

## Investigating the Yield and Yield Components of Safflower (*Carthamus tinctorius*) in Intercropping with Dragon head (*Lallemantia iberica*)

Jalil Shafagh kolvanagh<sup>1\*</sup>, Safar Nasrollahzadeh<sup>2</sup>, Farshad Sorkhi<sup>3</sup>, Mohammad Ghaderi<sup>4</sup>

Received: 12 September 2022 Accepted: 21 January 2023

1, 2- Dept. of Plant Eco-physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran

3- Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Miandoab Branch, Islamic Azad University, Miandoab, Iran.

4- Former MSc. Student of Agroecology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

\*Corresponding author: E-mail: shafagh.jalil@gmail.com

### Abstract

**Background and Objective:** This research aims to investigate the yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius*) in intercropping with dragon head (*Lallemantia iberica*).

**Materials and Methods:** This research was carried out in the research station of Tabriz University Faculty of Agriculture in 2018. Mixed cropping was done based on increasing series. The basic design of the experiment was in the form of randomized complete blocks with six treatments and four replications. Different cultivation patterns include pure *Carthamus tinctorius* cultivation, 100% *Carthamus tinctorius* with 15% *Lallemantia iberica*, 100% *Carthamus tinctorius* with 30% *Lallemantia iberica*, 100% *Carthamus tinctorius* cultivation with 45% *Lallemantia iberica*, 100% *Carthamus tinctorius* with 60% *Lallemantia iberica*, 100% *Carthamus tinctorius* with 75% *Lallemantia iberica*. In this study, *Carthamus tinctorius* traits included number of pods per plant, number of seeds per pod, weight of 1000 seeds, seed yield and biological yield.

**Results:** The effect of different cultivation patterns on the number of seeds per plant and seed weight was not significant, but it was significant on the number of pods per plant, seed yield and biological yield. The highest number of seeds according to the 100:30 mixed crop pattern (*Lallemantia iberica*- *Carthamus tinctorius*) and the highest seed yield and biological yield belonged to pure *Carthamus tinctorius* cultivation, but pure *Carthamus tinctorius* and 100:30 mixed crop pattern (*Lallemantia iberica*-*Carthamus tinctorius*) in the seed number, grain yield and biological yield did not have significant difference. The highest land equivalent ratio belonged to 100:30 mixed cultivation (*Lallemantia iberica*-*Carthamus tinctorius*).

**Conclusion:** 100:30 intercropping pattern (*Lallemantia iberica*-*Carthamus tinctorius*) was suggested as the suitable pattern of mixed cropping due to highest grain yield, biological yield and economic benefit.

**Keywords:** land Equivalent Ratio, Number of Seeds, Safflower, Seed Weight, Yield

## بررسی عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) در کشت مخلوط افزایشی با بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica*)

جلیل شفق کلوانق<sup>۱\*</sup>، صفر نصراله زاده<sup>۲</sup>، فرشاد سرخی<sup>۳</sup>، محمد قادری<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۶/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱

۱ و ۲- گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

۳- گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد میاندوآب، دانشگاه آزاد اسلامی، میاندوآب، ایران

۴- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد رشته اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

\* مسئول مکاتبه Email: jalil.shafagh@yahoo.com

### چکیده

**اهداف:** این پژوهش به منظور بررسی عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ و نسبت برابری زمین در کشت مخلوط افزایشی گلرنگ و بالنگوی شهری است.

**مواد و روش‌ها:** این تحقیق در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در سال ۱۳۹۸ اجرا گردید. کشت مخلوط بر اساس سری‌های افزایشی انجام شد. طرح پایه آزمایشی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۶ تیمار و در چهار تکرار بود. الگوهای مختلف کشت شامل کشت خالص گلرنگ، کشت ۱۰۰ درصد گلرنگ همراه با کشت بالنگوی شهری با تراکم ۱۵ درصد، کشت ۱۰۰ درصد گلرنگ همراه با کشت بالنگوی شهری با تراکم ۳۰ درصد، کشت صددرصد گلرنگ همراه با کشت بالنگوی شهری با تراکم ۴۵ درصد، کشت ۱۰۰ درصد گلرنگ همراه با کشت بالنگوی شهری با تراکم ۶۰ درصد، کشت ۱۰۰ درصد گلرنگ همراه با کشت بالنگوی شهری با تراکم ۷۵ درصد بود. در این پژوهش صفات گلرنگ شامل تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی اندازه‌گیری شدند. برای ارزیابی کارایی سودمندی کشت مخلوط از معیار نسبت برابری زمین (LER) و عملکرد نسبی جزء (RY) استفاده شد.

**یافته‌ها:** اثر الگوهای مختلف کشت بر تعداد دانه در طبق و وزن دانه غیرمعنی‌دار ولی بر تعداد طبق در بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی معنی‌دار بود. بیشترین تعداد دانه در طبق مربوط به الگوی کشت مخلوط ۱۰۰:۳۰ (بالنگوی شهری-گلرنگ) و بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی به کشت خالص گلرنگ تعلق داشت ولی از لحاظ آماری کشت خالص گلرنگ و الگوی کشت مخلوط ۱۰۰:۳۰ (بالنگوی شهری-گلرنگ) از لحاظ صفات فوق در یک سطح قرار داشتند. بالاترین نسبت برابری زمین به کشت مخلوط ۱۰۰:۳۰ (بالنگوی شهری-گلرنگ) تعلق داشت.

**نتیجه‌گیری:** می‌توان الگوهای کشت ۱۰۰:۳۰ (بالنگوی شهری-گلرنگ) را به علت دارا بودن عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و سودمندی اقتصادی بیشتر به عنوان الگوی کشت مناسب مخلوط پیشنهاد نمود.

**واژه‌های کلیدی:** تعداد دانه، عملکرد، گلرنگ، نسبت برابری زمین، وزن دانه

## مقدمه

بعد از شروع انقلاب صنعتی جمعیت جهان به صورت قابل ملاحظه‌ای روند رو به رشدی داشته است و با توجه به روند افزایشی نیازهای غذایی و انتظارات مردم، باعث بهره‌برداری شدیدتر و بیشتر از زمین‌های قابل کشت به صورت نامطلوب گردیده است (آوال و همکاران ۲۰۰۶). سیستم‌های رایج کشاورزی نقش مهمی در تولید و تامین غذا در پاسخ به نیازهای روزافزون بشر دارد (پاندیتا و همکاران ۲۰۰۰). ولی در این سیستم‌ها استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی، علفکش‌ها و آفت‌کش‌ها باعث کاهش تنوع زیستی، آلودگی‌های زیست محیطی و فرسایش خاک، حساسیت زیاد به آفات و امراض و تنش‌های محیطی شده است (تو و همکاران ۲۰۰۶ و سرخی ۲۰۲۰). همچنین سیستم‌های کشاورزی پیشرفته و تک کشتی نیاز مبرم به صرف هزینه و انرژی زیاد دارند (مهدوی دامغانی و همکاران ۲۰۰۶). کشاورزی پایدار شامل خصوصیاتی نظیر حفظ بلندمدت از منابع طبیعی، تولید بهینه با حداقل نهاده‌های تولید، حفظ و بهبود فرآیندهای اکولوژیکی که حیات انسان‌ها به آنها وابسته است، تولید مواد غذایی سالم می‌باشد (سرخی ۲۰۲۱). کشاورزی پایدار باعث کاهش تاثیرات منفی عملیات کشاورزی بر محیط زیست می‌شود و شامل کشاورزی بیولوژیکی، کشاورزی، اکولوژیکی، کشاورزی کم‌نهاده و کشاورزی ارگانیک می‌باشد ولی به آنها محدود نمی‌شود (نومن و همکاران ۲۰۱۳ و سرخی و همکاران ۲۰۲۱). کشت مخلوط به عنوان بخشی از کشاورزی پایدار باعث افزایش تنوع، افزایش عملکرد در واحد سطح، استفاده کارآمد از منابع، ثبات در نظام و تغذیه مطلوب انسان و دام و همچنین کاهش خسارت ناشی از آفات و امراض و علف‌های هرز می‌شود (شفق کلوانق و همکاران ۲۰۲۰). توجه و تاکید کشاورزی پایدار به افزایش کیفیت و پایداری عملکرد باعث شده که در کشت مخلوط ایجاد حداکثر پوشش گیاهی در سطح خاک و تنوع گیاهی اصول مهم این سیستم باشند (پوگیو ۲۰۰۵). کشت مخلوط رشد دو یا چند گیاه زراعی در کنار یکدیگر در یک قطعه زمین در یک سال زراعی است که به جهت

عملکرد مطلوب، در کشورهای توسعه یافته طرفداران زیادی به خود جلب کرده است (رضایی چپانه و همکاران ۲۰۱۱). کشت مخلوط به دو صورت افزایشی و جایگزینی انجام می‌شود. در روش افزایشی، تعدادی گیاه به کشت اصلی اضافه می‌شود در حالیکه در روش جایگزینی نسبت معینی از گیاهان یک گونه حذف و معادل گیاهی آن از گونه دوم جایگزین می‌شود (میدیا و همکاران ۲۰۰۵). مسئله انتخاب گیاهان در کشت مخلوط دارای اهمیت فوق‌العاده‌ای می‌باشد و این انتخاب باید به گونه‌ای صورت پذیرد که در نهایت گیاهان انتخاب شده در کنار یکدیگر باعث افزایش عملکرد در واحد سطح شوند و برتری کشت مخلوط نسبت به تک کشتی نمایان گردد که لازمه این کار شناخت کامل گیاهان در ارتباط با نیازهای بوم‌شناختی و نحوه واکنش آنها به محیط است (طریقی و همکاران ۲۰۱۸).

اگرچه دانه‌های روغنی در اولویت دوم منابع غذایی انسان بعد از گندم، برنج، حبوبات و ذرت قرار دارند ولی روغن‌های گیاهی و کنجاله‌های آنها بخش قابل توجهی از غذای انسان و دام را تشکیل می‌دهند، هرچند مصارف صنعتی و دارویی گیاهان دانه روغنی نیز مورد توجه می‌باشد (امانزاده و همکاران ۲۰۱۱). امروزه تقاضا برای روغن‌ها و همچنین پروتئین‌های گیاهی که از محصولات فرعی دانه‌های روغنی است افزایش قابل توجهی یافته است و همین امر باعث شده کشت گیاهان دانه روغنی از جمله مباحث مهم در بحث کشاورزی و همچنین صنعت کشورها به شمار آید (امیدی و همکاران ۱۹۹۹). گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) گیاهی یکساله، علفی و روزخنتی می‌باشد (آذری و خواجه‌پور ۲۰۰۵). گلرنگ یکی از گیاهانی است که با هدف‌های چندگانه از جمله تولید روغن، استفاده دارویی و همچنین مصارف صنعتی مورد کشت و تولید قرار می‌گیرد (جلیلیان و همکاران ۲۰۱۷). گلبرگ گلرنگ دارای مواد رنگی کارتامین و کاراتامیدین است که از آنها برای رنگ‌آمیزی پارچه ابریشم و گل‌های مصنوعی، در آشپزی و شیرینی‌پزی استفاده می‌شود (امیدی و همکاران ۱۹۹۹). امروزه اهمیت گلرنگ به عنوان دانه روغنی، به خصوص به علت

آمد (خرمدل و همکاران ۲۰۱۶). محفوظ و ایماگر (۲۰۰۴) گزارش کردند که کشت مخلوط کلزا با نخود تأثیر معنیداری بر تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف، وزن دانه، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد هر دو گونه داشت و برای هر دو گونه عملکرد کشت مخلوط بیشتر از تککشتی بود. یکی از مهم‌ترین فواید کشت مخلوط افزایش تولید در واحد سطح است که نسبت برابری زمین (LER) جهت تصدیق این ادعا که کشت مخلوط عملکرد بیشتری از کشت خالص در واحد سطح تولید می‌کند مورد استفاده قرار می‌گیرد (پارک و همکاران ۲۰۰۲). طی آزمایشی مشخص شد که با کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا از منابع محیطی با کارایی بیشتری استفاده گردید و مقدار LER به ۱/۸۰ رسید (مورالیز و همکاران ۲۰۰۹). سینگ (۲۰۰۷) اظهار کرد در کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا میزان سودمندی نسبت به کشت خالص آنها بیشتر شد و مقدار LER به ۱/۲۵ رسید. سعدی و المتوالی (۲۰۰۹) گزارش کردند که با کشت مخلوط آفتابگردان و سویا مقدار LER به ۱/۳۷ رسید. با توجه به اهمیت کشت مخلوط و از آنجایی که گلرنگ گیاه بومی ایران به حساب می‌آید و می‌تواند اهمیت ویژه‌ای در تولید روغن و خودکفایی کشورمان در این زمینه ایفا نماید. بنابراین پژوهش حاضر در جهت بررسی اثر کشت مخلوط افزایشی گلرنگ و بالنگوی شهری بر خصوصیات مورفولوژیکی، دمای برگ و شاخص کلروفیل گلرنگ انجام شد.

### مواد و روش‌ها

#### مشخصات محل اجرای آزمایش

این پژوهش در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در سال ۱۳۹۸ اجرا گردید. بر اساس نقشه‌های هواشناسی آب و هوای منطقه مورد آزمایش از نوع استپی و نیمه خشک به شمار می‌رود. هرچند در طول تابستان بارندگی‌هایی در این منطقه رخ می‌دهد ولی در مجموع دارای فصل خشک در تابستان است. ایستگاه تحقیقاتی دارای مشخصات جغرافیایی به طول ۴۶ درجه و ۲۵ دقیقه و عرض ۳۸ درجه و ۱ دقیقه است. ارتفاع منطقه نسبت به سطح دریا ۱۶۶۳ متر است. میانگین

دارا بودن اسید چرب غیر اشباع و ضروری لینولئیک افزوده شده است (علیزاده و کارپتیان ۲۰۰۶). در بین گیاهان دانه روغنی گلرنگ با دارا بودن ۷۸ درصد اسید چرب غیر اشباع از کیفیت روغن مطلوبی برخوردار است (بختیاری رضوانی و همکاران ۲۰۰۶).

بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica*) گیاهی علفی، سردسیری و یکساله از خانواده Lamiaceae و بومی قفقاز بوده و در ترکیه، ایران، سوریه، هند، پاکستان، افغانستان و اروپا پراکنش دارد (آمانزاده و همکاران ۲۰۱۱). بذره‌های بالنگو دارای موسیلاژ است که در درمان اختلالات مختلف مانند برخی اختلالات عصبی، کبدی و بیماری‌های کلیوی به‌کار می‌روند و نیز به‌عنوان یک داروی محرک جنسی و خلط‌آور در بین داروهای محلی ایران استفاده می‌شود (نصرالله‌زاده و همکاران ۲۰۱۴). روغن این گیاه همچنین در چرم‌سازی، رنگ‌سازی، روان‌کننده، به‌عنوان ماده جلوگیری کننده از فساد چوب، واکس مبل، جوهر چاپگر، تهیه صابون و در دباغی کاربرد دارد (جلیلیان و همکاران ۲۰۱۷).

در مورد کشت مخلوط شنبليله و گشنيز گزارش کردند که اختلاف ارتفاع و متفاوت بودن آشیانه‌ای اکولوژیک از عوامل اصلی سودمندی کشت مخلوط و تولید عملکرد بالاتر نسبت به حالت تک کشتی در این گیاهان می‌باشد (بی‌گناه و همکاران ۲۰۱۴). در کشت مخلوط شنبليله و زنیان افزایش عملکرد و سود اقتصادی گزارش شده است (میرهاشمی و همکاران ۲۰۱۰). نومن و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که در کشت مخلوط خردل و زنیان عملکرد زنیان در حدود ۵۰ درصد در مقایسه با کشت خالص بیشتر بود. علیزاده و همکاران (۲۰۱۰) با مطالعه الگوهای کشت مخلوط ریحان و لوبیا نشان دادند که بهره‌گیری از کشت مخلوط موجب بهبود عملکرد شده است. در آزمایشی که روی تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی لوبیا با زنیان انجام گرفت مشاهده شد که استفاده از کشت مخلوط به دلیل کاهش رقابت درون گونه‌ای از طریق استفاده بهینه از عوامل محیطی موجب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد هر دو گونه شد. به‌طوری که بالاترین نسبت برابری زمین برای ۵۰ درصد لوبیا به همراه ۱۰۰ درصد زنیان به دست

سالبانه ۴/۲ درجه سانتی‌گراد است. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

بارندگی سالبانه ۲۸۵ میلی‌متر است. میانگین دمای سالبانه ۱۰ درجه سانتی‌گراد، میانگین بیشینه دمای سالبانه ۱۶/۶ درجه سانتی‌گراد و میانگین کمینه دمای

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

اسیدیته	هدایت الکتریکی (ds.m <sup>-1</sup> )	کربن آلی (%)	میزان فسفر قابل جذب (mg.kg <sup>-1</sup> )	میزان پتاسیم قابل جذب (mg.kg <sup>-1</sup> )	نیترژن کل (%)	بافت خاک
۷/۱۳	۱/۰۳	۰/۸۵	۱۶/۵۱	۴۵۲/۷۳	۰/۱۲	لومی رسی

### طرح آزمایشی و بذور مورد استفاده

کشت مخلوط بر اساس سری‌های افزایشی انجام گرفت. طرح پایه آزمایشی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۶ تیمار و در چهار تکرار انجام شد. الگوهای مختلف کشت شامل کشت خالص گلرنگ، کشت صددرصد گلرنگ همراه با کشت بالنگوی شهری با تراکم ۱۵ درصد، کشت صددرصد گلرنگ همراه با کشت بالنگوی شهری با تراکم ۳۰ درصد، کشت صددرصد گلرنگ همراه با کشت بالنگوی شهری با تراکم ۴۵ درصد، کشت صددرصد گلرنگ همراه با کشت بالنگوی شهری با تراکم ۶۰ درصد، کشت صددرصد گلرنگ همراه با کشت بالنگوی شهری با تراکم ۷۵ درصد بود. در این آزمایش گیاه گلرنگ به عنوان گیاه اصلی و گیاه بالنگوی شهری به عنوان گیاه فرعی در نظر گرفته شد. برای گلرنگ از رقم محلی اصفهان و برای بالنگوی شهری از توده بومی (تولید شده در شهر کلوانق واقع در استان آذربایجان شرقی) استفاده گردید.

۱۳ ردیف کاشت در نظر گرفته شد. به‌طوریکه ۵ ردیف کاشت برای گلرنگ (طبق کشت خالص) و ۸ ردیف کاشت برای بالنگوی شهری، فاصله ردیف‌های کاشت بالنگوی شهری ۲۰ سانتی‌متر و فاصله ردیف‌های کاشت گلرنگ ۴۰ سانتی‌متر بود. در این تحقیق تراکم کاشت برای گیاه گلرنگ ۵۰ بوته در مترمربع و برای بالنگوی شهری ۴۰۰ بوته در مترمربع بود. در کشت مخلوط افزایشی تراکم‌ها به صورت زیر اعمال شد:

۱۵ : ۱۰۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ) ۶۰ بوته در مترمربع بالنگوی شهری با فاصله ۵ سانتی‌متر بر روی ردیف کاشت.

۳۰ : ۱۰۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ) ۱۲۰ بوته در مترمربع بالنگوی شهری با فاصله ۲/۵ سانتی‌متر بر روی ردیف کاشت.

۴۵ : ۱۰۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ) ۱۸۰ بوته در مترمربع بالنگوی شهری با فاصله ۱/۶۶ سانتی‌متر بر روی ردیف کاشت.

۶۰ : ۱۰۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ) ۲۴۰ بوته در مترمربع بالنگوی شهری با فاصله ۱/۲۵ سانتی‌متر بر روی ردیف کاشت.

۷۵ : ۱۰۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ) ۳۰۰ بوته در مترمربع بالنگوی شهری با فاصله ۱ سانتی‌متر بر روی ردیف کاشت.

بلافاصله پس از کاشت جهت جلوگیری از خشک شدن خاک و اختلال در روند جوانه‌زنی اولین آبیاری در مورخه ۲۷ اردیبهشت ۱۳۹۸ انجام شد. آبیاری‌های بعدی با توجه به شرایط جوی در طول دوره رشدی گیاهان

مراحل آماده‌سازی زمین مورد نظر شامل شخم اولیه در پاییز و همچنین تسطیح زمین با لولر قبل از کاشت در اسفند ماه ۱۳۹۷ بود. کرت‌بندی و تفکیک بلوک‌های آزمایشی در تاریخ ۱۹ اردیبهشت و تسطیح زمین در تاریخ ۲۲ اردیبهشت ۱۳۹۸ انجام شد. عملیات کاشت در تاریخ‌های ۲۵، ۲۶ و ۲۷ اردیبهشت سال ۱۳۹۸ به صورت دستی در بستر مسطح صورت گرفت. کاشت به‌صورت کرتی و هر کرت به ابعاد ۲×۲ و در مساحت ۴ مترمربع بود. کشت خالص گلرنگ شامل ۵ ردیف کاشت، فاصله ردیف‌های کاشت ۴۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف‌های کاشت ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. برای کشت مخلوط

مخلوط،  $Yaa =$  عملکرد گلرنگ در کشت خالص،  $Yba =$  عملکرد بالنگوی شهری در کشت مخلوط و  $Ybb =$  عملکرد بالنگوی شهری در کشت خالص. جهت تجزیه و تحلیل تیمارها از نرم افزار MSTAT-C و برای رسم نمودارها از نرم افزار EXCEL و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

### نتایج و بحث

#### تعداد طبق در بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر این است که کشت مخلوط گلرنگ و بالنگوی شهری اثر معنی‌داری بر تعداد طبق در بوته گلرنگ داشته است (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر الگوهای مختلف کشت بر تعداد طبق در بوته گیاه گلرنگ نشان داد که الگوی کشت ۱۰۰:۳۰ (بالنگوی شهری-گلرنگ) با ۱۰/۷۶ دارای بیشترین تعداد طبق و همچنین الگوی کشت ۱۰۰:۷۵ (بالنگوی شهری-گلرنگ) با ۷/۲۸ دارای کمترین تعداد طبق در بوته گلرنگ بوده است (شکل ۱).

صورت پذیرفت. وجین علف‌های هرز به صورت دستی و به طور مرتب در طی دوره رشد انجام شد. کود ازت به فرم اوره در مرحله ساقه‌دهی و غنچه‌دهی به ترتیب ۵۰ کیلوگرم در هکتار و ۲۵ کیلوگرم در هکتار (در مجموع ۷۵ کیلوگرم در هکتار) و کود فسفره از منبع کودی سوپر فسفات تریپل به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار هنگام کاشت اعمال گردید. در این پژوهش صفات گلرنگ شامل تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی اندازه‌گیری شدند. بالنگوی شهری در ۲۳ مرداد و گلرنگ در ۶ شهریور برداشت شدند. بعداز رسیدگی محصول و حذف اثر حاشیه‌ای عملکرد دانه گلرنگ تعیین گردید. برای ارزیابی کارایی سودمندی کشت مخلوط از معیار نسبت برابری زمین (LER) و عملکرد نسبی جزء (RY) استفاده شد. برای تعیین نسبت برابری زمین (LER) از معادله زیر استفاده شد.

$LER = RYa + RYb = (Yab/Yaa) + (Yba/Ybb)$   
 $RYa =$  عملکرد نسبی جزء گلرنگ،  $RYb =$  عملکرد نسبی جزء بالنگوی شهری،  $Yab =$  عملکرد گلرنگ در کشت

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در گلرنگ

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی
تکرار	۳	۷/۶۰ <sup>ns</sup>	۱/۸۵ <sup>ns</sup>	۰/۱۲ <sup>ns</sup>	۴۸۸/۲۵ <sup>ns</sup>	۶۸۸۵/۳۳ <sup>ns</sup>
الگوی کاشت	۵	۷/۳۹ *	۰/۱۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۵۵۳۸/۸۴ **	۲۸۵۳۹/۹۱ **
خطا	۱۵	۲/۴۶	۲/۹۶	۰/۰۹	۱۱۳۲/۶۴	۵۹۹۰/۱۰
ضریب تغییرات (%)		۱۷/۵۶	۷/۸۷	۰/۹۵	۱۳/۹۸	۱۱/۹۹

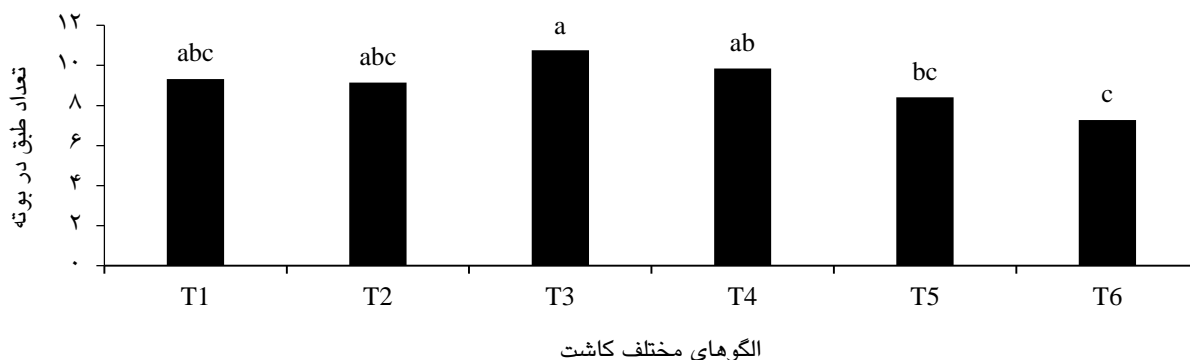
\*, \*\*, و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد و غیر معنی‌دار می باشد.

افزایش تراکم به علت رقابت گیاهان برای جذب نور، مواد غذایی و همچنین به علت سایه‌اندازی، تعداد طبق در بوته کاهش پیدا می‌کند (میرهاشمی و همکاران ۲۰۰۹).

با توجه به افزایش تراکم در الگوهای مختلف کشت، به علت افزایش رقابت در نتیجه افزایش مصرف انرژی برای دستیابی به منابع بیشتر، تعداد طبق در بوته کاهش خواهد یافت. نتایج بررسی‌های مختلف نشان داد که با

جدول ۳- شاخص ارزیابی کشت مخلوط

معیارهای ارزیابی			تیمارها
RYa	RYb	LER	
۰/۷۶	۰/۳۰	۱/۰۶	۱۰۰:۱۵ (بالنگوی شهری - گلرنگ)
۰/۹۱	۰/۳۸	۱/۲۹	۱۰۰:۳۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ)
۰/۸۴	۰/۳۵	۱/۱۹	۱۰۰:۴۵ (بالنگوی شهری - گلرنگ)
۰/۸۲	۰/۳۳	۱/۱۵	۱۰۰:۶۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ)
۰/۷۹	۰/۳۱	۱/۱۰	۱۰۰:۷۵ (بالنگوی شهری - گلرنگ)



شکل ۱- اثر الگوهای مختلف کشت بر تعداد طبق در بوته گلرنگ.

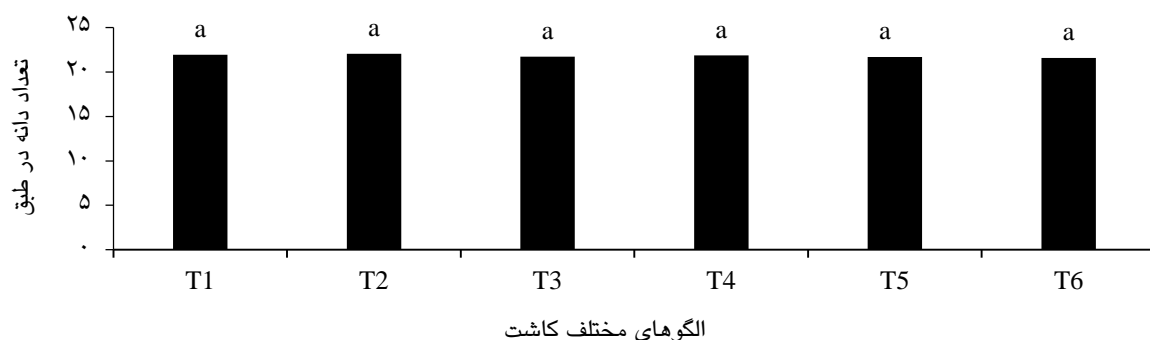
حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است. T<sub>1</sub> - کشت خالص گیاه گلرنگ، T<sub>2</sub> - ۱۰۰:۱۵ (بالنگوی شهری - گلرنگ)، T<sub>3</sub> - ۱۰۰:۳۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ)، T<sub>4</sub> - ۱۰۰:۴۵ (بالنگوی شهری - گلرنگ)، T<sub>5</sub> - ۱۰۰:۶۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ)، T<sub>6</sub> - ۱۰۰:۷۵ (بالنگوی شهری - گلرنگ).

بود. این اختلاف موجود در تعداد دانه در طبق گلرنگ در الگوهای مختلف کشت از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد (شکل ۲).

برخی از یافته‌های اخیر نشان داده که کشت مخلوط گلرنگ با لگوم‌ها تعداد دانه در طبق را افزایش معنی‌دار نداشته است (زعفرانی، ۲۰۱۵). همچنین به گزارش تو و همکاران (۲۰۰۶) تعداد دانه در طبق آفتابگردان در کشت مخلوط آفتابگردان - باقلا نسبت به کشت خالص افزایش نیافته است که این نتایج با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد.

### تعداد دانه در طبق

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر این است که کشت مخلوط گیاه گلرنگ و بالنگوی شهری تاثیر معنی‌داری از نظر الگوهای مختلف کشت بر روی تعداد دانه در طبق گلرنگ نداشته است (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر الگوهای مختلف کشت بر تعداد دانه در طبق گیاه گلرنگ مشخص کرد که الگوی کشت ۱۰۰:۱۵ (بالنگوی شهری - گلرنگ) با ۲۲/۰۷ دارای بیشترین تعداد دانه در طبق و الگوی کشت ۱۰۰:۷۵ (بالنگوی شهری - گلرنگ) با ۲۱/۵۸ دارای کمترین تعداد دانه در طبق گلرنگ



شکل ۲- اثر الگوهای مختلف کشت بر تعداد دانه در طبق گلرنگ.

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است. T<sub>1</sub>- کشت خالص گیاه گلرنگ، T<sub>2</sub>- ۱۵:۱۰۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ)، T<sub>3</sub>- ۲۰:۱۰۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ)، T<sub>4</sub>- ۴۵:۱۰۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ)، T<sub>5</sub>- ۶۰:۱۰۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ)، T<sub>6</sub>- ۷۵:۱۰۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ).

وزن هزار دانه  
طبق جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) کشت مخلوط گلرنگ و بالنگوی شهری اثر معنی‌داری از نظر الگوهای مختلف کشت بر روی وزن هزار دانه گلرنگ نداشته است. مقایسه میانگین اثر الگوهای مختلف کشت بر وزن هزار دانه گلرنگ نشان داد که الگوی کشت ۱۵:۱۰۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ) با ۳۱/۵۵ گرم دارای بیشترین و همچنین الگوی کشت ۷۵:۱۰۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ) با ۳۱/۲۷ گرم دارای کمترین وزن هزار دانه گلرنگ بود. این اختلاف موجود در وزن هزار دانه گلرنگ در الگوهای مختلف کشت از نظر آماری معنی‌دار نیست (شکل ۳).

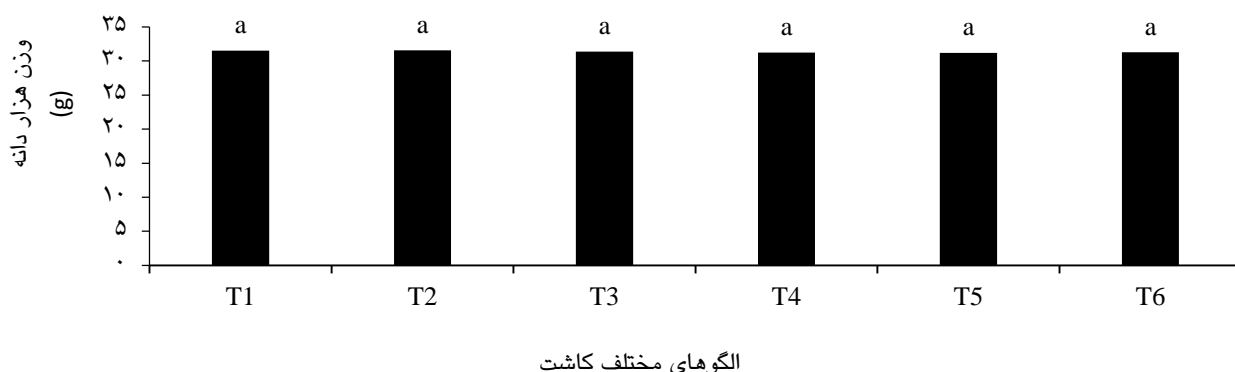
#### عملکرد دانه در واحد سطح

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر این است که کشت مخلوط گلرنگ و بالنگوی شهری اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد از نظر الگوهای مختلف کشت بر روی عملکرد دانه گلرنگ در واحد سطح نداشته است (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر الگوهای مختلف کشت بر عملکرد دانه در واحد سطح گیاه گلرنگ نشان داد که الگوی کشت خالص گلرنگ با ۲۸۰/۶۲ گرم در مترمربع دارای بیشترین و همچنین الگوی کشت ۱۵:۱۰۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ) با ۲۱۲/۰۱ گرم در مترمربع دارای کمترین عملکرد دانه گلرنگ در واحد سطح بوده است. البته از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری بین کشت خالص گلرنگ و الگوهای کشت مخلوط ۳۰:۱۰۰، ۴۵:۱۰۰ و ۶۰:۱۰۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ) مشاهده نشد (شکل ۴).

وزن هزار دانه  
طبق جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) کشت مخلوط گلرنگ و بالنگوی شهری اثر معنی‌داری از نظر الگوهای مختلف کشت بر روی وزن هزار دانه گلرنگ نداشته است. مقایسه میانگین اثر الگوهای مختلف کشت بر وزن هزار دانه گلرنگ نشان داد که الگوی کشت ۱۵:۱۰۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ) با ۳۱/۵۵ گرم دارای بیشترین و همچنین الگوی کشت ۷۵:۱۰۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ) با ۳۱/۲۷ گرم دارای کمترین وزن هزار دانه گلرنگ بود. این اختلاف موجود در وزن هزار دانه گلرنگ در الگوهای مختلف کشت از نظر آماری معنی‌دار نیست (شکل ۳).

وزن هزار دانه صفتی است که نسبت به سایر اجزای عملکرد کمتر تحت تاثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد (جوزف و همکاران ۱۹۸۵ و لافوند ۱۹۹۴). به نظر می‌رسد که وزن هزار دانه بیشتر تحت تاثیر ویژگیهای ژنتیکی ارقام قرار دارد و کمتر تحت تاثیر عامل تراکم قرار گرفته است و تولید بذره‌های سنگین‌تر بیشتر نتیجه انتقال مناسب فتوآسیمیلاتاها به بذر در این ارقام می‌باشد. طبق گزارش علیزاده و کارپتیان (۲۰۰۶) وزن هزار دانه گلرنگ وابسته به ژنوتیپ است. بی اثر بودن تراکم بر وزن هزار دانه در گزارش‌های دیگری نیز بیان شده است (آذری و خواجه‌پور ۲۰۰۵). آنان دلیل این امر را نقش جبرانی وزن هزار دانه در توازن توزیع مواد غذایی بین شمار دانه‌های تشکیل شده دانستند. جعفری و مکاران (۲۰۰۶) با مطالعه سه تراکم کاشت ۵۰، ۶۰ و ۷۵



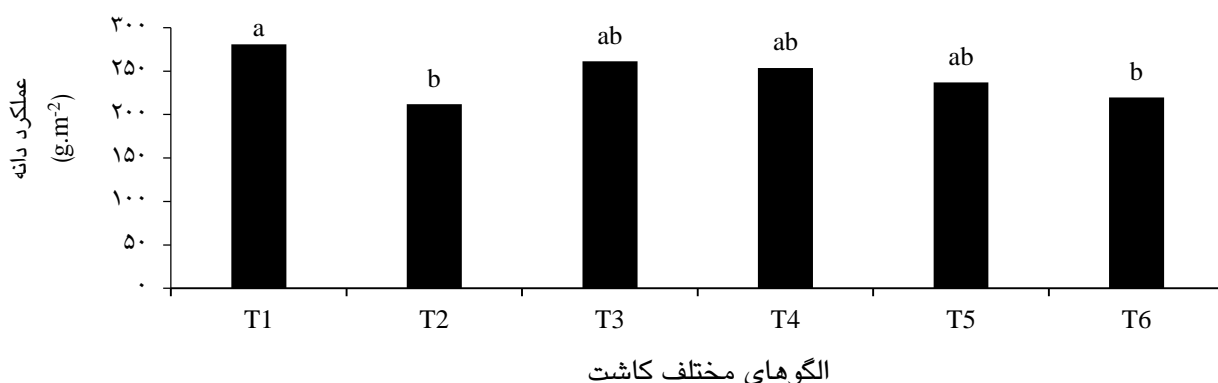


شکل ۳- اثر الگوهای مختلف کشت بر وزن هزار دانه گلرنگ.

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است. T<sub>1</sub>- کشت خالص گیاه گلرنگ، T<sub>2</sub>- ۱۵ : ۱۰۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ)، T<sub>3</sub>- ۳۰ : ۱۰۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ)، T<sub>4</sub>- ۴۵ : ۱۰۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ)، T<sub>5</sub>- ۶۰ : ۱۰۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ)، T<sub>6</sub>- ۷۵ : ۱۰۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ).

با توجه به افزایش تراکم در الگوهای مختلف کشت مخلوط در نتیجه کاهش منابع طبیعی و افزایش رقابت برون گونه‌ای، عملکرد دانه در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کاهش یافته است. نتایج مشابه در مورد صفات تعداد دانه در طبق و همچنین عملکرد دانه در تک

بوته نیز مشاهده شده است. پانديتا و همکاران (۲۰۰۰) در مطالعه خود بر روی کشت مخلوط ماش و ذرت بیان کردند که عملکرد ماش در کشت مخلوط کمتر از کشت خالص بوده است.



شکل ۴- اثر الگوهای مختلف کشت بر عملکرد دانه گلرنگ.

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است. T<sub>1</sub>- کشت خالص گیاه گلرنگ، T<sub>2</sub>- ۱۵ : ۱۰۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ)، T<sub>3</sub>- ۳۰ : ۱۰۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ)، T<sub>4</sub>- ۴۵ : ۱۰۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ)، T<sub>5</sub>- ۶۰ : ۱۰۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ)، T<sub>6</sub>- ۷۵ : ۱۰۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ).

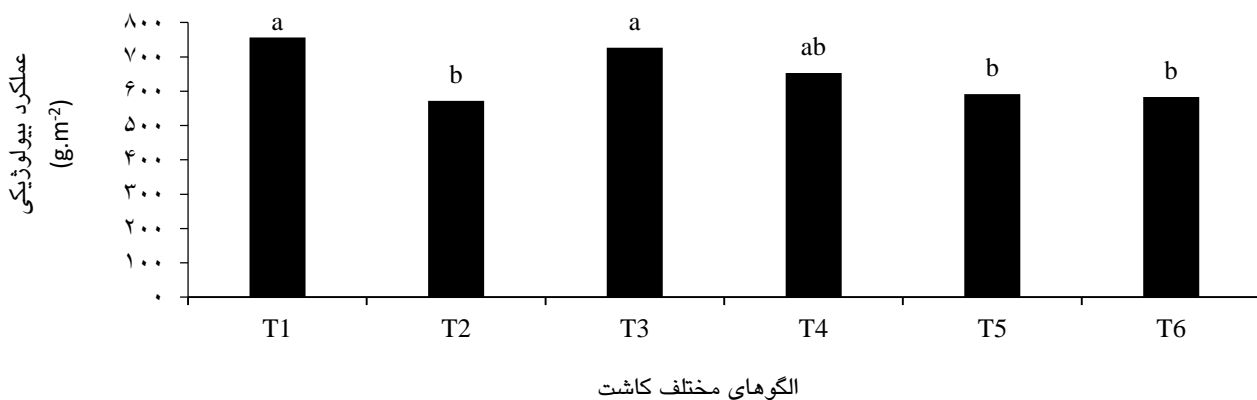
الگوهای مختلف کشت اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر روی عملکرد بیولوژیکی گلرنگ در واحد سطح داشته است (جدول ۲).

#### عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر این است که کشت مخلوط گیاه گلرنگ و بالنگوی شهری از نظر

و الگوهای کشت ۱۰۰:۳۰ و ۱۰۰:۴۵ از لحاظ عملکرد بیولوژیکی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۵). در تحقیقات سایر محققان نیز کاهش عملکرد بیولوژیکی گلرنگ در کشت مخلوط با گاودانه توسط جلیلیان و همکاران (۲۰۱۷)، کشت مخلوط با نخود توسط زعفرانی (۲۰۱۵) نسبت به کشت خالص گزارش شده است.

مقایسه میانگین اثر الگوهای مختلف کاشت بر عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح گیاه گلرنگ نشان داد که کشت خالص گلرنگ با ۷۵۶/۸۴ دارای بیشترین و همچنین الگوی کاشت ۱۰۰:۱۵ (بالنگوی شهری - گلرنگ) با ۵۷۲/۱۸ دارای کمترین عملکرد بیولوژیکی گلرنگ در واحد سطح بوده است. همچنین بین کشت خالص گلرنگ



شکل ۵- اثر الگوهای مختلف کشت بر عملکرد بیولوژیکی گلرنگ.

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است. T<sub>1</sub>- کشت خالص گیاه گلرنگ، T<sub>2</sub>- ۱۰۰:۱۵ (بالنگوی شهری - گلرنگ)، T<sub>3</sub>- ۱۰۰:۳۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ)، T<sub>4</sub>- ۱۰۰:۴۵ (بالنگوی شهری - گلرنگ)، T<sub>5</sub>- ۱۰۰:۶۰ (بالنگوی شهری - گلرنگ)، T<sub>6</sub>- ۱۰۰:۷۵ (بالنگوی شهری - گلرنگ).

بیان کردند که بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیکی به ترتیب مربوط به تک کشتی اسفرزه و تیمار ۲۵ درصد اسفرزه به همراه ۱۰۰ درصد زرنین تعلق داشت. رضایی‌چیانه و قلی‌نژاد (۲۰۱۵) بیان کردند که محاسبه شاخص سودمندی (نسبت برابری زمین) در کشت مخلوط نشان داد که نسبت کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد سیاهدانه و ۱۰ درصد نخود از لحاظ اقتصادی تیمار برتر بود و این تیمار می‌تواند برای ایجاد پایداری و ثبات تولید در افزایش درآمد اقتصادی و بهره‌وری استفاده از زمینهای کشاورزی به‌طور قابل ملاحظه‌ای مؤثر باشد. بر اساس گزارش راجسوارا (۲۰۰۲) نسبت برابری زمین در کشت مخلوط نعنای و شمعدانی بیشترین یک (۱/۳۴) بوده است. یاسین و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند که در کشت مخلوط گیاه خس خس (*Chrysopogon zizanioides*) با ریحان و تربچه، نسبت برابری زمین ۱/۵۴ است.

### نسبت برابری زمین

طبق جدول ۳ در تیمارهای کشت مخلوط نسبت برابری زمین بیشتر از یک است که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی است. به‌طوریکه بررسی الگوهای مختلف کشت نشان داد که نسبت برابری زمین بین ۱/۰۶ (۱۰۰:۱۵ بالنگوی شهری-گلرنگ) و ۱/۲۹ (۱۰۰:۳۰ بالنگوی شهری-گلرنگ) می‌باشد. الهدادی و همکاران (۲۰۱۳) در ارزیابی عملکرد کشت مخلوط سویا و همیشه بهار دریافتند که کشت مخلوط نواری ۴ ردیف همیشه بهار به همراه ۶ ردیف سویا از نظر عملکرد اقتصادی و نسبت برابری زمین نسبت به سایر الگوهای مختلف کشتهای مخلوط برتری داشت. در پژوهشی بیان شده است که بیشترین عملکرد زیستی و بیشترین نسبت برابری زمین در جو زراعی از تیمار کشت مخلوط ۲۰ درصد شنبله و ۱۰۰ درصد جو به دست آمده است (طریقی و همکاران ۲۰۱۸). موسی‌پور و همکاران (۲۰۱۷)

## نتیجه‌گیری

به‌طور کلی علی‌رغم این‌که عملکرد دانه و بیولوژیکی گلرنگ در الگوهای مختلف کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی کاهش یافت ولی از نظر عملکرد دانه تیمارهای کشت مخلوط افزایش ۱۰۰:۳۰ (بالنگوی شهری- گلرنگ) و ۱۰۰:۴۵ (بالنگوی شهری- گلرنگ) نسبت به تیمار تک‌کشتی از لحاظ آماری فاقد اختلاف معنی‌دار بودند و از لحاظ عملکرد بیولوژیکی تیمارهای کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰:۳۰ (بالنگوی شهری- گلرنگ)، ۱۰۰:۴۵ (بالنگوی شهری- گلرنگ) و ۱۰۰:۶۰ (بالنگوی شهری- گلرنگ) از نظر آماری در یک سطح قرار داشتند. بیشترین تعداد طبق در بوته و نسبت برابری

زمین نیز به کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰:۳۰ (بالنگوی شهری- گلرنگ) تعلق داشت. با توجه به نتایج الگوی کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰:۳۰ (بالنگوی شهری- گلرنگ) از کارایی بیشتری برخوردار بوده و جهت کشت به کشاورزان توصیه می‌شود.

## سپاسگزاری

از همکاران عزیز ایستگاه تحقیقاتی خلعت پوشان و ساختمان تحصیلات تکمیلی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز به جهت همکاری و مساعدت در اجرای این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

## منابع مورد استفاده

- Alizadeh Y, Koocheki A, and Nassiri Mahallati M, 2010. Investigating of growth characteristics, yield, yield components and potential weed control in intercropping of bean and vegetative sweet basil. *Journal of Agroecology*, 2: 383-397. (In Persian)
- Alizadeh K, and Carapetian J. 2006. Genetic variation in a safflower germplasm grown in rained cold drylands. *Journal of Agronomy*, 5 (1): 50-55.
- Allahdadi M, Shakiba, MR, Dabbagh Mohammadi Nasab, A. and Amini R. 2013. Evaluation of yield and advantages of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill.) and calendula (*Calendula officinalis* L.) Intercropping Systems, 3 (23): 47- 58.
- Amanzadeh Y, Khosravi Dehaghi N, Gohari A, Monsef-Esfahani H. and Sadat Ebrahimi S. 2011. Antioxidant activity of essential oil of *Lallemantia iberica* in flowering stage and post flowering stage, *Research Journal of Biological Sciences*, 6 (3): 114-117.
- Asgarnejad M, Zarey G, and Zarezadeh A. 2015. Effects of planting date and plant density on yield and yield components of *Brassica nigra* under Abarkooh climatic conditions. *Journal of Crop Production*, 8 (3): 183-198. (In Persian).
- Awal M, Kochi H, and Ikeda T. 2006. Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. *Agricultural and Forest Meteorology*, 139: (2): 74-83.
- Azary A, and Khajepour M. 2005. Effect of planting arrangement on development, growth, yield components and seed yield of safflower, Isfahan local population in summer planting. *Journal of Production and Processing of Crops and Horticultur*, 9 (3): 133-142. (In Persian).
- Bakhtiari Ramezani M, Labashchi M, and Nemati N. 2006. The effects of plant densities on yield and yield components of safflower on dry farming condition. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 22 (2): 155-160. (In Persian).
- Bigonah R, Rezvani Moghaddam P, and Jahan M, 2014. Effects of intercropping on biological yield, percentage of nitrogen and morphological characteristics of coriander and fenugreek. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12 (3): 369-377. (In Persian).
- Jafari F, Yarnia M, and Valizadeh M. 2006. Investigation of planting density on yield, morphological characteristics and phenology of Azeri sunflower hybrid. *Ninth Iranian Congress of Agriculture and Plant Breeding*, Varamin, Page 59. (In Persian).

- Jalilian J, Najafabadi A, and Zardashti MR. 2017. Intercropping patterns and different farming systems affect the yield and yield components of safflower and bitter vetch. *Journal of Plant Interactions*, 12 (1): 92-99.
- Joseph K, Alley M, Brann D, and Gravelle W. 1985. Row spacing and seeding rate effects on yield and yield components of soft red winter wheat. *Agronomy Journal*, 22(7): 211-214.
- Jozayan Z, Yadvi A, Movahedi M, and Maghsoudi A. 2015. Effect of row spacing and plant density on quantitative and qualitative yield of soybean (*max Glycine L.*) under weed competition. *Journal of Agroecolog*, 6 (4): 548-857. (In Persian).
- Khoramdel S, Siahmarguee A, and Mahmudi G, 2016. Effect of replacement and additive intercropping series of ajowan with bean on yield and yield components. *Journal of Crop Production*, 9(1): 1-24. (In Persian).
- Lafond G. 1994. Effects of row spacing, seedling rate and nitrogen on yield of barley and wheat under zero-till management. *Canadian Journal of Plant Science*, 74 (4): 703-711.
- Mahdavi Damghani A, Kouchaki A, and Zand A. 2006. Design and management of ecosystems in sustainable agriculture. Iranian Congress of Agricultural Sciences and Plant Breeding, University of Tehran, 7-5 September, Page 97. (In Persian)
- Mahfouz H, and Imer EA. 2004. Effect of intercropping, weed control treatment and their interaction on yield and its attributes of chickpea and canola. *Egyptian Journal Applied Science*, 19 (4): 84-101.
- Morales REJ, Escalante EJA, Sosa CL, and Volke, HVH. 2009. Biomass, yield and land equivalent ratio of *Helianthus annuus L.* in sole crop and intercropped with *Phaseolus vulgaris L.* in high valleys of Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10 (3): 431-439.
- Midya A, Bhattach K, Ghose S, and Banik P. 2005. Deferred seedling of blackgram (*Phaseolus mungo L.*) in rice (*Oryza sativa L.*) field on yield advantages and smothering of weeds. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 19 (3): 195-201.
- Mirhashemi S, Kouchaki A, Parsa M, and Nasiri MM. 2009. Evaluating the benefit of ajowan and fenugreek intercropping in different levels of manure and planting pattern. *Iranian Journal of Field Crops Research*, (1): 271-281.
- Mirhashemi S, Koocheki A, Parsa M, and Nassiri MM, 2010. Evaluation of growth indices of ajowan and fenugreek in pure culture and intercropping based on organic agriculture. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 7(2): 685-694.
- Mousapour H, Ghanbari A, and Asghari pour MR. 2017. Effect of sowing date on yield, yield components, secondary metabolites content and weed control in ajwain and isabgol intercropping. *Journal of Crops Improvement*, 18(4):835-850. (In Persian).
- Nasrollahzadeh S, Shafagh KJ, Mohammadi M, and Aghaie GP. 2014. Effect of intercropping patterns of chickpea and Dragons head (*Lallemantia iberica*) on yield, yield components and morphological traits of dragon's head under different weed management. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2 (5): 1572-1581.
- Noman MS, Maleque MA, Alam MZ, Afroz S, and Ishii HT, 2013. Intercropping mustard with four spice crops suppresses mustard aphid abundance, and increases both crop yield and farm profitability in central Bangladesh. *International Journal of Pest Management*, 59 (4): 306-313.
- Omidy AH, Ghnadha M, Ahmadi M, and Payghambar, SA. 1999. Evaluation of some important agronomic traits safflower using multivariate statistical methods. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 30 (4): 817-827. (In Persian)
- Pandita A, Shah M, and Bali A. 2000. Effect of row ratio in cereal-legume intercropping systems on productivity and competition functions under Kashmir conditions. *Indian Journal of Agronomy* . 45 (1): 48-53.

- Park SE, Benjamin LR. and Watkinson AR. 2002. Comparing biological productivity in cropping systems: A competition approach. *Journal of Applied Ecology*, 39 (3): 416-426.
- Poggio SL. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barely. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 109 (2): 48- 58.
- Rajeswara Rao BR. 2002. Biomass yield, Essential oil yield and essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium species*) as influenced by row spacing and intercropping with corn mint (*Mentha arvensis* L.f. piperascens malinv. exholmes). *Industrial Crops and Products*, 16: 133-144.
- Rezaei-Chianeh E, Nassab ADM, Shakira M, Ghassemi-Golezani K, Aharizad S, and Shekari FJ. 2011. Intercropping of maize (*Zea mays* L.) and fans bean (*Vicia faba*) at different plant population densities. *African Journal of Agricultural Research*, 6 (7): 1786-1793.
- Rezaei-Chiyaneh E, and Gholinezhad E, 2015. Agronomic characteristics of intercropping of additive series of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Agroecology*, 7 (3): 381-396. (In Persian).
- Saudy HS, and Elmetwally IM. 2009. Weed management under different patterns of sunflower–soybean intercropping. *Journal of Central European Agriculture*, 10 (1): 41-52.
- Shafagh-Kolvanagh J, Dalayi-Milan A, Zehtab-Salmasi S, Raei Y, and Dastborhan S. 2020. Effects of intercropping on weeds control and dragon's head (*Lallemantia iberica* Fischer & C.A. Meyer) Yield. *Journal of Agroecology*, 11(4): 1497-1510. (In Persian).
- Singh JK. 2007. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) and French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping to different row ratios and nitrogen levels under rainfed conditions of temperate Kashmir. *Indian Journal of Agronomy*, 52 (1): 36-39.
- Sorkhi F. 2020. Effect of irrigation intervals and humic acid on physiological and biochemical characteristic on medicinal plant of *Thymus vulgaris*. *Journal of Plant Physiology*, 10 (4): 3367-3378.
- Sorkhi F. 2021. Effect of vermicompost fertilizer on antioxidant enzymes and chlorophyll contents of *Borago officinalis* under salinity stress. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 11 (2): 3589-3598.
- Sorkhi, F, Rostami R, and Ghassemi-Golezani K. 2021. Improving resistance of *Foeniculum vulgare* to water deficit stress by natural regulators. *Agriculture (Polnohospodárstvo)*, 67 (1): 29-41.
- Sorkhi, F and Khomari, S. 2021. Effect of different levels of water deficit on yield and amount of osmotic regulator in tetraploid and hexaploid wheat genotypes. 23(1): 12-16.
- Tadaion A, Torabian SM, and Tadaion M. 2014. Effect of plant density on yield and quality of four commercial cultivars of common flax. *Journal of Agriculture*, 15 (1): 26-15. (In Persian).
- Tarieghi S, Fateh A, and Aynehband A. 2018. The effect of different barley (*Hordeum vulgare*) and fenugreek (*Trigonella foenum*) intercropping planting ratio under nitrogen fertilizer on dry matter quality and quantity. *Journal of Crop Production*, 11(5):23-35. (In Persian).
- Tu C, Louws FJ, Creamer NG, Mueller JP, Brownie C, and Fager K. 2006. Responses of soil microbial biomass and N availability to transition strategies from conventional to organic farming systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 113 (1-4): 206-215.
- Yaseen M, Singh M, and Ram D. 2014. Growth, yield and economics of vetiver (*Vetiveria zizanioides* L. Nash) under intercropping system. *Industrial Crops and Products*, 61:417-421.
- Zafaranieh M. 2015. Effect of various combinations of safflower /chickpea intercropping on yield and yield components of safflower. *Agriculture Science Developments*, 4: 31–34.