

## ارزیابی الگوهای مختلف کشت مخلوط سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) با ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia villosa* L.) در سطوح مختلف کود نیتروژن

### Evaluation of different intercropping patterns of forage sorghum (*Sorghum bicolor*) and vetch (*Vicia villosa*) different nitrogen fertilizer levels

عبدالله جوانمرد<sup>۱</sup>، جلال آرژه<sup>۲</sup>، عادل دباغ محمدی نسب<sup>۳</sup>، طه ایزان<sup>۴</sup>

۱-استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

۲-دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۳-استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۴-دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

مسئول مکاتبه: A.javanmard@maragheh.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۷/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۱۵

#### چکیده

به‌منظور بررسی الگوهای مختلف کاشت مخلوط سورگوم علوفه‌ای و ماشک گل خوشه‌ای در سطوح مختلف کود نیتروژن، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۵ تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه مراغه در سال زراعی ۱۳۹۲ 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 که کاربرد کود نیتروژنه موجب افزایش وزن خشک سورگوم علوفه‌ای شد و حداکثر عملکرد علوفه سورگوم در الگوی اول کاشت ( $P_1$ ) به‌دست آمد. در هر دو چین حداکثر عملکرد علوفه خشک ماشک گل خوشه‌ای در الگوی سوم کاشت ( $P_3$ ) با مصرف ۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (۳۷۱/۷ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد. بالاترین مقدار نسبت برابری زمین (۱/۹۴) و مجموع ارزش نسبی (۱/۱۴) متعلق به ترکیب تیماری الگوی اول کاشت بدون مصرف کود نیتروژن بود. 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 خشک سورگوم، ترکیب الگوی اول کاشت با عدم مصرف کود بر سایر الگوهای کاشت برتری داشت.

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

## مقدمه

هر یک از دو گیاه برخوردار بود و بیشترین عملکرد علوفه از کشت مخلوط ۷۵ درصد سورگوم + ۲۵ درصد یونجه به دست آمد که این ترکیب ضمن تولید علوفه حداکثر به علت اختلاط گراس و لگوم از کیفیت خوبی نیز برخوردار بود.

پیلیبیم و همکاران (Pilbem *et al.*, 1994) با مطالعه کشت مخلوط ذرت و لوبیا، مشاهده کردند که در تمامی الگوهای کشت مخلوط، نسبت برابری زمین بزرگتر از یک بود که نشان دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک کشتی این دو گونه است. طبق نظر دانسو و همکاران (Danso *et al.*, 1987) لگومها در کشت مخلوط ۹۲ درصد نیتروژن مورد نیاز خود را از راه تثبیت زیستی تأمین می کنند، بنابراین یکی از مشکلات اساسی در کشت مخلوط گرامینهها با لگومها تعیین میزان مطلوب نیتروژن جهت تولید حداکثری علوفه می باشد. میزان بهینه کود نیتروژن 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 می شود (Ganbari-bonjar & Lee, 2002).

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، می باشد، کشت مخلوط آن با گیاهان علوفه ای از قبیل ماشک گل خوشه ای یک روش با ارزش جهت افزایش تنوع و استفاده مؤثرتر از زمین در طول سال بدون کاهش عملکرد دانه و علوفه سورگوم و در تعدادی موارد افزایش تولید دانه و علوفه آن می باشد (Borghi *et al.*, 2013). از بین عناصر غذایی، نیتروژن به عنوان یک عنصر پر مصرف و به علت نقش داشتن در ساخت اسیدهای آمینه، آمیدها، نوکلئوتیدها، نوکلئوپروتئینها، آنزیمها، تقسیم سلولی، افزایش رشد سبزینه ای، رشد و توسعه متعادل گیاه، افزایش در شدت رنگ سبز برگها، افزایش میزان پروتئینهای گیاهی و افزایش تولید میوه و دانه مهمترین و ضروری ترین عنصر در تغذیه گیاهان می باشد. از طرفی برای استفاده گیاه زراعی از نور برای

امروزه روند رو به افزایش تخریب منابع آب، خاک و محیط زیست در اثر کاربرد بی رویه مواد شیمیایی در کشاورزی و روش های 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 می باشد (Yang *et al.*, 2014). با توجه به محدودیت اراضی قابل کشت در ایران و سایر کشورها، سیستم کشت مخلوط با تولید دو یا چند گیاه زراعی به طور همزمان و در سطح مشترک به عنوان یکی از مؤلفه های کشاورزی پایدار در جهت اهداف مذکور حائز اهمیت ویژه است (Borghi *et al.*, 2013).

ویلی (Willy, 1990) کشت مخلوط را یک روش اقتصادی جهت تولید بالاتر با سطوح نهاده های خارجی کمتر می داند. این افزایش کارایی مصرف، به ویژه برای کشاورزان خرده پا و همچنین در مناطق برخوردار از طول فصل رشد کوتاه اهمیت بسیار دارد. در بسیاری از آزمایش های کشت مخلوط که اجزای مخلوط را یک گونه از بقولات و گونه دیگر را غلات تشکیل می دهند، عملکرد مخلوط نسبت به تک کشتی برتری نشان داده است (Morris & Garrity, 1993)، در این باره می توان به کشت مخلوط ذرت- لوبیا چشم بلبلی (Mohsenabadi *et al.*, 2008) و ذرت با ماشک گل خوشه ای، شبدر برسیم، لوبیا و گاودانه (Javanmard *et al.*, 2013) اشاره نمود. کامار و همکاران (Qamar *et al.*, 1999) در تحقیقی روی کشت مخلوط ماشک و جو نتیجه گرفتند که کشت مخلوط نسبت به کشت خالص عملکرد علوفه بالاتری داشت. چائی چی و دریایی (Chaichi & Daryaei, 2008) دریافتند که تولید علوفه در کشت مخلوط یونجه و سورگوم از ثبات بیشتری نسبت به تک کشتی

سورگوم علوفه‌ای در وسط پشته و کاشت ماشک گل خوشه‌ای در طرفین و روی پشته‌ها ( $P_2$ ) است. بنابراین آزمایش با ۱۵ تیمار، شامل ۶ تیمار کشت‌های خالص و ۹ تیمار برای ترکیب تیماری کشت‌های مخلوط انجام گرفت.

ابعاد کرت‌ها  $4 \times 5$  متر بود و هر کرت دارای ۶ ردیف (پشته) با فواصل ۶۰ سانتی‌متر و به طول ۵ متر بود. برای ایجاد یکنواختی در داخل بلوک، بلوک‌ها به دو بخش شکسته شد. به منظور جلوگیری از آشنویی و انتقال نیتروژن به بلوک‌های بعدی بلوک‌ها با یکدیگر  $1/5$  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 ۲۵۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. برداشت چین اول ماشک گل خوشه‌ای ۸۳ روز پس از کاشت در مرحله ۱۰ درصد گلدهی و برداشت چین دوم ماشک گل خوشه‌ای ۱۶۴ 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  $5/4$  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 به صورت جداگانه خشک شدند. نمونه‌های برداشت شده به آزمایشگاه منتقل شده و در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد 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 معادله (۱) و نسبت برابری زمین استاندارد طبق معادله (۲) (Yang et al., 2014)

تولید بیوماس و متعاقب آن دانه، گیاه باید ذخیره کافی از نیتروژن را در برگ‌های خود داشته باشد (Salvagiotti et al., 2008) که این امر مستلزم فراهم نمودن نیتروژن قابل دسترس در مزرعه می‌باشد. با توجه به این که لازم است در سیستم‌های کشاورزی کم نهاده مدیریت تغذیه گیاهی در جهت افزایش و پایداری تولید باشد و همچنین سبب حفظ محیط زیست گردد، پژوهش حاضر با هدف مطالعه اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط و سطوح مختلف کود نیتروژن 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

آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه (ارتفاع از سطح دریا ۱۴۷۷ متر، طول و عرض جغرافیایی به ترتیب ۴۶ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۲۴ دقیقه عرض شمالی) اجرا شد. قبل از شروع آزمایش، به منظور 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 به صورت نواری به خاک اضافه گردید.

آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید. فاکتورها عبارتند از: سطوح مختلف کود نیتروژن که شامل عدم مصرف کود ( $N_0$ )، مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص ( $N_{30}$ )، مصرف ۶۰ 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 ( $P_1$ )، کاشت سورگوم علوفه‌ای در یک طرف پشته و کاشت ماشک گل خوشه‌ای در طرف دیگر پشته ( $P_2$ ) و کاشت

مجموع ارزش نسبی (RVT) از معادله (۳) استفاده شد (Ghosh, 2004).

$$LER = RYT = RY_a + RY_b = (Y_{ab}/Y_{aa}) + (Y_{ba}/Y_{bb}) \quad \text{معادله ۱}$$

$Y_{ab}$ : عملکرد علوفه خشک سورگوم در کشت مخلوط،  
 $Y_{ba}$ : عملکرد علوفه خشک ماشک در کشت مخلوط،  
 $Y_{aa}$ : عملکرد علوفه خشک سورگوم در کشت خالص،  
 $Y_{bb}$ : عملکرد علوفه خشک ماشک در کشت خالص.

$$LERS = (Y_{ab}/Max.Y_{aa}) + (Y_{ba}/Max.Y_{bb}) \quad \text{معادله ۲}$$

$Y_{ab}$ : عملکرد علوفه خشک سورگوم در کشت مخلوط،  
 $Max.Y_{aa}$ : حداکثر عملکرد علوفه خشک سورگوم در کشت خالص،  
 $Y_{ba}$ : عملکرد علوفه خشک ماشک در کشت مخلوط،  
 $Max.Y_{bb}$ : حداکثر عملکرد علوفه خشک ماشک در کشت خالص.

$$RVT = (aP_1 + bP_2/am_1) \quad am_1 > bm_2 \quad \text{معادله ۳}$$

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  $M_1$  و  $M_2$  حداکثر عملکرد علوفه خشک سورگوم و ماشک در کشت خالص است.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک مزرعه آزمایش

Table 1. Results of soil analysis of the experimental field

پتاسیم قابل دسترس (میلی گرم بر کیلوگرم)	فسفر قابل دسترس (میلی گرم بر کیلوگرم)	درصد مواد آلی (O.C (%))	نیترژن کل (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) ( $EC \times 10^3$ (dS/m))	اسیدیته (pH)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	بافت خاک
590.1	59.4	1.32	0.13	0.409	7.46	40	38	18	لوم رسی Clay loam

### نتایج و بحث

#### ارتفاع بوته

الگوی کاشت بر ارتفاع بوته سورگوم در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی داری داشت (جدول تجزیه واریانس نشان داده نشده است). بیشترین ارتفاع سورگوم در الگوی دوم کشت (کشت ماشک در یک طرف سورگوم) بدون تفاوت معنی دار 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 معنی داری نشان نداد (شکل ۱). اختلاف میان کمترین و بیشترین ارتفاع بوته سورگوم در کشت مخلوط ناشی از رقابت برون گونه‌ای 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

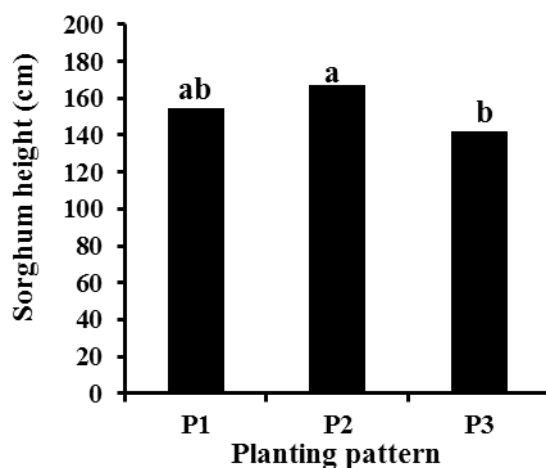
تجزیه واریانس داده‌های حاصل پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌های آزمایش به دو صورت انجام گرفت. در حالت اول، تجزیه داده‌ها با هدف مشخص کردن تفاوت بین تیمارهای کشت مخلوط و تیمارهای کشت خالص بصورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت. در حالت دوم تیمارهای کشت خالص وارد محاسبات نشدند و آزمایش بصورت فاکتوریل 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.

۲۰۲/۱) سانتیمتر) در کشت خالص سورگوم با مصرف ۶۰ کیلوگرم کود نیتروژن مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با سایر سطوح کود نیتروژن 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 (Abou- Hussein *et al.*, 2005) یکی از دلایل کاهش ارتفاع گیاهان را در مخلوط با لگوم‌ها را به خاطر رقابت برای جذب نیتروژن توسط گونه غیرلگوم نسبت دادند. ایوب و همکاران (Ayub *et al.*, 2004) در کشت مخلوط سورگوم با لوبیا بیشترین ارتفاع سورگوم را در کشت خالص مشاهده کردند. همچنین در کشت مخلوط ذرت- سویا (Ahmad *et al.*, 2007) و سورگوم- شبدربرسیم (Raei *et al.*, 2007)، ارتفاع بوته ذرت و سورگوم در کشت خالص بلندتر از ارتفاع این گیاهان در کشت مخلوط بود.

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 (Tuna & Orak, 2007). 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 (Yang *et al.*, 2014). عدم افزایش ارتفاع بوته در تراکم‌های بالاتر از حد مطلوب، احتمالاً به دلیل محدودیت تولید مواد فتوسنتزی بر اثر محدودیت آب و عناصر غذایی است (Moll & Kamparth, 1977). نتایج تجزیه واریانس به صورت بلوک کامل تصادفی 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



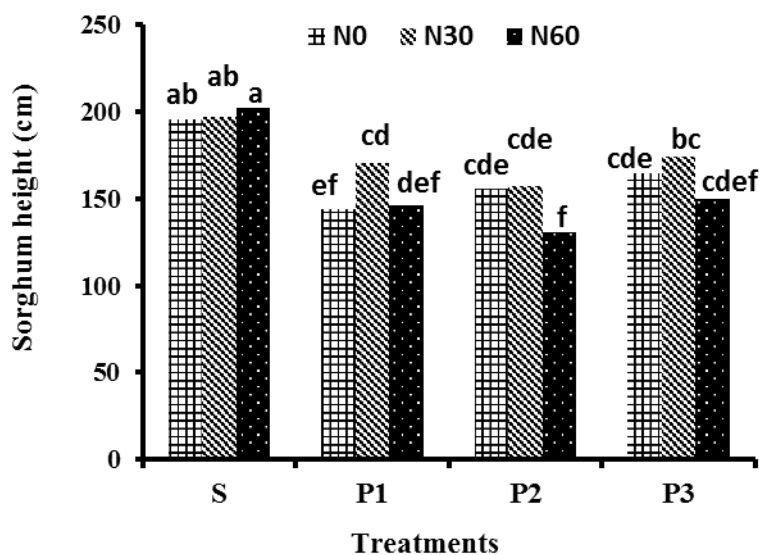
شکل ۱- ارتفاع بوته سورگوم در الگوهای کاشت مختلف

P<sub>1</sub>: الگوی کشت اول، P<sub>2</sub>: الگوی کشت دوم، P<sub>3</sub>: الگوی کشت سوم.

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

**Fig 1- Plant height of sorghum in different planting pattern.**

P<sub>1</sub>: First planting patterns, P<sub>2</sub>: Second planting patterns, P<sub>3</sub>: Third planting patterns. Dissimilar letters indicate significant differences at the 5% level according to Duncan's test.



شکل ۲- ارتفاع بوته سورگوم در کشت‌های خالص و مخلوط.

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

Fig 2- Plant height of sorghum in mono and intercrops.

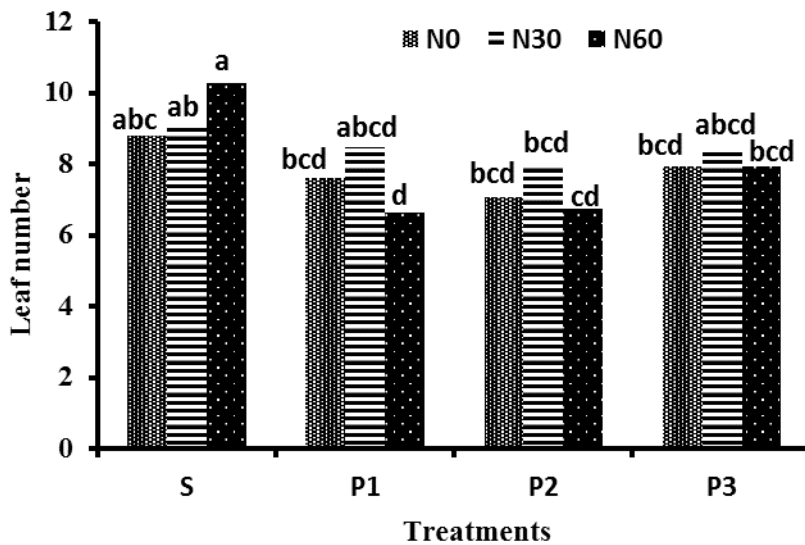
Dissimilar letters indicate significant differences at the 5% level according to Duncan's test.

و همکاران (Abou- Hussein *et al.*, 2005) در کشت مخلوط لوبیا- پیاز- کاهو، تعداد برگ لوبیا در کشت مخلوط کمتر از کشت خالص بدست آمد. نتیجه مشابهی توسط عبدالجواد و همکاران (Abdel- Gawad *et al.*, 1985) در کشت مخلوط ذرت با سویا گزارش شده است. آنان کاهش تعداد برگ ذرت در کشت مخلوط را به خاطر کاهش ارتفاع بوته ذرت (عدم افزایش رشد میانگره‌ها) ناشی از رقابت برون‌گونه‌ای در کشت مخلوط با سویا نسبت دادند. از آنجایی که بین ارتفاع بوته و تعداد برگ در بوته همبستگی نزدیکی وجود دارد. به نظر می‌رسد در تحقیق حاضر نیز کاهش ارتفاع بوته و تعداد برگ سورگوم در کشت مخلوط ناشی از رقابت برون‌گونه‌ای بوده است.

#### تعداد برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس به صورت بلوک‌های کامل تصادفی 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 (Coaldrake, 1985). به‌طور کلی میانگین تعداد برگ در کشت‌های خالص بیشتر از کشت‌های مخلوط بود.

رضایی چیانه و همکاران (Rezaei-Chianeh *et al.*, 2011) 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



شکل ۳- تعداد برگ سورگوم در کشت‌های خالص و مخلوط.

N<sub>0</sub>: بدون مصرف کود، N<sub>30</sub>: مصرف ۳۰ کیلوگرم کود نیتروژن، N<sub>60</sub>: مصرف ۶۰ کیلوگرم کود نیتروژن، S: سورگوم خالص، P<sub>1</sub>: الگوی اول کشت، P<sub>2</sub>: الگوی دوم کشت، P<sub>3</sub>: الگوی سوم کشت.

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

Fig 3- Leaf number of sorghum in in monocultures and intercrops.

N<sub>0</sub>: no nitrogen fertilizer application, N<sub>30</sub>: 30kg nitrogen fertilizer application, N<sub>60</sub>: 60 kg nitrogen fertilizer application, S: Sorghum monoculture, P<sub>1</sub>: First planting pattern, P<sub>2</sub>: Second planting pattern, P<sub>3</sub>: Third planting pattern.

Dissimilar letters indicate significant differences at the 5% level according to Duncan's test.

۶۰ کیلوگرم نیتروژن مؤثرتر از الگوی سوم کشت بوده‌اند.

نتایج تجزیه واریانس به صورت بلوک کامل تصادفی نشان داد که بین تیمارهای کشت خالص و مخلوط اختلاف معنی داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. بیشترین وزن خشک برگ سورگوم به تیمار کشت خالص سورگوم با مصرف ۶۰ کیلوگرم کود نیتروژن متعلق بود. تیمار کشت خالص سورگوم با مصرف ۳۰ کیلوگرم نیتروژن تفاوت معنی داری با تیمار الگوی دوم کشت همراه مصرف ۶۰ کیلوگرم نیتروژن نداشت (شکل ۵). برخی 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 (Coaldrake, 1985) و برخی دیگر نقش نیتروژن را به توسعه مراحل نمو نسبت می‌دهند که در مراحل بعدی به دلیل افزایش شاخص

### وزن خشک برگ سورگوم

وزن خشک برگ سورگوم تحت تأثیر معنی دار سطوح کود، الگوی کاشت، ترکیب تیماری سطوح کود و الگوی کاشت در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. 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 ۶۰ کیلوگرم نیتروژن مربوط بود که با ترکیب تیماری N<sub>60</sub>.P<sub>1</sub> (مصرف ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در الگوی اول کاشت) تفاوت معنی داری نداشت. کمترین میزان وزن خشک برگ هم به تیمار N<sub>0</sub>P<sub>3</sub> (کاشت سورگوم علوفه‌ای در وسط پشته‌ها و کاشت ماشک گل خوشه‌ای در طرفین و روی پشته‌ها بدون مصرف کود نیتروژن) تعلق داشت (شکل ۴). با ثابت ماندن سطوح کود نیتروژن 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

افزایش عملکرد گیاه می‌گردد (Coaldrake, 1985). منصورى فر و همکاران (Mansouri-Far *et al.*, 2010) یکی از دلایل افزایش عملکرد به موازات مصرف نیتروژن را افزایش میزان کلروفیل در برگ گیاهان ذکر 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. در این باره چاندل و همکاران (Chandel *et al.*, 2010) گزارش کردند که مصرف نیتروژن در اطراف محیط ریشه سبب افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه می‌گردد.

### عملکرد خشک کل

عملکرد خشک علوفه سورگوم همانند وزن خشک ساقه و برگ به کاربرد کود نیتروژنه و الگوی کاشت واکنش نشان داد. به طوری که در شرایط عدم کاربرد کود و سطح متوسط کود، بیشترین عملکرد 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). در شرایط عدم کاربرد کود نیتروژن، میزان تثبیت نیتروژن توسط لگوم‌ها افزایش می‌یابد و به تبع آن به دلیل انتقال نیتروژن اغلب منجر به افزایش عملکرد گونه همراه می‌شود (Sobkowicz, 2004). (Śniady, 2004).

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 (Brophy *et al.*, 1987) نتیجه گرفتند که سهم زیادی از نیتروژن گیاهان گرامینه در کشت مخلوط از لگوم‌ها تأمین می‌شود. ایگلیشما و همکاران (Eagleshma *et al.*, 1981) گزارش کردند که ۲۴/۶ درصد از نیتروژن تثبیت شده توسط لوبیا چشم بلبلی به ذرت منتقل می‌شود. همچنین، کسباو و همکاران (Xiao *et al.*, 2004) نتیجه گرفتند که بیش از ۵ درصد نیتروژن تثبیت شده باقلا به گندم انتقال داده می‌شود.

سطح برگ (LAI)، تدوام سطح برگ و دریافت انرژی نورانی بیشتر منجر به تولید ماده خشک بیشتر می‌شود (Siam *et al.*, 2008).

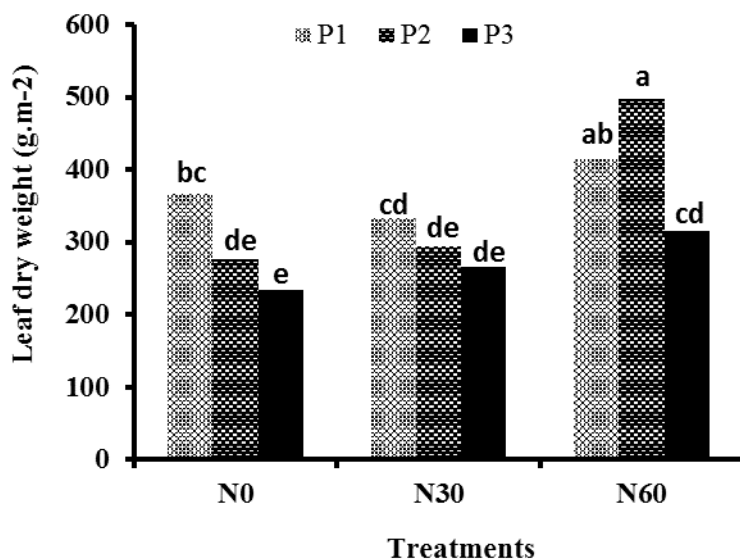
### وزن خشک ساقه سورگوم

سطح کود، الگوی کاشت و ترکیب تیماری الگوی کاشت × سطح کود تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک ساقه در سطح احتمال یک درصد داشتند. 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 ۶۰ کیلوگرم نیتروژن مربوط بود و کمترین میزان هم به الگوی سوم کاشت بدون مصرف کود تعلق داشت (شکل ۶). 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 ملاحظه کرد، به طوری که حضور بوته‌های ماشک در دو طرف بوته‌های سورگوم (الگوی اول کاشت) نسبت به قرارگیری ماشک در یک طرف سورگوم موجب افزایش معنی‌دار عملکرد ساقه سورگوم گردید (شکل ۶).

نتایج تجزیه واریانس به صورت بلوک کامل تصادفی 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 ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود و کمترین میزان وزن خشک ساقه سورگوم در الگوی کشت سوم و بدون مصرف کود مشاهده شد (شکل ۷). نیتروژن به علت 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 آسیملات‌ها سبب

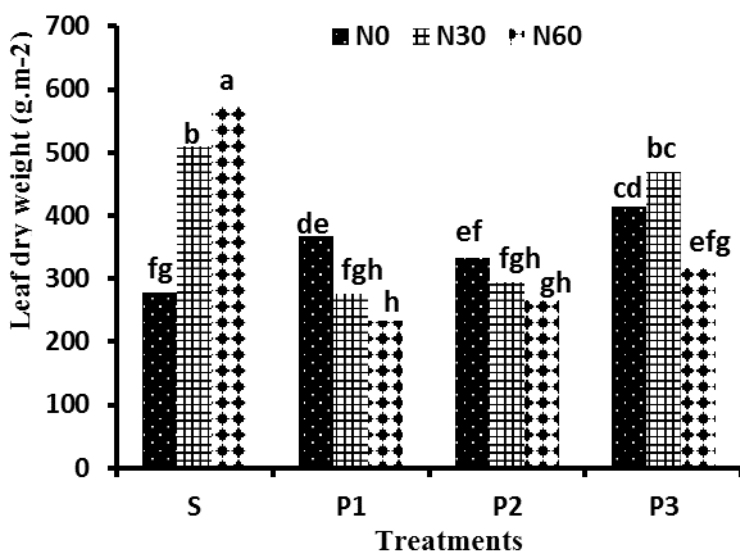
1-Leaf Area Index





شکل ۴- وزن خشک برگ سورگوم در برهمکنش الگوی کاشت و سطوح کود نیتروژن. حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.

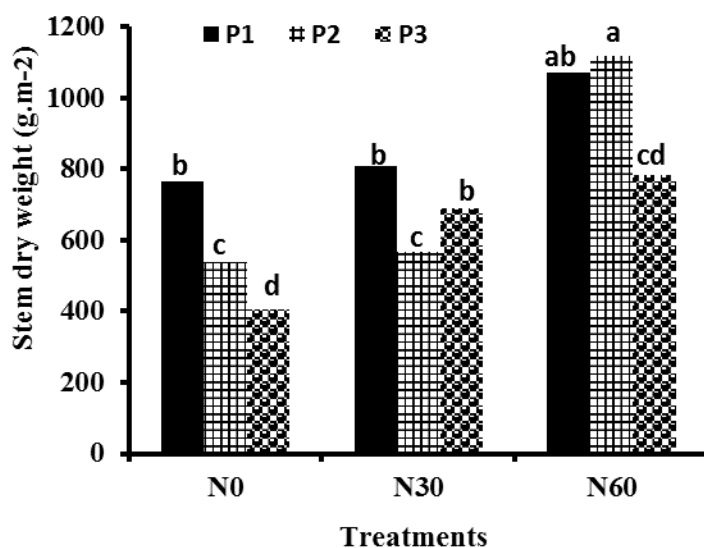
Fig 4. Leaf dry weight of sorghum under interaction of planting pattern and nitrogen fertilizer levels. Dissimilar letters indicate significant differences at the 5% level according to Duncan's test.



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

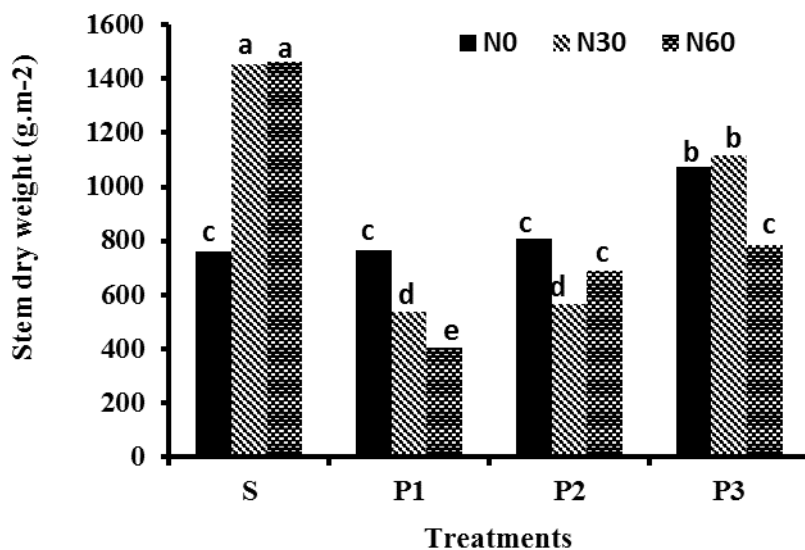
حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.

Fig 5- Sorghum leaf dry weight in monocultures and intercrops. Dissimilar letters indicate significant differences at the 5% level according to Duncan's test.



شکل ۶- وزن خشک ساقه سورگوم در برهمکنش الگوی کاشت و سطوح کود نیتروژن. حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج بر اساس آزمون دانکن است.

**Fig 6- Sorghum stem dry weight under interaction of planting pattern and nitrogen fertilizer levels.**  
Dissimilar letters indicate significant differences at the 5% level according to Duncan's test.



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

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

**Fig 7- Mean of sorghum stem dry weight in mono and intercrops.**  
Dissimilar letters indicate significant differences at the 5% level according to Duncan's test.

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 ۴۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش پیدا کرد (Ofori & Stern, 1987). 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 (Tomar *et al.*, 1988).

تجزیه واریانس به صورت بلوک کامل تصادفی 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 ۶۰ 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

کوالدرک (Coaldrake, 1985) و زندوکیلی و همکاران (Zandvakili *et al.*, 2012) 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 (Zhao *et al.*, 2006) در کشت مخلوط گندم و ذرت نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند. در شرایط عدم کاربرد کود نیتروژن، 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 (Borghini *et al.*, 2013). تونا و اوراک (Tuna & Orak, 2007) کاهش عملکرد ذرت در کشت مخلوط با لگوم‌ها را به خاطر رقابت لگوم‌ها بر سر منبع غذایی و یا عدم انتقال نیتروژن نسبت داده‌اند. موهامپاترا و پرادهان (Mohapatra & Pradhan, 1993) در کشت مخلوط ذرت با گاودانه،

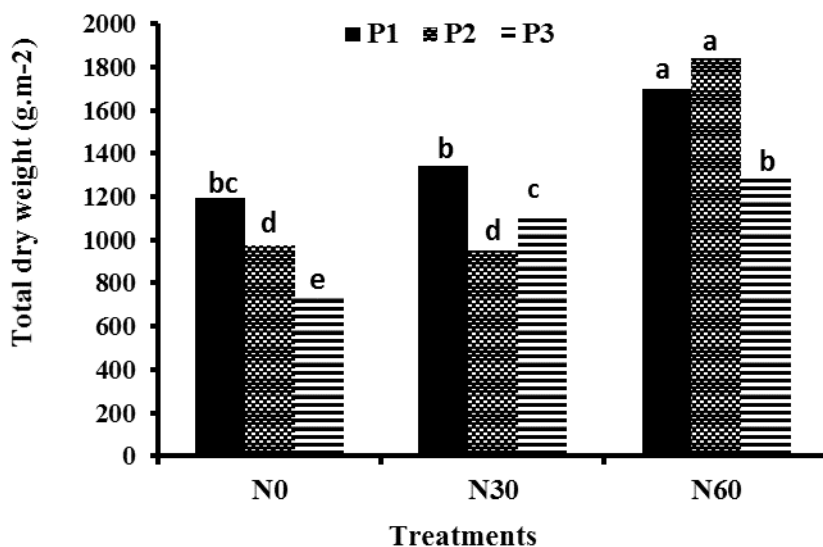
حتی آن‌ها مشاهده کردند که در شرایط کشت مخلوط تعداد و وزن خشک گره باقلا بیشتر از حالت تک کشتی می‌شود و میزان تثبیت نیتروژن توسط لگوم را به اثر مکملی غلات - لگوم و اثرات مساعدتی بین اجزای مخلوط نسبت دادند و اظهار داشتند که در چنین شرایطی میزان انتقال نیتروژن به گراس افزایش می‌یابد. مشابه چنین نتایجی توسط بانیک و همکاران (Banik *et al.*, 2006) 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، آلوپاتی و مساعدت است و برآیند آنها تأثیر مثبت یا منفی یک گونه بر گونه دیگر را مشخص می‌سازد (Willey, 1990).

ثابت شده است که لگوم‌ها اثر مساعدتی بر گرامینه‌ها دارند. چنین به نظر می‌رسد 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 (Mohsenabadi *et al.*, 2008) در کشت مخلوط جو با ماشک گل خوشه‌ای افزایش عملکرد بیولوژیک و

افزایش معنی دار عملکرد دانه و علوفه را در مقایسه با تک کشتی ذرت گزارش کرده‌اند.

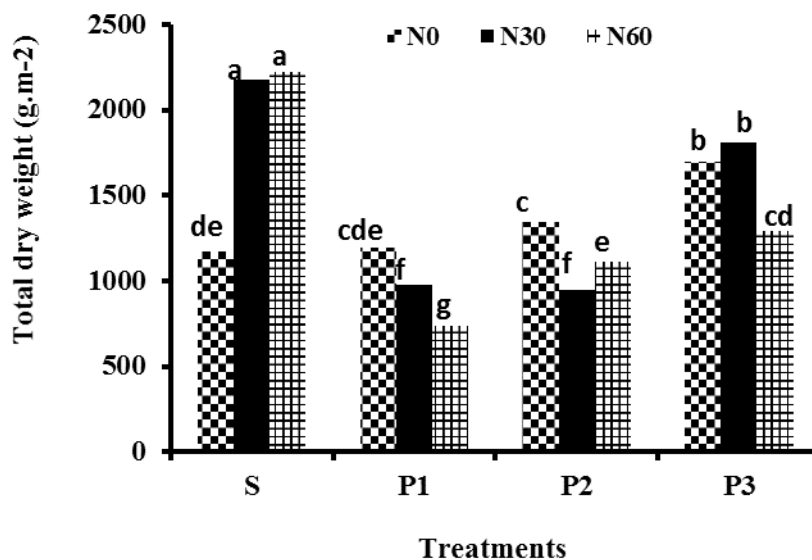


شکل ۸- وزن خشک کل سورگوم در برهمکنش الگوی کاشت و سطوح کود نیتروژن.

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.

**Fig 8- Sorghum total dry weight under interaction of planting pattern and nitrogen fertilizer levels.**

Dissimilar letters indicate significant difference at the 5% level according to Duncan's test.



شکل ۹- وزن خشک کل سورگوم در کشت‌های خالص و مخلوط.

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.

**Fig 9. Sorghum total dry weight in monocultures and intercrops.**

Dissimilar letters indicate significant difference at the 5% level according to Duncan's test.

## 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، 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 ۱۴) که بیشترین عملکرد به سطح سوم کود (۶۰ 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 (Zandvakili et al., 2012) افزایش عملکرد دانه و علوفه لوبیا لیما<sup>۱</sup> 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 (Hiebsch & McCollum, 1987; Willey, 1990).

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 کاشت 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.

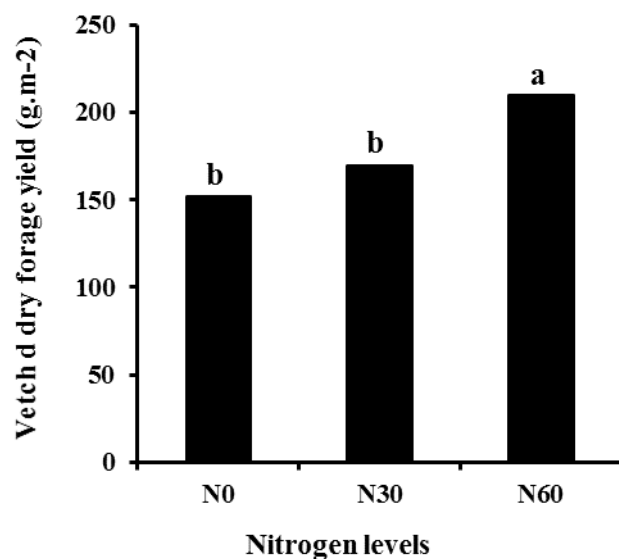
انتار و همکاران (Ntare et al., 1993) بیان کردند عملکرد گیاهان لگوم در کشت مخلوط با گراس‌های C<sub>4</sub> به دلیل رقابت برای نور (Yang et al., 2014) کاهش معنی‌داری می‌یابند. کوردالی و همکاران (Kurdali et al., 1996) تولید ماده خشک کمتر توسط ماشک علوفه‌ای در مخلوط جو و ماشک علوفه‌ای را به سایه‌اندازی جو نسبت دادند. کاهش عملکرد علوفه لگوم‌ها در کشت مخلوط را می‌توان به کاهش معنی‌دار وزن خشک ساقه، برگ، غلاف و عملکرد دانه آنها تحت کشت مخلوط نسبت داد (Ahmad et al., 2007).

### شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط

نسبت برابری زمین، نسبت برابری زمین

### استاندارد و مجموع عملکرد نسبی

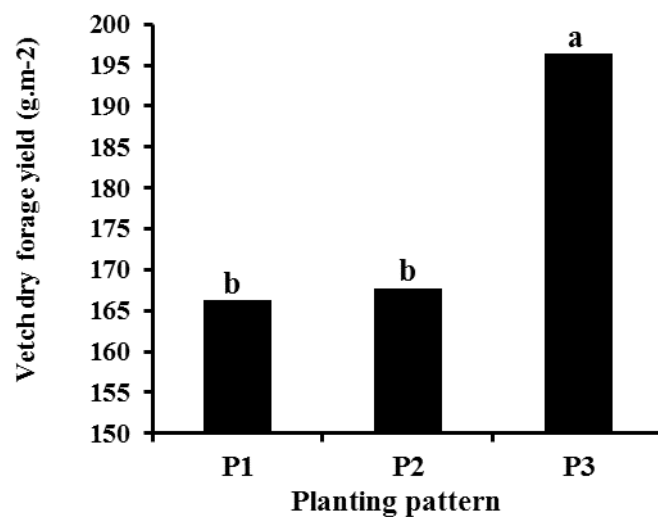
نسبت برابری زمین برای همه ترکیب‌های کشت مخلوط بیشتر از یک بود که نشان دهنده افزایش سودمند زراعی نسبت به کشت خالص دو گونه دارد. مقدار LER از ۱/۴۷ تا ۱/۹۴ متغیر بود (جدول ۲). بالاترین LER (۱/۹۴) به تیمار کشت مخلوط سورگوم با ماشک در الگوی اول کاشت بدون مصرف کود نیتروژن تعلق داشت. این بدان معنا است که ۹۴ 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.



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

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

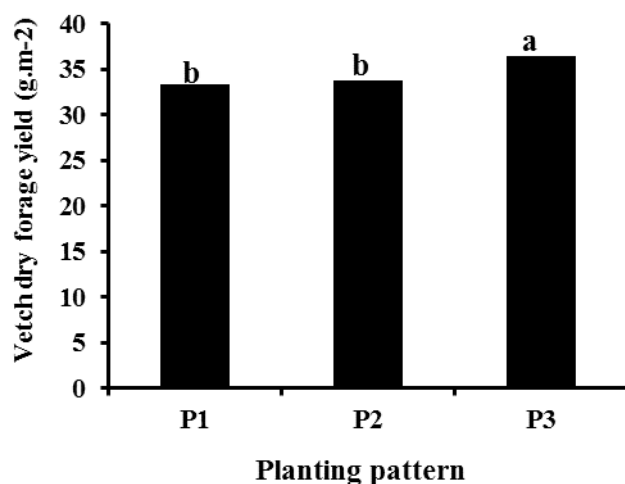
**Fig 10- Vetch dry forage yield in first harvest at different fertilizer levels.**  
Dissimilar letters indicate significant difference at the 5% level according to Duncan's test.



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

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

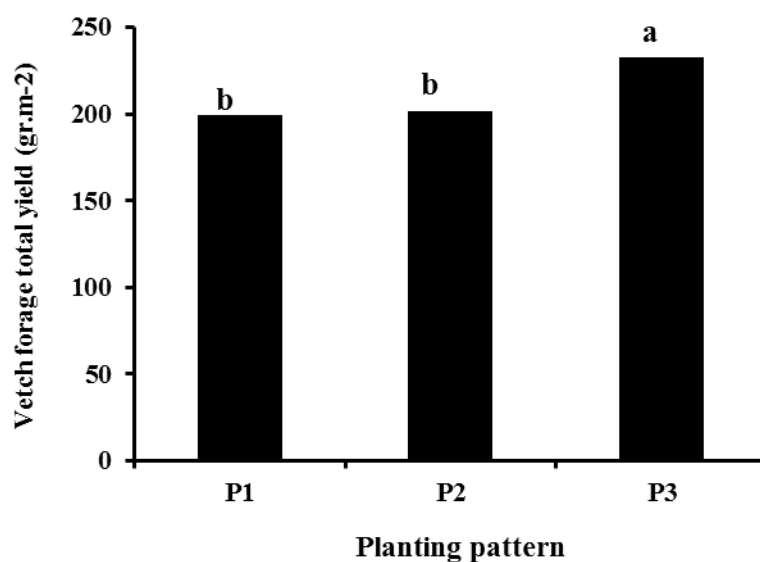
**Fig 11- Vetch dry forage yield in first harvest at different planting patterns.**  
Dissimilar letters indicate significant difference at the 5% level according to Duncan's test.



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

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

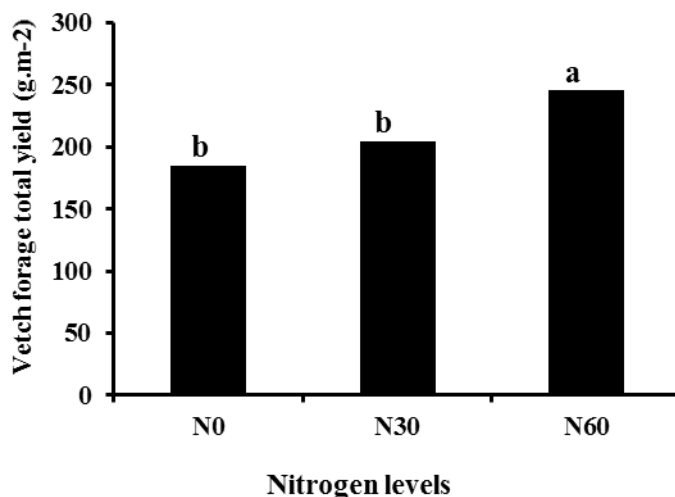
**Fig 12- Vetch dry forage yield in second harvest at different planting patterns.**  
Dissimilar letters indicate significant difference at the 5% level according to Duncan's test.



شکل ۱۳- عملکرد کل علوفه خشک ماشک در الگوهای کاشت مختلف.

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

**Fig 13- Vetch total dry forage yield in different planting patterns.**  
Dissimilar letters indicate significant difference at the 5% level according to Duncan's test.



شکل ۱۴- عملکرد کل علوفه ماشک در سطوح مختلف کود.

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند

Fig 14- Vetch total forage yield in different fertilizer levels.

Dissimilar letters indicate significant difference at the 5% level according to Duncan's test.

### مجموع ارزش نسبی

بر اساس جدول ۲، مقادیر RVT فقط در الگوهای کاشت اول و دوم بدون مصرف کود نیتروژن بیشتر از یک بود، که نشان دهنده سودمندی اقتصادی این کشت‌های مخلوط نسبت به کشت‌های خالص می‌باشند. بیشترین سودمندی اقتصادی در الگوی اول کاشت و بدون مصرف کود (۱/۱۴) حاصل شد. این ترکیب در حدود ۱۴ 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.

بورژی و همکاران (Borghi *et al.*, 2013) 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، ۳/۴ برابر بیشتر از درآمد کشت خالص سورگوم بود. کروسایول و همکاران (Crusciol *et al.*, 2012) در کشت مخلوط سویا با گراس‌های چندساله، میزان افزایش درآمدی اقتصادی سویا را در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص ۶۰ درصد گزارش کردند.

بیشترین و کمترین میزان نسبت برابری زمین استاندارد به ترتیب در الگوی دوم کاشت بدون مصرف کود و الگوی دوم کاشت با مصرف ۶۰ کیلوگرم کود نیتروژن مشاهده شد. سوبکویز و اسنایدی (Sobkowiec & Śniady, 2004) و محسن آبادی و همکاران (Mohsenabadi *et al.*, 2008) در کشت مخلوط تریتیکیاله با باقلا و جو با ماشک بالاترین LER را در حالت عدم مصرف کود نیتروژن گزارش کردند. اختلافات مورفولوژیک گراس و لگوم و در نتیجه ایجاد اشکوب‌های متفاوت و استفاده مکملی از منابع، بهره‌برداری بهتر از نور و یا افق‌های مختلف خاک می‌تواند دلیل LER بزرگتر از یک باشد (Zhao *et al.*, 2006).

قنبری بنجار و لی (Ghanbari-Bonjar & Lee, 2002) گزارش کردند که افزایش LER در کشت مخلوط به بیشتر از یک به دلیل افزایش جذب نیتروژن است. نقش اختلافات مورفولوژیک در دستیابی به LER و RYT بالاتر و در نتیجه سودمندی کشت مخلوط توسط یلماز و همکاران (Yilmaz *et al.*, 2008) در کشت مخلوط ذرت - لگوم، گوش (Ghosh, 2004) در مخلوط ذرت - بادام زمینی و سورگوم - بادام زمینی و هاوگارد نیلسن و همکاران (Hauggaard- Nielsen *et al.*, 2003) در کشت مخلوط جو- نخود نیز گزارش شده است.



جدول ۲- مقادیر نسبت برابری زمین معمولی، استاندارد، عملکرد نسبی و مجموع ارزش نسبی در کشت مخلوط سورگوم و ماشک  
**Table 2. Land Equivalent Ratio, Land Equivalent Ratio standard, Relative Yield and Relative Value Total ratio in intercropping of sorghum and vetch.**

ترکیب تیماری Treatment combinations	عملکرد نسبی سورگوم RY (Sorghum)	عملکرد نسبی ماشک RY (vetch)	مجموع عملکرد نسبی RYT	نسبت برابری زمین LER	نسبت برابری زمین استاندارد LER <sub>s</sub>	مجموع ارزش نسبی RVT
الگوی کشت ۱ بدون کاربرد کود First planting pattern + without fertilizer application	1.04	0.9	1.94	1.94	1.36	1.14
الگوی کشت ۲ بدون کاربرد کود Second planting pattern + without fertilizer application	0.83	0.84	1.67	1.67	1.20	1.01
الگوی کشت ۳ بدون کاربرد کود Third planting pattern + without fertilizer application	0.63	1.13	1.76	1.76	1.37	0.9
الگوی کشت ۱ با کاربرد ۳۰ کیلوگرم کود First planting pattern+30 kg.ha <sup>-1</sup> fertilizer application	0.62	0.94	1.56	1.56	1.46	0.75
الگوی کشت ۲ با کاربرد ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود Second planting pattern+30 kg.ha <sup>-1</sup> fertilizer application	0.44	1.03	1.47	1.47	1.40	0.58
الگوی کشت ۳ با کاربرد ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود Third planting pattern+30 kg.ha <sup>-1</sup> fertilizer application	0.51	1.06	1.57	1.57	1.50	0.66
الگوی کشت ۱ با کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود First planting pattern+60 kg.ha <sup>-1</sup> fertilizer application	0.76	1.10	1.86	1.86	1.86	0.92
الگوی کشت ۲ با کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود Second planting pattern+60 kg.ha <sup>-1</sup> fertilizer application	0.81	1.11	1.92	1.92	1.92	0.99
الگوی کشت ۳ با کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود Third planting pattern+60 kg.ha <sup>-1</sup> fertilizer application	0.58	1.26	1.84	1.84	1.84	0.86

### نتیجه گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که در شرایط عدم مصرف کود و سطح متوسط مصرف کود (۳۰ کیلوگرم در هکتار)، بیشترین عملکرد سورگوم در الگوی اول کاشت یعنی کاشت ماشک در طرفین سورگوم به دست آمد و در سطح سوم کود (۶۰ 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 معنی دار 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 ۶۰ 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 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.

## References

- Abdel-Gawad, A. A., Edris, A. S. and Abo-Sheteia, A. M. 1985. Intercropping soybean with maize. **Agric. Sci.** 30: 207-216.
- Abou- Hussein, S. D., Salman, S. R., Adel- Mawgoud, A. M. R. and Ghoname, A. A. 2005. Productivity, quality and profit of sole or intercropping green bean (*Phaseolus vulgaris* L) crop. **J. Agron.** 2: 151-155.
- Ahmad, A. H., Ahmad, R., Mahmood, N. and Tanveer, A. 2007. Performance of forage sorghum intercropped with forage legumes under different planting patterns. **Pak. J. Bot.** 39 (2): 431-439.
- Ahmadi, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Zehtab Salmasi, S. and Amini, R. 2011. Evaluation of yield and advantage indices in barley and vetch intercropping. **J. Sustain. Agric. Prod.** 20 (4): 79-90. (In Farsi with English Summary).
- Avis, T. J., Grave, V., Antoun, H. and Tweddell, R. J. 2008. Multifaceted beneficial effects of rhizosphere microorganisms on plant health and productivity. **Soil Biol. Biochem.** 40: 1733-1740.
- Ayub, M., Tanveer, A., Nadeem, M. A. and Shah, S. M. A. 2004. Study on the fodder yield and quality of sorghum grown alone and in mixture with rice bean. **Pakistan J. Life Soc. Sci.** 2: 46-48.
- Banik, P., Midya, A., Sarkar, B. K. and Ghose, S. S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in on additive experiment: Advantages and weed smothering. **Eur. J. Agron.** 24: 325-332.
- Borghi, E., Crusciol, C. A. C., Nascente, A. S., Sousa V. V. and Martins, P. O. 2013. Sorghum grain yield, forage biomass production and revenue as affected by intercropping time. **Eur. J. Agron.** 51: 130-139.
- Brophy, L. S., Heichel, G. H. and Russelle, M. P. 1987. Nitrogen transefer from forage legumes grass in a systematic planting design. **Crop Sci.** 27: 553-558.
- Chaichi, M. R. and Daryaei, F. 2008. An evaluation of forage yield in sole and intercropping of sorghum and alfalfa and its effect on weed biomass. **Iranian J. of Field Crop Sci.** 39: 137-143. (In Farsi with English Summary).
- Chandel, G., Banerjee, S., See, S., Menna, R., Sharma, D. J. and Verulkar, S. B. 2010. Effects of different nitrogen fertilizer levels and native soil properties on rice grain Fe, Zn and protein contents. **Rice Sci.** 17(3): 213-227.
- Crusciol, C. A. C., Mateus, G. P., Nascente, A. S., Martins, P. O., Borghi, E. and Pariz, C. M. 2012. An innovative crop- forage intercrop system: early cycle soybean cultivars and palisade grass. **Agron. J.** 104:1085-1095.
- Coaldrake, P. 1985. Leaf area accumulation of pearl millet as affected by nitrogen supply. **Field Crops Res.** 11: 185-192.
- Danso, S. K. A., Zapata, F. and Hardarson. G. 1987. Nitrogen fixation in faba beans as affected by plant population density in sole or intercropped system with barley. **Soil Biol. Biochem.** 19: 411-415.
- Eagleshma, A. R. J., Ayanaba, A., Ranga Rao, V. and Eskew, D. L. 1981. Improving the nitrogen nutrition of maize by intercropping with cowpea. **Soil Biol. Biochem.** 13: 169-171.
- Ghanbari-Bonjar A. and Lee. H. C. 2002. Intercropped (*Vicia faba*) and wheat (*Triticum aestivum*) for whole crop forage: effect of nitrogen on forage yield and quality. **J. Agric. Sci.** 138: 311-315.
- Ghosh, P. K. 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi- arid tropics of India. **Field Crops Res.** 88: 227- 237.
- Hauggaard- Nielsen, H., Ambus, P. and Jensen. E. S. 2003. The comparison of nitrogen use and leaching in sole cropped versus intercropped pea and barley. **Nutr. Cyc. Agroec.** 65: 289-300.
- Hiebsch, C. K. and R. E. McCollum. 1987. Area $\times$  time equivalency ratio: A method for evaluating the productivity of intercrops. **Agron. J.** 79: 15-22.
- Javanmard, A., dabbagh Mohammadi Nasab, A., Javanshir, A., Moghaddam, M., Janmohammadi, H., Nasiri, Y. and Shekari. F. 2013. Evaluation of some agronomic and physiological traits and forage quality in maize-legume intercropping as double cropping. **J. Sustain. Agric. Prod. Sci.** 2:1-18. (In Farsi with English Summary).
- Kurdali, F., Sharabi, N. E. and Arslan. A. 1996. Rainfed vetch-barley mixed cropping in the Syrian semi - arid conditions. I. Nitrogen nutrition using<sup>15</sup>N isotopic dilution. **Plant soil.** 183:137-148.

- Mansouri-Far, C., Modarres Sanavy, S. A. M. and Saberali, S. F. 2010. Maize yield response to deficit irrigation during low-sensitive growth stages and nitrogen rate under semi-arid climatic conditions. **Agric. Water Manage.** 97:12–22.
- Mohapatra, B. K. and Pradhan, L. 1993. Energy relationship in intercropping of maize with cowpea and ricebean. **Indian J. Agric. Sci.** 90:581-583.
- Mohsenabadi, G. H. R., Jahansooz, M. R., Chaichi, M. R., Rahimian Mashhadi, H., Liaghati A. M. and Savaghebi, Gh. R. 2008. Evaluation of barley-vetch intercrop at different nitrogen rates. **J. Agric. Sci. Tech.** 10: 23-31.
- Moll, R. H. and Kamparth, E. J. 1977. Effect of population density up on agronomic traits associated with genetic increases in yield of corn (*Zea mays* L). **Agron. J.** 69: 81-84.
- Morris, R. A. and Garrity, D. P. 1993. Resources capture and utilization in intercropping: non-nitrogen nutrient. **Field Crops Res.** 34:319-334.
- Ntare, B. R., Williams, J. H. and Bationo, A. 1993. Physiological determinants of cowpea seed yield effected by phosphorus fertilizer and sowing data intercrop with millet. **Field Crops Res.** 53(3): 151-158.
- Ofori, F. and Stern, W.R. 1987. Cereal- legume intercropping system. **Adv. Agron.** 41: 41-90.
- Pilbem, C. J., Okalebo, R., Simmonds, L. P. and Gathua, K. W. 1994. Analysis of maize-common bean intercrops in semi-arid Kenya. **J. Agric. Sci. Cambridge.** 123: 191-198.
- Qamar, I. A., Keating, J. D. H., Mohammad, N., Ali, A. and Khan, M. A. 1999. Introduction and management of common vetch – barley forage mixtures in the rainfed areas of Pakistan. 1. Forage Yield. **Aust. J. Agric. Res.** 50: 1-9.
- Raei, Y., Javanshir, A. and Ghassemi-Golezani, K. 2007. Evaluation of sorghum (*Shorghum bicolor*) and egyption clover (*Trifolium alexandrinum*) intercropping system. **Modern Sci. Sustain. Agric. J.** 2 (5): 13-25. (In Farsi with English Summary).
- Rezaei-Chianeh, E., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Shakiba, M. R., Ghassemi-Golezani, K. and Aharizad, S. 2011. Study of some agronomical characteristics of maize in intercropping with faba bean. **J. Sustain. Agric. Prod. Sci.** 21(1): 1-14. (In Farsi with English Summary).
- Salvagiotti, F., Cassman, K. G., Specht, J. E., Walters, D. T., Weiss, A. and Dobermann, A. 2008. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. **Field Crops Res.** 108:1-13.
- Siam, H. S., Abd-El-Kader, G. M. and El-Alia, H. I. 2008. Yield and yield components of maize as affected by different sources and application rates of nitrogen fertilizer. **Res. J. Agric. Biol. Sci.** 4(5): 399-412.
- Sobkowicz, P. and Śniady, R. 2004. Nitrogen uptake and its efficiency in triticale (*Triticosecale* Witt.) field beans (*Vicia faba* var. *minor* L.) intercrop. **Plant Soil Environ.** 50 (11): 500–506.
- Sobkowicz, P. and Śniady, R. 2004. Nitrogen uptake and its efficiency in triticale (*Triticosecale* Witt.) field beans (*Vicia faba* var. *minor* L.) intercrop. **Plant Soil Environ.** 50: 500–506.
- Tomar, T. S., Mackenzie, A. F. Mehuys, G. R. and Ali, I. 1988. Corn growth with foliar nitrogen, soil applied nitrogen, and legume intercrops. **Agron. J.** 80: 800-807.
- Tuna, C. and 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. **J. Agric. Biol. Sci.** 2: 14-19.
- Willey, R. W. 1990. Resources use in intercropping systems. **J. Agric. Water Man.** 17: 215-231.
- Xiao, Y., Li, L. and Zhang, F. 2004. Effect of root contact on interspecific competition and N transfer between wheat and faba bean using direct and indirect <sup>15</sup>N techniques. **Plant Soil.** 262: 45-54.
- Yang, F., Huang, S., Gao, R., Liu, W., Yong, T., Wang, X., Wu, X. and Yang, W. 2014. Growth of soybean seedling in relay strip intercropping systems in relation to light quantity and red: far- red ratio. **Field Crops Res.** 155: 245-253.
- Yunusa, I. A. M. 1989. Effects of planting density and plant arrangement pattern on growth and yield of maize (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.) grown in mixture. **J. Agric. Sci.** 112: 1-8.
- Yilmaz, S., Atak, M. and Erayman, M. 2008. Identification of advantages of maize–legume intercropping over solitary cropping through competition indices in the east Mediterranean region. **Turk. J. Agric. For.** 32: 111-119.

## Evaluation of different intercropping patterns of forage sorghum (*Sorghum bicolor*) and vetch (*Vicia villosa*) different nitrogen fertilizer levels

Abdollah Javanmard<sup>1\*</sup>, Jalal Arzheh<sup>2</sup>, Adel Dabbagh Mohammadi Nasab<sup>3</sup>, Taha Ezan<sup>4</sup>

- 1- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran.
- 2- Ph.D Student of Crop Physiology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Iran.
- 3- Professor, Department of Plant Ecophysiology, University of Tabriz, Iran.
- 4- Former M.Sc. Student of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran.

\*Corresponding author: A.javanmard@maragheh.ac.ir

Received: 2014.03.06

Accepted: 2014.10.04

### Abstract

In order to evaluation of intercropping of forage sorghum (*Sorghum bicolor*) and vetch (*Vicia villosa*) in different nitrogen fertilizer levels and different planting patterns, a field experiment was conducted at the Agricultural Research Station, University of Maragheh in 2013 growing season. 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<sup>-1</sup>) and three planting patterns [(Planting sorghum on the furrow bank and planting vetch in the both side of furrow bank (P<sub>1</sub>), Planting sorghum in one side of furrow bank and planting vetch in other side (P<sub>2</sub>) and Planting sorghum on the furrow bank and planting vetch on the furrow bank and both side of furrow bank (P<sub>3</sub>)]. Results indicated that nitrogen fertilizer application increased sorghum dry matter yield and first planting pattern (P<sub>1</sub>) had highest sorghum yield among intercropping treatments. The highest forage yield (371.7 kg. ha<sup>-1</sup>) of vetch produced in the third nitrogen fertilizer level (N<sub>60</sub>) and third planting pattern (P<sub>3</sub>). 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<sub>60</sub>). In general, it can be stated that for the production of forage, the combination of first planting pattern with no nitrogen application is superior on other planting patterns.

**Key words:** Forage yield, Intercropping, Land equivalent ratios, Planting pattern, Relative value total.