کود باز هم الگوی اول کاشت همراه با الگوی دوم در جایگاه برتر بود (شکل ۸). نتایج تحقیقات قبلی نشان می‌دهد که در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن، میزان

تثبیت زیستی نیتروژن توسط لگوم‌ها افزایش می‌یابد و به تبع آن به دلیل انتقال نیتروژن اغلب منجر به افزایش عملکرد گونه همراه می‌شود (سوبکووایسز و اسنایدی ۲۰۰٤). در تحقیق حاضر نیز به نظر می‌رسد که تثبیت نیتروژن اتمسفری توسط ماشک و انتقال آن به سورگوم می‌تواند از دلایل دیگر افزایش عملکرد در کشت مخلوط باشد. بروفی و همکاران (۱۹۸۷) نتیجه گرفتند که سهم زیادی از نیتروژن گیاهان گرامینه در کشت مخلوط از لگوم‌ها تأمین می‌شود. ایگلیشما و همکاران (۱۹۸۱) گزارش کردند که ۲٤/٦ درصد از نیتروژن تثبیت شده توسط لوبیا چشم بلبلی به ذرت منتقل می‌شود. همچنین، کسیاو و همکاران (۲۰۰٤) نتیجه گرفتند که بیش از ٥ درصد نیتروژن تثبیت شده باقلا به گندم انتقال داده می‌شود. حتی آن‌ها مشاهده کردند که در شرایط کشت مخلوط تعداد و وزن خشک گره باقلا بیشتر از حالت کشت خالص می‌شود. آن‌ها، میزان تثبیت نیتروژن توسط لگوم را به اثر مکملی غلات – لگوم و اثرات مساعدتی بین اجزای مخلوط نسبت دادند و اظهار داشتند که در چنین شرایطی میزان انتقال نیتروژن به گراس افزایش می‌یابد. مشابه چنین نتایجی توسط بانیک و همکاران (۲۰۰٦) نیز در کشت مخلوط گندم– نخود گزارش شده است.

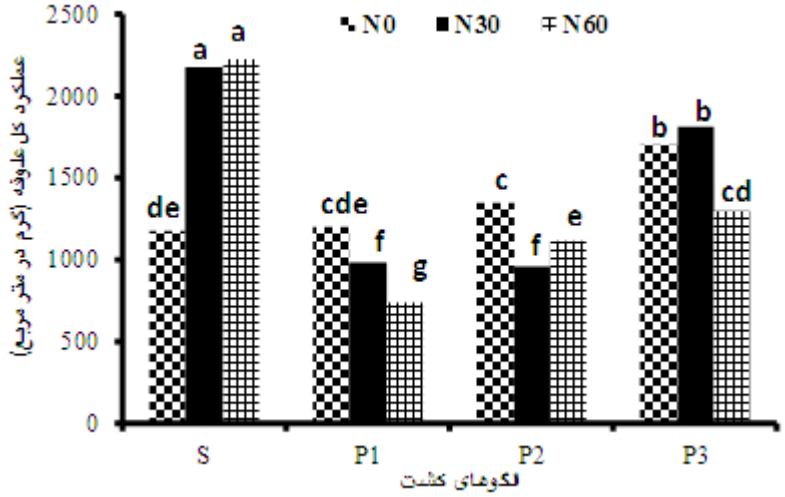
فاصله کاشت دو گونه از همدیگر بر میزان رقابت تأثیر زیادی دارد و در الگوی اول و دوم کاشت نسبت به الگوی سوم کاشت فاصله بوته‌های ماشک از سورگوم بیشتر است و اثر رقابتی کمتری از طرف بوته‌های ماشک بر سورگوم اعمال شده است. تداخل در کشت مخلوط شامل رقابت، آللوپاتی و مساعدت است و برآیند آنها تأثیر مثبت یا منفی یک گونه بر گونه دیگر را مشخص می‌سازد (ویلی ۱۹۹۰). ثابت شده است که لگوم‌ها اثر مساعدتی بر گرامینه‌ها دارند. چنین به نظر می رسد که در شرایط کاربرد ۳۰ کیلوگرم نیتروژن و عدم کاربرد کود، الگوی اول کاشت بهترین اثر مساعدتی را برای سورگوم ایجاد نمود و عملکرد سورگوم بهبود یافت. در سطح سوم کود به دلیل وجود نیتروژن در دسترس برای بوته‌های سورگوم، کاشت ماشک در یک طرف سورگوم نیز همانند کاشت دو طرفه منجر به تولید بالاتر علوفه سورگوم شد.، ولی در الگوی سوم کاشت به دلیل مجاورت نزدیک ماشک با سورگوم در روی ردیف کاشت، اثر رقابتی افزایش پیدا کرد و این امر منجر به کاهش علوفه تولیدی سورگوم در مقایسه با الگوی اول و دوم کشت شد. همچنین سورگوم به عنوان یک گیاه نیتروژن دوست به افزایش نیتروژن مصرفی واکنش زیادی نشان داد؛ به طوری که در هر سه الگوی کشت مخلوط به تبع با افزایش کاربرد نیتروژن عملکرد سورگوم افزایش یافت. محسن آبادی و همکاران (۲۰۰۸) در کشت مخلوط جو با ماشک گل خوشه‌ای افزایش عملکرد بیولوژیک و دانه را با مصرف نیتروژن گزارش کرده‌اند. در آزمایش کشت مخلوط ارزن مرواریدی با لوبیا چشم بلبلی و ماش سبز مشاهده شد تولید ماده خشک گیاهان با کاربرد مقادیر بیشتر از ٤٥ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش پیدا کرد (اوفری و استرن ۱۹۸۷). نتایج برخی از تحقیقات نشان است که اگر در کشت مخلوط گراس– لگوم میزان مصرف نیتروژن افزایش یابد، عملکرد نسبی گراس افزایش ولی عملکرد نسبی لگوم کاهش می‌یابد (تومار و همکاران ۱۹۸۸).

تجزیه واریانس به صورت بلوک کامل تصادفی (جدول ۳) نشان داد که بین تیمارهای کشت خالص و مخلوط اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد. بیشترین عملکرد کل به کشت‌های خالص سورگوم با کاربرد ۳۰ و ٦۰ کیلوگرم کود تعلق داشت (شکل ۹). با افزایش مصرف نیتروژن، تجمع ماده خشک افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده تأثیر نیتروژن بر رشد رویشی گیاه و افزایش عملکرد علوفه است. زندوکیلی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که با افزایش مصرف کود نیتروژن ماده خشک سورگوم و ارزن در نتیجه افزایش تعداد پنجه‌ها و سطح برگ افزایش یافت. ژائو و

همکاران (۲۰۰۶) در کشت مخلوط گندم و ذرت نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند. در شرایط عدم کاربرد کود نیتروژنه، عملکرد سورگوم در الگوی اول کاشت معادل عملکرد علوفه در کشت خالص بود، ولی در الگوهای دوم و سوم کشت بدون مصرف کود، عملکرد علوفه سورگوم کاهش معنی‌داری نسبت به کشت خالص پیدا کرد. کاهش عملکرد علوفه سورگوم در کشت مخلوط را می‌توان به کاهش تراکم، ارتفاع بوته و تعداد برگ آن نسبت داد (بورگی و همکاران ۲۰۱۳). تونا و اوراک (۲۰۰۷) کاهش عملکرد ذرت در کشت مخلوط با لگوم‌ها را به خاطر رقابت لگوم‌ها بر سر منبع غذایی و یا عدم انتقال نیتروژن نسبت داده‌اند.



شکل ۸- عملکرد کل علوفه سورگوم در برهمکنش الگوی کاشت و سطوح کود نیتروژن
N_0: بدون مصرف کود، N_{30}: مصرف ۳۰ کیلوگرم کود نیتروژن،N_{60}: مصرف ۶۰ کیلوگرم کود نیتروژن
حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.



شکل ۹- عملکرد کل علوفه سورگوم در کشت‌های خالص و مخلوط
S: سورگوم خالص، P_1: الگوی اول کشت، P_2: الگوی دوم کشت ، P_3: الگوی سوم کشت
حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.

وزن خشک ماشک گل خوشه‌ای در چین اول و دوم و مجموع دو چین

وزن خشک ماشک در چین اول تحت تأثیر سطوح کود و الگوی کاشت قرار گرفت (جداول ٤ و ٥)، ولی در چین دوم فقط بین الگوهای کاشت اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. مقایسه بین سطوح کود در چین اول و مجموع دو چین نشان داد (شکل‌های ۱۰ و ١٤) که بیشترین عملکرد به سطح سوم کود (٦٠ کیلوگرم در هکتار) تعلق داشت و بین عدم مصرف و مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار تفاوتی مشاهده نشد. افزایش مصرف کود باعث افزایش عملکرد علوفه خشک ماشک در چین اول و مجموع دو چین شده است. زندوکیلی و همکاران (۲۰۱۲) افزایش عملکرد دانه و علوفه لوبیا لیما[1] را با کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار گزارش کرده‌اند، ولی با مصرف بیشتر نیتروژن به دلیل کند شدن فرایند تثبیت نیتروژن آن‌هم به دلیل حساسیت باکتری‌های ریزوبیوم به نیتروژن، عملکرد لگوم کاهش معنی‌داری نشان داد. مقایسه الگوهای مختلف کاشت (شکل‌های ۱۱، ۱۲ و ۱۳) نشان داد که بیشترین عملکرد علوفه ماشک در چین اول و دوم و مجموع عملکرد دو چین به الگوی سوم کاشت تعلق داشت و الگوی اول و دوم کاشت بدون تفاوت معنی‌دار با همدیگر در رتبه بعدی قرار گرفتند. این تفاوت بین الگوهای کاشت به فضای موجود برای بوته‌های ماشک ارتباط دارد، از آن جایی که تراکم در هر سه الگوی کشت یکسان بود، در الگوی اول کاشت، ماشک در دو طرف پشته و در الگوی دوم کاشت در یک طرف پشته و در الگوی سوم در طرفین و روی پشته کشت گردید. بنابراین در الگوی سوم فضای موجود برای هر بوته ماشک بیشتر از دو الگوی دیگر بود که می‌تواند دلیل افزایش وزن خشک آن باشد. عملکرد علوفه سورگوم در الگوی اول و دوم کاشت بیشتر بود، در حالی که عملکرد علوفه ماشک در الگوی سوم کاشت بالاتر بود. این نتایج بیانگر این است که در الگوی کشتی که بوته‌های سورگوم رشد بیشتری داشته‌اند، اثرات رقابتی بیشتری را بر روی بوته ماشک اعمال کرده و موجب کاهش عملکرد آن شده است. مونتای و همکاران (۲۰۱٦) بیان کردند عملکرد گیاهان لگوم در کشت مخلوط با گراس‌های C_4 به دلیل رقابت برای نور (یانگ و همکاران ۲۰۱٤) کاهش معنی‌داری می‌یابند. کوردالی و همکاران (۱۹۹٦) تولید ماده خشک کمتر توسط ماشک علوفه‌ای در مخلوط جو و ماشک علوفه‌ای را به سایه‌اندازی جو نسبت دادند. کاهش عملکرد علوفه لگوم‌ها به کاهش معنی‌دار وزن خشک ساقه، برگ، غلاف و عملکرد دانه آن‌ها در کشت مخلوط نسبت داده می‌شود.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی ماشک گل‌خوشه‌ای به صورت فاکتوریل

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن خشک چین اول	وزن خشک چین دوم	وزن خشک مجموع دو چین
تکرار	۲	٤۳۹/٤۱^{ns}	۷/۷٥^{ns}	٥٤٦/٦۳^{ns}
سطوح کود	۲	۷۷٥۷/۰٥**	۱۰/۲٥^{ns}	۸۱۰۰/۷٦**
الگوی کاشت	۲	۲٥۹۷/۹٤*	۲٥/۲۹**	۳۱۳٤/٤۸**
سطوح کود×الگوی کشت	٤	٤٦۷/۷۲^{ns}	۳/۱۷^{ns}	٤٥۱/٥۱^{ns}
اشتباه آزمایشی	۱٦	٥۸۸/۷	۳/٤٦	٥۹٤/۹٥
ضریب تغییرات (درصد)		۱۳/۷۲	٥/۳۹	۱۱/٥٤

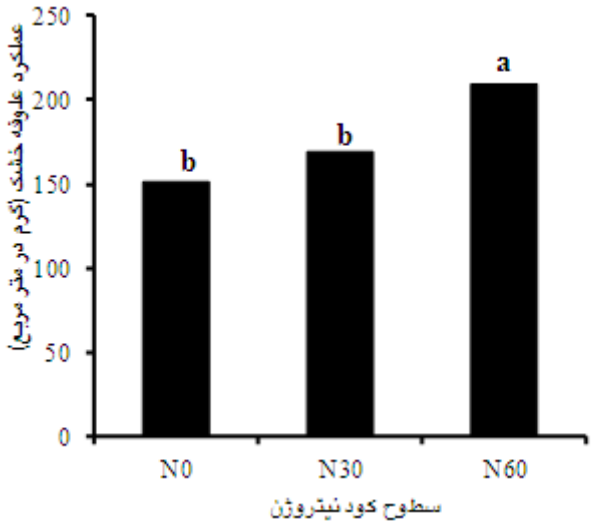
**،* و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱، ٥ درصد و عدم معنی‌دار می باشد.

[1] *Phaseolus lunatus*

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی ماشک به صورت بلوک‌های کامل تصادفی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن خشک چین اول	وزن خشک چین دوم	وزن خشک مجموع دو چین
تکرار	۲	۳۶۹/۸۶^{ns}	۱۰/۳۷	٤٨٥/٧^{ns}
تیمار	۱۱	۲۱۱۸/۸۷^{ns}	۱۱/٤٤**	۲۲۹۸/۳٤^{ns}
خالص‌ها در برابر مخلوط‌ها	۱	٤٦٩/٥^{ns}	۹/۷٥^{ns}	٦١٥/٠٤^{ns}
اشتباه آزمایشی	۲۲	۱٥۹٦/۱۹	۳/۲۹	١٦٠٨/٣٥
ضریب تغییرات		۲۲/۸٦	٥/۳۱	۱۹/۱۹

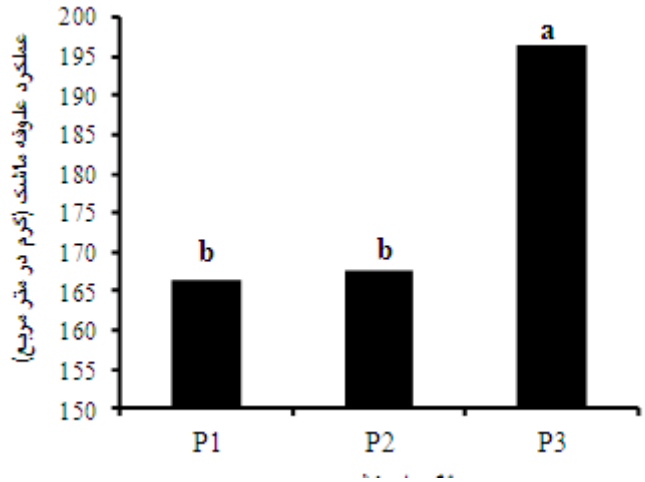
**، ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و عدم معنی‌دار می باشد.



شکل ۱۰- عملکرد علوفه خشک ماشک در چین اول در سطوح مختلف کود

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

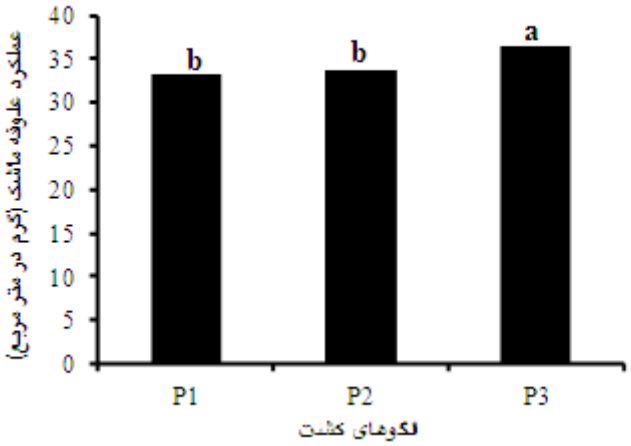
N_0: بدون مصرف کود، N_{30}: مصرف ۳۰ کیلوگرم کود نیتروژن،N_{60}: مصرف ۶۰ کیلوگرم کود نیتروژن



شکل ۱۱- عملکرد علوفه خشک ماشک در چین اول در الگوهای کشت

حروف متفاوت نشانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

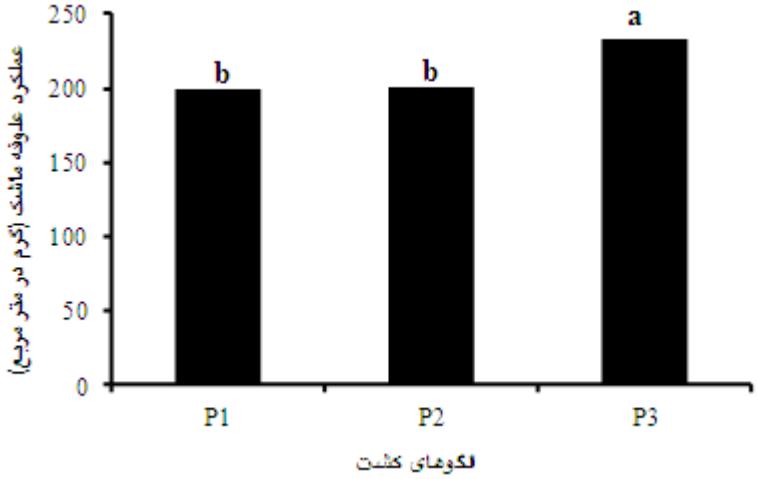
P_1: الگوی اول کشت، P_2: الگوی دوم کشت ، P_3: الگوی سوم کشت



شکل ۱۲- عملکرد علوفه خشک ماشک در چین دوم در الگوهای کاشت مختلف

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

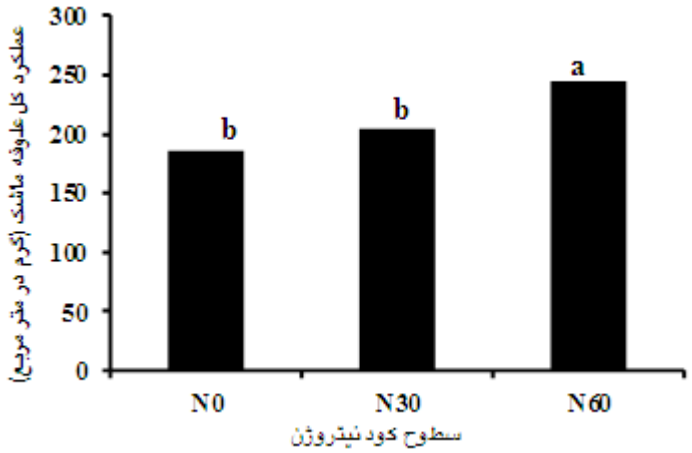
P_1: الگوی اول ، P_2: الگوی دوم ، P_3: الگوی سوم کشت.



شکل۱۳- عملکرد کل (محموع دو چین) علوفه ماشک در الگوهای کاشت مختلف

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

P_1: الگوی اول کشت، P_2: الگوی دوم کشت ، P_3: الگوی سوم کشت



شکل ۱۴- عملکرد کل علوفه ماشک در سطوح مختلف کود

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

N_0: بدون مصرف کود، N_{30}: مصرف ۳۰ کیلوگرم کود نیتروژن،N_{60}: مصرف ۶۰ کیلوگرم کود نیتروژن

شاخص های ارزیابی کشت مخلوط

نسبت برابری زمین، نسبت برابری زمین استاندارد و مجموع عملکرد نسبی

نسبت برابری زمین برای همه ترکیب‌های کشت مخلوط بیشتر از یک بود که نشان دهنده افزایش سودمند زراعی نسبت به کشت خالص دو گونه دارد. مقدار LER از ۱/٤۷ تا ۱/۹٤ متغیر بود (جدول ٦). بالاترین LER (۱/۹٤) به تیمار کشت مخلوط سورگوم با ماشک در الگوی اول کاشت بدون مصرف کود نیتروژن تعلق داشت. این بدان معنا است که ۹٤ درصد سطح زمین بیشتری در تک کشتی نیاز است تا عملکرد مشابه کشت مخلوط به دست آید.

با توجه به این که نسبت برابری زمین معمولی ممکن است برتری کشت مخلوط را بیش از حد واقعی نشان دهد، نسبت برابری زمین استاندارد محاسبه شد. دامنه LER استاندارد از ۱/۲۰ تا ۱/۹۲ متغیر بود. بیشترین و کمترین میزان نسبت برابری زمین استاندارد به ترتیب در الگوی دوم کاشت بدون مصرف کود و الگوی دوم کاشت با مصرف ٦۰ کیلوگرم کود نیتروژن مشاهده شد. سوبکویز و اسنایدی (۲۰۰٤) و محسن آبادی و همکاران (۲۰۰۸) در کشت مخلوط تریتیکاله با باقلا و جو با ماشک بالاترین LER را در حالت عدم مصرف کود نیتروژن گزارش کردند. براساس گزارش هاوگارد نیلسن و جنسن (۲۰۰۱) افزایش LER در مخلوط ارقام مختلف جو و نخود فرنگی، در شرایط بدون نیتروژن ۲۰ درصد و با کاربرد نیتروژن ۱۰ درصد بود. اختلافات مورفولوژیک گراس و لگوم و در نتیجه ایجاد اشکوب‌های متفاوت و استفاده مکملی از منابع، بهره-برداری بهتر از نور و یا افق‌های مختلف خاک می‌تواند دلیل LER بزرگتر از یک باشد (ژائو و همکاران ۲۰۰٦). قنبری بنجار و لی (۲۰۰۲) گزارش کردند که افزایش LER در کشت مخلوط به بیشتر از یک به‌دلیل افزایش جذب نیتروژن است. نقش اختلافات مورفولوژیک در دستیابی به LER و RYT بالاتر و در نتیجه سودمندی کشت مخلوط توسط بورگی و همکاران (۲۰۱۳) در کشت مخلوط سورگوم –Palisade grass[1]، سورگوم–Guinea grass[2]، مونتای و همکاران (۲۰۱٦) در مخلوط نخود فرنگی – غلات نیز گزارش شده است.

1- *Brachiaria brizantha*
2- *Panicum maximum*

مجموع ارزش نسبی

بر اساس جدول ٦، مقادیر RVT فقط در الگوهای کاشت اول و دوم بدون مصرف کود نیتروژن بیشتر از یک بود، که نشان دهنده سودمندی اقتصادی این کشت-های مخلوط نسبت به کشت‌های خالص می‌باشند. بیشترین سودمندی اقتصادی در الگوی اول کاشت و بدون مصرف کود (۱/۱٤) حاصل شد. این ترکیب در حدود ۱٤ درصد افزایش درآمد ناخالص را نسبت به کشت خالص دارا بود. مشاهده می‌شود با افزایش عملکرد نسبی سورگوم به دلیل مناسب‌تر بودن جهت سیلو و در نتیجه قیمت بیشتر آن، مجموع ارزش نسبی افزایش می‌یابد. بورگی و همکاران (۲۰۱۳) در کشت مخلوط سورگوم با گیاهان علوفه‌ای چندساله نتیجه گرفتند که بیشترین و کمترین درآمد به ترتیب در کشت مخلوط سورگوم و کشت خالص آن به دست آمد. به طوری که درآمد در کشت مخلوط همزمان سورگوم با گیاهان علوفه‌ای چندساله، ۳/٤ برابر بیشتر از درآمد کشت خالص سورگوم بود. کروسایول و همکاران (۲۰۱۲) در کشت مخلوط سویا با گراس‌های چندساله، میزان افزایش درآمد را در مقایسه با کشت خالص ٦۰ درصد گزارش کردند.

جدول ۶- مقادیر نسبت برابری زمین معمولی، استاندارد، عملکرد نسبی و مجموع ارزش نسبی در کشت مخلوط سورگوم و ماشک

ترکیبات تیماری	مجموع ارزش نسبی	نسبت برابری زمین استاندارد	نسبت برابری زمین	مجموع عملکرد نسبی	عملکرد نسبی ماشک	عملکرد نسبی سورگوم
الگوی کشت ۱ بدون کاربرد کود	۱/۱٤	۱/۳٦	۱/۹٤	۱/۹٤	۰/۹	۱/۰٤
الگوی کشت ۲ بدون کاربرد کود	۱/۰۱	۱/۲۰	۱/٦۷	۱/٦۷	۰/۸٤	۰/۸۳
الگوی کشت ۳ بدون کاربرد کود	۰/۹	۱/۳۷	۱/۷٦	۱/۷٦	۱/۱۳	۰/٦۳
الگوی کشت ۱ با کاربرد ۳۰ کیلوگرم کود	۰/۷۵	۱/٤٦	۱/۵٦	۱/۵٦	۰/۹٤	۰/٦۲
الگوی کشت ۲ با کاربرد ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود	۰/۵۸	۱/٤۰	۱/٤۷	۱/٤۷	۱/۰۳	۰/٤٤
الگوی کشت ۳ با کاربرد ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود	۰/٦٦	۱/۵۰	۱/۵۷	۱/۵۷	۱/۰٦	۰/۵۱
الگوی کشت ۱ با کاربرد ٦۰ کیلوگرم در هکتار کود	۰/۹۲	۱/۸٦	۱/۸٦	۱/۸٦	۱/۱۰	۰/۷٦
الگوی کشت ۲ با کاربرد ٦۰ کیلوگرم در هکتار کود	۰/۹۹	۱/۹۲	۱/۹۲	۱/۹۲	۱/۱۱	۰/۸۱
الگوی کشت ۳ با کاربرد ٦۰ کیلوگرم در هکتار کود	۰/۸٦	۱/۸٤	۱/۸٤	۱/۸٤	۱/۲٦	۰/۵۸

الگوی کاشت ۱: کاشت سورگوم علوفه‌ای در وسط پشته‌ها و کاشت ماشک گل خوشه‌ای در طرفین پشته‌ها، الگوی کاشت ۲: کاشت سورگوم علوفه‌ای در یک طرف پشته‌ها و کاشت ماشک گل خوشه‌ای در طرف دیگر پشته‌ها، الگوی کاشت ۳: کاشت سورگوم علوفه‌ای در وسط پشته‌ها و کاشت ماشک گل خوشه‌ای در طرفین و روی پشته‌ها

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که در شرایط عدم مصرف کود و سطح متوسط مصرف کود (۳۰ کیلوگرم در هکتار)، بیشترین عملکرد علوفه سورگوم در الگوی اول کاشت یعنی کاشت ماشک در طرفین سورگوم به دست آمد و در سطح سوم کود (٦۰ کیلوگرم در هکتار) نیز الگوی اول همراه با الگوی دوم کشت (کشت سورگوم در یک طرف پشته و کاشت ماشک در طرف دیگر پشته) در جایگاه برتر بودند. بیشترین عملکرد علوفه ماشک در چین اول و دوم و مجموع عملکرد دو چین به الگوی سوم کشت (کاشت ماشک در دو طرف

پشته و همچنین روی پشته‌ها) تعلق داشت و الگوی اول و دوم کشت بدون تفاوت معنی‌دار با همدیگر در رتبه بعدی قرار گرفتند. شاخص نسبت برابری زمین نیز سودمندی بیشتر کشت مخلوط را تأیید می‌کند، به طوری که در تمام تیمارها LER بالاتر از یک بود. همچنین بالاترین نسبت برابری زمین استاندارد به الگوی دوم کشت با مصرف ٦٠ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار تعلق داشت. مقادیر مجموع ارزش نسبی (RVT) فقط در الگوهای اول و دوم کشت بدون مصرف کود بالاتر از یک بدست آمد که نشان دهنده سودمندی اقتصادی این کشت‌های مخلوط نسبت به کشت‌های خالص و سایر کشت‌های مخلوط است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کشت مخلوط سورگوم با ماشک گل خوشه‌ای در الگوی اول و دوم کشت بدون مصرف کود علاوه بر ایجاد تنوع در اکوسیستم‌های کشاورزی و همچنین ایجاد پایداری تولید، در افزایش درآمد اقتصادی و بهره‌وری استفاده از زمین‌های کشاورزی به طور قابل ملاحظه‌ای می‌تواند مؤثر باشد.

منابع مورد استفاده

Amirmardfar A, Dabbagh Mohammadi Nasab A, Raei Y, Khaghaninia S, Amini R, Tabataba Vakili S, 2015. Evaluation of yield and yield components of oil seed rape in the wheat-oil seed rape strip intercropping influenced by chemical and biological fertilizers. Journal of Crop Ecophysiology, 8 (4): 437-450. (In Persian).

Abou- Hussein SD, Salman SR, Adel- Mawgoud AMR, Ghoname AA, 2005. Produtivity, quality and profit of sole or intercropping green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crop. Journal of Agronomy, 2: 151-155.

Banik P, Midya A, Sarkar BK, Ghose SS, 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in on additive experiment: Advantages and weed smothering. European Journal of Agronomy, 24: 325-332.

Borghi E, Crusciol CAC, Nascente AS, Sousa VV, Martins PO, 2013. Sorghum grain yield, forage biomass production and revenue as affected by intercropping time. European Journal of Agronomy, 51: 130-139.

Brophy LS, Heichel GH, Russelle MP, 1987. Nitrogen transfer from forage legumes grass in a systematic planting design. Crop Science, 27: 553-558.

Chaichi MR, Daryaei F, 2008. An evaluation of forage yield in sole and intercropping of sorghum and alfalfa and its effect on weed biomass. Iranian Journal of Field Crop Science, 39 (1): 137-143.

Chapagain T, Riseman A, 2014. Barley-pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogn transformations. Field Crops Research, 166: 18-25.

Crusciol CAC, Mateus GP, Nascente AS, Martins PO, Borghi E, Pariz CM, 2012. An innovative crop-forage intercrop system: early cycle soybean cultivars and palisade grass. Agronomy Journal, 104:1085-1095.

Ghanbari-Bonjar A, Lee HC, 2002. Intercropped (*Vicia faba*) and wheat (*Triticum aestivum*) for whole crop forage: effect of nitrogen on forage yield and quality. Journal of Agricultural Science, 138: 311–315.

Hauggaard-Nielsen H, Jensen ES, 2001. Evaluating pea and barley cultivars for complementarily in intercropping at different levels of soil N availability. Field Crops Research, 72: 185- 196.

Ibrahim M, Ayub M, Maqbool MM, Nadeem SM, Haq T, Hussain S, Ali A, lauriault LM. 2014. Forage yield components of irrigated maize-legume mixtures at varied seed ratios. Field Crop Research, 169: 140-144. (In Persian).

Jahansooz MR, Mohsenabadi G, 2013. Evaluation of yield and radiation use efficiency in intercropping of barley and vetch in different nitrogen levels. Iranian Journal of Field Crop Science, 44 (3): 419-427. (In Persian).

Javanmard A, Dabbagh Mohammadi Nasab A, Javanshir A, Moghadam M, Janmohammadi M, Nasiri Y, Shekari F, 2013. Evaluation of some agronomic and physiological traits and forage quality in maize-legume intercropping as double cropping. Journal of sustainable Agriculture and Production Science, 23 (2): 1-19. (In Persian).

Kurdali F, Sharabi NE, Arslan A, 1996. Rainfed vetch-barley mixed cropping in the Syrian semi - arid conditions. I. Nitrogen nutrition using15N isotopic dilution. Plant and soil, 183:137-148. (In Persian).

Larbi A, El-Moneim AMA, Nakkoul H, Jammal B, Hassan S. 2011. Intra-species variations in yield and quality determinates in *Vicia* species: 3. Common vetch (*Vicia sativa* ssp. *Sativa* L.). Animal Feed Science and Technology, 164: 241-251.

Mansouri-Far C, Modarres Sanavy SAM, Saberali SF, 2010. Maize yield response to deficit irrigation during low-sensitive growth stages and nitrogen rate under semi-arid climatic conditions. Agricultural Water Management, 97:12–22. (In Persian).

Mohsenabadi GHR, Jahansooz MR, Chaichi MR, Rahimian Mashhadi H, Liaghati AM, Savaghebi GR, 2008. Evaluation of barley-vetch intercrop at different nitrogen rates. Journal of Agricutural Science Technology, 10: 23-31. (In Persian).

Monti M, Pellicano A, Santonoceto C, Preiti G, Pristeri A, 2016. Yield components and nitrogen use in cereal- pea intercrops in Mediterranean environment. Field Crops Research, 379-388.

Nasiri Mahallati M, Koocheki A, Mondani F, Feizi H, Amirmoradi S, 2015. Determination of optimal strip width in strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Northeast Iran. Journal of Cleaner Production, 106: 343-350. (In Persian).

Ofori F, Stern WR, 1987. Cereal- legume intercropping system. Advances in Agronomy, 41: 41-90.

Rezaei E, Dabbagh Mohammadi Nasab A, Ghasemi-Golezani K, Aharizad S, 2011. Study of some Agronomical characteristics of maize in intercropping with faba bean. Journal of sustainable Agriculture and Production Science, 21 (1): 1-16. (In Persian).

Salvagiotti F, Cassman KG, Specht JE, Walters DT, Weiss A, Dobermann A, 2008. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. Field Crops Research, 108:1-13.

Siam HS, Abd-El-Kader GM, El-Alia HI, 2008. Yield and yield components of maize as affected by different sources and application rates of nitrogen fertilizer. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 4(5): 399-412.

Sobkowicz P, Śniady R, 2004. Nitrogen uptake and its efficiency in triticale (*Triticosecale* Witt.) field beans (*Vicia faba* var. minor L.) intercrop. Plant, Soil and Environment, 50 (11): 500–506.

Tomar TS, Mackenzie AF, Mehuys GR, Ali I, 1988. Corn growth with foliar nitrogen, soil applied nitrogen, and legume intercrops. Agronomy Journal, 80: 800-807.

Tuna C, Orak A, 2007. The role of intercropping on yield potential of common vetch (*Vicia sativa* L.)/oat (*Avena sativa* L.) cultivated in pure stand and mixtures. Journal of Agricultural and Biological Science, 2: 14-19.

Willey RW, 1990. Resources use in intercropping systems. Agricultural Water Management, 17: 215-231.

Xiao Y, Li L, Zhang F, 2004. Effect of root contact on interspecific competition and N transfer between wheat and faba bean using direct and indirect ^{15}N techniques. Plant and Soil, 262: 45-54.

Yang F, Huang S, Gao R, Liu W, Yong T, Wang X, Wu X, Yang W, 2014. Growth of soybean seedling in relay strip intercropping systems in relation to light quantity and red: far- red ratio. Field Crops Research, 155: 245-253.

Zandvakili OR, Allahdadi I, Mazaheri D, Akbari GA, Jahanzad E, Mirshekari M, 2012. Evaluation of quantitative and qualitative traits of forage sorghum and lima bean under different nitrogen fertilizer regimes in additive- replacement series. Journal of Agricultural Science, 4:223- 235. (In Persian).

Zhao RF, Chen XP, Zhang HL, Zhang FS, Romheld V, 2006. Fertilization and nitrogen balance in a wheat-maize rotation system in North China. Agronomy Journal, 98: 938-945.