نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶، ص. ۱۰۶۹-۱۰۵۰

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 4, Winter 2018, p. 1050-1069

ارزیابی عملکرد و جنبه‌های اکوفیزیولوژیک کشت مخلوط گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) و آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن

مهدی مؤمن کیخا[۱]، عیسی خمری[۲*]، مهدی دهمرده[۳] و محمد فروزنده[٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۲۴

مؤمن کیخا، م.، خمری، ع.، دهمرده، م.، و فروزنده، م. ۱۳۹۶. ارزیابی عملکرد و جنبه‌های اکوفیزیولوژیک کشت مخلوط گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) و آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن. بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۴): ۱۰۶۹-۱۰۵۰.

چکیده

کشت مخلوط عبارت است از کشت دو یا چند محصول زراعی به‌طور همزمان در یک مزرعه. اصلی‌ترین هدف کشت مخلوط، حصول عملکرد بیشتر در یک قطعه زمین و استفاده از منابعی که در غیر این صورت توسط یک نوع محصول نمی‌توان مورد استفاده قرار داد. اهداف عمده کشت مخلوط شامل کاهش جمعیت آفات و بیماری‌های گیاهی، کاهش فرسایش و حداقل رسانیدن هزینه نیروی کارگری در کنترل علف‌های هرز هستند. به منظور ارزیابی جنبه‌های اکوفیزیولوژیک کشت مخلوط گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) و آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تحت تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل (چاه نیمه) در سال زراعی ۹۲ -۱۳۹۱ اجرا گردید. عامل اصلی شامل سه سطح کود نیتروژن ۰، ۱۰۰ و ۱۵۰کیلوگرم در هکتار و عامل فرعی، نسبت مختلف کشت شامل کشت خالص آفتابگردان، کشت خالص گوار، ۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان، ۵۰ درصد گوار+ ۵۰ درصد آفتابگردان، ۲۵ درصد گوار+ ۷۵ درصد آفتابگردان بود. نتایج تجزیه داده‌ها نشان داد که سطوح مختلف کود نیتروژن، نسبت‌های کاشت و برهمکنش آن-ها تأثیر معنی‌داری بر عملکرد زیست‌توده دو گیاه آفتابگردان و گوار داشت. بالاترین عملکرد دانه آفتابگردان (۱۶۳۳/۳۳ کیلوگرم در هکتار) از الگوهای کاشت ۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان همراه با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و در گوار (۴۳۵۶/۷ کیلوگرم در هکتار) از ۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم درهکتار کود نیتروژن به‌دست آمد. سطوح مختلف کود و نسبت‌های کاشت تأثیر معنی‌داری بر عدد اسپد در دو گیاه آفتابگردان و گوار داشت. بیشترین و کمترین مقدار نیتروژن خاک به‌ترتیب با میانگین ۰/۲ و ۰/۱۷ درصد از کشت خالص گوار و کشت خالص آفتابگردان به‌دست آمد. بالاترین نسبت برابری زمین (۲/۷۳) از مخلوط ۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان به‌دست آمد. در خصوص کنترل علف‌های هرز، بیشترین وزن خشک علف‌هرز به‌ترتیب با میانگین ۱۹۲/۲ و ۱۵۶/۶ گرم در مترمربع از کشت خالص آفتابگردان و کشت خالص گوار به-دست آمد و کمترین میزان آن نیز با میانگین۱۵۳/۳ گرم در مترمربع از ۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان مشاهده شد. بالاترین عملکرد دانه در آفتابگردان و گوار به‌ترتیب در تیمار مخلوط ۲۵ درصد گوار+ ۷۵ درصد آفتابگردان و ۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان حاصل شد. همچنین میزان وزن خشک علف‌های هرز مربوط به کشت خالص آفتابگردان بود، اما کشت خالص گوار و تمامی نسبت‌های کشت مخلوط باعث کاهش وزن خشک علف‌های هرز گردید.

واژه‌های کلیدی: الگوی کشت، عدد اسپد، علف هرز، کشت خالص، نسبت برابری زمین

مقدمه

درسال های اخیر نگرانی‌های جهانی درباره عواقب و اثرات جانبی برخی از فعالیت های کشاورزی نوین بر محیط زندگی انسان افزایش یافته و محققان را به تفکر بیشتر و نگاهی عمیق‌تر در این باره واداشته است، بنابراین دانشمندان علوم مختلف به‌دنبال روش‌های کشاورزی جایگزینی هستند که بدون تهدید های کنونی برای سلامت انسان و محیط زیست، تأمین کننده امنیت غذایی و توسعه‌ی پایدار کشاورزی باشند (Agricultural Research, Education &

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، استادیار و دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی و مربی پژوهشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: Email: Ikhammari@gmail.com)
DOI:10.22067/JAG.V9I4.51084

Extension Organization, 2014). آلیتری (Altieri, 1999) با مطالعه نقش اکولوژیکی تنوع در اکوسیستم‌های زراعی اظهار داشت که اهمیت تنوع، فراتر از تولید مواد غذایی بوده و اثرات مثبتی نظیر گردش مواد غذایی، کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز را در بر دارد. با وجودی که محققین حضور کشت‌های مخلوط را یکی از شاخصه‌های مهم در تنوع نظام‌های زراعی می‌دانند (Nassiri Mahallati et al., 2003)، اما وجود این نوع کشت در نظام‌های زراعی ایران بسیار محدود و در واقع قابل چشم پوشی می‌باشد (Koocheki et al., 2004). نظام کشت مخلوط، با افزایش تعداد گونه در واحد سطح، به عنوان یک راه‌حل برای افزایش تولید در کشاورزی پیشرفته پیشنهاد شده است (Brummer, 1998). اهداف گوناگونی برای کشت مخلوط در نظر گرفته می‌شود که عمده‌ترین آن‌ها عبارتند از؛ استفاده بهتر از عوامل محیطی موجود، افزایش عملکرد در واحد سطح، ثبات عملکرد در شرایط نامطلوب محیطی، افزایش کیفیت و کمیت محصول، افزایش راندمان مصرف آب، کنترل فرسایش خاک و کاهش مصرف سموم و آفت‌کش‌های شیمیایی (Tsubo & Walker, 2003).

گیاه گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) در دسته لگوم‌های یک‌ساله طبقه‌بندی می‌شود که در برابر شرایط سخت جوی نظیر کم‌آبی، زمین‌های سنگی و تابش شدید نورآفتاب مقاوم بوده و توانایی رشد در مناطق کم آب را نیز دارد. این گیاه دارای ریشه تقریباً عمیق بوده و دارای برگ‌های نسبتاً زبر و خشن می‌باشد. البته واریته‌هایی از آن دارای برگ‌های صاف هستند. این گیاه حدود ۱– ۲ متر ارتفاع دارد و هر خوشه دارای ۱۵– ۲۱ دانه است (Sij et al., 2002). زمینی که در آن گوار کشت شده باشد، به‌علت همزیستی ریشه‌های گوار با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن پس از این‌که شخم زده می‌شود و در این زمین کشت صورت گیرد، بازده محصول افزایش می‌یابد. زیرا قابلیت دسترسی نیتروژن توسط ریشه گیاه در خاک بهبود می‌یابد (Undersander et al., 1997). گوار اصولاً به‌خاطر مقادیر زیاد صمغ گالاکتومانان در دانه به عنوان غلیظ‌کننده در صنایع لبنی استفاده می‌شود. هشتاد درصد گوار مصرفی جهان در کشور هند تولید می‌گردد (Rahman & Leithon, 1968).

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی جهان، گیاهی بسیار متحمل به خشکی نیست، ولی ویژگی‌هایی مانند سیستم ریشه متراکم و منعشب، قدرت گسترش ثانویه و نفوذ به اعماق بیش از دو متر سبب شده در شرایطی که زراعت‌های دیگر صدمه شدید می‌بینند محصول رضایت بخشی می‌دهد (Farokhi et al., 2015). روغن آن به علت بالا بودن ارزش غذایی و فقدان فاکتورهای ضد تغذیه‌ای، برای تغذیه بشر مفید است (Sosulski, 1979).

در بررسی کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا چشم بلبلی (*Hassk vigna sinensis* L.) (Dahmardeh, 2010) و کشت مخلوط گندم (*Triticum aestivum* L.) و باقلا (*Vicia faba* L.) (Ghanbari, 2000) افزایش جذب نور را به عنوان یکی از منابع مهم محیطی عامل افزایش عملکرد در کشت مخلوط اعلام شده و تأکید شده است که اجزای مخلوط در مصرف منابع مکمل هم بوده‌اند. علاوه بر آن در کشت مخلوط به علت بیشتر بودن بقایای گیاهی در سطح خاک، کیفیت فیزیکی و شیمیایی خاک بیشتر می‌شود (Raiesi, 2006). چاوشقلی و همکاران (Chavoshgholi et al., 2015) نیز اظهار داشتند عدم وجود رقابت برون گونه‌ای مؤثر، کشت مخلوط تأثیری منفی بر عملکرد آفتابگردان و لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) نداشته است. محققان دیگری با ارزیابی کشت مخلوط عنوان کردند که کشت مخلوط تاخیری آفتابگردان و باقلا افزون بر ایجاد تنوع در اکوسیستم‌های کشاورزی و همچنین ایجاد پایداری و ثبات تولید، می‌تواند در افزایش درآمد اقتصادی و بهره‌وری استفاده از زمین‌های کشاورزی به طور چشمگیری مؤثر باشد (Rezaei-Chiyaneh et al., 2015). تحقیقات در زمینه کشت مخلوط ارزن دم روباهی (*Setaria italica* L.) و ماش (*Vigna radiata* L.) نیز مشخص کرد که همه تیمارهای مخلوط نسبت برابری زمین بیشتری نسبت به کشت خالص داشتند که نشان‌دهنده مزیت کشت مخلوط نسبت به خالص است (Khatamipour et al., 2014).

بنابراین، با توجه به این‌که افزایش روند جمعیت منجر به ایجاد فشار بر روی منابع طبیعی و تهدید سیستم‌های کشاورزی پایدار شده، نیاز به طراحی و اجرای نظام‌های برخوردار از پایداری و عملکرد بالا مورد تأکید خواهد بود. لذا این پژوهش به‌منظور بررسی کشت مخلوط دو گیاه گوار و آفتابگردان با خصوصیات رشدی متفاوت انتخاب شده‌اند.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی جنبه‌های اکوفیزیولوژیک کشت مخلوط گوار و

آفتابگردان تحت سطوح مختلف کود نیتروژن، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل (چاه نیمه) در سال ۹۲-۱۳۹۱ اجرا گردید. آب و هوای منطقه بر اساس طبقه‌بندی کوپن جزء اقلیم‌های خشک و بسیار گرم با تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد. میانگین دراز مدت (۳۰ سال) بارندگی در منطقه مطالعه ۶۳ میلی‌متر و میزان تبخیر سالیانه به‌طور متوسط ۵۰۰-۴۵۰۰ میلی‌متر می‌باشد (Iran Meteorological Organization, 2012). قبل از شروع آزمایش به‌منظور بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش، تعداد ده نمونه به صورت تصادفی از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری تهیه و در آزمایشگاه مورد تجزیه قرار گرفت. نتایج حاصل به‌شرح ذیل؛ اسیدیته ۷/۷، هدایت الکتریکی عصاره اشباع ($dS.m^{-1}$) ۲/۸، ماده آلی (٪) ۰/۷۹، Fe:۰/۷ ($mg.kg^{-1}$)، Mn:۱/۵ ($mg.kg^{-1}$)، Zn:۱/۵ ($mg.kg^{-1}$)، P:۲۱ ($mg.kg^{-1}$)، K :۱۵۳ ($mg.kg^{-1}$)، (٪) N:۰/۰۹ و دارای بافت لوم‌شنی بود. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتور اصلی شامل سه سطح ۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (از منبع اوره) که در سه مرحله، یک سوم در هنگام کاشت، یک سوم در مرحله ۳ تا ۵ برگی و یک سوم هم در آغاز گلدهی در نظر گرفته شد. کرت‌های فرعی شامل پنج نسبت کاشت (کشت خالص گوار، ۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان، ۵۰ درصد گوار+ ۵۰ درصد آفتابگردان، ۲۵ درصد گوار+ ۷۵ درصد آفتابگردان و کشت خالص آفتابگردان) بودند. عملیات کشت دو گونه در۲۰ فروردین ماه انجام گرفت و تراکم بوته‌ای کشت خالص گوار و آفتابگردان به‌ترتیب ۲۵ و ۸ بوته در مترمربع منظور گردید. تیمارهای کشت مخلوط به روش جایگزینی انجام شد. در این آزمایش طول هر کرت چهار متر و عرض هر کرت دو متر مشتمل بر چهار ردیف با فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر بوده و فاصله بین دو پلات اصلی و بین تکرارهای مختلف ۱/۵ متر در نظر گرفته شد تا کرت‌های مجاور اثری روی هم نداشته باشند. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت به‌صورت جوی و پشته انجام شد. پس از آن آبیاری هر سه روز یک‌بار صورت گرفت که پس از سبز شدن هر دو گیاه هر پنج روز یکبار آبیاری‌ها انجام شد و در نهایت به منظور رسیدن دانه‌ها، آبیاری‌ها هر هشت روز یک‌بار صورت گرفت. آفتابگردان مورد استفاده رقم چرنیانکا ۶۶ از مرکز تحقیقات سیستان تهیه گردید، و طول دوره رویش آن ۸۰ تا ۱۰۰ روز می‌باشد.گوار با طول دوره رشد ۱۲۰ تا ۱۵۰ روز، رقمی رشد نامحدود و تیپ رشدی بوته‌ای بوده و بهاره کشت می‌شود. رقم مورد استفاده از پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل تهیه شد. به‌منظور دسترسی به تراکم مطلوب مورد نظر دو تا سه هفته بعد از سبز شدن بوته‌ها در مرحله چهار برگی بوته‌های اضافی تنک گردید. پس از رسیدگی فیزیولوژیک آفتابگردان در تاریخ ۱۶ مرداد وگوار درتاریخ ۲۳ مهر، عملیات برداشت توسط داس از نزدیک سطح خاک و با در نظر گرفتن اثرات حاشیه (حذف یک ردیف از طرفین و انتهای هر کرت) انجام شد. ویژگی‌های مورد بررسی شامل ارتفاع گیاه، عملکرد زیست‌توده، وزن طبق، میانگین قطر طبق، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، عدد اسپد برگ، وزن خشک علف‌های هرز، درصد نیتروژن خاک و جهت ارزیابی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص از نسبت برابری زمین (معادله ۲) استفاده شد. در این آزمایش هیچ گونه اقدام کنترلی علیه علف‌های هرز صورت نگرفت در نهایت قبل از برداشت گیاهان با استفاده از یک کوآدرات یک مترمربعی نمونه‌برداری از علف‌های هرز جهت تعیین وزن خشک آن‌ها صورت پذیرفت سپس نمونه‌ها در آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و وزن شد. برای اندازه‌گیری میزان عدد اسپد، برگ‌ها در مرحله پر شدن دانه‌ها توسط دستگاه کلروفیل متر مدل SPAD 502 Plus از هر گیاه سه برگ انتهایی و در سه نقطه از هر برگ قرائت و میانگین آن به‌دست آمد.

برای محاسبه درصد نیتروژن ابتدا ۰/۵ گرم از خاک خشک شده داخل لوله آزمایش ریخته و یک عدد قرص کجلدال و ۲۰ سی‌سی اسید سولفوریک به آن اضافه شد. سپس لوله‌های آزمایش به دستگاه هضم با درجه حرارت ۴۲۰ درجه سانتی‌گراد انتقال داده شد. پس از آن‌که محلول داخل لوله آزمایش به رنگ سبز فسفری درآمد دستگاه خاموش و پس از سرد شدن لوله‌ها، در دستگاه کجلدال اتوماتیک مدل آرمیناد قرار گرفت و مرحله تقطیر برای هر نمونه به مدت ۱۸ دقیقه صورت پذیرفت. سپس به‌ازای هر لوله هضم چند قطره معرف کجلدال داخل یک ارلن ریخته و در دستگاه کجلدال قرار گرفت. پس از پایان کار تقطیر، تیتراسیون با استفاده از اسید کلریدریک صورت پذیرفت. پس از آن‌که رنگ محلول داخل ارلن به رنگ قرمز اولیه تبدیل شد، حجم اسید مصرفی یادداشت و با استفاده از معادله یک درصد نیتروژن به‌دست آمد (Bremner & Mulvaney, 1982).

معادله (۱): $$\text{درصد نیتروژن} = \frac{\text{حجم اسید مصرفی (cc)} \times 0.0014}{\text{وزن‌نمونه (گرم)}} \times 100$$

معادله (۲): $$LER^{۱} = Y_{ab} \quad / Y_{aa} + Y_{ba} / Y_{bb}$$

۱- Land equivalent ratio

Y_{ab} : عملکرد گونه a در کشت مخلوط، Y_{aa} : عملکرد گونه a در کشت خالص، Y_{ba} عملکرد گونه b در کشت مخلوط، Y_{bb} : عملکرد گونه b در کشت خالص.

برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌فزار آماری SAS 9.1.3 نسخه Portable استفاده گردید و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته آفتابگردان

سطوح مختلف کود نیتروژن و نسبت‌های مختلف کاشت بر ارتفاع بوته آفتابگردان معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نسبت‌های مختلف کاشت نشان داد که بالاترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار مخلوط ۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان بود (جدول ۲). در بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی بیان شد که ارتفاع ذرت در مخلوط با لوبیا چشم بلبلی افزایش یافت و علت افزایش ارتفاع ذرت در مخلوط را به تامین بهتر نیتروژن توسط جزء لگوم دانستند (Hakan et al., 2008). در مخلوط غله- لگوم (Ghosh, 2004) و در مخلوط ذرت- نخود (*Cicer arietinum* L.) (Watiki et al.,1993)، بیشترین طول ساقه در بالاترین تراکم‌ها به‌دست آمد و دلیل آن رقابت برای دریافت نور و تحریک تولید اکسین عنوان شد.

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده آفتابگردان تحت تأثیر الگوی کاشت و سطوح مختلف کود نیتروژن

Table 1- Analysis of variance (means of squares) for measured traits of sunflower under sowing pattern and different levels of nitrogen fertilizer

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	ارتفاع بوته Plant height	قطر طبق Head diameter	وزن ۱۰۰۰دانه 1000- seed weight	عدد اسپد SPAD reading	عملکرد زیست توده Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest Index
تکرار Replication	2	175**	2.56*	4.86 ns	3.83**	18958.33 ns	10277.77 ns	0.00043 ns
کود (نیتروژن) Fertilizer (nitrogen)	2	775**	6.56**	311.11**	10.50**	8471458.33**	555277.77**	0.0017**
اشتباه اصلی Main error	4	21.87	0.89	36.11	0.81	119116.67	9444.44	0.00017
الگوی کاشت Sowing pattern	3	348.14**	10.13**	77.77 ns	5.19**	2215069.44**	147291.66**	0.00054 ns
کود× الگوی کاشت × Fertilizer Sowing pattern	6	9.28 ns	0.95 ns	177.7**	5.43**	2319791.67**	81666.66**	0.00053**
اشتباه فرعی Sub error	18	36.80	0.63	28.47	0.33	167523.15	18888.88	0.00028
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	6.5	8.2	6.6	5.3	6.9	11.7	8.5

ns، * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد می‌باشد.

ns ,* and **: are non-significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

از نظر مقادیر مختلف مصرف کود نیتروژن بالاترین میزان ارتفاع بوته آفتابگردان برابر با ۹۹/۷ سانتی‌متر همراه با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌دست آمد ولی اختلاف معنی‌داری نسبت به تیمار۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن مشاهده نشد (جدول ۲).

قطر طبق آفتابگردان

تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن و نسبت‌های کاشت بر میانگین قطر طبق در گیاه آفتابگردان اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد و برهمکنش تیمارهای فوق بر قطر طبق معنی‌دار نبود (جدول ۱). از نظر نسبت‌های مختلف کاشت بالاترین میانگین قطر طبق ۱۰/۹۴ سانتی‌متر از تیمار مخلوط ۷۵ درصد گوار + ۲۵ درصد آفتابگردان به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری بین این

تیمار با سایر تیمارها وجود داشت (جدول ۲). با توجه به غالب بودن کانوپی آفتابگردان در مقایسه با کشت مخلوط، چنین به‌نظر می‌رسد که کشت خالص آفتابگردان به‌دلیل افزایش رقابت درون گونه ای برای جذب نور سبب افزایش رشد رویشی آفتابگردان شده است. نتایج بررسی انجام شده روی کشت مخلوط آفتابگردان، لوبیا قرمز (*Phaseolus calcaratus* L.) و کنجد (*Sesamum indicum* L.) نشان داد که با جابه‌جایی از کشت خالص به سمت کشت مخلوط، میانگین قطر طبق در آفتابگردان افزایش پیدا کرد (Koocheki et al., 2015).

اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر میانگین قطر طبق نشان داد که کمترین میانگین قطر طبق برابر با ۸/۹ سانتی‌متر در تیمار عدم اعمال کود و بالاترین میانگین قطر طبق برابر با ۱۰/۳۷ سانتی‌متر همراه با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌دست آمد. با افزایش مقادیر کود نیتروژن از ۱۰۰ کیلوگرم به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار میانگین قطر طبق احتمالاً به‌دلیل جذب بهتر نیتروزن افزایش یافته است (جدول ۲). در آزمایشی بر روی آفتابگردان مشخص شد که کود ازته باعث افزایش قطر طبق در آفتابگردان می‌شود (Rafiae et al., 2004).

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های صفات اندازه گیری شده آفتابگردان تحت تأثیر الگوی کاشت و سطوح مختلف کود نیتروژن

Table 2- Mean comparison measured traits of sunflower under sowing pattern and different levels of nitrogen fertilizer

تیمارها Treatments	ارتفاع بوته (سانتی-متر) Plant height (cm)	قطر طبق (سانتی-متر) Head diameter (cm)	وزن هزار دانه (گرم) 1000- seed weight (g)	عدد اسپد SPAD reading	عملکرد زیست توده (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
کود نیتروژن (کیلو گرم در هکتار) Nitrogen fertilizer ($kg.ha^{-1}$)							
شاهد Control	84.16 b*	8.89 b	75 b	11.44 a	4991.7 c	966.67 c	19.57 b
100	96.66 a	9.62 ab	81.66 ab	11.29 a	6108.3 b	1212.5 b	22.15 a
150	99.16 a	10.37 a	85 a	9.75 b	6637.5 a	1350 a	18.39 b
الگوی‌های کاشت Sowing patterns							
کشت خالص آفتابگردان Sole crop of sunflower	87.77 b	8.70 c	82.22 a	b11.13 a	5616.7 b	1166.67 b	20.60 a
۷۵ درصد گوار+ ۲۵درصد آفتابگردان 75% guar+ 25% sunflower	101.1 a	10.94 a	83.33 a	10.89 b	5796.4 b	1144.44 b	19.44 a
۵۰ درصد گوار+ ۵۰ درصد آفتابگردان 50% guar+ 50% sunflower	95.55 a	10.05 b	80 ab	11.53 a	5594.4 b	1105.56 b	19.81 a
۲۵ درصد گوار+ ۷۵ درصد آفتابگردان 25% guar+ 75% sunflower	88.88 b	8.80 c	76.66 b	9.76 c	6644.4 a	1288.89 a	20.28 a

*حروف مشابه در هر ستون و برای هر جزء نشانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

*Means with at least one similar letter in each column and for each component, are not significantly different ($p \leq 0.05$) based on Duncan multiple range test.

جدول ۳- مقایسه میانگین برهمکنش صفات اندازه‌گیری شده آفتابگردان تحت تأثیر الگوی کشت مخلوط با گوار و سطوح مختلف کود نیتروژن

Table 3- Means comparison of interaction of measured traits of sunflower under sowing patterns with guar and different levels of nitrogen fertilizer

تیمارها Treatments		وزن هزار دانه (گرم) 1000- seed weight (g)	عدد اسپد SPAD reading	عملکرد زیست توده (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
شاهد Control	کشت خالص آفتابگردان Sole crop of sunflower	12.65 a*	83.33 b	4866.7 de	800 g	16.45 c
	۷۵ درصد گوار+ ۲۵درصد آفتابگردان 75% guar+ 25% sunflower	12.80 a	70 c	5250 d	883.3 b	16.86 c
	۵۰ درصد گوار+ ۵۰ درصد آفتابگردان 50% guar+ 50% sunflower	11.47 abc	73.33 bc	5316.7 d	1083.33 def	20.40 abc
	۲۵ درصد گوار+ ۷۵ درصد آفتابگردان 25% guar+ 75% sunflower	8.83 e	73.33 bc	4533.3 e	1100 de	24.57 a
۱۰۰ کیلوگرم در هکتار 100 $kg.ha^{-1}$	کشت خالص آفتابگردان Sole crop of sunflower	12.04 ab	80bc	5433.3 d	1333.33 bc	23.19 ab
	۷۵ درصد گوار+ ۲۵درصد آفتابگردان 75% guar+ 25% sunflower	10.18 cde	100 a	6583.3 bc	1250 bcd	24.87 a
	۵۰ درصد گوار+ ۵۰ درصد آفتابگردان 50% guar+ 50% sunflower	12.54 a	83.33 b	5266.7 d	1083.33 def	20.48 abc
	۲۵ درصد گوار+ ۷۵ درصد آفتابگردان 25% guar+ 75% sunflower	10.42 cd	76.66 bc	7150 b	1433.33 b	20.06 abc
۱۵۰ کیلوگرم در هکتار 150 $kg.ha^{-1}$	کشت خالص آفتابگردان Sole crop of sunflower	8.71 e	83.33 b	6550 bc	1450 ab	22.16 ab
	۷۵ درصد گوار+ ۲۵درصد آفتابگردان 75% guar+ 25% sunflower	9.69 de	80 bc	5550 d	916.67 efg	16.61 c
	۵۰ درصد گوار+ ۵۰ درصد آفتابگردان 50% guar+ 50% sunflower	10.58 bcd	83.33 b	6200 c	1150 cd	18.57 bc
	۲۵ درصد گوار+ ۷۵ درصد آفتابگردان 25% guar+ 75% sunflower	10.02 cde	80bc	8250a	1633.33 a	16.23 c

*حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

*Means with at least one similar letter in each column, are not significantly different ($p \leq 0.05$) based on Duncan multiple range test.

وزن هزار دانه آفتابگردان

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر وزن هزار دانه آفتابگردان معنی‌دار بود اما تحت تأثیر نسبت‌های کشت معنی‌داری نبود. همچنین برهمکنش بین کود و نسبت‌های کاشت بر صفت فوق در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). در بین سطوح مختلف کود نیتروژن بیشترین وزن هزار دانه با میانگین ۸۵ و ۸۱/۶۶ گرم به‌ترتیب مربوط به تیمارهای مصرف ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن بود که نسبت به شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن) به‌ترتیب ۱۳/۳ و ۸/۸ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). در آزمایشی گزارش گردید کود ازته باعث افزایش وزن هزار دانه در آفتابگردان می‌شود (Rafiae et al., 2004). همچنین در بررسی سطوح مختلف کود ازته بر روی سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) مشاهده شد که رابطه مستقیمی بین کود ازته و عملکرد ماکزیمم دانه، ماده خشک و وزن هزاردانه وجود دارد (Powell & Hons, 1992). دلیل افزایش وزن هزاردانه را می‌توان افزایش بافت سبز، افزایش فتوسنتز و مواد فتوسنتزی دانست. در بین نسبت‌های کاشت بیشترین وزن هزاردانه از تیمار ۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان برابر با ۸۳/۳ حاصل و کشت خالص آفتابگردان (۸۲/۲ گرم) و ۵۰ درصدگوار+ ۵۰ درصد آفتابگردان (۸۰ گرم) به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. همچنین، کمترین مقدار آن با میانگین ۷۶/۶ گرم از تیمار ۲۵ درصد گوار+ ۷۵ درصد آفتابگردان به‌دست آمد (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل، بیشترین وزن هزار دانه با میانگین ۱۲/۸ گرم از تیمار ۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان و عدم کوددهی حاصل شد (جدول ۳). کاهش وزن هزار دانه آفتابگردان با افزایش تراکم آن اغلب ناشی از تشدید رقابت درون گونه‌ای بر سر استفاده از منابع موجود بوده است. آفتابگردان در تراکم‌های مختلف قادر است که از مواد فتوسنتزی بهره لازم را ببرد و دانه‌هایی با میانگین وزن مشابه در تراکم‌های مختلف تولید نماید (Moadab Shabestari & Mojtahedi, 2009).

عدد اسپد آفتابگردان

عدد اسپد برگ در آفتابگردان به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر الگوهای کاشت، کود نیتروژن و برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۱). نتایج نشان داد که با افزایش مصرف نیتروژن، عدد اسپد برگ کاهش می‌یابد که این امر احتمالاً به‌دلیل توسعه بیشتر سطح برگ و در نتیجه کاهش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ بود (جدول ۲). عدد اسپد در گیاه به قابلیت دسترسی نیتروژن خاک و توانایی جذب نیتروژن توسط گیاه، وابسته است و این‌ها از جمله عوامل مهم مدیریت در مزارع به‌شمار می‌روند (Jongschaap & Booij, 2004). مقادیر میانگین نسبت‌های مختلف کاشت نشان داد بالاترین میانگین از تیمار ۵۰ درصد گوار+ ۵۰ درصد آفتابگردان و کمترین از تیمار ۲۵ درصد گوار+ ۷۵ درصد آفتابگردان حاصل شد (جدول ۲). بالاترین میانگین کلروفیل برگ آفتابگردان نیز از تیمار ۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان همراه با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن حاصل شد (جدول ۳).

عملکرد زیست‌توده آفتابگردان

اثر سطوح مختلف کود نیتروژن، نسبت‌های کاشت و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد زیست‌توده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۱). بیشترین عملکرد زیست‌توده با میانگین ۶۶۴۴/۴ کیلوگرم در هکتار از تیمار ۲۵ درصد گوار+ ۷۵ درصد آفتابگردان حاصل شد، که نسبت به کشت خالص آفتابگردان ۱۸/۲ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). سایر تیمارهای کشت مخلوط با کشت خالص آفتابگردان از نظر عملکرد زیست‌توده تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). توحیدی نژاد و همکاران (Tohidy Nejad et al., 2004) در ارتباط با کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان مشخص نمود که کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان نسبت به تک‌کشتی ذرت و تک کشتی آفتابگردان برتری دارد و ترکیب ۷۵ درصد ذرت+ ۲۵ درصد آفتابگردان ۳۲ درصد بیشتر از کشت خالص آفتابگردان و ۱۲ درصد بیشتر از کشت خالص ذرت علوفه تر به‌دست آمده است که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

از نظر مقادیر مختلف کود نیتروژن بالاترین میزان عملکرد زیست‌توده برابر با ۶۶۳۷/۵ کیلوگرم در هکتار با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌دست آمد، که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت و نسبت به شاهد و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب ۲۲/۴ و ۳۲/۹ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). بر اساس نتایج جدول اثرات متقابل بالاترین مقدار صفت مذکور از تیمار ۲۵ درصد گوار+ ۷۵ درصد آفتابگردان همراه با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود

به‌دست آمد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار نشان داد (جدول ۳). این مطلب بیانگر تأثیر مثبت نیتروژن بر افزایش عملکرد زیست‌توده بوده که می‌توان دلیل آن را افزایش رشد سبزینه‌ای و افزایش سرعت رشد ساقه و برگ و در نتیجه ماده خشک و زیست‌توده گیاه دانست.

عملکرد دانه آفتابگردان

اثر سطوح مختلف کودی، نسبت‌های کاشت و همچنین برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج نشان داد با افزایش مصرف نیتروژن عملکرد دانه افزایش و در سطح کودی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به بالاترین میزان (۱۳۵۰ کیلوگرم در هکتار) رسید (جدول ۲). در گیاه آفتابگردان استفاده از کودهای دارای نیتروژن به‌میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌نحوی که نیتروژن موجود در خاک به ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار رسیده، موجب افزایش عملکرد دانه و درصد روغن دانه و در نهایت عملکرد روغن شده است (Scheiner et al., 2002). در میان الگو-های کشت، بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۱۲۸۸ کیلوگرم در هکتار از تیمار ۲۵ درصد گوار+ ۷۵ درصد آفتابگردان مشاهده شد، سایر تیمارها هم تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). این به این معناست که همجواری دو گیاه سبب می‌گردد تا از کشت مخلوط محصول بیشتری نسبت به تک‌کشتی برداشت شود. دلیل آن را می-توان در تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط ریشه‌های گوار و افزایش جذب نور جستجو کرد. در بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا گزارش گردید که در کشت مخلوط عملکرد به‌طور معنی‌داری نسبت به کشت خالص افزایش یافت (Nassiri Mahallati, et al., 2015). برهمکنش عملکرد دانه آفتابگردان نشان داد که بیشترین عملکرد از تیمار ۷۵ درصد آفتابگردان+ ۲۵ درصد گوار توأم با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌دست آمد (جدول ۳). افزایش تولید در کشت مخلوط به سرعت رشد بیشتر و استفاده بهتر از منابع در دسترس به‌دلیل تفاوت گونه‌ها نسبت داده شده است (Gustave et al., 2008).

شاخص برداشت آفتابگردان

تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود اما نسبت‌های کاشت تأثیر معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۱). بر اساس نتایج برهمکنش داده‌ها بیشترین شاخص برداشت از تیمار ۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان به‌دست آمد (جدول ۳). محققان در کشت مخلوط ذرت و سویا (*Glycine max* L.) بیان کردند که تیمارهای مختلف کاشت روی شاخص برداشت تأثیری نداشته است که این حالت می‌تواند ناشی از تغییرات هماهنگ عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در واحد سطح باشد (Rahimi et al., 2002). نتایج آزمایشی در کشت مخلوط ذرت و خیار (*Cucumis sativus* L.) نشان داد که بالاترین شاخص برداشت، در بین نسبت‌های مختلف از کشت خالص ذرت به‌دست آمد (Gokar, 2005). در بین سطوح مختلف کود نیتروژن، بالاترین شاخص برداشت از تیمار ۱۰۰کیلوگرم در هکتار حاصل که با سایر تیمارها نیز اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۲). همچنین در آزمایشی گزارش گردید که نیتروژن باعث افزایش شاخص آفتابگردان رقم گلشید می‌شود (Rafiae et al., 2004). برهمکنش نسبت‌های کاشت و سطوح مختلف کود بر شاخص برداشت معنی‌دار شد (جدول ۱). همچنین نصیرپور (Nasirpour, 2010) نیز در بررسی کشت مخلوط ارزن و لوبیا چشم بلبلی به نتیجه مشابهی دست یافت.

وزن نیام گوار

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد سطوح مختلف کود نیتروژن و نسبت‌های کاشت تأثیر معنی‌داری بر وزن نیام در سطح احتمال یک درصد دارد (جدول ۴). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در بین نسبت‌های مختلف کاشت، تیمار ۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان، بیشترین وزن نیام (۴۱۱ گرم در مترمربع) را تولید کرد (جدول ۵). بیشترین وزن نیام (۴۰۴/۸۳ گرم در مترمربع) از تیمار عدم اعمال کود و کمترین میزان وزن نیام از تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن حاصل شد (جدول ۵). نتایج برهمکنش تیمارها نشان داد بالاترین میزان وزن نیام ۴۶۹ گرم در مترمربع از تیمار ۷۵ درصدگوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان بدون اعمال کود به‌دست آمد (جدول ۶).

جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده گوار تحت تأثیر الگوی کشت مخلوط با آفتابگردان و سطوح مختلف کود نیتروژن

Table 4- Analysis of variance (Means of squares) for measured traits of guar under sowing patterns with sunflowers and different levels of nitrogen fertilizer

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000- seed weight	وزن نیام Pod weight	عدد اسپد SPAD erading	عملکرد زیست‌توده Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	25 ns	1064.08*	11.54*	87052.7 ns	1144.4ns	2.5ns
کود (نیتروژن) Fertilizer (nitrogen)	2	133.3**	00227.3**	26.86**	13745219.4**	3234136.1**	26.53**
اشتباه اصلی Main error	4	20.83	1441.9	0.476	1034386.11	66823.6	4.09
الگوی کاشت Sowing pattern	3	70.37*	59738.8**	35.27**	5421025**	2349874.07**	52.87**
کود × الگوی کاشت × Fertilizer Sowing pattern	6	37.03ns	3433.07**	32.22**	2328108.33**	274987.96**	2.64ns
اشتباه فرعی Sub error	18	20.37	241.08	2.87	628775	26876.1	4.24
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	5.52	4.33	7.28	8.53	4.74	5.56

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد می‌باشد.

ns,* and **: are non-significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

وزن هزار دانه گوار

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سیستم‌های مختلف کشت و سطوح مختلف کود نیتروژن بر وزن هزار دانه معنی‌دار شد (جدول ۴). بیشترین وزن هزاردانه ۸۵/۵۵ گرم از تیمار مخلوط ۲۵ درصد گوار+ ۷۵ درصد آفتابگردان به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. کمترین وزن هزاردانه ۷۸/۸۸ گرم از تیمار کشت خالص گوار بود (جدول ۵). فتحی (Fathi, 2010) در آزمایشی بر روی ماش بیان کرد که وزن هزار دانه آن همبستگی مثبتی با عملکرد دانه دارد. در بررسی کشت مخلوط اثر تراکم چاودار (*Secale montanum* Guss.) بر صفات زایشی گندم نتایج مشابهی گزارش شده است (Haryanvi et al., 2005). کمترین وزن هزاردانه گوار برابر با ۷۸/۳۳ همراه با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و بیشترین آن با میانگین ۸۵ گرم از تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۵). احتمالاً دلیل کاهش وزن هزار دانه، افزایش رشد رویشی (ساقه و برگ) و کاهش رشد زایشی در شرایط وجود نیتروژن بالا و وجود رطوبت کافی است و اینکه گیاه نتوانسته از ازت تقسیطی در مراحل کوددهی به‌خوبی استفاده کند. کاهش وزن هزار دانه با افزایش مقدار کود نیتروژنه، در مطالعات مرادی بناب و همکاران (Madadi Bonab et al., 2013) بر روی شوید (*Anethum graveolens* L.) و (Faraji & Mirlohi, 1998) در برنج (*Oriza sativa* L.) مطابقت داشت. کود نیتروژن عملکرد دانه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) را عمدتاً از طریق تأثیر بر تعداد طبق در بوته افزایش می‌دهد (Gilbert & Tucker, 1987). تعداد دانه در طبق با شدت کمتری تحت تأثیر نیتروژن واقع می‌شود و وزن هزار دانه چندان تحت تأثیر نیتروژن قرار نمی‌گیرد. برهمکنش نسبت‌های کاشت و سطوح مختلف کود نیتروژن بر وزن هزار دانه معنی‌دار نشد (جدول ۴).

عدد اسپد گوار

عدد اسپد در گیاهان یکی از عوامل مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی است. همچنین بین عدد اسپد و عملکرد همبستگی مثبتی وجود دارد که نشان‌دهنده اهمیت حفظ میزان مطلوب این رنگدانه برای تولید عملکرد بالا می‌باشد (Sivasemardeh., 2003). تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن و نسبت‌های کاشت بر عدد اسپد گوار در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین عدد اسپد

(۲۵/۱۷) از کشت خالص گوار به‌دست آمد. در صورتی‌که این تیمار با تیمار مخلوط ۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان اختلاف معنی‌داری نداشت. در بین تیمارهای کودی نیز بالاترین عدد اسپد از کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار حاصل شد (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده گوار تحت تأثیر الگوی کشت مخلوط با آفتابگردان و سطوح مختلف کود نیتروژن

Table 5- Mean comparison measured traits in guar under sowing patterns with sunflowres and different levels of nitrogen fertilizer

تیمارها Treatments	وزن نیام (گرم بر مترمربع) Pod weight ($g.m^{-2}$)	وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم) 1000- seed weight (g)	عدد اسپد SPAD reading	عملکرد زیست توده (کیلوگرم درهکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم درهکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
کود نیتروژن (کیلو گرم در هکتار) Nitrogen fertilizer ($kg.ha^{-1}$)			-			
شاهد Control	404.83[a*]	85 [a]	24.02[a]	8058.3 [b]	2851.7 [b]	35.36 [b]
100	309.67 [c]	78.33 [b]	24.25 [a]	10016.7 [a]	3754.2 [a]	37.41 [ab]
150	360 [b]	81.66 [ab]	21.55 [b]	9785.8 [a]	3747.5 [a]	38.25 [a]
الگوی‌های کاشت Sowing patterns						
کشت خالص گوار Sole crop of guar	236.66 [c]	78.88 [b]	25.17 [a]	8405.6 [b]	2861.1 [c]	34.01 [c]
۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان 75% guar+ 25% sunflower	411 [a]	81.11 [ab]	24.76 [a]	10297.8 [a]	4108.8 [a]	39.94 [a]
۵۰ درصد گوار+ ۵۰ درصد آفتابگردان 50% guar+ 50% sunflower	391.55 [b]	81.11 [ab]	21.27 [b]	9222.2 [b]	3427.7 [b]	37.23 [b]
۲۵ درصد گوار+ ۷۵ درصد آفتابگردان 25% guar+ 75% sunflower	393.44 [b]	85.55 [a]	21.89 [b]	9222.2 [b]	3406.6 [b]	36.85 [b]

*حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

*Means with at least one similar letter in each column, are not significantly different ($p\leq0.05$) based on Duncan multiple range test.

کاهش غلظت کلروفیل می‌تواند ناشی از تجزیه کلروفیل در شرایط تنش تغذیه‌ای باشد (Pour Mousavi et al., 2007). افزایش کود می‌تواند از فراهمی جذب بیشتر عناصر غذایی، سبب افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک گیاه شود (Atiyeh et al., 2001). همچنین، بالاترین میانگین کلروفیل برگ (۲۹/۶۱) از تیمار کشت خالص گوار همراه با عدم اعمال کود به‌دست آمد و این تیمار اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارها نشان داد. کمترین مقدار آن (۱۷/۴۹) از تیمار ۵۰ درصد گوار+ ۵۰ درصد آفتابگردان و عدم اعمال کود حاصل شد (جدول ۵). دلیل افزایش میزان کلروفیل در تراکم‌های زیاد و در حالت کشت مخلوط، افزایش سایه‌اندازی بوته‌ها روی یکدیگر است. گیاه زراعی در شرایط سایه‌اندازی برای به دام انداختن هرچه بیشتر نور برای تولید فتوآسمیلات میزان کلروفیل برگ خود را افزایش می‌دهد. ظاهرا دلیل افزایش غلظت کلروفیل گوار در شرایط کشت خالص، محبوس شدن به دلیل افزایش تراکم و سایه‌اندازی علف‌های هرز در این تیمار می‌باشد.

عملکرد زیست‌توده گوار

تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن، نسبت‌های مختلف کاشت و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد زیست‌توده گوار در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). در میان سطوح مختلف نیتروژن، تیمارهای مصرف ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن مقدار عملکرد زیست‌توده را نسبت به شاهد به‌ترتیب به میزان ۲۴/۳ و ۲۱/۴ درصد افزایش داد (جدول ۵). با توجه به این‌که مصرف کود نیتروژن باعث افزایش رشد رویشی و تجمع ماده خشک در گیاهان می‌شود، طبیعی است که عملکرد زیست‌توده در اثر کاربرد نیتروژن افزایش می‌یابد. از نظر نسبت‌های کاشت نیز بالاترین مقدار عملکرد زیست-

توده مربوط به تیمار مخلوط ۷۵ درصد گـوار+ ۲۵ درصـد آفتـابگردان بود (جدول ۵). بیشترین عملکرد زیست‌توده در تیمار ۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان همراه با مصرف ۱۰۰ کیلـوگرم در هکتـار کـود مشاهده شد و کمترین مقدار آن نیز مربوط به ۲۵ درصـد گـوار + ۷۵ درصد آفتابگردان و عدم مصرف کود نیتروژن بود (جدول ۵). با توجـه به این نتایج، می‌توان نتیجه گرفت که در کشت خالص، به دلیل رشـد آهسته این گیاه در اوایل فصل رشد درصد فضای بیشـتری در اختیـار علف‌های هرز قرار گرفته و در نتیجـه تعـداد علف‌های هـرز در واحـد سطح افزایش یافت، به‌طوری‌که قدرت رقابتی گیاه زراعی با افـزایش بـاروری خاک به‌علت افزودن کود نیتروژن کمتر شد (Ahmadvand et al., 2002)

جدول ٦- مقایسه میانگین برهمکنش صفات اندازه‌گیری شده گوار تحت تأثیر الگوی کشت مخلوط با آفتابگردان و سطوح مختلف کود نیتروژن

Table 6- Means comparison of interaction of measured traits in under sowing patterns with sunflowres and different levels of nitrogen fertilizer

تیمارها Treatments		وزن نیام (گرم بر مترمربع) Pod weight ($g.m^{-2}$)	عدد اسپد SPAD reading	عملکرد زیست توده (کیلوگرم درهکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم درهکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)
شاهد Control	کشت خالص آفتابگردان Sole crop of sunflower	256^{e*}	29.61^{a}	e 7950^{d}	2583.3^{de}
	۷۵ درصد گوار+ ۲۵درصد آفتابگردان 75% guar+ 25% sunflower	469^{a}	25.61^{bc}	9733.3^{abc}	3650^{b}
	۵۰ درصد گوار+ ۵۰ درصد آفتابگردان 50% guar+ 50% sunflower	423^{b}	17.49^{f}	7933.3^{de}	2856.7^{cd}
	۲۵ درصد گوار+ ۷۵ درصد آفتابگردان 25% guar+ 75% sunflower	471.33^{f}	23.38^{bc}	6616.7^{e}	2316.7^{e}
۱۰۰کیلوگرم در هکتار 100 $kg.ha^{-1}$	کشت خالص آفتابگردان Sole crop of sunflower	383.33^{c}	26.37^{b}	8533.3^{cd}	2986.7^{c}
	۷۵ درصد گوار+ ۲۵درصد آفتابگردان 75% guar+ 25% sunflower	365.67^{bc}	25.02^{bc}	10966.7^{a}	4320^{a}
	۵۰ درصد گوار+ ۵۰ درصد آفتابگردان 50% guar+ 50% sunflower	382^{d}	23.27^{bc}	9916.7^{abc}	3736.7^{b}
	۲۵ درصد گوار+ ۷۵ درصد آفتابگردان 25% guar+ 75% sunflower	307.67^{de}	22.34^{cde}	10650^{a}	3973.3^{b}
۱۵۰کیلوگرم در هکتار 150 $kg.ha^{-1}$	کشت خالص آفتابگردان Sole crop of sunflower	270.67^{de}	19.55^{ef}	8733.3^{bcd}	3013.3^{c}
	۷۵ درصد گوار+ ۲۵درصد آفتابگردان 75% guar+ 25% sunflower	398.33^{be}	23.66^{bc}	10193.3^{ab}	4356.7^{a}
	۵۰ درصد گوار+ ۵۰ درصد آفتابگردان 50% guar+ 50% sunflower	369.67^{c}	23.04^{bcd}	9816.7^{abc}	3690^{b}
	۲۵ درصد گوار+ ۷۵ درصد آفتابگردان 25% guar+ 75% sunflower	401.33b^{c}	19.96^{def}	10400^{a}	3930^{b}

*حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

*Means with at least one similar letter in each column, are not significantly different ($p\leq0.05$) based on Duncan multiple range test.

عملکرد دانه گوار

این صفت به‌طور معنـی‌داری تحـت تـأثیر نسـبت‌هـای مختلـف کاشت، کوددهی و برهمکنش آن‌ها قرار گرفـت (جـدول ۴). مقایسـه میـانگین داده‌هـا نشـان داد کـه بـالاترین عملکـرد دانـه (۴۱۰۸/۸۹ کیلـوگرم در هکتـار) از تیمـار مخلـوط ۷۵ درصـد گـوار+ ۲۵ درصـد آفتابگردان و کمترین آن (۲۸۶۱/۱ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کشـت خالص گوار به‌دست آمد (جدول ۵). دلیل این امـر مـی‌توانـد افـزایش رقابت به‌علت حضور سایر گونه‌هـا در شـرایط کشـت خـالص و عـدم

کنترل علف‌هرز باشد که سبب کاهش منابع محیطی در دسترس گیاه زراعی می‌گردد و همچنین نتایج نشان داد، بیشترین تراکم و وزن خشک علف‌های هرز نیز مربوط به شرایط تک کشتی بود (جدول ۹). در تحقیق حمزه‌ای و سیدی (Hamzei & Seyedi,(2014 در مورد عملکرد، اجزای عملکرد و پتانسیل کنترل علف هرز دو گیاه نخود و جو (*Hordeum vulgare* L.) در شرایط کشت مخلوط، شاخه‌های فرعی، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه نخود در تیمارهای بدون کنترل علف هرز به طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروزن عملکرد دانه را به‌ترتیب ۳۱/۶ و ۳۱/۴ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۵). به نظر می‌رسد افزایش عملکرد دانه در اثر مصرف کود به دلیل نقش اساسی نیتروژن در ساختمان کلروفیل و سنتز پروتئین‌ها و آنزیم‌ها، توسعه سطح برگ و در نتیجه افزایش مواد فتوسنتزی باشد. همچنین بیان شده که نیتروژن باعث افزایش طول عمر تخمک، افزایش زمان گرده‌افشانی مؤثر و کیسه جنینی قوی شده و درصد تشکیل دانه را افزایش می‌دهد. بالاترین میزان عملکرد دانه به‌ترتیب برابر با میانگین ۴۳۵۶/۷ و ۴۳۲۰ کیلوگرم در هکتار، از تیمار ۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان همراه با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود و مخلوط ۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان همراه با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌دست آمد (جدول ۶). نتایج مشابهی در کشت مخلوط ذرت و سویا مشاهده گردید که بیشترین عملکرد محصول از تیمار ۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا در شرایط مصرف ۱۰۰ درصد توصیه‌ی کودی نیتروژن حاصل گردید (Pahlavanloo et al., 2016). به‌نظر می‌رسد که وجود شرایط مناسب از جمله افزایش دسترسی به نیتروژن برای رشد گوار تحت تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط از طریق بهبود رشد، عملکرد را نیز بهبود داده است. در بررسی کشت مخلوط ارزن و لوبیا گزارش گردید که مقادیر مختلف کودهای دامی و شیمیایی اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه و علوفه خشک دو گیاه ارزن و لوبیا دارند (Tavasoli et al., 2010).

شاخص برداشت گوار

مقادیر مختلف کود نیتروژن و نسبت‌های مختلف کاشت اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر این صفت داشت (جدول ۴). بالاترین شاخص برداشت گوار با میانگین ۳۹/۹۴ درصد از تیمار ۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان و کمترین آن برابر ۳۴/۰۱ درصد از کشت خالص گوار به‌دست آمد (جدول۵). علت افزایش شاخص برداشت در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص گوار را ممکن است به دریافت بهتر نور در کشت مخلوط نسبت داد و این‌که در این شرایط از تشعشع و سایر منابع در جهت افزایش اجزای عملکرد، بیشتر از دیگر تیمارها استفاده کرده و همین عامل سبب افزایش شاخص برداشت در این تیمار نسبت به دیگر تیمارها شده است. احتمالاً یکی از عواملی که باعث کاهش عملکرد گیاهان زراعی می‌شود، علف‌های هرزی هستند که در بین گیاهان زراعی رشد کرده و بر سر نور، فضا، آب و هوا و مواد غذایی با گیاه زراعی به رقابت می‌پردازند. نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز حاکی از تأثیر مثبت نیتروژن بر این شاخص بود به طوری که مصرف ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن این شاخص را نسبت به شاهد به ترتیب ۵/۷ و ۸/۱ درصد افزایش داده است (جدول ۵). افزایش شاخص برداشت با کاربرد نیتروژن به علت کمتر بودن رشد ساقه، برگ و وزن خشک آن بود. افزایش شاخص برداشت با افزایش مقدار کود نیتروژن در مطالعات کشفی و همکاران (Kashfi et al., 2011) روی نخود در شرایط کرج نیز گزارش شده است.

نسبت برابری سطح زمین

معیاری که اغلب جهت داوری در مؤثر بودن کشت مخلوط مورد استفاده قرار می‌گیرد، نسبت برابری زمین می باشد. این معیار نسبت میزان زمین لازم برای تک‌کشتی‌ها را در مقایسه با کشت مخلوط توصیف می‌کند. نسبت برابری زمین در همه آرایش‌های کاشت مخلوط بیشتر از یک بود که نشان از اثر مفید کشت مخلوط در افزایش بهره‌وری از منابع است. نسبت برابری زمین تحت تأثیر نسبت کاشت و سطوح مختلف کود نیتروژن تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۷). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها بالاترین نسبت برابری زمین از ۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان معادل ۲/۷۳ به‌دست آمد (جدول ۸). بر این اساس، عملکرد حاصل از کشت مخلوط در این تیمار نسبت به تک‌کشتی افزایش نشان داده است این بدان معناست که کشت دو گیاه گوار و آفتابگردان سبب می‌گردد تا از کشت مخلوط محصول بیشتری نسبت به تک‌کشتی برداشت شود و دلیل آن تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط ریشه‌های گیاه گوار و استفاده بهتر از عوامل محیطی بوده است. بانیک و همکاران (Banik et al., 2006) نیز با بررسی کشت مخلوط افزایشی نخود و گندم ملاحظه کردند که

تولیدکل و ظرفیت استفاده از زمین در تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص هر دو گیاه بود. در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی گزارش شد که LER در همه تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از یک بود که این نشان‌دهنده سودمندی کشت مخلوط می‌باشد (Dahmardeh, 2010). در سیستم کشت مخلوط ارزن نوتریفید با ماشک زراعی (*Vicia sativa* L.) اعلام گردید که عملکرد مخلوط در مقایسه با کشت خالص دو گیاه زراعی، LER بالاتری داشته که این امر به دلیل بهره‌گیری ارزن از بقایای نیتروژن ماشک و کاهش رقابت درون گونه‌ای می‌باشد (Sirous mehr et al., 2003).

جدول ۷- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده گوار و آفتابگردان تحت تأثیر الگوی کشت مخلوط و سطوح مختلف کود نیتروژن

Table 7- Analysis of variance (mean of squares) for measured traits of guar and sunflower under sowing patterns of intercropping and different levels of nitrogen fertilizer

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	LER گوار Guar LER	LER آفتابگردان Sunflower LER	LER کل Total LER	نیتروژن خاک Soil nitrogen	وزن خشک علف‌های هرز Weeds dry weight
تکرار Replication	2	0.031*	0.13*	0.040ns	0.55ns	1187.2 ns
(نیتروژن) کود Fertilizer (nitrogen)	2	0.16**	0.12*	0.16**	100.02**	19175.5**
اشتباه اصلی Main error	4	0.18	0.024	0.042	1.28	672.2
الگوی کاشت Sowing pattern	2	0.22**	0.055ns	0.11*	13.47**	2130**
کود× الگوی کاشت Fertilizer×Sowing pattern	4	0.68**	0.027ns	0.048ns	0.49ns	2361.6**
اشتباه فرعی Sub error	12	0.80	0.024	0.019	11.73	11136.6
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	6.53	11.32	5.34	3.65	12.9

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد می‌باشد.

ns ,* and **: are non-significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

وزن خشک علف‌های هرز

مصرف نیتروژن و نسبت‌های کاشت، همچنین برهمکنش این دو فاکتور بر روی وزن خشک علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین‌های وزن خشک علف-هرز نشان داد که مصرف ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن، وزن خشک علف‌های هرز را به‌ترتیب به میزان ۲۳/۶ و ۵۳/۸ درصد نسبت به عدم مصرف کود افزایش داد (جدول ۹). علت این امر را به حریص‌تر بودن علف‌های هرز در جذب نیتروژن می‌توان نسبت داد. همچنین در بین تیمارهای کشت مخلوط کمترین وزن خشک علف-های هرز از تیمار مخلوط ۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان بدست آمد. بیشترین وزن خشک علف‌های هرز نیز از تیمار کشت خالص آفتابگردان حاصل شد (جدول ۹). به‌نظر می‌رسد که فشار رقابتی ناشی از حضور آفتابگردان و گوار در کنار یکدیگر منجر به کاهش معنی‌دار وزن خشک علف‌های هرز در برخی از تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی شده است. عدم جوانه‌زنی بذور علف‌های هرز به وسیله دریافت کامل نور توسط گیاه همراه و یا به علت خاصیت آللوپاتی آن‌ها در مطالعه سایر محققین نیز بیان شده است (Poggio, 2005). بر اساس نتایج اثرات متقابل بالاترین میزان وزن خشک علف‌های هرز از تیمارهای کشت خالص گوار همراه با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و ۲۵ درصد گوار+ ۷۵ درصد آفتابگردان همراه با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن حاصل شده است (جدول ۱۰). نتایج مشابه‌ای در کنترل علف‌های هرز توسط کشت مخلوط گندم و نخود به‌دست آمد و اعلام گردید مزیت کشت مخلوط این دو گیاه بیشتر از کشت خالص آن‌ها می‌باشد (Banik et al., 2006). همچنین در کشت مخلوط جو و باقلا، افزایش عملکرد در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی دو گیاه

به دلیل کنترل بهتر علف‌های هرز در کشت مخلوط صورت گرفته است (Agegnnehu, 2006).

جدول ۸- مقایسه میانگین نسبت برابری زمین برای عملکرد دانه گوار و آفتابگردان تحت تأثیر الگوی کشت مخلوط و سطوح مختلف کود نیتروژن

Table 8- Means comparison of land equivalent ratio for seed yield of guar and sunflower under sowing patterns of intercropping and different levels of nitrogen fertilizer

الگوی کاشت Sowing pattern	LER گوار Guar LER	LER آفتابگردان Sunflower LER	LER کل Total LER
۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان 75% guar+ 25% sunflower	1.43 a*	1.29 a	2.73 a
۵۰ درصد گوار+ ۵۰ درصد آفتابگردان 50% guar+ 50% sunflower	1.19 b	1.45 a	2.64 ab
۲۵ درصد گوار+ ۷۵ درصد آفتابگردان 25% guar+ 75% sunflower	1.14 b	1.36 a	2.5 b

*حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

*Means with at least one similar letter in each column, are not significantly different ($p \leq 0.05$) based on Duncan multiple range test.

نیتروژن خاک

نسبت‌های کاشت و مقادیر مختلف کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر میزان نیتروژن خاک بعد از برداشت محصول داشت. همچنین برهمکنش سطوح مختلف کود نیتروژن و سیستم‌های مختلف کاشت اثر معنی‌داری بر درصد نیتروژن خاک نداشت (جدول ۷). مقایسه میانگین‌های نسبت‌های کاشت نشان داد که بیشترین و کمترین میزان نیتروژن به ترتیب از کشت خالص گوار (۰/۲۰ درصد) و کشت خالص آفتابگردان (۰/۱۷ درصد) به‌دست آمد. در مجموع، میزان نیتروژن خاک در کشت‌های مخلوط بیشتر از تک کشتی آفتابگردان بود و تفاوت معنی‌داری میان تیمارهای کشت مخلوط و کشت خالص دو گیاه زراعی در میزان نیتروژن خاک بعد از برداشت مشاهده شد (جدول ۸).

جدول ۹- مقایسه میانگین نیتروژن خاک و وزن خشک علف‌های هرز تحت تأثیر الگوی کشت مخلوط و سطوح مختلف کود نیتروژن

Table 9- Mean comparison of soil of nitrogen and weeds dry weight under sowing patterns of intercropping and different levels of nitrogen fertilizer

تیمارها Treatments / کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen Fertilizer(kg.ha $^{-1}$)	وزن خشک علف‌های هرز (گرم در مترمربع) Weeds dry weight ($g.m^{-2}$)	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)
شاهد Control	132.6c*	0.16c
100	164b	0.19b
150	204a	0.21a
الگوی‌های کاشت Sowing patterns		
کشت خالص آفتابگردان Sole crop of sunflower	192.2a	0.17d
کشت خالص گوار Sole crop of guar	156.6b	0.20a
۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان 75% guar+ 25% sunflower	153.3b	0.19b
۵۰ درصد گوار+ ۵۰ درصد آفتابگردان 50% guar+ 50% sunflower	163.3b	0.19b
۲۵ درصد گوار+ ۷۵ درصد آفتابگردان 25% guar+ 75% sunflower	168.89b	0.18c

*حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

*Means with at least one similar letter in each column, are not significantly different ($p \leq 0.05$) based on Duncan multiple range test.

بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که علت افزایش میزان نیتروژن خاک در کشت خالص گوار به‌دلیل تثبیت نیتروژن توسط گوار می‌باشد در حالی که کاهش نیتروژن خاک پس از برداشت در کشت خالص آفتابگردان به‌علت جذب بیشتر عناصر غذایی توسط آفتابگردان می‌باشد. در مزارع مناطق خشک و نیمه‌خشک، نیتروژن نخستین عنصری است که کمبود آن مطرح است، زیرا در این مناطق میزان مواد آلی خاک که عمده‌ترین منبع برای نیتروژن هستند، به دلایل مختلف از جمله بارندگی کم، تناوب زراعی نامناسب، پوشش گیاهی ناچیز و عدم مصرف کودهای دامی و کود سبز کم است. مقایسه میانگین‌های نیتروژن خاک نشان داد که مصرف ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود، نیتروژن خاک را به‌ترتیب ۲۱/۰۴ و ۳۱/۲ درصد نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) افزایش داد (جدول ۹).

جدول ۱۰- مقایسه میانگین برهمکنش وزن خشک علف‌های هرز تحت تأثیر الگوی کشت مخلوط و سطوح مختلف کود نیتروژن

Table 10- Means comparison of interaction of weed dry weight under sowing patterns of intercropping and different levels of nitrogen fertilizer

تیمارها Treatments		وزن خشک علف‌های هرز (گرم بر مترمربع) Weeds dry weight ($g.m^{-2}$)
شاهد Control	کشت خالص آفتابگردان Sole crop of sunflower	135^{fgh*}
	کشت خالص گوار Sole crop of guar	103.3^{h}
	۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان 75% guar+ 25% sunflower	116.67^{gh}
	۵۰ درصد گوار+ ۵۰ درصد آفتابگردان 50% guar+ 50% sunflower	170^{cdef}
	۲۵ درصد گوار+ ۷۵ درصد آفتابگردان 25% guar+ 75% sunflower	138.3^{efgh}
۱۰۰ کیلوگرم در هکتار 100 $kg.ha^{-1}$	کشت خالص گوار Sole crop of guar	186.6^{bcd}
	کشت خالص آفتابگردان Sole crop of sunflower	180^{bcde}
	۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان 75% guar+ 25% sunflower	146.67^{defgh}
	۵۰ درصد گوار+ ۵۰ درصد آفتابگردان 50% guar+ 50% sunflower	$160c^{defg}$
	۲۵ درصد گوار+ ۷۵ درصد آفتابگردان 25% guar+ 75% sunflower	146.67^{defgh}
۱۵۰کیلوگرم در هکتار 150 $kg.ha^{-1}$	کشت خالص گوار Sole crop of guar	255^{a}
	کشت خالص آفتابگردان Sole crop of sunflower	186.67^{bcd}
	۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان 75% guar+ 25% sunflower	196.67^{bc}
	۵۰ درصد گوار+ ۵۰ درصد آفتابگردان 50% guar+ 50% sunflower	160^{cdefg}
	۲۵ درصد گوار+ ۷۵ درصد آفتابگردان 25% guar+ 75% sunflower	221.67^{ab}

*حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

*Means with at least one similar letter in each column, are not significantly different ($p\leq0.05$) based on Duncan multiple range test.

نتیجه‌گیری

بالاترین عملکرد دانه در آفتابگردان و گوار به‌ترتیب در تیمار مخلوط ۲۵ درصد گوار+ ۷۵ درصد آفتابگردان و ۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان حاصل شد. همچنین در بین نسبت‌های کاشت بالاترین میزان وزن خشک علف‌های هرز مربوط به کشت خالص آفتابگردان بود، اما کشت خالص گوار و تمامی نسبت‌های کشت مخلوط باعث کاهش وزن خشک علف‌های هرز گردید. در مجموع تیمار ۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان با تولید LER معادل ۲/۷۳ نسبت به سایر تیمارهای مخلوط و نیز دارا بودن بیشترین عملکرد دانه (۱۶۳۳/۳۳ کیلوگرم در هکتار) مناسب‌ترین تیمار در کشت مخلوط گوار و آفتابگردان بود. بالاترین میزان نیتروژن خاک نیز از کشت خالص گوار و کمترین میزان نیتروژن خاک از کشت خالص آفتابگردان حاصل شد که این موضوع مؤید این مطلب است که کشت مخلوط گونه‌هایی با فنولوژی متفاوت، می‌توان علاوه بر ایجاد تنوع زیستی، ایجاد پایداری و ثبات تولید از طریق کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی به‌طور قابل ملاحظه‌ای مؤثر باشد.

منابع

Agegnnehu, G., Ghizaw, A., and Sinebo, W. 2006. Yield performance and land use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. European Journal of Agronomy 25: 202-207.

Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). 2014. Bulletin of Research and Technology Agricultural Scientific Information and Documentation Center (ASIDC). Available at Web site http://areo.ir/_DouranPortal/documents/nashriyeh4.pdf. (In Persian)

Ahmadvand, G., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2002. Competitiveresponse of winter wheat (*Triticum aestivum*) to density changes of wild oat (*Avena ludoviciana*) and using nitrogen fertilizer. Iranian Journal of Field Crops Research 106(4): 113-123. (In Persian)

Altieri, M.A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment 74: 19-31.

Atiyeh, R.M., Arancon, N., Edwards, C.A., and Metzger, J.D. 2001. The influence of earthworm processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. Bioresource Technology 81: 103-108.

Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in additiveseries experiment: Advantages and weed smothering. European Journal of Agronomy 24: 325-332.

Bremner, J.M., and Mulvaney, C.S. 1982. Nitrogen-Total, P. 595-624. In: Page, A.L. et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Agronomy Monograph 9, Part 2, 2nd Ed. American Society of Agronomy, Madison, WI.

Brummer, E.C. 1998. Diversity, stability and sustainable. American Journal of Agriculture Agronomy 90: 1-2.

Chavoshgholi, A., Nasrollah Zadehasl, A., and Khodavirdivand Kashtiban, R. 2015. Study of yield and yield component of pinto bean under intercropping. International Conference on Sustainable Development, Stategies and Challenges with a Focus on Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism, 24-26 Feb, Tabriz, Iran. (In Persian)

Dahmardeh, M. 2010. Intercropping maize (*Zea mays* L.) and cow pea (*Vigna unguiculata* L.) as whole–crop forage: Effects of planting ratio and harvest time on forage yield and quality. PhD thesis in agronomy. University of Zabol, Iran. (In Persian with English Summary)

Faraji, A., and Mirlohi, A. 1998. Effect of splitting and rate of nitrogen application on yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.) in Isfahan. JWSS-Isfahan University of Technology 2(3): 25-34. (In Persian with English Summary)

Farokhi, E., Nabi Pour, A.R., and Daneshian, J. 2015. Sunflower cultivation. Agricultural and Natural Resources Research and Education Cernter. Available at Web site http://www.areo.ir/_DouranPortal/Documents/sunflower_20151209_122122.pdf. (In Persian with English Summary)

Fathi, G. 2010. Effects of plant density on yield and yield components of mungbean in Khoozestan growing conditions. Iranian Journal of Crop Sciences 41(1): 19-27. (In Persian with English Summary)

Ghanbari, A. 2000. Intercropped wheat (*Triticum aestivum*) and bean (*Vicia faba*) as a low-input forage. PhD

thesis.Wye Collage, University of London, England.

Ghosh, P.K. 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. Field Crops Research 88: 227-237.

Gilbert, N.W., and Tucker, T.C. 1987. Growth, yield and yield components of safflower as affected by sources, rate, and time of application of nitrogen. Agronomy Journal 59: 54-56.

Gokar, M.A. 2005. Effect of intercropping of maize and cucumber on controlling weeds, MSc thesis in agronomy. University of Zabol, Zabol, Iran. (In Persian with English Summary)

Goulding, K.W.T., Jarvis, S.C., and Whitmore, A.P. 2008. Optimizing nutrient management for farm systems. Philosophical Transactions Biological Sciences are Provided Here Courtesy of the Royal Society 12: 667-680.

Gustave, N.M., Jean, F., Ois, L., and Xavier, D. 2008. Shoot and root competitiom in potato/maize intercropping, effects on growth and yield. Environmental and Experimental Botany 64: 180-188.

Hakan, G., Riza, A., Hikmet, S., and Behcet, K. 2008. Intercropping of corn with cowpea and bean: Biomass yield and silage quality. African Journal of Biotechnology 7(22): 4100-4104.

Hamzei, J., and Seyedi, M. 2014. Evaluation of barley (*Hordeum vulgare*) and chickpea (*Cicer arietinum*) intercropping systems using advantageous indices of intercropping under weed interference conditions. Journal of Agronomy Siences 5(9): 1-12. (In Persian with English Summary)

Haryanvi, M.R., Latifi, N., Zeinali, A., Feizabadi, A., and SHojaei, K. 2005. Effect of rye population on reproductive characteristics and grain yield in wheat. Iranian Journal of Agriculture Sciences 36(1): 87-97. (In Persian with English Summary)

Iran Meteorological Organization. 2012. Weather station Zahak. Available at Web site http://www.irimo.ir/eng/wd/701-Weather-Forcast-Zabol.html?id=221.

Jongschaap, R.E., and Booij, R. 2004. Spectral measurements at different spatial scales in potato: Relating leaf, plant and canopy nitrogen status. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 5: 205-218.

Kashfi, S.M.H., Majnoun Hosseini, N., and Zeinali Khaneghah, H. 2011. Effect of plant density and starter nitrogen fertilizer on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Kourosh) at Karaj conditions. Iranian Journal of Pulses Research 1(2): 11-20. (In Persian with English Summary)

Khatamipour, M., Asgharipour, M.R., and Sirousmehr, A. 2014. Intercropping benefits of foxtail millet (*Setaria italica*) with mungbean (*Vignaradiata*) as influenced by application of different manure levels. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 24(3): 75-86. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Zarea Fizabadi, A., and Jahanbin, G. 2004. Diversity of cropping systems in Iran. Pajouhesh and Sazandegi 63: 70-83. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Zarghani, H., and Norooziyan, A. 2015. Comparison of yield and yield components in different intercropping arrangements of sunflower (*Helianthus annuus* L.), sesame (*Sesamum indicum* L.) and red bean (*Phaseolus calcaratus*). Available at Web site https://jcesc.um.ac.ir/index.php/arable/article/view/51158/8667. (In Persian with English Summary)

Madadi Bonab, S., Zehtab Salmasi, S., and Ghassemi Golezani, K. 2013. Effect of irrigation and nitrogen fertilizer levels on yield and yield components of dill (*Anethum graveolens* L.). Journal of Agroecology 5(1): 67-74. (In Persian with English Summary)

Moadab Shabestari, M., and Mojtahedi, M. 2009. Crop Physiology. 2nd Ed. Markaze Nashre-e-Daneshghahi Press, Mashhad, Iran. (In Persian)

Nasirpour, M. 2010. The effect of culture different ratios on yield and yield components of millet (*Anicum miliaceum* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) in Intercropping. MSc thesis in agronomy, University of Zabol, Iran. (In Persian with English Summary)

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Mondani, F., Amirmoradi, S., and Feizi, H. 2015. Evaluation of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) growth indices in strip intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research 13(1): 81-82. (In Persian with English Summary)

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Beheshti, A. 2003. Agroecology **(**translation). Ferdowsi University Publications, Mashhad, Iran. (In Persian)

Pahlevanloo, P., Rahimizadeh, M., and Tookalloo, M.R. 2016. Evaluation of nitrogen use efficiency in intercropping of maize and soybean. Journal of Crops Improvement 17(4): 967-978. (In Persian with English Summary)

Poggio, S.L. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. Agriculture, Ecosystems and Environment 109: 48-58.

Pour Mousavi, S.M., Galavi, M., Daneshian, J., Ghanbari, A., and Basirani, N. 2007. Effects of drought stress and manure on leaf relative water content, cell membrane stability and leaf chlorophyll content in soybean (*glycine max*). Iranian Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 14: 125-134. (In Persian with English Summary)

Powell, J.M., and Hons, M. 1992. Fertilizer nitrogen and stover removal effects on sorghum yields and nutrient uptake and partitioning. Department of Soil and Crop Sciences 2: 220-221.

Rafiae, F., Kashani, A., Mamqani, R., and Golchin, A. 2004. The effect of the timing of irrigation and nitrogen application on grain yield andsome morphological traits in hybrid sunflower, cv. Golshid. Iranian Journal of Crop Sciences 7(1): 44-54. (In Persian with English Summary)

Rahimi, M.M., Mazaheri, D., Khodabandeh, N., and Heydari SHarifabady, K.H. 2002. Effects of intercropping maize (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max*) on yield and yield components. Pajouhesh and Sazandegi 51: 45-55. (In Persian with English Summary)

Rahman, M.S., and Leithon, R.E. 1968. Guar meal in dairy rations. Journal of Animal Sciences 51: 1664-1671.

Raiesi, F. 2006. Carbon and N mineralization as affected by soil cultivation and crop residue in a calcareous wetland ecosystem in Central Iran. Agriculture Ecosystems and Environment 112: 13-20.

Rezaei-Chiyaneh, E., Khorramdel, S., and Garachali, P. 2015. Evaluation of relay intercropping of sunflower (*Helianthus annuus* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) on their yield and land use efficiency. Crops Improvement (Journal of Agricultural Crops Production) 17(1): 183-196. (In Persian with English Summary)

Scheiner, J.D., Gutierrez-Boem, F.H., and Lavado, R.S. 2002. Sunflower nitrogen requirement and 15N fertilizer recovery in Western Pampas. Argentina European Journal of Agronomy 17: 73-79.

Sij, J.W., Ott, J.P., Baughman, T.A., and Olosn, B.L.S. 2002. Simulated hail damage on guar at different stages of growth. Annual Report Texas University, USA.

Sirous Mehr, A., Gavanshir, A., Rahimzadeh Khouei, F., and Moghaddam, M. 2003. Intercropping between millet and vetch. Desert Journal 8(2): 250-263. (In Persian with English Summary)

Sivasemardeh, A. 2003. Physiology, growth and yield of wheat under drought stress conditions. PhD thesis in agronomy, University of Tehran, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Sosulski, F.W. 1979. Food uses of sunflower proteins. Journal of the American Oil Chemists Society 56(3): 438-442.

Tavasoli, A., Ghabari, A., Ahmadi, M., and Heidari, M. 2010. Effect of manure and chemical fertilizers on forage and seed yield of millet (*Panicum miliaceum*) and bean (*Phaseolus vulgaris*) at intercropping. Iranian Journal of Crop Sciences 8(2): 1-11. (In Persian with English Summary)

TohidiNejad, A., Mazaheri, D., and Koocheki, A. 2004. Study of maize and sunflower intercropping. Pajouhesh and Sazandegi 64: 39-45. (In Persian with English Summary)

Tsubo, M., and Walker, S. 2003. Relationships between diffuse and global solar radiation in Southern Africa. South African Journal Sciences 99: 360-362.

Undersander, D.J., Putnam, D.H., Kaminski, A.R., Kelling, K.A., Doll, J.D., Oplinger, E.S., and Gunsolus, J.L. 1997. Alternative Field Crops: Guar. Available at Website www.hort.purdue.edu/newcrop/articles/guar.htm.

Watiki, J., Mfukai, S., Band, J.A., and Keeting, B.A. 1993. Radiation interception and growth of maize/cowpea intercrop as an affected by maize plant-density and cowpea cultivar. Field Crops Research 35: 123-133.

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 4, Winter 2018, p. 1050-1069

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶، ص. ۱۰۶۹-۱۰۵۰

Assessing Yield and Physiological Aspects of Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) and Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Intercropping under Different Levels of Nitrogen

M. Momen Keykha[1], I. Khammari[2*], M. Dahmardeh[3] and M. Forouzandeh[4]

Submitted: 19-11-2015
Accepted: 14-09-2016

Momen Keykha, M., Khammari, I., Dahmardeh, M., and Forouzandeh, M. 2018. Assessing yield and physiological aspects of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) intercropping under different levels of nitrogen. Journal of Agroecology 9(4): 1050-1069.

Introduction

Intercropping is the cultivation of two or more crops simultaneously on the same field. The most common goal of intercropping is to produce a greater yield on a given piece of land by making use of resources that would otherwise not be utilized by a single crop. The main aims of intercropping are reduces the insect populations and plant diseases, reduces hillside erosion and minimizes labor cost on the control of weeds. Guar belongs to the legume family and drought resistant plant which is cultivated as a forage and seed crop and vegetable in warm and dry regions of Asia and Africa. This plant is a precious plant in intercropping system, because it had a development root system as a source of fertilizer and located in symbiosis with nitrogen- fixing bacteria. In fact, use guar is necessary for second crop.

Materials and Methods

In order to investigate the physiological aspects of guar and sunflower intercropping under different levels of nitrogen a split plot experiment was conducted as based on randomized complete block design with three replications at the farm research of Agricultural Research Institute of University of Zabol (Chah nimeh), Iran in 2012-13 growing season -. Main factor was included 0, 100 and 150 kg ha^{-1} of nitrogen (N) (urea source) and sub factor was different planting ratio including: sole crop of sunflower, sole crop of guar, guar 75%+ sunflower 25%, sunflower 50%+ guar 50% and guar 25%+ sunflower 75%. Traits such as plant height, head diameter, 1000- seed weight, chlorophyll index, biological yield, seed yield, harvest index, guar LER, sunflower LER, total LER, soil nitrogen percentage and weeds dry weight were evaluated. Determination of soil nitrogen percentage carried out by using of Kjeldahl apparatus and measured leaf chlorophyll content by SPAD 502 Plus chlorophyll meter.

Results and Discussion

The statistical analysis showed that different levels of nitrogen fertilizer, planting ratios and interactions between them had significant effect on biological yield of sunflower and guar. The highest seed yield (1633.33 $kgha^{-1}$) in sowing pattern of sunflower were achieved from 75% guar+ 25% with consumption of 100 kgN ha^{-1} and in guar (4356.7 kg ha^{-1}) from 75% guar+ 25% sunflower and application of 150 kgN ha^{-1} of . Different levels of fertilizer and planting ratios had significant effect on chlorophyll index in sunflower and guar. The highest chlorophyll index of sunflower were achieved from 100 kg ha^{-1} nitrogen application and %75 guar+ %25sunflower treatment with mean of 100 values and in guar plant this trait was 29.6 values from non application fertilizers (control) and sole crop treatment. The maximum and minimum the soil nitrogen ratio were obtained on sole crop of guar and sole crop of sunflower with mean 0.2% and 0.17%, respectively. The highest

1, 2, 3 and 4- MSc Student in Agroecology, Assistant Professor, Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture and Instructor, Agricultural Research Institute, University of Zabol, Zabol, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: Ikhammari@gmail.com)
DOI:10.22067/JAG.V9I4.51084

land equivalent ratio (2.73) was obtained from 75% guar+ 25% sunflower and the lowest of value was obtained from 25% guar + 75% sunflower treatment with mean of 2.5. On account of weed control, the highest weed dry weight were obtained from sole crop of sunflower and sole crop of guar with mean 192.2 and 156.6 g m^{-2}, respectively and the lowest of weed dry weight showed that from 75% guar+ 25% sunflower with mean 153.3 g m^{-2}. Based on the results of mean comparison, the highest of LER (2.73) was obtained from 75% guar + 25% sunflower treatment.

Conclusion

The highest seed yield of sunflower and guar were obtained from mixed 25% guar + 75% sunflower and 75% guar+ 25% sunflower treatment respectively. Also weed dry weight was highest in sole crop of sunflower, but sole crop of guar and all ratios of intercropping reduced weed dry weight. The maximum of soil nitrogen was obtained from sole crop of guar and minimum value from sole crop of sunflower.

Keywords: Chlorophyll index, Land equivalent ratio (LER), Planting ratio, Sowing pattern, Weeds