



دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گیلان

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد بیست و هفتم، شماره اول، ۱۳۹۹

۱-۱۸

<http://jopp.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jopp.2020.13026.2171

## بررسی عملکرد، شاخص‌های رقابت و سودمندی اقتصادی الگوی کشت مخلوط گیاه دارویی سرخارگل (*Echinacea purpurea* Moench.) و کنجد (*Sesamum indicum* L.) در شرایط اقلیمی استان مازندران

\*آلاله متقیان<sup>۱</sup>، مهرشاد براری<sup>۲</sup>، همت‌اله پیردشتی<sup>۳</sup> و آرش فاضلی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران،

<sup>۲</sup>استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران،

<sup>۳</sup>دانشیار گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۰۶

### چکیده

**سابقه و هدف:** با توجه به محدودیت‌های نظام کشاورزی مرسوم، کشت مخلوط از نظر پایداری تولید دارای اهمیت بسیاری است. از طرفی، انتخاب گونه یا ارقام گیاهی، الگوی کاشت و شرایط اقلیمی بر سودمندی سامانه کشت مخلوط مؤثر می‌باشد و برخی شاخص‌ها مانند نسبت رقابت، افت عملکرد واقعی، نسبت برابری زمین و سودمندی مالی به‌منظور توصیف رقابت بین گونه‌ها و ارزش اقتصادی کشت مخلوط کاربرد دارد. بنابراین، هدف پژوهش حاضر بررسی واکنش گیاه دارویی سرخارگل (*Echinacea purpurea* Moench.) در کشت مخلوط سری جایگزینی با کنجد (*Sesamum indicum* L.) در شرایط اقلیمی استان مازندران بود.

**مواد و روش‌ها:** این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو منطقه سیمرغ و سوادکوه استان مازندران در سال زراعی ۱۳۹۴ اجرا شد. تیمارها شامل تک‌کشتی سرخارگل، ۷۵٪ سرخارگل + ۲۵٪ کنجد، ۵۰٪ سرخارگل + ۵۰٪ کنجد، ۲۵٪ سرخارگل + ۷۵٪ کنجد و تک‌کشتی کنجد بود. در این پژوهش، برخی شاخص‌ها مانند نسبت برابری زمین (LER)، سودمندی مالی (MAI) کشت مخلوط، ضریب غالبیت (A) و افت یا افزایش عملکرد واقعی (orAYL AYI) دو گونه گیاهی بر اساس عملکرد دانه کنجد و زیست‌توده سرخارگل بررسی شد. تجزیه آماری داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین‌ها برای صفات مورد ارزیابی به‌روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که تک‌کشتی سرخارگل در منطقه سوادکوه از حداکثر تولید (۳۶۳۱ کیلوگرم در هکتار) برخوردار بود که در مقایسه با منطقه سیمرغ حدود ۱۷ درصد افزایش نشان داد. هم‌چنین، کشت مخلوط ۷۵٪ سرخارگل + ۲۵٪ کنجد از عملکرد اقتصادی مشابهی در دو منطقه برخوردار بود و حداقل تولید اقتصادی به تک‌کشتی کنجد در منطقه سوادکوه (۱۷۱۶ کیلوگرم

\* مسئول مکاتبه: [alaleh\\_motaghi@yahoo.com](mailto:alaleh_motaghi@yahoo.com)

در هکتار) تعلق داشت. با توجه به شاخص‌های رقابتی دو گونه، سرخارگل ( $A_{pc}$ ) و کنجد ( $A_{se}$ ) در گستره عددی بین  $A_{se}=0/10-0/26$  و  $A_{pc}=0/02-0/16$  به ترتیب در منطقه سوادکوه و سیمرغ گونه غالب بودند. با توجه به افت شدید حداقل دما و رطوبت نسبی اقلیم سوادکوه در مقایسه با منطقه سیمرغ طی فصل رشد، شاخص غالبیت سرخارگل بیانگر بر خوداری گیاه از بهترین شرایط محیطی و به تبع آن افزایش تجمع ماده خشک در این منطقه می‌باشد. علاوه بر این، حداکثر شاخص عملکرد واقعی سرخارگل به کشت مخلوط  $0/50 + 0/50$  سرخارگل + کنجد در منطقه سوادکوه ( $AYL_{pc}=0/23$ ) تعلق داشت و افت عملکرد واقعی آن در آرایش کاشت  $0/25 + 0/75$  سرخارگل + کنجد در منطقه سیمرغ ( $AYL_{pc}=-0/14$ ) مشاهده شد. همچنین، حداکثر افزایش عملکرد واقعی کنجد به کشت مخلوط  $0/25 + 0/75$  سرخارگل در منطقه سیمرغ ( $AYL_{se}=0/26$ ) تعلق داشت. نتایج بیانگر آن است که ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط در یک گروه آماری افزایش بیش از هفت درصدی نسبت برابری زمین را در مقایسه با تک‌کشتی گونه‌ها موجب گردیدند و کشت مخلوط  $0/75 + 0/25$  سرخارگل + کنجد از بالاترین شاخص سودمندی مالی کشت مخلوط ( $MAI=1823$ ) برخوردار بود.

**نتیجه‌گیری:** در مجموع، نتایج بیانگر تأثیرپذیری کشت مخلوط از شرایط اقلیمی دو منطقه بود. بر این اساس، کنجد و سرخارگل با سهم ۲۵ و ۵۰ درصدی در کشت مخلوط به ترتیب در مناطق سیمرغ و سوادکوه از توانایی رقابتی بالاتری برخوردار بودند.

**واژه‌های کلیدی:** افت عملکرد واقعی، رطوبت نسبی، سرخارگل، کنجد، نسبت برابری زمین

#### مقدمه

(۲۷). در این راستا، کارگر و همکاران (۲۰۱۵) به خصوصیات خاکی و نقش مثبت بافت سبک و اسیدپته پایین خاک در انحلال عناصر بر تولید مطلوب چای کوهی (*Stachys lavandulifolia* Vahl.) بیش از عوامل توپوگرافی در زیستگاه‌های مختلف استان مازندران تأکید داشتند (۱۱). همچنین، نجار فیروزجایی و همکاران (۱۳۹۳) در بررسی تأثیر ارتفاع زیستگاه بر تولید و کیفیت گیاه دارویی گزنه (*Urtica dioica* L.) در استان‌های مازندران و گلستان، کاهش محسوس میانگین دما در ارتفاعات بالادست را از عوامل محدودیت رشد رویشی و بازده دارویی گیاه عنوان کردند (۱۹).

از سویی، مطالعات انجام شده در خصوص گیاهان دارویی در بوم‌نظام‌های طبیعی و زراعی بیانگر آن است که نظام‌های پایدار کشاورزی با الهام از بوم‌نظام‌های طبیعی، از بهترین شرایط تولید و حداکثر عملکرد کیفی این گیاهان برخوردارند (۲۵). در این

ایران با گستره وسیع عرض جغرافیایی، توپوگرافی‌های فراوان و مجاورت با دریاچه خزر، خلیج فارس و دریای عمان از تنوع اقلیمی بسیاری برخوردار می‌باشد به طوری که، تفاوت‌های اقلیمی در سطح هر استان از کشور کاملاً مشهود است (۱). از این رو، در فلور طبیعی کشور تنوع بسیار وسیعی از گیاهان معطر و دارویی به چشم می‌خورد که بیانگر امکان سازگار نمودن بسیاری از گونه‌های گیاهی غیربومی می‌باشد (۲۰). در بوم‌نظام‌های زراعی تولید مطلوب گیاهان دارویی منوط به هدایت فرآیندهای ژنتیکی و بر خورداری از شرایط مطلوب آب و هوایی، خاکی و موقعیت جغرافیایی می‌باشد (۱۵ و ۱۸) و باید توجه داشت که محصول زراعی یک گیاه دارویی از نقطه نظر اقتصادی زمانی مقرون به صرفه می‌باشد که از تولید مطلوب زیست‌توده به‌عنوان مخزن حجیم ترکیبات طبیعی با خاصیت دارویی برخوردار باشد

مقابل افت جزئی عملکرد لوبیا در مقایسه با تک‌کشتی آن‌ها اشاره داشتند و در مقابل بهبود جزئی عملکرد ذرت و افزایش ۳۷ درصدی ازدحام نسبی لوبیا در کشت مخلوط را نسبت به تک‌کشتی در مناطق حاصلخیز خاک را گزارش کردند (۱۳). علاوه بر این، سردا و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی تأثیر ارتفاع جغرافیایی منطقه بر کارایی کشت توأم قهوه (*Coffea arabica*) و موز (*Musa sapientum*) در سامانه جنگل‌زراعی<sup>۶</sup> به افزایش ازدحام نسبی دو گونه گیاهی با تراکم بالا در ارتفاع ۱۱۰۷ متری از سطح دریا و غالبیت گیاه قهوه با تراکم پایین در ارتفاع حدود ۴۵۰ متری منطقه اشاره داشتند (۵).

در این میان، گیاه دارویی سرخارگل (*Echinacea purpurea* Moench)، بومی مناطق آمریکای شمالی از ارزش اقتصادی بالایی در بازار دارویی جهان برخوردار می‌باشد (۱۲ و ۲۱) و به‌رغم سازگاری این گیاه با شرایط آب و هوایی کشور (۲ و ۳) تا کنون وارد بازار دارویی نشده است. البته پژوهش‌های انتشار یافته در خصوص سازگاری گیاه و خاصیت دارویی آن از سال ۱۳۸۸ تا سال ۱۳۹۴ با سیر صعودی حدود ۳۷ درصد افزایش بیانگر تغییر نگرش راهکارهای درمانی در خصوص این گیاه دارویی می‌باشد. کنگد (*Sesamum indicum* L.)، نیز با برخورداری از پروتئین قابل‌توجه (۱۹ تا ۲۵ درصد) علاوه بر ارزش دارویی، از دیدگاه اقتصادی نیز دانه روغنی با ارزشی محسوب می‌شود (۲۲ و ۲۳). گاهی گیاهی مانند کنگد در سامانه چندکشتی برای محافظت گیاه همراه از آسیب‌های احتمالی فیزیکی مانند باد انتخاب می‌شود و از مزایای دیگر این گیاه می‌توان به خاصیت

راستا، ایجاد تنوع زیستی در سامانه کشت مخلوط با برخورداری از ثبات عملکرد اقتصادی گامی بلند در راستای کشاورزی پایدار و تأمین امنیت غذایی و سلامت جمعیت رو به رشد دارد (۳۰) و اجرای این سامانه کشت در ارتفاعات که معمولاً از فصل کوتاه زراعی برخوردارند یک مزیت محسوب می‌شود (۵).

معمولاً در ارزیابی مزیت سامانه کشت شاخص نسبت برابری زمین<sup>۱</sup> (LER) بسیار مطرح می‌باشد. امروزه اهمیت اقتصادی مانند شاخص سودمندی مالی<sup>۲</sup> (MAI) در تعیین الگوی کاشت محصولات بیش از عملکرد آن مطرح است. ارزش میزان عددی این شاخص بر اساس نسبت برابری زمین و با افزایش ضریب ازدحام نسبی<sup>۳</sup> (K) اجزای کشت مخلوط افزایش می‌یابد (۱۴ و ۲۸). از آن‌جا که موفقیت این سامانه کشت در مدیریت برقراری توازن با انتخاب مناسب گونه‌های گیاهی به‌عنوان اجزای کشت مخلوط و افزایش کارایی استفاده از عوامل محیطی موجود می‌باشد، برآورد شاخص‌هایی نظیر نسبت رقابت، ضرایب ازدحام نسبی و غالبیت<sup>۴</sup> (A) و افت یا افزایش عملکرد واقعی<sup>۵</sup> (AYL یا AYI) به‌منظور تفسیر سودمندی کشت مخلوط بسیار کاربرد دارد (۱۶ و ۲۸). با توجه به تأثیرپذیری کشت مخلوط از موقعیت جغرافیایی منطقه، لاتاتی و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی واکنش عملکرد لوبیا و ذرت به شرایط اقلیمی سه موقعیت متفاوت جغرافیایی با شرایط آب و هوایی تقریباً مشابه به غالبیت ذرت و افزایش حدود ۵۰ درصدی عملکرد در شرایط حاصلخیز خاک و در

- 1- Land Equivalent Ratio (LER)
- 2- Monetary Advantage Index (MAI)
- 3- Relative Crowding Coefficient (k)
- 4- Aggressivity (A)
- 5- Actual Yield Loss or Increases (AYL or AYI)

6- Agroforestry

تریپل و اوره برای سرخارگل (هر کدام به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و کنجد (به ترتیب ۱۰۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) بر اساس توصیه کودی هر گیاه قبل از کاشت و با در نظر گرفتن نسبت کاشت در هر کرت استفاده شد. پس از عملیات آماده‌سازی زمین با شخم بهاره و سپس دیسک، کاشت سرخارگل و کنجد (رقم ناز، تک‌شاخه) تقریباً هم‌زمان در اواخر خردادماه به روش هیرم‌کاری انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل هشت ردیف کاشت به فاصله ۳۰ سانتی‌متر و طول سه متر در نظر گرفته شد. فاصله بوته‌های هر دو گونه گیاهی روی ردیف کاشت ۲۵ سانتی‌متر بود. در طی فصل رشد آبیاری به روش قطره‌ای و وجین به صورت دستی در سه مرحله صورت گرفت.

در پایان فصل رشد (کنجد در اواخر شهریورماه و سرخارگل در اواخر آبان‌ماه)، عملکرد دانه کنجد و زیست‌توده سرخارگل با برداشت ۱۲ بوته (معادل تراکم یک مترمربع کشت خالص) از هر کرت به مساحت ۲۴ مترمربع و حذف اثر حاشیه‌ای تعیین گردید. به منظور ارزیابی عملکرد اقتصادی دو گیاه در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص، شاخص نسبت برابری زمین (LER)، جزئی سرخارگل و LER جزئی کنجد از رابطه ۱ محاسبه شد (۶):

$$LER = Y_{pc}/Y_{pp} + Y_{se}/Y_{ss} \quad (1)$$

که در آن،  $Y_{pc}/Y_{pp}$  نسبت کل زیست‌توده سرخارگل (ریشه و اندام هوایی) در کشت مخلوط به تک‌کشتی آن (LER جزئی سرخارگل) و  $Y_{se}/Y_{ss}$  نسبت عملکرد دانه کنجد در کشت مخلوط به تک‌کشتی آن

انعطاف‌پذیری<sup>۱</sup> آن در این سامانه کشت اشاره داشت. به طوری که، معمولاً با کاهش تراکم در آرایش‌های مختلف کاشت از توان تولید بالاتری برخوردار است (۱۰ و ۲۶). از این‌رو، در پژوهش حاضر سعی شد تا عملکرد، شاخص‌های رقابتی و سودمندی اقتصادی کشت مخلوط سرخارگل و کنجد در واکنش به تغییرات شرایط آب و هوایی و خصوصیات خاکی دو منطقه سیمرغ و سوادکوه در استان مازندران مورد بررسی قرار گیرد.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۴ در دو منطقه سیمرغ و سوادکوه استان مازندران اجرا شد. از لحاظ موقعیت جغرافیایی، منطقه سیمرغ با عرض جغرافیایی  $36/40$  درجه شمالی و طول جغرافیایی  $52/52$  درجه شرقی و ارتفاع ۲۲- متر از سطح دریای آزاد، از زمره مناطق معتدل مرطوب به‌شمار می‌رود. سوادکوه نیز واقع در عرض جغرافیایی  $36/00$  درجه شمالی و طول جغرافیایی  $53/00$  درجه شرقی به ارتفاع ۱۹۰۰ متر از سطح دریای آزاد، از نظر اقلیمی منطقه معتدل کوهستانی محسوب می‌شود. برخی ویژگی‌های آب و هوایی مناطق کشت طی فصل رشد و دوره ده ساله در جدول ۱ آورده شده است.

تیمارها، نسبت‌های مختلف کاشت با الگوی جایگزینی شامل تک‌کشتی سرخارگل، ۷۵٪ سرخارگل + ۲۵٪ کنجد، ۵۰٪ سرخارگل + ۵۰٪ کنجد، ۲۵٪ سرخارگل + ۷۵٪ کنجد و تک‌کشتی کنجد بود. در این آزمایش از کودهای سولفات پتاسیم، سوپر فسفات

$$CR_{\text{purple coneflower}} = (LER_{pc} / LER_{se}) \times (Z_{se} / Z_{pc}) \quad (7)$$

$$CR_{\text{sesame}} = (LER_{se} / LER_{pc}) \times (Z_{pc} / Z_{se}) \quad (8)$$

میزان افت یا افزایش عملکرد واقعی (AYL) هر گونه مطابق با رابطه‌های زیر به دست آمد (۴):

$$AYL_{\text{purple coneflower}} = (Y_{pc} / Z_{pc}) / (Y_{pp} / Z_{pp}) - 1 \quad (9)$$

$$AYL_{\text{sesame}} = (Y_{se} / Z_{se}) / (Y_{ss} / Z_{ss}) - 1 \quad (10)$$

که در آن‌ها،  $Y_{ss}$  و  $Y_{pp}$  به ترتیب عملکرد سرخارگل و کنجد در تک‌کشتی،  $Y_{pc}$  و  $Y_{se}$  عملکرد سرخارگل و کنجد در کشت مخلوط،  $Z_{pc}$  و  $Z_{se}$  نسبت کاشت سرخارگل و کنجد در کشت مخلوط می‌باشد. با توجه به یکنواختی واریانس خطای دو منطقه (آزمون هارتلی) در خصوص صفات مورد ارزیابی (جدول ۳)، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه 9.1 (۲۴) انجام و میانگین‌ها به‌روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

LER جزئی کنجد) می‌باشد. همچنین، شاخص سودمندی مالی (MAI) با استفاده از ارزش مالی کشت مخلوط<sup>۱</sup> (VCI) و شاخص نسبت برابری زمین از رابطه ۲ محاسبه گردید (۴):

$$MAI = [VCI \times (LER - 1)] / LER \quad (2)$$

$$VCI = (Y_{pc} \times P_{pc}) + (Y_{se} \times P_{se})$$

که در آن،  $P_{pc}$  و  $P_{se}$  به ترتیب ارزش ریالی (میلیون ریال) عملکرد کنجد و سرخارگل (به ترتیب با احتساب ۰/۱۲ و ۰/۱۸ میلیون ریال به‌ازای هر کیلوگرم عملکرد دانه کنجد و وزن خشک سرخارگل در سال ۱۳۹۴) در کشت مخلوط می‌باشد. ضرایب ازدحام نسبی (K) و غالبیت (A) دو گونه نیز از طریق معادله‌های زیر تعیین گردید (۷):

$$K_{\text{purple coneflower}} = (Y_{pc} \times Z_{se}) / (Y_{pp} - Y_{pc}) \times Z_{pc} \quad (3)$$

$$K_{\text{sesame}} = (Y_{se} \times Z_{pc}) / (Y_{ss} - Y_{se}) \times Z_{se} \quad (4)$$

$$A_{\text{purple coneflower}} = (Y_{pc} / Y_{pp} \times Z_{pc}) - (Y_{se} / Y_{ss} \times Z_{se}) \quad (5)$$

$$A_{\text{sesame}} = (Y_{se} / Y_{ss} \times Z_{se}) - (Y_{pc} / Y_{pp} \times Z_{pc}) \quad (6)$$

که در آن‌ها، در این روابط  $Y_{ss}$  و  $Y_{pp}$  به ترتیب عملکرد سرخارگل و کنجد در تک‌کشتی،  $Y_{pc}$  و  $Y_{se}$  عملکرد سرخارگل و کنجد در کشت مخلوط،  $Z_{pc}$  و  $Z_{se}$  نسبت کاشت سرخارگل و کنجد در کشت مخلوط می‌باشد. شاخص نسبت رقابت دو گونه طبق رابطه‌های ۷ و ۸ محاسبه گردید (۷):

1- Value of Combined Intercrops (VCI)

جدول ۱ - ویژگی‌های اقلیمی منطقه سیمزغ طی فصل رشد در سال ۱۳۹۴ و میانگین ده‌ساله.  
**Table 1. Climate properties recorded for Simorgh region during the growth period in 2015 and ten years average.**

ویژگی‌های اقلیمی Climate properties	واحد Unit	مهراد July		شهریور September		مهر October		آبان November			
		ماه‌های رشد Growth months	درازمدت Long term	ماه‌های رشد Growth months	درازمدت Long term	ماه‌های رشد Growth months	درازمدت Long term	ماه‌های رشد Growth months	درازمدت Long term		
ساعات آفتابی Sunny hours		265.30	262.90	305.00	299.7	195.60	194.7	164.20	163.6	121.60	118.40
حداقل ماهانه دما Minimum of monthly temperature	درجه سانتی‌گراد (°C)	19.00	17.90	22.60	19.40	16.40	15.90	10.00	9.30	6.40	5.50
حداکثر ماهانه دما Maximum of monthly temperature	درجه سانتی‌گراد (°C)	32.20	29.70	35.40	31.90	31.60	28.80	32.40	31.50	26.60	24.70
بارندگی Rainfall	میلی‌متر (mm)	111.50	116.20	33.70	35.50	209.40	212.90	127.70	129.3	128.80	131.60
حداقل ماهانه رطوبت نسبی Minimum of monthly relative moisture	درصد (%)	43.00	44.50	41.00	45.70	48.70	49.50	45.00	46.30	45.00	48.10
حداکثر ماهانه رطوبت نسبی Maximum of monthly relative moisture	درصد (%)	97.00	98.00	96.00	98.00	99.00	100.00	98.00	99.00	98.00	99.00

ادامه جدول ۱ - ویژگی های اقلیمی منطقه سوادکوه طی فصل رشد در سال ۱۳۹۴ و میانگین دهساله.

Continue Table 1. Climate properties recorded for Savadkooch region during the growth period in 2015 and ten years average.

November آبان		October مهر		September شهریور		July مرداد		June تیر		واحد Unit	ویژگی های اقلیمی Climate properties
درازمدت Long term	ماه های رشد Growth months	درازمدت Long term	ماه های رشد Growth months	درازمدت Long term	ماه های رشد Growth months	درازمدت Long term	ماه های رشد Growth months	درازمدت Long term	ماه های رشد Growth months		
120.10	122.7	169.70	173.50	165.30	168.70	276.90	279.60	210.80	214.40		ساعات آفتابی Sunny hours
0.10	0.70	3.20	4.70	8.90	10.30	12.40	14.90	7.90	10.80	درجه سانتی گراد (°C)	حداقل ماهانه دما Minimum of monthly temperature
28.70	31.20	28.60	31.90	26.80	29.00	36.60	38.10	30.20	34.60	درجه سانتی گراد (°C)	حداکثر ماهانه دما Maximum of monthly temperature
80.60	77.40	45.60	39.70	110.90	103.30	48.30	47.60	85.10	82.90	میلی متر (mm)	بارندگی Rainfall
22.70	19.00	18.30	16.00	22.70	21.50	19.60	13.00	19.70	17.50	درصد (%)	حداقل ماهانه رطوبت نسبی Minimum of monthly relative moisture
99.00	99.00	100.00	99.00	100.00	99.00	99.00	97.00	99.00	97.00	درصد (%)	حداکثر ماهانه رطوبت نسبی Maximum of monthly relative moisture

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی خاک مناطق مورد آزمایش قبل از اجرای آزمایش.

Table 2. Soil physico-chemical properties of studied regions prior to excrement.

سوادکوه Savadkooh	سیمرغ Simorgh	واحد Unit	ویژگی‌های خاک Soil properties
رسی لومی Clay-loam	سیلتی رسی Clay-silty	-	بافت Texture
7.57	7.50	-	اسیدیته pH
1.29	1.84	دسی‌زیمنس بر متر (dSm <sup>-1</sup> )	هدایت الکتریکی Electrical conductivity
9.80	10.18	-	نسبت C/N C/N ratio
0.16	0.11	درصد (%)	نیترژن قابل جذب N available
0.71	2.08	میلی‌گرم بر کیلوگرم (mg/kg)	فسفر قابل جذب P available
380.00	360.00	میلی‌گرم بر کیلوگرم (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب K available

### نتایج و بحث

**عملکرد اقتصادی و کارایی استفاده از زمین:** در این پژوهش، بین شرایط متفاوت اقلیمی دو منطقه و آرایش‌های مختلف کاشت سرخارگل و کنجد تفاوت‌های آماری معنی‌داری از نظر عملکرد و LER جزئی دو گونه مشاهده شد (جدول ۳). به‌نحوی که، عملکرد زیست‌توده سرخارگل با تولید ۲۴۴۷ کیلوگرم در هکتار در منطقه مرتفع سوادکوه حدود ۲۰ درصد نسبت به منطقه سیمرغ افزایش یافت که به تبع آن افزایش حدود هفت درصدی LER جزئی گیاه مشاهده گردید. در مقابل، عملکرد کنجد با تولید ۲۰۳۱ کیلوگرم در هکتار و  $LER_{se}=0/59$  جزئی در منطقه سیمرغ نسبت به منطقه سوادکوه برتری داشت (جدول ۴). نتایج متناقضی که از بررسی واکنش دو گونه گیاهی سرخارگل و کنجد در دو منطقه مشاهده شد بیانگر تأثیر متفاوت شرایط آب و هوایی دو منطقه بر رشد مطلوب گیاهان مذکور می‌باشد. به‌نظر می‌رسد، کاهش محسوس حداقل دمای ماهانه و

گستره وسیع تغییرات دمایی و افت شدید حداقل رطوبت نسبی هوا طی فصل رشد در منطقه سوادکوه (جدول ۱) با ارتفاع ۱۹۰۰ متر از سطح دریا نسبت به سیمرغ را می‌توان از عوامل عدم تأمین نیاز حرارتی کنجد (۲۷۰۰ درجه‌روز) به‌عنوان گیاه گرمادوست (۲۲) و کاهش تولید آن دانست. بر اساس گزارش موجود، افزایش ارتفاع بیش از ۱۵۰۰ متر از سطح دریا به‌همراه افت دما از عوامل محیطی مؤثر بر کاهش ویژگی‌های رویشی گیاهان گرمادوست محسوب می‌شود (۱). علاوه بر این، در برخی موارد به اهمیت بیش‌تر تأثیر شرایط فیزیکی- شیمیایی خاک در مقایسه با عوامل توپوگرافی تأکید شده است (۱۳). در این راستا، می‌توان به افزایش چشم‌گیر هدایت الکتریکی و محتوی فسفر (حدود ۳۰ درصد) و کاهش ۳۰ درصدی محتوی نیترون خاک منطقه سیمرغ در مقایسه با منطقه سوادکوه (جدول ۲) اشاره داشت که به‌نظر می‌رسد از عوامل عمده مؤثر بر واکنش متفاوت دو گونه به مناطق کاشت باشد.



سودمندی مالی و شاخص‌های رقابتی: امروزه، الگوی کاشت در اجرای سامانه‌ی کشت مخلوط بیش از عملکرد تحت‌تأثیر ارزش اقتصادی محصول تعیین می‌گردد به‌نحوی‌که، ارزش مالی محصولات تولید شده بر اساس LER عملکرد اقتصادی محاسبه می‌شود (۱۴). از این‌رو، کشت مخلوط از نظر تولید اقتصادی باید با مطلوب‌ترین شرایط تک‌کشتی هر یک از گونه‌های گیاهی قابل رقابت باشد که با ارزیابی شاخص سودمندی مالی می‌توان به این هدف دست یافت. در پژوهش حاضر، سودمندی مالی کشت مخلوط سرخارگل و کنجد در منطقه سوادکوه با میانگین عددی ۱۲۵۸ حدود ۳۰ درصد نسبت به منطقه سیمرخ افزایش نشان داد و در بین آرایش‌های مختلف کاشت، کشت مخلوط با سهم ۲۵ و ۷۵ درصدی سرخارگل به‌ترتیب از حداقل و حداکثر سودمندی مالی ( $IAM=1823$  و  $IAM=337$ ) برخوردار بودند (جدول ۴). با توجه به این‌که بین آرایش‌های مختلف کشت مخلوط سرخارگل و کنجد تفاوت معنی‌داری از نظر کارایی استفاده از زمین مشاهده نشد، به‌نظر می‌رسد بالاتر بودن ارزش ریالی سرخارگل تعیین‌کننده سودمندی الگوی کاشت باشد. در این راستا، لیتورگیدیس و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی سودمندی سامانه کشت مخلوط غلاتی مانند گندم (*Triticum aestivum* L.) و چاودار (*Secale cereale* L.) به‌همراه نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) با نسبت‌های کاشت ۲۰ به ۸۰ و ۴۰ به ۶۰ از طریق شاخص سودمندی مالی دریافتند که کشت مخلوط چاودار- نخودفرنگی و گندم- نخودفرنگی با نسبت ۲۰ به ۸۰ به‌واسطه تولید بیش‌تر نخودفرنگی در واحد سطح و ارزش ریالی فروش آن از بیش‌ترین سودمندی مالی برخوردار بودند (۱۴).

شاخص نسبت رقابت و ضریب ازدحام نسبی سرخارگل به‌ترتیب با میانگین  $CR_{pc}=1/0.8$  و

بر اساس ارزش LER جزئی سرخارگل و کنجد در آرایش‌های مختلف کشت مخلوط، هر یک از دو گونه در تراکم‌های ۵۰ و ۷۵ درصد کاشت به‌طور مشابهی افزایش حدود ۱۰ درصدی عملکرد نسبی را نشان دادند. از سوی دیگر، افزایش عملکرد نسبی کنجد ( $LER_{se}=0.82$ ) توانست افت جزئی عملکرد نسبی سرخارگل با تراکم ۲۵ درصد ( $LER_{pc}=0.24$ ) در منطقه سیمرخ را جبران نماید (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد با توجه به وجود بیش‌تر برگ‌های پهن گیاه سرخارگل در پای بوته (۲۰)، قرار گرفتن این گیاه در سایه‌انداز کنجد و کاهش بیش از ۷۵ درصدی نفوذ نور به داخل پوشش گیاهی در دو منطقه (داده‌ها نشان داده نشده است) از عوامل کاهش LER جزئی سرخارگل در تیمار مذکور باشد. نتایج این پژوهش با گزارش‌های موجود مبنی بر کاهش کارایی جذب نور و به تبع آن کاهش LER جزئی هر یک از گونه‌های سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) و ریحان (*Ocimum basilicum* L.) با سهم ۲۵ درصد در کشت مخلوط با ذرت (*Zea mays* L.) (۹) و کنجد (۱۷) مطابقت دارد.

با توجه به برهمکنش تأثیر اقلیم و آرایش کاشت بر عملکرد اقتصادی کشت مخلوط (جدول ۳)، حداکثر تولید محصول به تک‌کشتی سرخارگل با میانگین حدود ۳۶۳۱ کیلوگرم در هکتار در منطقه سوادکوه تعلق داشت. آرایش کاشت ۲۵٪ کنجد + ۷۵٪ سرخارگل در دو منطقه با میانگین تولید بیش از ۳۴۳۹ کیلوگرم در هکتار و تیمار مذکور در یک گروه آماری قرار داشتند. هم‌چنین، تک‌کشتی کنجد در منطقه سوادکوه با تولید ۱۷۱۶ کیلوگرم در هکتار از حداقل عملکرد اقتصادی برخوردار بود (جدول ۵). با توجه به رفتار مکمل و مشابه دو گونه، آرایش‌های مختلف کاشت در یک گروه آماری افزایش بیش از ۷ درصدی شاخص کارایی استفاده از زمین را در مقایسه با کشت خالص به‌همراه داشتند (جدول ۴).

نظر به این‌که ضریب غالبیت گونه با علامت مثبت بیانگر نقش مؤثر آن گونه در سودمندی کشت مخلوط می‌باشد (۳۱)، در منطقه سوادکوه، سرخارگل با ضریب غالبیت مثبت در گستره عددی بین  $AP_c=0/16-0/02$  گونه غالب در کشت مخلوط با کنجد محسوب می‌شود که حداکثر ضریب غالبیت آن در کشت مخلوط با سهم یکسان دو گونه مشاهده شد. بنابر اظهار دیما و همکاران (۲۰۰۷) ضریب غالبیت با میانگین عددی نزدیک به صفر بیانگر شدت رقابت جزئی بین اجزای کشت مخلوط می‌باشد (۷) که چنین وضعیتی در آرایش کاشت ۲۵٪ سرخارگل + ۷۵٪ کنجد در منطقه سوادکوه بین دو گونه سرخارگل ( $AP_c=0/02$ ) و کنجد ( $AS_e=-0/02$ ) مشاهده شد. از طرفی، در منطقه سیمرغ کنجد با ضریب غالبیت در گستره عددی بین  $AS_e=0/10-0/26$  نسبت به سرخارگل برتری نشان داد و حداکثر میزان عددی این شاخص به کشت مخلوط با تراکم ۷۵ درصدی گیاه تعلق داشت (جدول ۵). بنابر گزارش اسلامی خلیلی و همکاران (۱۳۹۰)، جو و باقلا هر یک با کم‌ترین سهم خود در مخلوط از حداکثر ضریب غالبیت (به ترتیب  $A=0/18$  و  $A=0/54$ ) برخوردار بودند (۸). بر اساس مطالعات بانیک و همکاران (۲۰۰۶) شاخص افت یا افزایش عملکرد واقعی (AYL) با در نظر گرفتن عملکرد هر گیاه، وضع هر گونه در کشت مخلوط را با جزئیات دقیق‌تری بیان می‌کند (۴). با توجه به تأثیر معنی‌دار برهمکنش اقلیم و آرایش کاشت بر عملکرد واقعی سرخارگل و کنجد (جدول ۳)، حداکثر شاخص عملکرد واقعی سرخارگل با میانگین  $AYL_{se}=0/23$  به کشت مخلوط با سهم یکسان دو گونه در منطقه سوادکوه تعلق داشت که در مقایسه با همین تیمار در منطقه سیمرغ حدود ۶۰ درصد افزایش نشان داد. از سوی دیگر، افت ۱۴ درصد عملکرد واقعی سرخارگل ( $AYL_{pc}=-0/14$ )

$K_{pc}=1/63$  در منطقه سوادکوه حدود ۲۰ درصد در مقایسه با سیمرغ افزایش نشان داد و در بین آرایش‌های مختلف کاشت، شاخص نسبت رقابت سرخارگل در کشت مخلوط با سهم ۵۰ و ۷۵ درصدی گیاه به ترتیب  $CR_{pc}=0/99$  و  $CR_{pc}=1/03$  در یک گروه آماری حدود ۱۱ درصد نسبت به ترکیب کاشت ۲۵ درصد سرخارگل به همراه ۷۵ درصد کنجد افزایش یافت (جدول ۴). ضریب ازدحام نسبی سرخارگل نیز به موازات افزایش سهم آن در ترکیب‌های مختلف کاشت بیش‌تر شد به نحوی که حداقل و حداکثر میزان عددی این شاخص در کشت مخلوط با سهم ۲۵ و ۷۵ درصدی گیاه به ترتیب با میانگین  $K_{pc}=0/99$  و  $K_{pc}=1/94$  مشاهده شد. ژانگ و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی تأثیر الگوی کاشت بر سودمندی کشت مخلوط ذرت و یونجه (*Medicago sativa L.*) از طریق شاخص‌های رقابتی دو گونه دریافتند که کشت مخلوط ذرت و یونجه با ترکیب کاشت دو به پنج از بالاترین نسبت برابری زمین ( $LER=1/24$ ) برخوردار بود و در بین ترکیب‌های مختلف کاشت دو گونه گیاهی، یونجه با برخورداری از حداکثر ضریب ازدحام نسبی و نسبت رقابتی بالاتر به عنوان گونه غالب گزارش شد (۳۲). بر اساس گزارش لیتورگیدیس و همکاران (۲۰۱۱)، ضریب ازدحام نسبی نخودفرنگی با افزایش سهم نخودفرنگی از ۶۰ به ۸۰ درصد در کشت مخلوط با گندم حدود ۴۸ درصد افزایش و در کشت مخلوط با تربیتکاله حدود ۳۱ درصد کاهش یافت (۱۴). بر خلاف سرخارگل، کنجد در منطقه سیمرغ از شاخص ازدحام نسبی و نسبت رقابت بالاتری (حدود ۱۳ و ۲۰ درصد) در مقایسه با منطقه سوادکوه برخوردار بود و در بین آرایش‌های مختلف کاشت از نظر ویژگی‌های مذکور در گستره عددی بین  $1/15-0/98$  برای شاخص ازدحام نسبی و  $1/62-1/23$  برای نسبت رقابت تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد.

در ترکیب کاشت ۲۵ درصدی گیاه به همراه کنجد در سیمرغ (جدول ۵) کاهش ۴ درصدی عملکرد واقعی کشت مخلوط را در این منطقه به همراه داشت (داده‌ها نشان داده نشده است). بنابر گزارش متقیان و همکاران (۱۳۹۵)، ترکیب کاشت ۵۰٪ ریحان + ۵۰٪ کنجد با برخورداری از حداکثر نسبت رقابت ( $CR=0/87$ ) و افزایش شاخص عملکرد واقعی ریحان ( $AYL=0/19$ )، افزایش ۲۹ درصدی نسبت برابری زمین را در مقایسه با تک‌کشتی دو گونه نشان داد در حالی که ترکیب کاشت ۲۵٪ ریحان + ۷۵٪ کنجد از لحاظ نسبت برابری زمین در یک گروه آماری با تک‌کشتی کنجد و ریحان، از افت چشمگیر عملکرد واقعی ( $AYL=-0/36$ ) و حداقل نسبت رقابت ریحان ( $CR=0/57$ ) برخوردار بود (۱۷). با بررسی شاخص عملکرد واقعی کنجد مشخص گردید که در منطقه سیمرغ برخلاف سوادکوه، با کاهش تراکم کنجد در کشت مخلوط عملکرد واقعی گیاه افزایش یافت به طوری که، حداکثر میزان عددی این شاخص به کشت مخلوط با سهم ۲۵ درصدی کنجد ( $AYL_{se}=0/26$ ) تعلق داشت که در مقایسه با همین ترکیب کاشت در منطقه سوادکوه حدود ۸۴ درصد افزایش نشان داد. از سویی دیگر، کنجد با تراکم ۷۵ درصد در منطقه سوادکوه از شاخص عملکرد واقعی تقریباً نزدیک به منطقه سوادکوه برخوردار بود (جدول ۵). در این زمینه، ییلماز و همکاران (۲۰۰۸) افزایش نسبت رقابت و غالبیت ذرت در تیمار ۵۰٪ ذرت + ۵۰٪ ماش (*Vigna radiata* L.) را عامل عدم افت عملکرد ذرت دانستند و افت واقعی عملکرد در حداکثر سهم ذرت (۱۰۰٪ ذرت + ۵۰٪ ماش) را به دلیل کاهش نسبت رقابت گیاه مذکور گزارش نمودند (۳۱). هم‌چنین، ژو و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی چندساله کشت مخلوط ارزن (*Pennisetum americanum* L.) و اسپرس

### نتیجه‌گیری

نتایج بررسی زراعت تک‌کشتی سرخارگل و کنجد بیانگر واکنش متفاوت این دو گونه گیاهی به تغییرات خرد اقلیمی در استان مازندران می‌باشد. به‌نحوی که، در منطقه مرتفع سوادکوه حدود بیست درصد افزایش عملکرد بیولوژیک سرخارگل و ۴۴ درصد افت عملکرد دانه کنجد نسبت به منطقه سیمرغ مشاهده گردید. به‌نظر می‌رسد افت میانگین دما و رطوبت نسبی هوا در منطقه سوادکوه از عوامل عدم تأمین نیاز حرارتی گیاه گرمادوست کنجد طی فصل رشد باشد. یافته‌های این پژوهش بیانگر آن است که بر خلاف سرخارگل، کنجد در منطقه سیمرغ به‌عنوان گونه غالب از شاخص نسبت رقابت و ضریب ازدحام نسبی بالاتری در مقایسه با منطقه سوادکوه برخوردار می‌باشد و هر یک از دو گونه با سهم ۷۵ درصد در کشت مخلوط از نظر ازدحام نسبی و نسبت رقابتی برتری بر دیگری برتری داشتند. با وجود مشاهده شاخص تقریباً یکسان نسبت برابری زمین و نقش مکمل دو گونه در آرایش‌های مختلف کاشت، کشت مخلوط ۷۵٪ سرخارگل + ۲۵٪ کنجد به‌واسطه بالاتر بودن ارزش ریالی سرخارگل در مقایسه با گیاه همراه از لحاظ شاخص سودمندی مالی برتری نشان داد. بر این اساس، ایجاد تنوع گیاهی در سامانه چندکشتی به‌همراه گونه‌های گیاهی با ارزش اقتصادی بالا در شرایط نامساعد اقلیمی علاوه بر ثبات عملکرد، در تأمین نیاز معیشتی و افزایش سطح اقتصادی کشاورز نقش به‌سزایی دارد.

شهرستان سیمرغ و مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان  
پل سفید جهت در اختیار گذاشتن زمین زراعی و  
امکانات اجرای طرح سپاسگزاری می‌شود.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری  
طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی ساری و دانشگاه  
ایلام جهت حمایت مالی از اجرای این طرح قدردانی  
می‌گردد. هم‌چنین، از دانشگاه جامع علمی کاربردی

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد و LER جزئی سرخارگل و کنجد در کشت مخلوط.

**Table 3. Combined analysis of variance for yield and partial LER in purple coneflower and sesame intercropping.**

میانگین مربعات MS				درجه آزادی df	منابع تغییر S.O.V
LER کنجد Sesame LER	عملکرد کنجد Sesame yield	LER سرخارگل Purple coneflower LER	عملکرد سرخارگل Purple coneflower yield		
0.004 <sup>ns</sup>	4893537*	0.01*	1689091*	1	منطقه Location (L)
0.0003	162119	0.0001	51616	4	خطای اصلی (a) Main error (a)
0.58**	3240519*	0.65**	7289891**	3	آرایش کاشت (P) Planting pattern
0.001 <sup>ns</sup>	188818 <sup>ns</sup>	0.002 <sup>ns</sup>	19620 <sup>ns</sup>	3	منطقه در آرایش کاشت L×P
0.0006	61584	0.0004	93571	12	خطای کل (b) Total error (b)
3.91	15.70	3.08	13.83		ضریب تغییرات <sup>†</sup> CV (%)
II I	II I	II I	II I		
4.67 3.08	12.08 15.90	2.85 3.32	13.61 13.91		ضریب تغییرات (درصد) CV (%)
0.68	0.74	0.63	0.69		F(max)

<sup>†</sup> و <sup>\*\*</sup> به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و <sup>ns</sup> عدم وجود تفاوت معنی‌دار.

I و II: به ترتیب مناطق سیمرغ و سوادکوه.

<sup>†</sup> \* and \* significant at 5 and 1% probability levels, respectively and <sup>ns</sup> Non significant.  
I and II: Simorgh and Savadkooh regions, respectively.

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد اقتصادی و نسبت برابری زمین کشت مخلوط.

Continue Table 3. Combined analysis of variance for intercropping economical yield and LER.

میانگین مربعات MS		درجه آزادی df	منابع تغییر S.O.V
کل LER Total LER	عملکرد کل Total yield		
0.0009 <sup>ns</sup>	666101 <sup>ns</sup>	1	منطقه Location (L)
0.0003	75421 <sup>ns</sup>	4	خطای اصلی (a) Main error (a)
0.02*	1267711*	4	آرایش کاشت (P) Planting pattern
0.001 <sup>ns</sup>	804341**	4	منطقه در آرایش کاشت L×P
0.0008	65685	16	خطای کل (b) Total error (b)
2.75	8.44		ضریب تغییرات <sup>†</sup> CV (%)
II	I	II	I
3.68	1.24	7.46	9.15
			ضریب تغییرات (درصد) CV (%)
0.001	0.79		F(max)

<sup>†</sup> و <sup>\*\*</sup> به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و <sup>ns</sup> عدم وجود تفاوت معنی دار.

I و II: به ترتیب مناطق سیمرغ و سوادکوه.

<sup>†</sup> \* and \* significant at 5 and 1% probability levels, respectively and <sup>ns</sup> Non significant.

I and II: Simorgh and Savadkooh regions, respectively.

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب ارزش سودمندی کشت مخلوط و شاخص‌های رقابتی سرخارگل و کنجد.

**Continue Table 3. Combined analysis of variance for intercropping MAI and competitive indices of purple cone flower and sesame.**

اقت یا افزایش عملکرد AYL or AYI		ضرب غلبت A				ضرب ازدحام نسبی K				نسبت رقابت CR				درجه آزادی df	منابع تغییر S.O.V
کنجد Sesame	سرخارگل Purple coneflower	کنجد Sesame	سرخارگل Purple coneflower	کنجد Sesame	سرخارگل Purple coneflower	کنجد Sesame	سرخارگل Purple coneflower	کنجد Sesame	سرخارگل Purple coneflower	کنجد Sesame	سرخارگل Purple coneflower	MAI	سودمندی مالی		
0.05**	0.09**	0.31**	0.31**	0.18*	0.57**	0.30*	0.22*	0.30*	0.22*	0.30*	0.22*	564641*	1	منطقه Location (L)	
0.00002	0.0007	0.00002	0.00002	0.008	0.004	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	25793	4	خطای اصلی (a) Main error (a)	
0.003 <sup>ns</sup>	0.05 <sup>ns</sup>	0.03*	0.03*	0.26 <sup>ns</sup>	1.37*	0.04 <sup>ns</sup>	0.03*	0.04 <sup>ns</sup>	0.03*	0.04 <sup>ns</sup>	0.03*	3314885*	2	آرایش کاشت (P) Planting pattern	
0.01**	0.01**	0.0004*	0.0004*	0.05 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	0.003 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	0.003 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	0.003 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	84240 <sup>ns</sup>	2	منطقه در آرایش کاشت L×P	
0.0001	0.0006	0.00007	0.00007	0.01	0.01	0.01	0.002	0.01	0.002	0.01	0.002	42521	8	خطای کل (b) Total error (b)	
9.29	26.90	21.85	21.85	10.07	8.19	11.32	4.97	11.32	4.97	11.32	4.97	19.07		ضرب تغییرات CV (%)	
I	II	I	II	I	I	II	I	II	I	II	I	II	I		ضرب تغییرات (درصد) CV (%)
8.83	17.64	21.16	18.40	9.78	9.78	9.14	9.14	10.85	9.45	14.65	8.52	21.47	12.10		F(max)
0.43	0.99	0.84	0.84	0.50	0.10	0.69	0.63	0.69	0.63	0.69	0.63	0.05			

† \* and \*: significant at 5 and 1% probability levels, respectively and ns: Non significant.  
I and II: Simorgh and Savadkooh regions, respectively.

†\* و \*\*: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns عدم وجود تفاوت معنی دار.  
I و II: به ترتیب مناطق سیمورخ و سوادکوه.

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد، جزئی، نسبت رقابت و ضریب ازدحام نسبی سرخارگل و کنجد و سودمندی مالی در آرایش‌های مختلف کاشت در مناطق سیموغ و سوادکوه. **Table 4. Mean comparison of yield, partial LER, CR and K of purple coneflower and sesame and LER and MAI in different planting patterns in Simorgh and Savadkooh regions.**

تیمارها Treatments	ضریب ازدحام نسبی (K)		نسبت رقابت (CR)		شاخص سودمندی مالی (MAI)		عملکرد کنجد (کیلوگرم در هکتار) Sesame yield (kg ha <sup>-1</sup> )	عملکرد سرخارگل (کیلوگرم در هکتار) Purple coneflower yield (kg ha <sup>-1</sup> )	LER سرخارگل Purple coneflower LER	LER کنجد Sesame LER	ارزش LER LER value	موقعیت Location
	سرخارگل Purple coneflower	کنجد Sesame	سرخارگل Purple coneflower	کنجد Sesame	مالی MAI	مالی MAI						
کنجد Sesame	1.29 <sup>b</sup>	1.63 <sup>a</sup>	1.18 <sup>a</sup>	0.85 <sup>b</sup>	903 <sup>b</sup>	1.13	2031 <sup>a</sup>	1947 <sup>b</sup>	0.54 <sup>b</sup>	0.59 <sup>a</sup>	1.0 <sup>b</sup>	سیموغ Simorgh
سرخارگل Purple coneflower	1.49 <sup>a</sup>	1.27 <sup>b</sup>	0.91 <sup>b</sup>	1.08 <sup>a</sup>	1258 <sup>a</sup>	1.12	1128 <sup>b</sup>	2477 <sup>a</sup>	0.58 <sup>a</sup>	0.55 <sup>b</sup>	1.0 <sup>b</sup>	سوادکوه Savadkooh
-	-	-	-	-	-	1.0 <sup>b</sup>	-	3332 <sup>a</sup>	1.00 <sup>a</sup>	-	1.0 <sup>b</sup>	تک‌کشتی سرخارگل sole cropping of sesame
75 % purple coneflower +25 % sesame	1.23	1.94 <sup>a</sup>	1.03 <sup>ab</sup>	0.99 <sup>a</sup>	1824 <sup>a</sup>	1.13 <sup>a</sup>	691 <sup>c</sup>	2789 <sup>b</sup>	0.84 <sup>b</sup>	0.28 <sup>d</sup>	0.84 <sup>b</sup>	75% سرخارگل + 25% کنجد
50 % purple coneflower +50 % sesame	1.31	1.43 <sup>b</sup>	0.98 <sup>b</sup>	1.03 <sup>a</sup>	1082 <sup>b</sup>	1.14 <sup>a</sup>	1322 <sup>bc</sup>	1918 <sup>c</sup>	0.58 <sup>c</sup>	0.56 <sup>c</sup>	0.58 <sup>c</sup>	50% سرخارگل + 50% کنجد
25 % purple coneflower +75 % sesame	1.62	0.99 <sup>c</sup>	1.15 <sup>a</sup>	0.88 <sup>b</sup>	337 <sup>c</sup>	1.07 <sup>a</sup>	1920 <sup>ab</sup>	807 <sup>d</sup>	0.24 <sup>d</sup>	0.82 <sup>b</sup>	0.24 <sup>d</sup>	25% سرخارگل + 75% کنجد
-	-	-	-	-	-	1.0 <sup>b</sup>	2385 <sup>a</sup>	-	-	1.00 <sup>a</sup>	-	تک‌کشتی کنجد sole cropping of sesame

\* Means in the same column for each factor followed by the same letters were not significantly different according to Duncan multiple range test (P<0.05).  
\* میانگین‌های هر ستون مربوط به هر عامل که دارای حروف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5٪ می‌باشند.

جدول ۵- اثر متقابل منطقه و آرایش کاشت بر عملکرد اقتصادی و برخی شاخص‌های رقابتی سرخارگل و کنجد.  
**Table 5. Interaction effect of region and planting pattern on economical yield and some competitive indices of purple coneflower and sesame.**

کجنج Sesame	ضرب غالبیت A			عملکرد کل Total yield (کیلوگرم در هکتار) (kg ha <sup>-1</sup> )	تیمارها Treatments		منطقه Location
	سرخارگل Purple coneflower	کنجد Sesame	سرخارگل Purple coneflower		آرایش کاشت Planting pattern (P)		
-	-	-	-	3032 <sup>b</sup>	تنگ کشتی سرخارگل sole cropping of sesame		
0.26 <sup>a</sup>	0.11 <sup>bc</sup>	0.15 <sup>b</sup>	-0.15 <sup>e</sup>	3439 <sup>ab</sup>	۷۵٪ سرخارگل + ۲۵٪ کنجد 75 % purple coneflower +25 % sesame		
0.18 <sup>b</sup>	0.09 <sup>c</sup>	0.10 <sup>c</sup>	-0.10 <sup>d</sup>	3344 <sup>ab</sup>	۵۰٪ سرخارگل + ۵۰٪ کنجد 50 % purple coneflower +50 % sesame		سیمیرغ Simorgh
0.11 <sup>c</sup>	-0.14 <sup>d</sup>	0.26 <sup>a</sup>	-0.26 <sup>f</sup>	3039 <sup>b</sup>	۲۵٪ سرخارگل + ۷۵٪ کنجد 25 % purple coneflower +75 % sesame		
-	-	-	-	3054 <sup>b</sup>	تنگ کشتی کنجد sole cropping of sesame		
-	-	-	-	3631 <sup>a</sup>	تنگ کشتی سرخارگل sole cropping of sesame		
0.04 <sup>d</sup>	0.14 <sup>b</sup>	-0.09 <sup>e</sup>	0.09 <sup>b</sup>	3521 <sup>a</sup>	۷۵٪ سرخارگل + ۲۵٪ کنجد 75 % purple coneflower +25 % sesame		
0.07 <sup>d</sup>	0.23 <sup>a</sup>	-0.16 <sup>f</sup>	0.16 <sup>a</sup>	3136 <sup>b</sup>	۵۰٪ سرخارگل + ۵۰٪ کنجد 50 % purple coneflower +50 % sesame		سوادکوه Savadkoooh
0.10 <sup>c</sup>	0.11 <sup>bc</sup>	-0.02 <sup>d</sup>	0.02 <sup>c</sup>	2416 <sup>c</sup>	۲۵٪ سرخارگل + ۷۵٪ کنجد 25 % purple coneflower +75 % sesame		
-	-	-	-	1716 <sup>d</sup>	تنگ کشتی کنجد sole cropping of sesame		

\* Means in the same column for each factor followed by the same letters were not significantly different according to Duncan multiple range test (P<0.05).  
 \* میانگین‌های هر ستون مربوط به هر عامل که دارای حروف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.



## منابع

1. Alizadeh, A. 2011. Agricultural Climate and Aerology. Imam Reza University Press. 504p. (In Persian)
2. Asadi-Sanam, S., Pirdashti, H., Hashempour, A., Zavareh, M., Nematzadeh, G.A. and Yaghubian, Y. 2015a. The physiological and biochemical responses of eastern purple coneflower to freezing stress. *Russ. J. Plant. Physiol.* 4: 515-523.
3. Asadi-Sanam, S., Zavareh, Pirdashti, H., Sefidkon, F. and Nematzadeh, M. 2015b. Investigation of biochemical and physiological responses to low temperature. *Plant. Funct. Prod. J.* 4: 12. 11-28. (In Persian)
4. Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K. and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages and weed smothering. *Eur. J. Agron.* 24: 325-332.
5. Cerdo, R., Allinne, C., Gary, C., Tixier, P., Harvey, C.A., Clement, E., Aubertot, J.N. and Avelino, J. 2017. Effect of shade, altitude and management on multiple ecosystem services in coffee agroecosystems. *Europ. J. Agron.* 82: 308-319.
6. De Wit, C.T. and Vanden Bergh, J.P. 1965. Competition between herbage plants. *Netherlands. J. Agric. Sci.* 13: 212-221.
7. Dhima, K.V., Lithourgidis, A.A., Vasilakoglou, I.B. and Dordas, C.A. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercropping in two seeding ratio. *Field. Crop. Res.* 100: 249-256.
8. Eslami Khalili, F., Pirdashti, H. and Motaghian, A. 2011. Evaluation of barley (*Hordeum vulgare* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) yield in different density and mixture intercropping via competition indices. *J. Agroecol.* 3: 1. 94-105. (In Persian)
9. Hosseinpanahi, A., Koocheki, A., Nasiri, M. and Ghorbani, R. 2009. Evaluation yield and component yield in potato/corn intercropping. *Iranian J. Field. Crop. Res.* 7: 1. 23-30. (In Persian)
10. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Khorramdel, S., Anvarkhah, S. and Sabet Teimouri Sanjani, S. 2010. Evaluation of growth indices of hemp (*Cannabis sativa* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.) in intercropping with replacement and additive series. *J. Agroecol.* 2: 1. 30-40. (In Persian)
11. Karegar, M., Jafarian, Z., Tamartash, R. and Alavi, S.J. 2015. The effects of some soil properties and topography on some functional traits of *Stachys lavandulifolia* Vahl. in Angemar rangeland, Lasem watershed. *J. Rangeland.* 8: 4. 342-350.
12. Krishnajah, D., Sarbatly, R. and Nithyanandam, R. 2011. A review of the antioxidant potential of medicinal plant species. *Food Bioprod. Proc.* 89: 217-233.
13. Latati, M., Pansu, M., Drevon, J. and Ounane, S.M. 2013. Advantage of intercropping maize (*Zea mays* L.) and common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on yield and nitrogen uptake in Northeast Algeria. *Int. J. Res. App. Sci.* 1: 1-7.
14. Lithourgidis, A.S., Vlachostergios, D.N., Dordas, C.A. and Damalas, C.A. 2011. Dry matter yield, nitrogen content and competition in pea-cereal intercropping systems. *Eur. J. Agron.* 34: 287-294.
15. Luo, H., Wang, J., Chen, J. and Zou, K. 2011. Docking study on chlorogenic Acid as a potential H5F1 influenza A virus neuraminidase inhibitor. *Medic. Chem. Res.* 20: 554-557.
16. Miao, O., Rosa, R.D., Shi, H., Paredes, P., Zhu, L., Dai, J., Goncalves, J.M. and Pereira, L.S. 2016. Modeling water use, transpiration and soil evaporation of spring wheat, maize and sunflower relay intercropping, using the dual crop coefficient approach. *Agric. Water. Manage.* 165: 211-229.
17. Mottaghian, A., Pirdashti, H., Akbarpour, V., Sarajpour, G., Yaghubi Khanghahi, M. and Shariatnejad, S. 2016. Evaluation of basil (*Ocimum basilicum* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.) yield in different intercropping mixture via competition indices. *J. Agroecol.* 5: 3. 243-254. (In Persian)

18. Mrozikiewicz, P.M., Bogacz, A., Karasiewicz, M., Mikolajczak, P.L., Ozarowski, M.A.S., Mrozikiewicz, A., Czerny, B., Bobkiewicz-Kozłowska, T. and Grezeskowiak, E. 2010. The effect of standardized *Echinacea purpurea* extract on rat cytochrome P450 expression level. *Phytomedicine*. 17: 830-833.
19. Najar Firouzjaie, M., Hemmatie, K., Daraie, A. and Bagheri, A. 2014. Effect of altitude on morphological and leaf biochemical of nettle (*Urtica dioica* L.) in Mazandaran and Golestan provinces. *Iranian J. Plant. Ecophysiol. Res.* 25: 3. 1-11. (In Persian)
20. Omidbeygi, R. Cultivation and Processing of medicinal plants. Mashhad Astane Quds Razavi Press. 347p. (In Persian)
21. Oniszczyk, T., Gondek, E., Puk, K., Kocra, A., Kasprzak, K. and Wajtowicz, A. 2016. Active polyphenols compounds, nutrient contents and antioxidant capacity of extruded fish feed containing purple cone flower (*Echinacea purpurea* Moench.). *Saud. J. Biol. Sci.* 3: 24-32.
22. Orruo, E. and Morgan, M.R.A. 2011. Resistance of purified seed storage proteins from sesame (*Sesamum indicum* L.) to proteolytic digestive enzymes. *Food Chem.* 128: 923-929.
23. Pouramir, F., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, S.A. and Ghorbani, R. 2010. Evaluation yield and components yield of sesame and pea in replacement series of intercropping. *Iran. J. Field Crop Res.* 8: 5. 757-767. (In Persian)
24. SAS Institute. 2004. SAS User's Guide: Statistics, Version 9.1. SAS Institute Inc., Cary. NC, USA.
25. Sujatha, S. and Bhat, R. 2010. Response of vanilla (*Vanilla planifolia* A.) intercropped in arecanut to irrigation and nutrition in humid tropics of India. *Agric. Water. Manage.* 97: 988-994.
26. Tong, Y., Gabriel-Neumann, E., Krumbain, A., Ngwene, B., George, E. and Schreiner, M. 2015. Interaction effects of arbuscular mycorrhizal fungi and intercropping with sesame (*Sesamum indicum*) on the glucosinolate profile in broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*). *Environ. Exp. Bot.* 109: 288-295.
27. Tsai, Y.L., Chiou, S.Y., Chan, K.C., Sung, J.M. and Lin, S.D. 2012. Caffeic acid derivatives, total phenols, antioxidant and antimutagenic activities of *Echinacea purpurea* flower extracts. *LWT-Food Sci. Tech.* 46: 169-176.
28. Wang, Z., Wu, P., Zhao, X., Gao, Y. and Chen, X. 2015. Water use and crop coefficient of the wheat-maize strip intercropping system for an arid region in northwestern China *Agric. Water. Manage.* 161: 77-85.
29. Xu, B., Shan, L., Zhang, S., Deng, X. and Li, F. 2008. Evaluation of switch grass and sainfoin intercropping under 2:1 row-replacement in semiarid region, northwest China. *Afric. J. Biotech.* 7: 22. 4056-4067.
30. Yang, F., Liao, D., Wu, X., Gao, R., Fan, Y., Reza, M.A., Wang, X., Yong, T., Liu, W., Liu, J., Du, J., Shu, K. and Yang, W. 2017. Effect of aboveground and belowground interactions on the intercrop yields in maize-soybean relay intercropping systems. *Field Crop Res.* 203: 16-23.
31. Yilmaz, S., Atak, M. and Erayman, M. 2008. Identification of advantages of maize-legume intercropping over solitary cropping through competition indices in the East Mediterranean region. *Turk. J. Agric. Forest.* 32: 111-119.
32. Zhang, G., Yang, Z. and Dong, S. 2011. Interspecific competitiveness affects the total biomass yield in an alfalfa and corn intercropping system. *Field Crop Res.* 124: 66-73.