Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 51, No 3, Autumn 2020 (129-138)
DOI: 10.22059/ijfcs.2019.269888.654549

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۱، شمارهٔ ۳، پائیز ۱۳۹۹ (ص۱۳۸-۱۲۹)

مقایسه ویژگی‌های کمی و کیفی گلرنگ و نخود در سیستم‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی

فریده سالاری[۱]، شیوا خالص‌رو[۲*]، غلامرضا حیدری[۳] ، حامد غباری[۴]

۱و۲و۳- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد ، استادیار و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، ٤- استادیار، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۸/۲۹ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۵/۳)

چکیده

به منظور ارزیابی ویژگی‌های کمی و کیفی گلرنگ و نخود در سری‌های افزایشی و جایگزینی کشت مخلوط، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۱ تیمار و سه تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان، طی سال زراعی ۹۵-۱۳۹٤ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل الگوهای مختلف کشت از جمله کشت خالص گلرنگ و نخود، سری‌های جایگزینی با الگوهای ٤:٤، ۲:۲، ۱: ۱، ۳:۱ و ۱:۳ و سری‌های افزایشی ۲۰ و ٤۰ درصد نخود، هرکدام در دو حالت بین (I) و اطراف (II) ردیف‌های گلرنگ بودند. نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین عملکرد دانه، زیستی و روغن گلرنگ، به‌ترتیب از الگوهای ٤۰Iدرصد و ٤:٤ به‌دست‌آمد. بالاترین عملکرد دانه و زیستی نخود نیز از کشت خالص نخود به‌دست آمد اما تعداد و وزن گره‌های ریشه در این تیمار، کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند. بیشترین LER نیز به سری افزایشی ٤۰Iدرصد تعلق داشت. به‌نظر می‌رسد که سری افزایشی مذکور، موجب بهبود عملکرد و کیفیت گلرنگ شد. بنابراین انتخاب الگوی کشت مناسب می‌تواند تاثیر مثبتی بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: بقولات، تثبیت نیتروژن، دانه روغنی، کشاورزی پایدار، گیاهان صنعتی.

Comparison of quantitative and qualitative traits of safflower and chickpea in replacement and additive intercropping systems

Faride Salari[1], Shiva Khalesro[*1], Gholamreza Heidari[1], Hamed Ghobari[2]
1. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, 4. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan.
(Received: November 20, 2018- Accepted: July 25, 2019)

ABSTRACT

In order to evaluate the quantitative and qualitative traits of safflower and chickpea in additive and replacement intercropping series, an experiment was conducted as randomized complete blocks design with 11 treatments and 3 replications at research field of Kurdistan University during 2015-2016 growing season. Experimental treatments included sole cropping of safflower, sole cropping of chickpea, replacement series consisted of 4:4, 2:2, 1:1, 3:1, 1:3 and additive series consisted of 20% and 40% chickpea (in two situations: I, between and II, around of safflower rows). Results showed that the highest and lowest seed, biological and oil yields of safflower obtained from 40% I and 4:4 intercropping patterns, respectively. The highest seed and biological yields of chickpea obtained from its sole cropping, but the minimum number and weight of chickpea root nodules were achieved from this treatment. The highest value of LER obtained from 40% I additive series. It seems that the mentioned treatment improved yield and quality of safflower; therefore choosing the suitable cropping pattern has positive effect on quantitative and qualitative yield of plants.

Keywords: Industrial plants, legominosae, nitrogen fixation**,** oil seed, sustainable agriculture.

مقدمه

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) گیاهی چندمنظوره و متعلق به خانواده Asteraceae می‌باشد که از جنبه‌های زراعی، صنعتی و دارویی، دارای اهمیت زیادی است. هدف اصلی در زراعت گلرنگ، استخراج روغن موجود در دانه آن می‌باشد که با بیش از ۹۰ درصد اسید چرب غیراشباع، از کیفیت بالایی برخوردار است (Omidi & Javidfar, 2011) و ارزش تغذیه‌ای اسید لینولئیک آن در پیشگیری از گرفتگی رگ‌ها، قابل

* Corresponding author E-mail: sh.khalesro@uok.ac.ir

توجه می‌باشد (Omidbeigi, 2004). کارتامین موجود در گلچه‌های این گیاه، به‌عنوان یک منبع ارزشمندی از رنگ‌های طبیعی در صنایع مختلف کاربرد دارد (Zargari, 2014). از امتیازهای ارزشمند این گیاه در ایران، می‌توان به بومی‌بودن، سازگاری و امکان زراعت آن به‌صورت دیم اشاره کرد (Zeinali, 1999). بنابراین لزوم شناخت بهتر قابلیت‌های این گیاه فراموش شده و بهبود عملکرد و احیای آن در یک الگوی کشت مناسب، قابل چشم پوشی نیست. در این راستا، یکی از مناسب‌ترین سیستم‌های زراعی، کشت مخلوط می‌باشد که با الهام از طبیعت و با اهدافی نظیر ایجاد تعادل اکولوژیک در اکوسیستم‌های زراعی، استفاده بهتر از منابع، افزایش کمی و کیفی عملکرد و تأمین موادغذایی، بدون آلوده‌کردن محیط‌زیست اجرا می‌شود (Fernandez-Aparicio *et al*., 2007). موفقیت این سیستم، در گرو انتخاب ژنوتیپ‌های سازگار و واجد صفات مناسب برای ایجاد حداقل رقابت و حداکثر مساعدت و به‌کارگیری اصول عملیات زراعی از جمله نسبت اختلاط، آرایش و الگوی کشت مناسب می‌باشد (Mutangamiri *et al*., 2001). از سوی دیگر، یکی از راهکارهای افزایش ثبات در سیستم‌های مخلوط، کشت لگوم‌ها می‌باشد که یکی از مهم‌ترین خدمات زیست‌محیطی آن‌ها، تثبیت نیتروژن اتمسفری در خاک است (Jensen *et al*., 2011).

نخود (*Cicer arietinum* L.) از جمله گیاهان خانواده لگومینوز و سرشار از پروتئین، نشاسته، انواع ویتامین‌ها و مواد معدنی است و در جیره غذایی انسان، از اهمیت زیادی برخوردار است (Parsa & Bagheri, 2013). نتایج پژوهش‌ها حاکی از تأثیر مثبت کشت مخلوط با لگوم‌ها بر خصوصیات کیفی، عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان مختلف است، به‌طوری‌که بر اساس گزارش‌ها، عملکرد و اجزای عملکرد گندم در کشت مخلوط با نخود (Elodie *et al*., 2012)، عملکرد دانه ارزن مرواریدی در کشت مخلوط با لوبیا چشم‌بلبلی (Nelson *et al*., 2018)، کیفیت و میزان اسانس نعناع در کشت مخلوط با سویا (Amani Machiani *et al*., 2018) و درصد روغن و محتوای پروتئین دانه روغنی *Brassica carinata* در کشت مخلوط با نخود (Lal *et al*., 2017) افزایش معنی‌داری داشته‌اند. بنابراین، هدف این آزمایش، بهره‌گیری از سیستم کشت مخلوط و یافتن الگوی کشت مناسب جهت تولید مطلوب گیاه گلرنگ در شرایط عدم مصرف نهاده‌های نیتروژنه و تامین آن‌ها از طریق طبیعی، به منظور جلوگیری از اثرات سوء ناشی از آن‌ها بر سلامت انسان و محیط زیست بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان، با طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۱۸ دقیقه‌ی شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۹ دقیقه‌ی شمالی و ارتفاع ۱۸۶۵ متر از سطح دریا اجرا شد. بذر گلرنگ از رقم سینا و بذر نخود از تیپ دسی، رقم پیروز بود که هر دو از ارقام دیم بودند و به‌ترتیب از مرکز تحقیقات دیم استان کرمانشاه و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان تهیه شدند. عملیات شخم و آماده سازی زمین در پاییز ۱۳۹۴ انجام شد. قبل از کاشت، نمونه‌برداری نقاط مختلف مزرعه، به‌صورت قطری و از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک صورت گرفت. نمونه مرکب به‌دست آمده، در هوای آزاد خشک شد و از الک دو میلی‌متری عبور داده شد و به آزمایشگاه انتقال داده شد که نتایج آزمون خاک در جدول ۱ ارائه شده است. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۱ تیمار و سه تکرار اجرا شد و هر کرت شامل هشت ردیف کاشت به طول ۳/۱۵ متر بود. تیمارهای آزمایش شامل الگوهای مختلف کشت: کشت خالص گلرنگ، کشت خالص نخود، سری‌های جایگزینی با آرایش‌های کاشت نواری و ردیفی از قبیل چهار ردیف گلرنگ+ چهار ردیف نخود، دو ردیف گلرنگ+ دو ردیف نخود، یک ردیف گلرنگ+ یک ردیف نخود، سه ردیف گلرنگ+ یک ردیف نخود، یک ردیف گلرنگ+ سه ردیف نخود و سری‌های افزایشی گلرنگ + ۲۰ و ۴۰ درصد نخود که هر کدام در دو حالت اجرا شدند، بود و در آرایش کاشت اول، بوته‌های نخود به بخش‌های میانی کرت و در آرایش کاشت دوم به

بخش‌های پیرامونی کرت اضافه شدند. در کشت خالص، فاصله بین ردیف‌ها و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف، به‌ترتیب ۳۵ و ۱۰ سانتی‌متر بود.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش
Table 1. Physicochemical properties of experimental site soil

Clay (%)	Sand (%)	silt (%)	K (mg/kg)	P (mg/kg)	N (%)	O.C (%)	EC (ds/m)	PH
0.7	0.8	2.20	406	13	0.11	0.76	0.4	7.72

بذرهای گلرنگ و نخود در اسفند ۱۳۹۴ به‌صورت هم‌زمان کشت شدند. عملیات وجین علف‌های‌هرز در طول فصل رشد، به‌صورت دستی انجام شد. برداشت نخود و گلرنگ به‌ترتیب در تاریخ‌های ۱۳ تیر و ۱۰ شهریور ماه ۱۳۹۵ صورت گرفت. در مرحله رسیدگی دانه، اجزاء عملکرد گلرنگ شامل تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه و وزن هزار دانه، از ده بوته تصادفی در هرکرت مورد ارزیابی قرار گرفت. در گیاه نخود نیز صفات وزن صد دانه و تعداد دانه در بوته و شاخص‌های تثبیت زیستی نیتروژن از قبیل تعداد و وزن خشک گره در بوته، با بررسی ده بوته تصادفی الگوهای مختلف اندازه‌گیری شد. پس از رسیدگی فیزیولوژیک هر دو گیاه و برای محاسبه عملکرد دانه و زیستی، کل بوته‌های موجود در هر کرت، با حذف اثر حاشیه برداشت شدند و درصد و عملکرد روغن گلرنگ نیز مورد بررسی قرار گرفت. برای استخراج روغن دانه، از دستگاه سوکسله با حلال ان‌هگزان استفاده شد و سپس با دستگاه تبخیر روتاری، حلال مورد نظر از روغن جدا شد (Leal *et al*., 2009). نسبت برابری زمین (LER) با معادله زیر (Aminifar *et al*., 2016) محاسبه شد:

$$LER = {Y_{sc}}/{Y_{ss}} + {Y_{cs}}/{Y_{cc}}$$

در این معادله، Y_{sc} و Y_{cs} به‌ترتیب عملکرد گلرنگ و نخود در کشت مخلوط و Y_{ss} و Y_{cc} عملکرد آن‌ها در کشت خالص می‌باشد. برای تجزیه آماری داده‌ها از نرم‌افزار SAS، برای مقایسه‌ی میانگین‌ها از آزمون LSD و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

اجزاء عملکرد، عملکرد و کیفیت دانه‌ی گلرنگ

اجزای عملکرد گلرنگ شامل تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه و وزن هزاردانه، به‌طور معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۱$) تحت تأثیر الگوهای کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی با نخود قرار گرفتند (جدول۲).

جدول ۲- آنالیز واریانس اثر الگوهای کشت مخلوط بر اجزای عملکرد، عملکرد و کیفیت دانه گلرنگ.
Table 2. Variance analysis of intercropping patterns effect on yield components, yield and grain quality of safflower

S.O.V	Df	Mean squares						
		Capitol No. per Plant	Seed No. per Capitol	1000-Seed Weight	Seed Yield	Biological Yield	Oil Yield	Oil Percentage
Replication	2	1.23^{ns}	2.43^{ns}	0.08^{ns}	18.41^{ns}	361.56^{ns}	3.33^{ns}	0.13^{ns}
Intercropping patterns	9	39.89^{**}	17.66^{**}	5.26^{**}	11430.2^{**}	207995^{**}	954.8^{**}	9.5^{**}
Error	18	1.04	1.02	0.13	18.83	291.44	2.39	0.52
CV (%)		6.3	6.85	1.23	12.8	12.63	13.35	2.41

ns و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌داردر سطح احتمال یک درصد.
ns and **: Non significant and significant at the 1 % of probability level, respectively.

بیشترین تعداد غوزه در بوته (۲۴/۱۱) در الگوی کشت I۴۰درصد و کمترین تعداد آن (۱۱/۴۴) در الگوی کشت I۲۰درصد مشاهده شد. در تمام تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص، تعداد دانه در غوزه بالاتر بود و بیشترین و کمترین آن، به‌ترتیب به الگوهای کشت ۱:۳ و خالص گلرنگ اختصاص یافت.؛ از نظر وزن

هزاردانه نیز کشت خالص، یکی از پایین‌ترین گروه‌های آماری را به خود اختصاص داد (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر الگوهای کشت مخلوط بر اجزای عملکرد، عملکرد و کیفیت دانه گلرنگ

Table 3. Means comparison of intercropping patterns effect on yield components, yield and grain quality of safflower.

Intercropping Patterns	Capitol No. per Plant	Seed No. per Capitol	1000-Seed Weight (g)	Seed Yield (g/m^2)	Biological Yield (g/m^2)	Oil Yield (g/m^2)	Oil Percentage
monoculture	16.78^{c}	10.67^{f}	28.48^{fg}	161.95^{d}	741.91^{d}	43.02^{e}	26.57^{e}
4 rows of safflower and 4 rows of chickpea	14.55^{d}	12.54^{e}	29.39^{de}	74.04^{h}	321^{i}	22.13^{i}	29.9^{cd}
2 rows of safflower and 2 rows of chickpea	17^{c}	15.96^{bc}	32.82^{a}	119.11^{e}	470.19^{f}	35.91^{f}	30.15^{bcd}
1 row of safflower and 1 row of chickpea	13.08^{de}	17.17^{ab}	28.97^{ef}	83.07^{g}	351.45^{h}	27.77^{h}	33.43^{a}
3 rows of safflower and 1 row of chickpea	14.11^{d}	17.4^{ab}	30.62^{b}	169.7^{c}	736.67^{d}	49.62^{d}	29.24^{d}
1 row of safflower and 3 rows of chickpea	19.77^{b}	17.96^{a}	29.15^{de}	101.32^{f}	400.51^{g}	31.54^{g}	31.11^{bc}
20% chickpea between safflower rows	11.44^{e}	14.2^{de}	29.71^{cd}	159.67^{d}	647.14^{e}	47.16^{d}	29.54^{d}
20% chickpea around safflower rows	14.22^{d}	15.35^{cd}	30.05^{bc}	208.03^{b}	865.84^{b}	65.12^{b}	31.3^{b}
40% chickpea between safflower rows	24.11^{a}	12.77^{e}	28.18^{g}	266.32^{a}	1146.7^{a}	78.33^{a}	29.42^{d}
40% chickpea around safflower rows	16.44^{c}	13.25^{e}	29.06^{ef}	208.88^{b}	800.99^{c}	60.73^{c}	29.08^{d}

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف آماری معنی‌داری در سطح پنج درصد ندارند.

Means with the same letters in the same columns are not significantly different at 5% of probability level.

تعداد غوزه در بوته، مهم‌ترین صفت در تعیین عملکرد گلرنگ است. در این پژوهش، الگوهای افزایشی I۴۰درصد و جایگزینی ۱:۳، از نظر این صفت برتر بودند که دلیل آن را می‌توان به بیشتر بودن نسبت نخود و فاصله کمتر آن با بوته‌های گلرنگ و در نتیجه فراهمی نیتروژن توسط نخود جهت استفاده بهینه گلرنگ نسبت داد. در مورد افزایش تعداد دانه در غوزه در الگوهای کشت مخلوط، علاوه بر تأثیر گیاه لگوم، احتمالاً فعالیت بیشتر حشرات گرده‌افشان، موجب باروری بیشتر گل‌های گلرنگ و در نهایت تشکیل تعداد دانه بیشتر شده باشد. بنا بر نظر پژوهشگران، درصورت انتخاب آرایش کاشت و تراکم مناسب در کشت مخلوط، جذب منابع به‌دلیل تفاوت در توانایی رقابت بین گیاهان مختلف، افزایش می‌یابد (Haugaard-Nielsen *et al*., 2001). در این پژوهش، الگوی کشت ۲:۲ با ایجاد ساختار کانوپی و آرایش مطلوب و درنتیجه افزایش جذب نور در کانوپی، مواد فتوسنتزی بیشتری را به دانه‌ها اختصاص داد و در تولید بیشتر وزن هزاردانه، موفق‌تر از سایر الگوهای کشت عمل نمود. در کشت مخلوط، اغلب نیتروژن تثبیت‌شده توسط گیاهان تیره لگومینوز در خاک می‌تواند مورد استفاده گیاه همراه قرار گیرد و منجر به بهبود اجزای عملکرد و در نهایت، افزایش محصول آن شود (Rezaei Chiyaneh *et al*., 2014). سایر محققان نیز در بررسی کشت مخلوط زیره سبز و عدس، برتری تعداد دانه در چتر زیره در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را گزارش کرده‌اند (Jahani *et al*., 2008). محققان دیگری هم اعلام کردند که با کشت مخلوط آفتابگردان و ذرت، تعداد دانه در طبق آفتابگردان در کشت مخلوط نسبت به خالص افزایش یافت (Nasrollahzade asl & Talebi, 2016).

عملکرد دانه، عملکرد زیستی و عملکرد روغن گلرنگ نیز به‌طور معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۱) تحت تأثیر الگوهای کشت مخلوط قرار گرفت (جدول۲). بیشترین مقادیر این صفات از الگوی کشت I۴۰درصد و کمترین آن از الگوی ۴:۴ حاصل شد.

افزایش عملکردهای گلرنگ در الگوی کشت I ۴۰درصد، علاوه بر افزایش نسبت کشت نخود، می‌توان به افزایش حجم پوشش گیاهی و نزدیک شدن آن به حد تراکم مطلوب در شرایط مخلوط و استفاده بهتر از منابع

محیطی نسبت داد (Aminifar *et al*.,2016). علاوه بر این، در کشت مخلوط، اختلافات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی بین گونه‌ها، سبب اشغال آشیان‌های اکولوژیک متفاوت می‌شود و در نتیجه، رقابت بین گونه‌ای کمتر از رقابت درون گونه‌ای می‌شود و در مجموع، عملکرد افزایش می‌یابد (Omidi & Javidfar, 2011). سایر پژوهشگران نیز تأثیر مثبت وارد کردن گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن به کشت مخلوط را در مطالعات خود گزارش کرده‌اند؛ اگر نسبت کاشت مناسب در نظر گرفته شود (Duchene *et al*., 2017)، زیرا در کشت مخلوط، حداکثر جذب منابع در ردیف‌هایی خواهد بود که گیاهان به گونه‌ای در مجاورت یکدیگر قرار داشته باشند که اثرات تسهیل‌کنندگی دو گونه در کنار هم بروز نماید و با فاصله‌گرفتن از این ردیف‌ها، اثرات مثبت کشت مخلوط کاهش یابد. در بررسی الگوهای مختلف کشت مخلوط گاوزبان اروپایی و لوبیا هم کمترین مقدار عملکرد دانه و زیستی لوبیا، از الگوی کشت چهار:چهار به‌دست آمده است (Koocheki *et al*., 2012).

عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های مربوط به تثبیت زیستی نیتروژن در نخود

تعداد دانه در بوته، وزن صددانه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و تعداد و وزن خشک گره در بوته، به‌طور معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۱$) تحت تأثیر الگوهای کشت مخلوط قرار گرفتند (جدول۴).

جدول ۴- آنالیز واریانس اثر الگوهای کشت مخلوط بر اجزای عملکرد، عملکرد و شاخص‌های تثبیت زیستی نیتروژن در نخود

Table 4. Variance analysis of intercropping patterns effects on yield components, yield and biological nitrogen fixation indices of chickpea

S.O.V	Df	Mean squares					
		Node No. per Plant	Node dry weight per plant	Seed No. per Plant	100-Seed Weight	Seed Yield	Biological Yield
Replication	2	0.04^{ns}	3.7^{ns}	1.36^{ns}	0.6^{*}	0.002^{*}	0.0003^{ns}
Intercropping patterns	9	1.63^{**}	10097^{**}	115.73^{**}	2^{**}	0.29^{**}	0.25^{**}
Error	18	0.02	15.29	1.04	0.13	0.0004	0.0003
CV (%)		7.39	3.68	4.22	1.85	11.07	10.86

ns و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌داردر سطح احتمال یک درصد.

ns and **: Non significant and significant at the 1 % of probability level, respectively.

بیشترین تعداد دانه در بوته در کشت خالص و کمترین آن در الگوی کشت I۲۰درصد مشاهده شد (جدول۵). در بررسی کشت مخلوط بادام‌زمینی و ذرت نیز تعداد دانه در بوته بادام زمینی در کشت مخلوط کاهش یافت (Ghosh, 2004). سایر پژوهشگران نیز با بررسی کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی ذرت و ماش عنوان کردند که کمترین تعداد دانه در بوته ماش، به تیماری تعلق داشت که سهم ماش در کشت مخلوط کاهش یافت (Nazari *et al*., 2012). در پژوهش حاضر نیز با کاهش سهم نخود در الگوی کشت I۲۰ درصد و سایه‌اندازی و غلبه گلرنگ بر بوته‌های نخود، مشاهده کمترین تعداد دانه در بوته نخود منطقی به‌نظر می‌رسد و نشان می‌دهد که الگوی کشت I۲۰ درصد، ترکیب مخلوط مناسبی برای گیاه نخود نبوده است.

در مورد وزن صد دانه بیشترین مقدار به الگوی کشت یک:یک و کمترین آن به الگوی کشت I۲۰ درصد اختصاص یافت (جدول ۵). در بررسی ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط زیره سبز و عدس، بالاترین وزن هزاردانه عدس به تیمار یک:یکاختصاص یافت که دلیل آن، به توانایی گیاه برای جذب تشعشع بیشتر و کمتر شدن رقابت نسبت به الگوی کشت سه:سه و چهار:چهار نسبت داده شد (Jahani *et al*., 2008).

در پژوهش حاضر، علاوه بر این دلایل، احتمال دارد که تعداد و وزن بیشتر گره‌های تثبیت نیتروژن در الگوی کشت ۱:۱، دلیلی برای افزایش وزن صددانه نخود باشد. هم‌چنین نتایج نشان داد که بیشترین وزن صد دانه، از الگوهای جایگزینی حاصل شد و الگوهای افزایشی، مقادیر پایین‌تری را به خود اختصاص دادند. هم‌چنین

در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چیتی نیز بالاترین وزن صددانه در تیمار کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ مشاهده شد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد (Nasrollahzade asl *et al*., 2011). به‌نظر می‌رسد که در سری‌های جایگزینی، رقابت بین‌گونه‌ای گلرنگ نسبت به رقابت درون‌گونه‌ای نخود کمتر بوده است و فضای بیشتری برای رشد نخود فراهم شده است؛ درنتیجه ماده فتوسنتزی بیشتری به دانه‌ها انتقال یافته است و افزایش وزن صددانه نخود را موجب شده است.

جدول۵- مقایسه میانگین اثر الگوهای کشت مخلوط بر اجزای عملکرد، عملکرد و شاخص‌های تثبیت زیستی نیتروژن در نخود.
Table 5. Means comparison of the intercropping patterns effects on yield components, yield and biological nitrogen fixation indices of chickpea.

Intercropping Patterns	Node No. per Plant	Node dry weight per plant (mg)	Seed No. per Plant	100-Seed Weight (g)	Seed Yield (g/m^2)	Biological Yield (g/m^2)
monoculture	0.63^{g}	41^{g}	37.4^{a}	19.6^{d}	223.85^{a}	544.18^{a}
4 rows of safflower and 4 rows of chickpea	2.15^{c}	144^{b}	26.13^{b}	20.3^{bc}	65.28^{c}	145.75^{d}
2 rows of safflower and 2 rows of chickpea	1.48^{e}	55.33^{f}	20.33^{f}	19.77^{cd}	50.7^{e}	125.11^{f}
1 row of safflower and 1 row of chickpea	3.07^{a}	228^{a}	25.87^{b}	20.93^{a}	68.17^{c}	173.06^{c}
3 rows of safflower and 1 row of chickpea	2.21^{c}	137.67^{bc}	21.4^{ef}	20.47^{ab}	40.56^{f}	114.5^{g}
1 row of safflower and 3 rows of chickpea	2.47^{b}	116.67^{d}	22.93^{de}	19.4^{d}	95.4^{b}	205.28^{b}
20% chickpea between safflower rows	1.07^{f}	48.67^{f}	12.53^{g}	18.23^{e}	14.08^{h}	41.58^{i}
20% chickpea around safflower rows	1.46^{e}	136.33^{c}	26.4^{b}	19.43^{d}	31.81^{g}	75.19^{h}
40% chickpea between safflower rows	2.47^{b}	144^{b}	25.13^{bc}	18.6^{e}	58.55^{d}	134.2^{ef}
40% chickpea around safflower rows	1.71^{d}	88.67^{e}	23.73^{cd}	19.5^{d}	57.08^{d}	138.18^{de}

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف آماری معنی‌داری در سطح پنج درصد ندارند.
Means with the same letters in the same columns are not significantly different at 5% of probability level.

الگوهای کشت مخلوط، از لحاظ عملکرد دانه و زیستی، تفاوت بسیار معنی‌داری با کشت خالص نشان دادند، به‌طوری‌که کشت خالص نخود نسبت به تمام الگوهای کشت مخلوط، عملکرد دانه و زیستی بالاتری را به خود اختصاص داد و این درحالی است که کمترین مقادیر این صفات، از الگوی کشت مخلوط ۲۰I درصد حاصل شد. در بین الگوهای کشت مخلوط، بیشترین عملکرد دانه و زیستی، از الگوی کشت ۱:۳ به‌دست آمد که با توجه به نسبت بیشتر نخود در واحد سطح در کشت خالص، عملکرد بالاتر آن طبیعی می‌باشد. پژوهشگران دیگر نیز در بررسی کشت مخلوط همیشه‌بهار و نخود (Valizadegan, 2015)، ذرت و ماش (Nazari *et al*.,2012) و جو و باقلا (Getachew *et al*., 2006) بیشترین عملکرد دانه و زیستی گیاه لگوم را در کشت خالص گزارش کرده‌اند. علت کاهش عملکرد نخود در الگوی کشت I ۲۰ درصد را نیز می‌توان به افزایش سهم گلرنگ نسبت داد که با داشتن ارتفاع بالاتر، سبب رقابت با نخود شد. در بررسی اثر دریافت نور و برخی ویژگی‌های کانوپی در کشت خالص و مخلوط ذرت و باقلا، تراکم کم بوته‌های باقلا و برعکس تراکم بالای بوته‌های ذرت، باعث نفوذ نور کمتر به درون کانوپی شد و اجزای عملکرد به‌شدت تحت تأثیر قرار گرفت و عملکرد باقلا به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Rezaei Chianeh *et al*., 2011).

تمام الگوهای کشت مخلوط، از نظر تعداد و وزن خشک گره تشکیل شده بر روی ریشه گیاه نخود نسبت به کشت خالص، برتری نشان دادند، به‌گونه‌ای که بیشترین تعداد و وزن خشک گره، به الگوی کشت ۱:۱ و کمترین آن به الگوی کشت خالص تعلق داشت (جدول ۵). چنین به‌نظر می‌رسد که حضور گیاه گلرنگ، از طریق

کاهش رقابت درون‌گونه‌ای میان بوته‌های نخود، سبب بهبود خصوصیات رشد این گیاه، ازجمله تعداد گره‌ها شده است. علاوه بر این نتایج، برخی مطالعات نشان داده‌اند هنگامی‌که گونه‌های لگومینوز در کنار گونه‌ای دیگر به‌صورت مخلوط کشت می‌شوند، به‌دلیل اثر مکملی، تثبیت مقدار بیشتری از نیتروژن تحریک می‌شود و در نتیجه، تعداد گره فعال و سرعت تشکیل آن افزایش می‌یابد (Haugaard-Nielsen *et al*., 2001; Khorramdel *et al*., 2016). سایر محققان نیز در بررسی کشت مخلوط نخود با گندم بیان کرده‌اند که تعداد و وزن خشک گره‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در ریشه نخود در تیمارهای مخلوط نسبت به تک‌کشتی بیشتر بود. آن‌ها علت این امر را به اثرات مکملی غلات که لگوم‌ها را به تثبیت بیشتر نیتروژن تحریک می‌کنند، نسبت داده‌اند (Maingi *et al*., 2001).

ارزیابی شاخص سودمندی کشت مخلوط

نسبت برابری زمین جزئی

نتایج آنالیز واریانس داده‌ها حاکی از آن بود که الگوی کشت اثر معنی‌داری بر نسبت برابری زمین جزئی هر دو گونه در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۶).

جدول ۶- آنالیز واریانس اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط بر شاخص LER جزئی و کل.

Table 6. Variance analysis of intercropping patterns effect on partial and total LER indices.

S.O.V	Df	Mean squares		
		Partial LER of Safflower	Partial LER of Chickpea	Total LER
Replication	2	0.0006^{ns}	0.001^{**}	0.0005^{ns}
Intercropping patterns	8	0.64^{**}	0.21^{**}	0.36^{**}
Error	16	0.0006	0.0001	0.0008
CV (%)		2.88	3.22	2.39

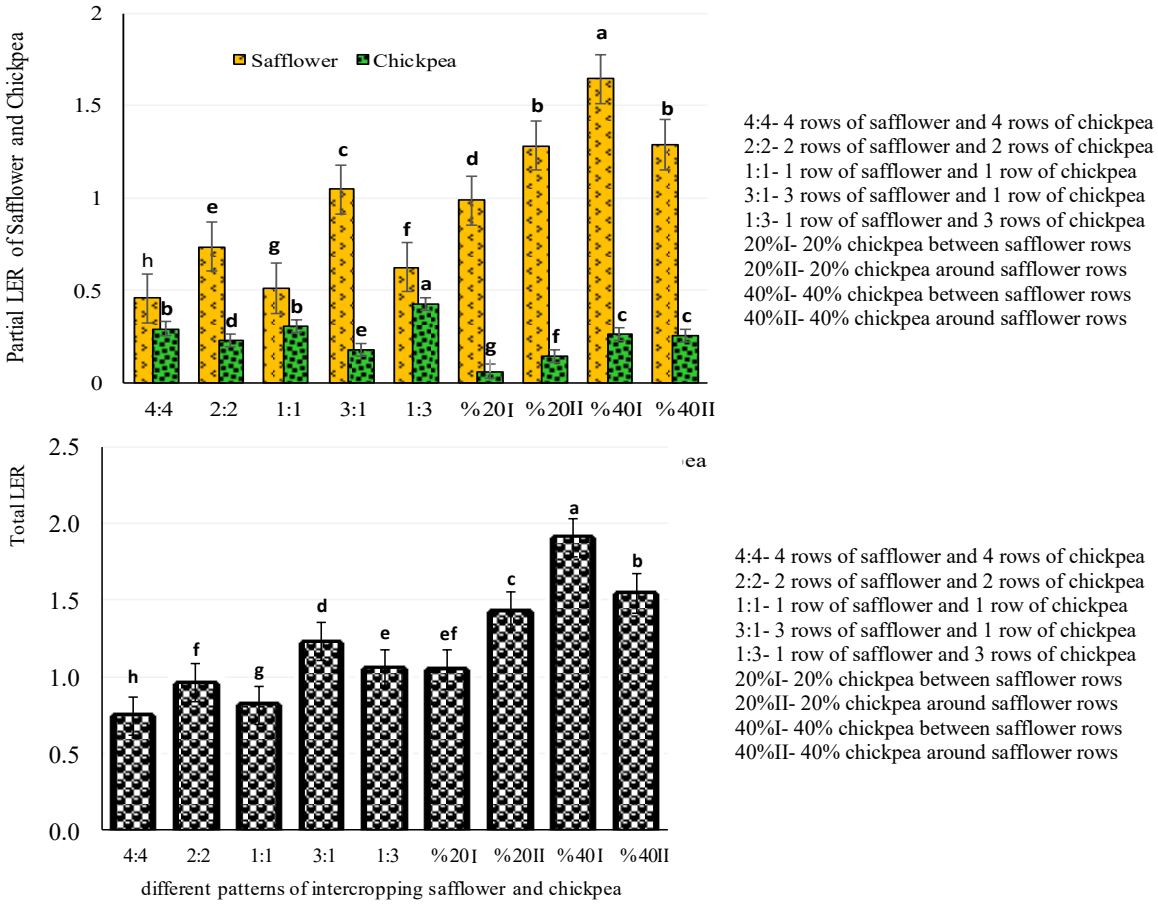
بالاترین مقادیر LER جزئی گلرنگ و نخود، به ترتیب به الگوهای کشت I۴۰ درصد و سه:یک و پایین‌ترین مقادیر آن‌ها به الگوهای کشت ۴:۴ و I۲۰ درصد تعلق داشت (شکل ۱). با توجه به این‌که گلرنگ در الگوی کشت I۴۰ درصد و نخود در الگوی کشت ۱:۳، از عملکرد بیشتری برخوردار بوده‌اند، به‌همین سبب توانسته‌اند در این تیمارها، به LER بالاتری دست یابند. LER جزئی گلرنگ در تمام تیمارها بیشتر از نخود بود که نشان دهنده اثر مثبت کشت مخلوط با نخود بر گلرنگ ، بود. محققان دیگری نیز در کشت مخلوط زیره سبز و نخود (Abbasi Alikamar *et al*., 2006) و زیره سبز و عدس (Jahani *et al*., 2008) گزارش کردند که LER جزئی زیره سبز نسبت به گونه لگوم بالاتر بوده است.

نسبت برابری زمین کل

بر اساس نتایج آنالیز واریانس داده‌ها، الگوی کشت، اثر معنی‌داری بر نسبت برابری زمین کل در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۶). بیشترین و کمترین مقدار LER کل، به‌ترتیب از الگوهای کشت I ۴۰ درصد و ۴:۴ به‌دست آمد (شکل ۲). مقادیر LER کل در اکثر الگوهای کشت مخلوط آزمایش‌شده در این مطالعه، بیش از واحد بود که بیانگر مزیت کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی می‌باشد. LER بالاتر از یک در الگوهای کشت مخلوط، توسط بسیاری از پژوهشگران گزارش شده است (Lili *et al*., 2012; Nazari *et al*., 2012)، که دلیل آن، علاوه بر همیاری مثبت دو گیاه، مربوط به تثبیت زیستی نیتروژن و فراهمی این عنصر پرمصرف می‌باشد (Bhatti*etal*., 2006).

به‌نظر می‌رسد که سری افزایشی I۴۰ درصد نیز به واسطه استفاده بهتر از منابع، بالاترین LER را به خود اختصاص داد. در تحقیق دیگری نیز بالاترین LER در نسبت ۱۰۰٪ ذرت+ ۵۰٪ ماش مشاهده شد (Nazari *et al*., 2012). سایر پژوهشگران نیز در بررسی الگوهای کشت مخلوط گاوزبان اروپایی و لوبیا، کاهش ۲۰ درصدی LER را در الگوی کشت ۴:۴ مشاهده کردند و علت آن را به کاهش اثرات تسهیل و تکمیل‌کنندگی دو گونه، با افزایش عرض نوار نسبت دادند که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد (Koocheki *et al*., 2012).

برتری LER در سری‌های افزایشی نسبت به جایگزینی، حاکی از بالاتر بودن عملکرد کل سیستم در این تیمارها می‌باشد (John & Mini, 2005).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر الگوهای کشت مخلوط بر LER کل گلرنگ و نخود

Figure 2. Means comparison of the intercropping patterns effect on total LER of safflower and chickpea.

نتیجه‌گیری کلی

یافته‌های این پژوهش نشان داد که تولید گلرنگ در کشت مخلوط با نخود، از برتری معنی‌داری نسبت به کشت خالص برخوردار بود. کشت مخلوط از لحاظ عملکرد دانه، عملکرد زیستی و وزن هزاردانه و همچنین درصد و عملکرد روغن، نسبت به کشت خالص برتری نشان داد. بالاترین مقدار LER از الگوی افزایشی ۴۰I درصد به‌دست آمد. از بین ۱۱ الگوی آزمایش‌شده در این پژوهش، الگوهای کشت مخلوط جایگزینی ۱:۳، ۳:۱ و افزایشی ۴۰I درصد، مناسب‌ترین الگوهای پیشنهادی جهت کشت اکولوژیک گلرنگ می‌باشند، زیرا از لحاظ شاخص سودمندی کشت مخلوط و عملکرد، نسبت به هشت الگوی دیگر برتری نشان دادند؛ بنابراین به‌نظر می‌رسد که بتوان کشت مخلوط گلرنگ و نخود را با انتخاب الگوی کشت مناسب، به‌عنوان یکی از راهکارهای قابل تأمل جهت افزایش عملکرد بر مبنای تثبیت زیستی نیتروژن مدنظر قرارداد تا با کاهش وابستگی سیستم‌های زراعی به نهاده‌های شیمیایی، امکان تولید اکولوژیک گیاهان زراعی فراهم شود و دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار محقق شود.

REFERENCES

1. Abbasi Alikamar, R., Hejazi, A., Akbari, G. A., Kafi, M. & Zand, E. (2006). Study on different densities of cumin and chickpea intercropping with emphasis on weed control. *Field Crop Research*, 4(1), 83-95. (In Persin).
2. Amani Machiani, M., Javanmard, A., Morshedloo, M. R. & Filippo, M. (2018). Evaluation of competition, essential oil quality and quantity of peppermint intercropped with soybean. *Industrial Crops and Products*, 111, 743-754.
3. Aminifar, J., Ramroudi, M., Galavi, M. & Mohsenabadi, G. R. (2016). Assessment of cotton (*Gossypium* spp.) productivity in rotation with intercropping of sesame (*Sesamum indicum* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.). *Crop Sciences*, 18(2), 120-134. (In Persin).
4. Bhatti, I. H., Ahmad, R., Jabbar, A., Nazir, M. S. & Mahmood, T. (2006). Competitive behavior of component crops in different sesame-legume intercropping systems. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 2, 165-167.
5. Duchene, O., Vian, J. F. & Celette, F. (2017). Intercropping with legume for agroecological cropping systems: Complementarity and facilitation processes and the importance of soil microorganisms. A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 240, 148-161.
6. Elodie, B., Marek, D., Bruno, C., Dominique, D. & Philippe, H. (2012). Intercropping promotes the ability of durum wheat and chickpea to increase rhizosphere phosphorus availability in a low P soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 46, 181-190.
7. Fernandez-Aparicio, M., Sillero, J. C. & Rubiales, D. (2007). Intercropping with cereals reduces infection by *Orobanche crenata* in legumes. *Crop Protection*, 26(8), 1166-1172.
8. Getachew, A., Ghizaw, A. & Sinebo, W. (2006). Yield performance and land use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian high lands. *European Journal of Agronomy*, 25, 202-207.
9. 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.
10. Hamzei, J., Seyedi, M., Ahmadvand, G. & Abutalebian, M. A. (2012). The Effect of Additive intercropping on weed suppression, yield and yield component of chickpea and barley. *Crop Production and Processing*, 2(3), 43-56. (In Persin).
11. Haugaard-Nielsen, H., Ambus, P. & Jensen, E. S. (2001). Inter-specific competition, N-use and interference with weed in pea- barley intercropping. *Field Crops Research*, 70, 101-109.
12. Jahani, M., Koocheki, A. & Nassiri Mahallati, M. (2008). Comparison of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum*) and lentil (*Lens culinaris*) *Field Crops Research*, 6 (1), 67-78. (In Persin).
13. Jensen, E. S., Peoples, M., Boddey, R. M., Gresshoff, P. M., Hauggard, H., Alves, B. J. R. & Morrison, M. J. (2011). Legumes for the mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. *Agronomy for Sustainable Development*, 32, 329-364.
14. John, S. A. & Mini, C. (2005). Biological efficiency of intercropping in okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Monech). *Tropical Agriculture*, 43, 33-36.
15. Khorramdel, S., Siahmargue, A. & Mahmoodi, Q. (2016). Effect of replacement and additive intercropping series of ajowan with bean on yield and yield components. *Crop Production*, 9(1), 1-24. (In Persin).
16. Koocheki, A., Shabahang, J., Khorramdel, S. & Amin Ghafouri, A. (2012). Row intercropping of borage (*Borago officinalis* L.) with bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on possible evaluating of the best strip width and assessing of its ecological characteristics. *Agroecology*, 4(1), 1-11. (In Persin).
17. Lal, B., Rana, K. S., Rana, D. S., Shivay, Y. S., Sharma, D. K., Meena, B. P. & Priyanka, G. (2017). Biomass, yield, quality and moisture use of *Brassica carinata* as influenced by intercropping with chickpea under semiarid tropics. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.01.001.
18. Leal, F., Rodrigues, A., Fernandes, D., Nunes, F. M., Cipriano, J., Ramos, J., Teixeira, S., Vieira, S., Carvalho, L. M.& Pinto-Carnide, O. (2009). Invitro multiplication of *Calendula arvensis* for secondary metabolites extraction. *Acta Horticulture*, 812, 251-256.
19. Lili, M., Zhang, L., Li, W., Werf, W. V., Sun, J., Spiertz, H. & Li, L. (2012). Yield advantage and water saving in maize/pea intercrop. *Field Crops Research*, 138, 11–20.
20. Maingi, M. J., Shisanya, A. C., Gitonga, M. N. & Hornetz, B. (2001). Nitrogen fixation by common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in pure and mixed stands in semi arid south east Kenya. *European Journal of Agronomy*, 14, 1-12.
21. Mansori, A. (2009). Evaluate of corn and soybean intercropping in various planting dates. *Crop Protection*, 3(1), 209-216.

22. Mutangamiri, A., Margia, I. K. & Chivinge, O. A. (2001). Evaluation of maize (*Zea mays* L.) cultivars and density for dryland maize bean intercropping. *Tropical Agriculture*, 78(1), 8-12.
23. Nasrollahzade asl, A. & Talebi, M. (2016). Evaluation of sunflower (*Heliantus annus* L.) and corn (*Zea mays* L.) intercropping based on replacement method in Khoy region. *Plant Ecophysiology*, 8(27), 204-215. (In Persin).
24. Nasrollahzade asl, A., Valizadegan, E., Jalili, F. & Chavoshgoli, A. (2011). Evaluation of mixed maize and bean cultivars using additive and replacement method. *Research in Agricultural Sciences*, 4(13), 115-129. (In Persin).
25. Nazari, S., Zand, E., Asadi, S. & Golzardi, F. (2012). Effect of additive and replacement intercropping series of corn (*Zea mays* L.) and mungbean (*Vigna radiate* L.) on yield, yield components and weed biomass. *Weed Research Journal*, 4(2), 97-109. (In Persin).
26. Nelson, W. C. D., Hoffmann, M. P., Vadez, V., Roetter, R. P. & Whitbread, A. M. (2018). Testing pearl millet and cowpea intercropping systems under high temperatures. *Field Crops Research*, 217, 150-166.
27. omidbeigi, R. (2004). *production and proccessing of medicinal plants*. (3th ed.). Astane Ghodse Razavi Publication, 397 P. (In Persin).
28. Omidi, A. H. & Javidfar, F. (2011). *Safflower* (1th ed.). Agricultural Education Publication, 128 P. (In Persin).
29. Parsa, M. & Bagheri, A. (2013). *Beans* (2th ed.). University of Mashhad Publications, 524 P. (In Persin).
30. Rezaei Chianeh, E., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., Shakiba, M. R., Ghassemi Golezani, K. & Aharizad, S. (2011). Study of some agronomical characteristics of maize in intercropping with faba bean. *Agricultural Science and Sustainable Production*, 21(1), 1-14. (In Persin).
31. Rezaei Chiyaneh, E., Tajbakhsh, M. & Fotohi Chiyaneh, S. (2014). Yield and yield components of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in strip intercropping with ajowan (*Carum copticum* L.) influenced by bio and chemical fertilizer. *Agricultural Science and Sustainable Production*, 24(4), 1-15. (In Persin).
32. Valizadegan, O. (2015b). Study of yield quality and quantity in pot marigold (*Calendula officinalis* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) and species diversity and relative abundance of insects in row and strip intercropping. *Agricultural Science and Sustainable Production*, 25(3), 15-30. (In Persin).
33. Vandermeer, J. H. (1992). *The Ecology of Intercropping*. Cambridge University Press, 241 P.
34. Zargari, A. (2014). *Medicinal Plants* (8th ed.). Tehran University Publication, 925 P. (In Persin).
35. Zeinali, E. (1999). *Safflower* (1th ed.). Gorgan University Publication, 144 P. (In Persin).