نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و هشتم، شماره سوم، ۱۴۰۰
۱۸۳-۲۰۴
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/JOPP.2021.18619.2747

مقاله کامل علمی-پژوهشی

ارزیابی سودمندی کشت مخلوط باقلا (*Vicia faba* L.) و رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) در سری‌های جایگزینی و افزایشی

ندا علیزاده[۱]، وحید سرابی[۱] و سعید حضرتی*[۱]

[۱]گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۰۷

چکیده

سابقه و هدف: کشت مخلوط در بسیاری از مناطق دنیا به‌دلیل استفاده مناسب از منابع و افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان اهمیت یافته و می‌تواند به عنوان یکی از راهکارهای بهبود عملکرد و پایداری در تولید مطرح باشد. اخیراً، توجه ویژه‌ای به کشت مخلوط گیاهان دارویی و بقولات می‌شود. از این‌رو، آزمایشی به‌منظور ارزیابی سودمندی کشت مخلوط باقلا و رازیانه در سری‌های جایگزینی و افزایشی انجام شد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش در سال ۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش در سری‌های جایگزینی شامل ٦ ردیف باقلا، ٤ ردیف باقلا + ٢ ردیف رازیانه، ٣ ردیف باقلا + ٣ ردیف رازیانه، ٢ ردیف باقلا + ٤ ردیف رازیانه، ٦ ردیف رازیانه و در سری‌های شامل ٦ ردیف باقلا + ٣ ردیف رازیانه، ٦ ردیف باقلا + ٢ ردیف رازیانه، ٢ ردیف باقلا + ٦ ردیف رازیانه و ٣ ردیف باقلا + ٦ ردیف رازیانه بودند. پس از رسیدن دانه‌های رازیانه به وزن ثابت، عملکرد و اجزای عملکرد (تعداد چترها و چترک‌ها، تعداد دانه‌های موجود در هر چترک، وزن هزاردانه، عملکرد زیستی، عملکرد دانه و شاخص برداشت) در بوته‌های رازیانه اندازه‌گیری و تعیین شدند. محتوای اسانس موجود در دانه‌های رازیانه نیز با استفاده از دستگاه کلونجر اندازه‌گیری شد. پس از برداشت بوته‌های باقلا در مرحله گلدهی نیز عملکرد ماده خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. در نهایت، ضریب نسبی تراکم، نسبت برابری زمین، افزایش یا کاهش عملکرد واقعی و سودمندی کشت مخلوط باقلا و رازیانه در قالب سری‌های جایگزینی و افزایشی محاسبه شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تیمارهای مختلف کشت مخلوط، اثر معنی‌داری بر همه صفات مورد بررسی داشتند. بیش‌ترین تعداد چتر در بوته‌های رازیانه از کشت خالص (۱۲/۱۰ عدد) آن به‌دست آمد. بیش‌ترین تعداد چترک در چتر مربوط به کشت‌های مخلوط ۲ ردیف باقلا + ٤ ردیف رازیانه و ۳ ردیف باقلا + ۳ ردیف رازیانه به ترتیب با ۲۲/۰۵ و ۱۹/٦۲ عدد بودند. بیش‌ترین وزن هزاردانه از کشت خالص رازیانه (۵/٦۲ گرم) و کشت‌های مخلوط جایگزینی به‌خصوص از کشت مخلوط ۲ ردیف باقلا + ٤ ردیف رازیانه (۵/٥٦ گرم) به‌دست آمد. بیش‌ترین عملکرد زیستی (۱۵۰۳/٤۷ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد دانه (٦۱۷/۷۳

* مسئول مکاتبه: saeid.hazrati@azaruniv.ac.ir

کیلوگرم در هکتار) از کشت خالص رازیانه به‌دست آمد. بیش‌ترین مقدار شاخص برداشت مربوط به کشت مخلوط ۳ ردیف باقلا + ۳ ردیف رازیانه بود که نشان می‌دهد چنین ترکیب گیاهی در کشت مخلوط دو گیاه منجر به بیش‌ترین عملکرد دانه نسبت به عملکرد زیستی تولیدی می‌گردد. درصد اسانس دانه رازیانه نیز در کشت‌های مخلوط افزایشی بیش‌ترین مقدار را به خود اختصاص داد. بیش‌ترین عملکرد ماده خشک باقلا از کشت خالص آن (۱۹۳۳/۰۲ کیلوگرم در هکتار) و کم‌ترین مقدار نیز از تیمارهایی به‌دست آمد که در آن‌ها ۲ ردیف باقلا کاشته شده بود. هم‌چنین، کشت مخلوط ۲ ردیف باقلا + ٦ ردیف رازیانه دارای بیش‌ترین ضریب تزاحم نسبی (۳/۹٦) بود. نسبت برابری زمین در تمامی نسبت‌های کشت مخلوط بیش‌تر از یک و یا نزدیک به یک بود که نشان از مفید بودن کشت مخلوط باقلا و رازیانه دارد. بیش‌ترین میزان عملکرد واقعی (۰/۰۷) و شاخص سودمندی (۰/۱۷) مربوط به کشت مخلوط جایگزینی ۳ ردیف باقلا + ۳ ردیف رازیانه بود. کم‌ترین میزان عملکرد واقعی نیز مربوط به کشت‌های مخلوط افزایشی به‌خصوص آن‌هایی بود که رازیانه نسبت بالاتری از باقلا داشت.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج این پژوهش، در کشت مخلوط ۳ ردیف باقلا + ۳ ردیف رازیانه به نحو مطلوبی از منابع محیطی شامل نور، آب و عناصر غذایی بهره‌برداری شده و رقابت چندانی جهت دستیابی به آن‌ها صورت نگرفته است. به عبارتی دیگر، تفکیک آشیانه‌های بوم‌شناختی در این الگوی کشت مخلوط به نحو مطلوبی صورت گرفته است که در نتیجه آن شاخص عملکرد واقعی نیز افزایش نشان داده است. از این‌رو، کشت مخلوط باقلا با رازیانه با نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ در قالب سری‌های جایگزینی جهت دستیابی به بیش‌ترین سودمندی در شرایط آب و هوایی نیمه خشک توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بقولات، سری‌های جایگزینی و افزایشی، کشت مخلوط، گیاه دارویی، متابولیت‌های ثانویه

مقدمه

کشت مخلوط یکی از ارکان کشاورزی پایدار است که می‌تواند به‌عنوان عاملی مهم برای افزایش تنوع در کشاورزی پایدار مؤثر باشد (۱). کشت مخلوط به عنوان یک الگوی کشت که در آن دو یا تعداد بیش‌تری از گیاهان زراعی به طور هم‌زمان در یک قطعه زمین کشت می‌شوند، خوانده می‌شود که در مناطق خشک، نیمه‌خشک و معتدل در سراسر جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۳). این روش کشت در بسیاری از نقاط دنیا به دلیل برخی از مزیت‌های نسبی آن مانند استفاده کارآمد از منابع، تبادل عناصر غذایی، افزایش توانایی رقابتی در کنترل علف‌های هرز، کاهش آفات و عوامل بیماری‌زا، افزایش کارآیی مصرف آب، کنترل فرسایش خاک، ایجاد تعادل در جیره غذایی انسان و دام، بهبود حاصلخیزی خاک از طریق تثبیت نیتروژن حاصل از بقولات و افزایش کمیت و کیفیت محصول اجرا می‌شود (۲٤). کشت گیاهان دارویی از دیرباز در نظام‌های سنتی کشاورزی ایران دارای جایگاه ویژه‌ای بوده و این نظام‌ها از نظر ایجاد تنوع و پایداری تأثیرات مهمی داشته‌اند. بنابراین، بسیاری از پژوهشگران مهم‌ترین عامل افزایش تنوع در کشت‌بوم‌ها را حضور کشت‌های مخلوط می‌دانند (۲۲). از آن‌جائی‌که گرایش به تولید گیاهان دارویی با تأکید بر تولید داروهای گیاهی با کیفیت بیش‌تر شده است، به روش‌های تولید پایدار آن‌ها مانند کشت مخلوط نیز بیش از پیش توجه شده است (۲۰). با توجه به احتمال بروز اثرات منفی ناشی از مصرف انواع مواد شیمیایی روی کمیّت و کیفیت ترکیبات مؤثره گیاهان دارویی، بهره‌گیری از اصول بوم‌شناختی مانند کشت مخلوط در تولید پایدار این گیاهان امری ضروری می‌باشد (۳٦).

رازیانه[1] از تیره چتریان گیاهی یک، دو یا چندساله با عملکرد دانه یک تا دو تن در هکتار است. تمامی

1- *Foeniculum vulgare* Mill.

پیکره گیاه حاوی اسانس است که در صنایع داروسازی از مواد مؤثره‌ی آن به عنوان ضد سرفه، ضد نفخ و شیرافزا استفاده می‌شود (۱). مهم‌ترین ترکیبات اسانس رازیانه آنتول، متیل کاویکول، فنچون و لیمونن می‌باشند که در صنایع دارویی، غذایی و آرایشی کاربرد گسترده‌ای دارند. سایر ترکیبات دانه رازیانه شامل پروتئین (۱۸ تا ۲۰ درصد) و روغن (۱۲ تا ۱۸ درصد) می‌باشند (۲٤). از جمله خواص و اثرات اسانس رازیانه می‌توان به خواص ضدسرطانی و ضدمیکروبی آن اشاره کرد (۳۵).

نقش بقولات به عنوان یک منبع مهم در جیره غذایی انسان، تغذیه دام و افزایش حاصلخیزی خاک شناخته شده است (۲۷). با کشت بقولات علوفه‌ای یکساله طی سال‌های آیش در دیم‌زارها علاوه بر کنترل فرسایش و حفاظت خاک و آب، تثبیت زیستی نیتروژن، افزایش مواد آلی خاک، بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، کنترل علف‌های هرز و جبران بخشی از کمبود علوفه امکان‌پذیر شده و با استفاده از کود سبز حاصله از این گیاهان در محصولاتی که به دنبال آن کشت می‌گردند، مصرف کودهای شیمیایی کاهش می‌یابد (۱۱). باقلا[1] گیاهی یکساله و علفی از تیره بقولات[2] بوده که قادر به تثبیت زیستی نیتروژن است. این گیاه قابلیت سازگاری قابل‌توجهی در کشت مخلوط دارد. این گیاه در درمان طیف وسیعی از بیماری‌ها از جمله نقرس، درد مفاصل و رماتیسم کاربرد دارد (۸). کشت مخلوط بقولات با گیاهان دارویی تحت‌تأثیر منبع کودی می‌تواند موجب تغییر در عملکرد، اجزای عملکرد دانه و ترکیبات شیمیایی اسانس و اسیدهای چرب روغن رازیانه شود (۲٤). از این‌رو، کشت مخلوط بقولات با گیاهان دارویی به دلیل تثبیت نیتروژن جوّی و افزایش کارایی استفاده از منابع، موجب افزایش کمیت و کیفیت محصول گیاهان دارویی در مقایسه با تک‌کشتی می‌شود (٦). البته، الگوهای استفاده از منابع مکمل و اثرات متقابل مناسب بین اجزای مخلوط، جذب بیشتر نور، آب و عناصر غذایی را به همراه دارد (۲۱). از این رو، کشت مخلوط زمانی موفقیت‌آمیز است که گونه‌های گیاهی به شکل متفاوت از منابع استفاده کنند (۳۳).

معیاری که اغلب جهت ارزیابی در مؤثر بودن کشت مخلوط مورد استفاده قرار می‌گیرد، نسبت برابری زمین[3] می‌باشد. این معیار نسبت میزان زمین لازم برای تک کشتی‌ها را در مقایسه با کشت مخلوط توصیف می‌کند و عبارت از نسبت سطح زمینی است که لازم است تا با کشت گیاه به صورت تک کشتی، عملکردی مشابه یک هکتار کشت مخلوط به‌دست آید (۳٤). در کشت مخلوط ارزن دم‌روباهی[4] + ماش[5] و کشت مخلوط زیره سبز[6] + شنبلیله[7] مشخص شد که در تمامی تیمارهای کشت مخلوط نسبت برابری زمین نسبت به کشت خالص بیش‌تر بود که نشان‌دهنده مزیت کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است (۷، ۳۰). در پژوهشی روی ارزیابی شاخص‌های رشدی سویا[8]، ریحان رویشی[9] و گاوزبان اروپایی[10] در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط مشخص شد که در تیمارهای کشت مخلوط، نسبت برابری زمین بر پایه شاخص سطح برگ و ماده خشک

1- *Vicia faba* L.
2- Fabaceae

3- Land equivalent ratio
4- *Setaria italica* (L.) P. Beauvois
5- *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek
6- *Cuminum cyminum* L.
7- *Trigonella foenum-graecum* L.
8- *Glycine max* L.
9- *Ocimum basilicum* L.
10- *Borago officinalis* L.

بالاتر بود که این امر می‌تواند نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط بر تک‌کشتی باشد (۹). در کشت مخلوط باقلا و نعناع فلفلی[1]، بیش‌ترین عملکرد نعناع فلفلی از کشت خالص و بیش‌ترین عملکرد اسانس از نسبت مخلوط ۴۰:۶۰ به‌دست آمد (۵). افزایش یا کاهش عملکرد واقعی[2] نیز شاخصی است که اطلاعات حقیقی بیش‌تری در مورد رقابت درون و برون گونه‌ای گیاهان همراه و رفتار هر گونه در کشت مخلوط نسبت به شاخص‌های دیگر ارائه می‌دهد؛ علامت مثبت نشان‌دهنده افزایش عملکرد واقعی و علامت منفی نشان‌دهنده کاهش عملکرد واقعی کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی می‌باشد (۲۵). در شاخص ضریب نسبی تراکم (ضریب ازدحام نسبی[3]) توانایی یک گونه جهت استفاده از منابع محدود در کشت مخلوط با توانایی آن گونه در کسب همان منابع در کشت خالص مقایسه می‌شود (۱۷). سودمندی کشت مخلوط شاخص دیگری است که در برآورد بهترین ترکیب گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با استفاده از این شاخص و با توجه به قیمت واحد هر محصول و نیز کاهش یا افزایش عملکرد نسبی می‌توان سودمندی کشت مخلوط را به‌دست آورد (۱۰).

هدف از پژوهش حاضر، دستیابی به بهترین ترکیب گیاهی در کشت مخلوط رازیانه و باقلا بود که منجر به افزایش عملکرد هر دو گیاه شود که در قالب سری‌های جایگزینی و افزایشی مورد بررسی قرار گرفتند. بررسی نسبت برابری زمین و سودمندی کشت مخلوط رازیانه و باقلا از دیگر اهداف این پژوهش بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی اثرات کشت مخلوط (سری‌های جایگزینی و افزایشی) بر عملکرد ماده خشک باقلا و عملکرد اسانس گیاه دارویی رازیانه، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان در سال ۱۳۹۸ انجام شد. مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان در ۳۵ کیلومتری جادّه تبریز- مراغه با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۸۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۹۳ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۳۱۸/۸ متری از سطح دریای آزاد قرار دارد، منطقه مورد نظر دارای آب و هوای نیمه‌خشک با زمستان‌های سرد بوده که آمار هواشناسی آن در سال مورد نظر در جدول ۱ ارائه شده است.

در این آزمایش تیمارها دو گروه بودند؛ در گروه اول نسبت‌های کشت مخلوط باقلا و رازیانه در سری‌های جایگزینی شامل ۰:۱۰۰، ۳۳:۶۶، ۵۰:۵۰، ۶۶:۳۳ و ۱۰۰:۰ و در گروه دوم نسبت‌های کشت مخلوط در سری‌های افزایشی شامل ۵۰:۱۰۰، ۳۳:۱۰۰، ۱۰۰:۳۳ و ۱۰۰:۵۰ مورد بررسی قرار گرفتند. تیمارهای آزمایش در سری‌های جایگزینی مطابق با نسبت‌های کشت مخلوط شامل ۶ ردیف باقلا، ۴ ردیف باقلا + ۲ ردیف رازیانه، ۳ ردیف باقلا + ۳ ردیف رازیانه، ۲ ردیف باقلا + ۴ ردیف رازیانه و ۶ ردیف رازیانه بودند. تیمارهای آزمایش در سری‌های افزایشی مطابق با نسبت‌های کشت مخلوط شامل ۶ ردیف باقلا + ۳ ردیف رازیانه، ۶ ردیف باقلا + ۲ ردیف رازیانه، ۲ ردیف باقلا + ۶ ردیف رازیانه و ۳ ردیف باقلا + ۶ ردیف رازیانه بودند.

1- *Mentha piperita* L.
2- Actual yield loss or gain
3- Relative crowding coefficient

جدول ۱- آمار هواشناسی ایستگاه خسروشهر در سال ۱۳۹۸.

Table 1. Meteorological data for Khosroshahr station in 2019.

مجموع تبخیر (میلی‌متر) Total evaporation (mm)	مجموع بارندگی ماهانه (میلی‌متر) Total monthly rainfall (mm)	متوسط رطوبت نسبی (درصد) Average relative humidity (%)	متوسط دما (درجه سلسیوس) Average temperature (°C)	ماه Month
10.32	45.35	55.23	10.23	اردیبهشت April
159.32	9.85	50.34	12.21	خرداد May
310.56	13.65	37.8	25.29	تیر June
386.45	0.35	31.23	26.84	مرداد July
365.32	0.2	31.25	25.83	شهریور August
226.13	0.3	39.31	20.53	مهر September
132.8	14.1	49.44	15.62	آبان October
14.43	55.43	54.16	5.94	آذر November
0	1.6	74.15	3.55	دی December
0	27.2	77.40	-2.43	بهمن January
0	18	72.21	0.46	اسفند February
0	58	58.26	8.65	فروردین March

منبع: اداره هواشناسی استان آذربایجان شرقی ایستگاه خسروشهر

Reference: Meteorology office of east Azarbiajan, Khosroshar Station

پژوهش حاضر در زمینی به مساحت ٤٩٦ مترمربع اجرا شد، به‌طوری‌که در پائیز سال قبل شخم خورده و در اواخر زمستان و اوایل بهار پس از دیسک‌زنی، تسطیح و کرت‌بندی شد. قبل از کاشت بذور در زمین اصلی، از قطعه زمین مورد نظر با استفاده از الگوی W و از عمق ۰ تا ٦٠ سانتی‌متری خاک نمونه‌گیری شده و درصد عناصر مهم موجود در آن تعیین شد که نتایج مربوط به آزمایش خاک در جدول ۲ آمده است. بذور رازیانه و باقلا از ارقام محلی شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شده و به‌منظور اطمینان از درصد جوانه‌زنی بالا، ۵۰ عدد از آن‌ها در چهار تکرار در محیط پتری در داخل ژرمیناتور مورد ارزیابی قرار گرفتند. پس از اطمینان از قوه نامیه بالا، بذور رازیانه (به صورت خشک) و بذور باقلا (پس از ٢٤ ساعت خیساندن در آب) به محلول حاوی باکتری‌های ریزوبیومی آغشته شده و در کرت‌هایی با ابعاد ٤×۳ کاشته شدند. فاصله بوته‌ها در بین ردیف‌ها بر حسب تشکیل ٦ ردیف در کرت‌ها، ۵۰ سانتی‌متر؛ بر حسب تشکیل ۸ ردیف در کرت‌ها، ۳۷/۵ سانتی‌متر و بر حسب تشکیل ۹ ردیف در کرت‌ها، ۳۳ سانتی‌متر بود. فاصله بوته‌ها بر روی ردیف‌ها نیز ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در بین کرت‌های آزمایشی ۵۰ سانتی‌متر و بین بلوک‌ها نیز ۲ متر فاصله در نظر گرفته شد. جهت اطمینان از سبز شدن در هر محل کاشت ۲ تا ۳ عدد بذر ریخته شده و پس از سبز شدن گیاهچه‌ها و رسیدن آن‌ها به مرحله دو برگی حقیقی بوته‌های اضافی تنک شدند. کود اوره (٤٦ درصد نیتروژن) به مقدار ۳۰ کیلوگرم در هکتار و به عنوان استارتر به زمین داده شد. آبیاری زمین به صورت نشتی انجام شد، به‌طوری‌که در ابتدای فصل رشد هر ۵ روز یکبار انجام شده و با رسیدن به مراحل میانی و انتهایی فصل رشد هر ۷ روز یکبار صورت گرفت. در طول فصل رشد، آفت و یا بیماری خاصی در مزرعه مشاهده نشد. مهم‌ترین علف‌های‌هرز موجود در مزرعه نیز شامل تلخه[1]، پیچک صحرایی[2] و علف شور[3] بودند که به صورت دستی و پیش از رسیدن بوته‌های باقلا و رازیانه به مرحله چهار برگی حقیقی وجین شدند.

جدول ۲- نتایج تجزیه نمونه خاک گرفته شده از مزرعه آزمایشی با بافت لومی- شنی در سال ۱۳۹۸.

Table 2. Analysis of selected soil of the experimental field by texture of loam-sand in 2019.

عمق نمونه‌برداری Depth sampling	بافت خاک Soil texture			اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	مواد آلی Organic matter (%)	نیتروژن Nitrogen (%)	فسفر Phosphorus (mg/kg)	پتاسیم Potassium (mg/kg)
	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)						
0-60 cm	18	17	65	7.5	5.8	1.01	0.05	56.5	980

1- *Acroptilon repens* (L.) DC.
2- *Convolvulus arvensis* L.
3- *Salsola kali* subsp. *tragus*

در طول دوره رشدی گیاهان، مراحل فنولوژیکی مربوط به بوته‌های باقلا و رازیانه یادداشت‌برداری شدند. در اوایل گلدهی، برداشت باقلا از بوته‌های علامت‌گذاری شده (۱۰ بوته) انجام و پس از خشک کردن در دمای مناسب، عملکرد ماده خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. در نهایت، پس از رسیدن دانه‌های رازیانه به وزن ثابت، عملکرد و اجزای عملکرد (تعداد چترها و چترک‌ها، تعداد دانه‌های موجود در هر چترک، وزن هزاردانه، عملکرد زیستی، عملکرد دانه و شاخص برداشت) در بوته‌های رازیانه اندازه‌گیری و تعیین شدند. بدین‌منظور، ۱۰ بوته از هر کرت برداشت و جهت تعیین عملکرد و اجزای آن به محیط آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه، بوته‌ها به اجزای آن تقسیم شده و برای رسیدن به وزن ثابت به آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت منتقل و سپس توزین شدند. بدین ترتیب، عملکرد زیستی و عملکرد اقتصادی رازیانه از سطح مورد نظر محاسبه شده و به هکتار تعمیم داده شد. وزن هزاردانه نیز با شمارش ۱۰۰۰ عدد از بذور رازیانه و توزین آن‌ها در ترازوی دیجیتال با دقت یک هزارم به‌دست آمد. محتوای اسانس موجود در دانه‌های رازیانه نیز با استفاده از دستگاه کلونجر (طرح فارماکوپه بریتانیا) اندازه‌گیری شد و جهت اسانس‌گیری از بذوری استفاده شد که در شرایط دمایی مناسب و محیط سایه خشک شده بودند. در نهایت، ضریب نسبی تراکم، نسبت برابری زمین، افزایش یا کاهش عملکرد واقعی و سودمندی کشت مخلوط باقلا و رازیانه در قالب سری‌های جایگزینی و افزایشی با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه شدند:

$$RCC_{ij} = [(Y_{ij} / Y_{ii}) / (Y_{ji} / Y_{jj})] \quad (۱)$$

که در آن، RCC ضریب نسبی تراکم (ضریب ازدحام نسبی)، Y_{ii} و Y_{jj} عملکرد تک کشتی گونه‌های i و j، Y_{ij} عملکرد گونه i در کشت مخلوط و Y_{ji} عملکرد گونه j در کشت مخلوط می‌باشند. چنان‌چه $RCC=1$ باشد، دو گونه از قابلیت‌های رقابتی یکسان برخوردارند. اگر $RCC>1$ باشد، گونه i از نظر رقابتی و استفاده از منابع نسبت به گونه j برتری دارد و درصورتی‌که $RCC<1$ باشد، گونه j نسبت به گونه i از نظر رقابتی ارجح است (۱۰).

$$LER = \sum_{n=1}^{m} \frac{Y_i}{Y_{ii}} \quad (۲)$$

که در آن، LER نسبت برابری زمین، Y_i مقدار محصول یک گونه (در واحد سطح) در کشت مخلوط و Y_{ii} حداکثر محصول همان گونه (در واحد سطح) در حالت تک‌کشتی می‌باشند. اگر مقدار LER بیش‌تر از یک باشد، کشت مخلوط مزیت داشته و برای تولید مقدار محصول برابر با کشت مخلوط، در تک‌کشتی به زمین بیش‌تری نیاز است. اگر مقدار آن کم‌تر از یک باشد، تک‌کشتی ارجحیت خواهد داشت. چنان‌چه، این نسبت مساوی یک باشد، نشانگر حد بحرانی بوده و در این شرایط تولید (در واحد سطح) در کشت مخلوط و حالت تک‌کشتی برابر است.

$$AYL = AYL_a + AYL_b \quad (۳)$$

که در آن، AYL_a و AYL_b کاهش یا افزایش عملکرد واقعی گونه‌های a و b در کشت مخلوط را نشان می‌دهند که در نهایت می‌توانند روی سودمندی عملکرد واقعی کشت مخلوط اثرگذار باشند. کاهش یا افزایش عملکرد واقعی گونه‌های a و b از رابطه‌های زیر به‌دست می‌آیند:

$$AYL_a = [\{(Y_{ab} / Z_{ab}) / (Y_{aa} / Z_{aa})\} - 1] \quad (٤)$$

$$AYL_b = [\{(Y_{ba} / Z_{ba}) / (Y_{bb} / Z_{bb})\} - 1] \quad (٥)$$

که در آن‌ها، Y_{ab} عملکرد گونه a در کشت مخلوط با b، Z_{ab} سهم گونه a در کشت مخلوط، Y_{aa} عملکرد گونه a در تک‌کشتی، Z_{aa} سهم گونه a در تک‌کشتی، Y_{ba} عملکرد گونه b در کشت مخلوط با a، Z_{ba} سهم گونه b در کشت مخلوط، Y_{bb} عملکرد گونه b در تک‌کشتی و Z_{bb} سهم گونه b در تک‌کشتی می‌باشند (۱۰).

$$IA = [\{\left(\frac{P_a}{P_a + P_b}\right) \times AYL_a\} + \{\left(\frac{P_b}{P_a + P_b}\right) \times AYL_b\}] \quad (٦)$$

که در آن، IA سودمندی کشت مخلوط، P_a قیمت واحد محصول a، P_b قیمت واحد محصول b، AYL_a کاهش یا افزایش عملکرد واقعی جزء a و درنهایت AYL_b کاهش یا افزایش عملکرد واقعی جزء b می‌باشند (۱۰).

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری Minitab نسخه ۱۷,۱ انجام شد. مقایسه میانگین بین تیمارها نیز با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال ۱ درصد انجام شد. پیش از تجزیه واریانس، داده‌های آزمایش با استفاده از آزمون عدم معنی‌داری به روش آندرسون-دارلینگ آزموده شدند و در مواردی که نتایج این آزمون معنی‌دار بود، برای نرمال کردن داده‌ها از روش تبدیل داده استفاده شد. برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۰۷ استفاده شد.

نتایج و بحث

صفات مربوط به رازیانه

تعداد چتر در بوته: کشت مخلوط رازیانه و باقلا در قالب سری‌های جایگزینی و افزایشی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر تعداد چتر در بوته‌های رازیانه داشت ($P \leq ۰/۰۱$)(جدول ۳)، به‌طوری‌که بیش‌ترین تعداد چتر در بوته‌های رازیانه از کشت خالص رازیانه (۱۲/۱۰ عدد) به‌دست آمد. با این حال، بین این تیمار و دیگر تیمارهای کشت مخلوط اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد چتر در بوته مشاهده نشد و تنها تیمار کشت مخلوط ٦ ردیف باقلا + ۳ ردیف رازیانه از نظر تعداد چتر در بوته با تیمار کشت خالص رازیانه اختلاف داشت و کم‌ترین مقدار (۱۰/٤٤ عدد) را به خود اختصاص داد (جدول ٤). جهانی و همکاران (۲۰۰۸) کم‌ترین تعداد چتر در

بوته‌های زیره سبز را در تیمار کشت مخلوط ردیفی زیره سبز و عدس[1] مشاهده کردند (۱۶). رنجبر و همکاران (۲۰۱۶) نیز بیش‌ترین تعداد چتر در بوته‌های رازیانه را از تیمار کشت خالص (۵۱/۶۶ عدد) و کم‌ترین آن را از تیمار کشت مخلوط رازیانه-لوبیا[2]- کنجد[3] (۲۰/۵۰ عدد) گزارش کردند (۲۸). تعداد چتر در تیره چتریان یکی از اجزای اصلی و تعیین‌کننده است که در نهایت پتانسیل عملکرد را نیز تعیین می‌کند، زیرا چتر در برگیرنده تعداد چترک و تعداد دانه در چترک نیز می‌باشد. از این‌رو، کم‌ترین تغییر در تعداد چتر در بوته‌های رازیانه می‌تواند اثرات بسیار زیادی را روی عملکرد دانه داشته باشد.

تعداد چترک در چتر: کشت مخلوط باقلا و رازیانه تأثیر معنی‌داری بر تعداد چترک در چتر رازیانه در سطح احتمال ۱ درصد داشت ($P\leq$۰/۰۱) (جدول ۳). بیش‌ترین تعداد چترک در چتر مربوط به کشت‌های مخلوط ۲ ردیف باقلا + ٤ ردیف رازیانه و ۳ ردیف باقلا + ۳ ردیف رازیانه به ترتیب با ۲۲/۰۵ و ۱۹/۶۲ عدد بودند. کم‌ترین تعداد چترک در چتر نیز مربوط به کشت مخلوط ٦ ردیف باقلا + ۲ ردیف رازیانه (۱۵/۹۵ عدد) بود (جدول ٤). تعداد چترک در چتر در تمامی کشت‌های مخلوط با سری‌های افزایشی در مقایسه با کشت‌های مخلوط با سری‌های جایگزینی کاهش چشمگیری را نشان داد. در بین مخلوط‌های افزایشی نیز بیش‌ترین کاهش مربوط به تیمارهای کشت مخلوطی بود که باقلا در مقایسه با رازیانه نسبت بالایی را نشان می‌داد. به نظر می‌رسد که افزایش تعداد بوته‌های رازیانه یا باقلا در کشت مخلوط می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر تعداد چترک در چتر بوته‌های رازیانه داشته باشد و اضافه کردن بوته‌های گیاهی بیش از ظرفیت محیطی می‌تواند بر کاهش تعداد آن‌ها اثرگذار باشد.

تعداد دانه در چترک: تعداد دانه در چترک بوته‌های رازیانه تحت‌تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط رازیانه با باقلا در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفته و کاهش یافت ($P\leq$۰/۰۵) (جدول ۳)، به‌طوری‌که بیش‌ترین تعداد دانه در چترک مربوط به کشت خالص رازیانه با ۱٤/۰۲ عدد و کم‌ترین مقدار آن از کشت مخلوط ٦ ردیف باقلا + ۳ ردیف رازیانه و ٦ ردیف باقلا + ۲ ردیف رازیانه به ترتیب با ۱۱/۷۰ و ۱۲/۰۲ عدد به‌دست آمد (جدول ٤). محمدی و رضائی- چیانه (۲۰۱۹) بیان نمودند که بیش‌ترین تعداد دانه در چتر بوته‌های رازیانه از کشت خالص آن (۱٦۸/۳ عدد) و کم‌ترین تعداد دانه در چتر آن‌ها از کشت مخلوط ٤ ردیف باقلا + ۲ ردیف رازیانه (۱۲۵/۸ عدد) به‌دست می‌آید (۲٤). تیمارهای جایگزینی کشت مخلوط تعداد دانه زیادی را در مقایسه با تیمارهای کشت مخلوط افزایشی نشان دادند و از این نظر اختلاف معنی‌داری را با تیمار کشت خالص رازیانه نداشتند. در بین تیمارهای افزایشی کشت مخلوط نیز تیمارهایی که در آن‌ها باقلا نسبت بالایی را در مقایسه با رازیانه داشت، بیش‌ترین کاهش در تعداد دانه در چترک مشاهده شد. این امر نشان می‌دهد که بوته‌های باقلا در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی رقابت بیش‌تری با بوته‌های رازیانه داشته و موجب کاهش بیش‌تر تعداد دانه در چترک‌های این گیاه دارویی شده‌اند. عدم تأمین مواد فتوسنتزی لازم برای رشد جنین و تکامل بذر می‌تواند یکی از دلایل کاهش تعداد دانه در چترک باشد که در نتیجه بهره‌برداری بیش‌تر بوته‌های باقلا از آب و عناصر غذایی موجود

1- *Lens culinaris* Medikus
2- *Phaseolus vulgaris* L.
3- *Sesamum indicum* L.

در خاک به همراه سایه‌اندازی آن‌ها می‌باشد و موجب کاهش تأمین منابع فتوسنتزی می‌شود. از این‌رو، تعداد دانه در چترک بوته‌های رازیانه در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی کاهش یافته است، به‌خصوص در تیمارهایی که بوته‌های باقلا نسبت بالایی را داشته‌اند.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تأثیر کشت مخلوط رازیانه و باقلا بر عملکرد و اجزای عملکرد رازیانه و عملکرد ماده خشک باقلا (میانگین مربعات).

Table 3. Analysis of variance (mean of square) of fennel: faba bean intercropping on fennel yield and its components with faba bean biomass.

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد چتر در بوته Umbels per plant	تعداد چترک در چتر Umbellets per umbel	تعداد دانه در چترک Fruit number per umbellet	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد زیستی Biological yield	عملکرد دانه رازیانه Fennel yield	شاخص برداشت رازیانه Fennel harvest index	درصد اسانس دانه رازیانه Fennel essential oil (%)	عملکرد اسانس دانه رازیانه Fennel essential oil yield	عملکرد ماده خشک باقلا Faba bean biomass
بلوک Block	2	0.55	10.22	6.64	0.14	102154	21084	49.69	0.04	0.20	155496
تیمارهای آزمایشی Experimental Treatments	7	0.78**	10.59**	2.11*	0.52**	467940**	68989**	53.31**	0.03*	5.69**	979638**
خطای آزمایشی Error	14	0.18	2.55	0.90	0.10	24666	9649	12.89	0.01	1.26	80795
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	3.69	8.61	7.31	6.35	16.89	27.97	9.64	11.33	27.86	24.01

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵، ۱ درصد و عدم معنی‌داری

*, ** and ns significant at α=0.05, α=0.01, and non-significant, respectively.

وزن هزاردانه: وزن هزاردانه در رازیانه تحت‌تأثیر تیمارهای کشت مخلوط در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفته و کاهش یافت (P≤۰/۰۱) (جدول ۳)، به‌طوری‌که بیش‌ترین وزن هزاردانه رازیانه از کشت خالص رازیانه (۵/۶۲ گرم) و کشت‌های مخلوط جایگزینی به‌خصوص از کشت مخلوط ۲ ردیف باقلا + ٤ ردیف رازیانه (۵/۵٦ گرم) به‌دست آمد. کم‌ترین وزن هزاردانه نیز مربوط به کشت‌های مخلوط ٦ ردیف باقلا + ۳ ردیف رازیانه و نیز ٦ ردیف باقلا + ۲ ردیف رازیانه بود. در بین تیمارهای کشت مخلوط افزایشی نیز کم‌ترین وزن هزاردانه رازیانه مربوط به تیمارهایی بود که در آن‌ها باقلا نسبت بالایی را در مقایسه با رازیانه داشت. به نظر می‌رسد که در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی رقابت بین بوته‌های باقلا و بوته‌های رازیانه جهت دستیابی به منابع مشترک به‌خصوص در اوایل فصل رشد موجب کوتاه شدن طول دوره رشدی و نیز کوتاه شدن طول دوره پر شدن دانه‌های رازیانه شده است. تنش رقابتی می‌تواند بر فتوسنتز جاری اثرگذار باشد و موجب کاهش ذخیره مواد فتوسنتزی قبل از مرحله

گلدهی در اندام‌های رویشی شود که در نتیجه این امر طول مدت انتقال مواد به دانه‌ها کاهش یافته و موجب تولید دانه‌های کم‌حجم‌تر و درنهایت کاهش وزن هزاردانه می‌شود.

عملکرد زیستی: عملکرد زیستی رازیانه تحت‌تأثیر الگوهای کشت مخلوط در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفته و کاهش یافت ($P\leq$۰/۰۱) (جدول ۳)، به‌طوری‌که بیش‌ترین عملکرد زیستی با ۱۵۰۳/٤۷ کیلوگرم در هکتار مربوط به کشت خالص رازیانه و کم‌ترین آن با ٤٦۱/۸۵ و ٤۷۹/٦۳ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمارهای ٦ ردیف باقلا + ۲ ردیف رازیانه و ٤ ردیف باقلا + ۲ ردیف رازیانه بود (جدول ٤). خرّم‌دل و همکاران (۲۰۱٦) در بررسی نسبت‌های مختلف کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی زنیان[1] و لوبیا بیان داشتند که بیش‌ترین عملکرد زیستی زنیان (۱۹۲/۸۲ گرم بر مترمربع) از کشت خالص آن به‌دست آمد (۱۸). در کشت‌های مخلوطی که ۲ ردیف رازیانه در هر کرت کاشته شده بود، بیش‌ترین عملکرد زیستی مربوط به تیمار جایگزینی این کشت مخلوط بود و در تیمار افزایشی عملکرد زیستی مقدار کم‌تری را نشان داد. در کشت‌های مخلوطی که ۳ ردیف رازیانه کاشته شده بود نیز بیش‌ترین عملکرد زیستی مربوط به تیمار جایگزینی کشت مخلوط بود. این امر نشان می‌دهد که در ظرفیت محیطی یکسان با افزایش تراکم گیاهی، بوته‌های باقلا شدت رقابتی بیش‌تری بر بوته‌های رازیانه وارد کرده‌اند که منجر به کاهش عملکرد زیستی رازیانه در این تیمارها شده است. در شرایطی که تعداد بوته‌های رازیانه در کشت‌های مخلوط افزایشی مساوی با تعداد بوته‌های این گیاه دارویی در کشت خالص بود، با وجود کاهش در عملکرد زیستی این تیمارها نسبت به کشت خالص، این کاهش معنی‌دار نبود (جدول ٤). این امر نشان می‌دهد که بوته‌های باقلا در تراکم کم‌تر رقابت چندان زیادی را نتوانسته‌اند ایجاد نمایند و از این رو عملکرد زیستی رازیانه در مقایسه با کشت خالص آن کاهش چندانی نداشته است. به نظر می‌رسد بیش‌ترین عملکرد زیستی در کشت مخلوط رازیانه و باقلا مربوط به تیمارهای جایگزینی (۳ ردیف باقلا + ۳ ردیف رازیانه و ۲ ردیف باقلا + ٤ ردیف رازیانه) باشد، چنان‌چه عملکرد زیستی به‌دست آمده در این تیمارها به صورت بالقوه با ٦ ردیف رازیانه در هر کرت در نظر گرفته شود. از این رو، بهترین تیمارها جهت کشت مخلوط کاربرد نسبت‌های ۲:٤ و ۳:۳ این گیاهان در کشت‌های مخلوط است.

1- *Carum copticum* L.

جدول ٤- تأثیر الگوهای کشت مخلوط رازیانه و باقلا روی عملکرد و اجزای عملکرد در رازیانه و عملکرد ماده خشک باقلا تحت شرایط مزرعه‌ای.

Table 4. Effect of faba bean:fennel intercropping on fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) yield and its components with faba bean biomass under field condition.

کشت‌های مخلوط Intercroppings	تعداد چتر در بوته Umbels per plant	تعداد چترک در چتر Umbellets per umbel	تعداد دانه در چترک Fruit number per umbellet	وزن هزاردانه (گرم) 1000-seed weight (g)	عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg/ha)	عملکرد دانه رازیانه (کیلوگرم در هکتار) Fennel seed yield (kg/ha)	شاخص برداشت رازیانه (درصد) Fennel harvest index (%)	درصد اسانس دانه رازیانه (درصد) Fennel essential oil (%)	عملکرد اسانس دانه رازیانه (کیلوگرم در هکتار) Fennel essential oil yield (kg/ha)	عملکرد ماده خشک باقلا (کیلوگرم در هکتار) Faba bean biomass (kg/ha)
٦ ردیف باقلا + ٣ ردیف رازیانه 6 Faba bean + 3 Fennel	10.44 b	16.96 bc	11.70 c	4.53 c	589.80 de	194.60 c	32.70 bc	1.07 a	1.80 b	1891.11 a
٦ ردیف باقلا + ٢ ردیف رازیانه 6 Faba bean + 2 Fennel	11.88 a	15.95 c	12.02 bc	4.50 c	461.85 e	181.99 c	39.46 a	0.97 ab	1.39 b	1665.78 ab
٦ ردیف باقلا 6 Faba bean	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1933.02 a
٤ ردیف باقلا + ٢ ردیف رازیانه 4 Faba bean + 2 Fennel	11.33 ab	19.22 b	13.9 a	4.91 abc	479.63 e	201.26 c	41.64 a	0.76 c	1.72 b	1195.85 abc
٣ ردیف باقلا + ٣ ردیف رازیانه 3 Faba bean + 3 Fennel	11.66 a	19.62 ab	13.37 ab	5 abc	867.58 cd	364.24 bc	41.79 a	0.80 bc	3.02 ab	848.22 bc
٢ ردیف باقلا + ٤ ردیف رازیانه 2 Faba bean + 4 Fennel	11.46 a	22.05 a	13.24 abc	5.56 ab	1028.24 bc	408.50 abc	39.14 a	0.88 bc	3.28 ab	665.19 bc
٦ ردیف رازیانه 6 Fennel	12.10 a	18.85 b	14.02 a	5.62 a	1503.47 a	617.73 a	37.53 ab	0.79 bc	5.65 a	-
٢ ردیف باقلا + ٦ ردیف رازیانه 2 Faba bean + 6 Fennel	11.24 ab	18.44 bc	12.53 abc	4.91 abc	1282.58 ab	445.69 ab	35.77 abc	0.83 bc	3.71 ab	557.63 c
٣ ردیف باقلا + ٦ ردیف رازیانه 3 Faba bean + 6 Fennel	11.77 a	17.33 bc	13.08 abc	4.83 bc	1225.64 abc	394.93 abc	29.97 c	0.95 ab	3.16 ab	716.80 bc
LSD 1%	1.02	2.79	1.66	0.75	381.75	238.77	6.29	0.18	2.73	690.92

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال ۱ درصد ندارند.

Means within each column followed by same letter are not significantly different at 0.01 probability level according to LSD.

عملکرد دانه: عملکرد دانه در رازیانه نیز تحت‌تأثیر الگوهای کشت مخلوط در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفته و در مقایسه با تیمار کشت خالص رازیانه کاهش یافت ($P\leq$۰/۰۱) (جدول ۳)، بطوری که بیش‌ترین عملکرد دانه از کشت خالص رازیانه با ٦۱۷/۷۳ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین آن از کشت مخلوط ٦ ردیف باقلا +۲ و ۳ ردیف رازیانه به ترتیب با ۱۸۱/۹۹ و ۱۹٤/٦۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. در شرایط یکسان و با کاشت ۲ ردیف رازیانه، عملکرد دانه در کشت مخلوط ٤ ردیف باقلا + ۲ ردیف رازیانه در سری‌های جایگزینی بیش‌تر از عملکرد دانه رازیانه در کشت مخلوط ٦ ردیف باقلا + ۲ ردیف رازیانه در قالب سری‌های افزایشی بود که این امر نشان می‌دهد که در شرایط رقابتی و افزایش تعداد بوته به نسبتی بیش‌تر از ظرفیت محیطی موجب کاهش عملکرد در یکی از اجزای ترکیب گیاهی و یا هر دو می‌گردد. چنین حالتی با کشت ۳ ردیف رازیانه در قالب سری‌های جایگزینی و افزایشی نیز صادق بود و عملکرد دانه رازیانه در سری جایگزینی رقم بالاتری را نسبت به سری افزایشی نشان داد. باوجودی‌که عملکرد دانه در سری‌های افزایشی (با نسبت بالای رازیانه) کم‌تر از کشت خالص آن بود، ولی این تیمارها از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را با تیمار کشت خالص رازیانه نداشتند. چنان‌چه عملکرد دانه به‌دست آمده از کشت مخلوط ۳ ردیف باقلا + ۳ ردیف رازیانه به‌طور بالقوه با ٦ ردیف رازیانه در هر کرت در نظر گرفته شود، عملکرد دانه به‌دست آمده از این تیمار رقم بالاتری را نسبت به کشت خالص رازیانه نشان خواهد داد (جدول ٤). این امر نشان می‌دهد که یکی از بهترین تیمارهای کشت مخلوط کاربرد نسبت ۳:۳ در قالب سری‌های جایگزینی باقلا و رازیانه می‌باشد و در چنین ترکیب گیاهی از تمامی آشیانه‌های بوم‌شناختی استفاده شده و تفکیک آن‌ها بهتر انجام شده است. به نظر می‌رسد که در بین دو گیاه موجود در ترکیب گیاهی نه تنها رقابت چندانی برای کسب منابع محیطی انجام نشده است، بلکه باقلا با تثبیت نیتروژن در گرهک‌های ریشه‌های خود توسط باکتری‌های ریزوبیومی و فراهمی آن برای بوته‌های رازیانه همیاری مؤثری را در تأمین احتیاجات غذایی انجام داده است که در نتیجه آن عملکرد دانه بالایی در رازیانه نیز حاصل شده است. رضوانی‌مقدم و مرادی (۲۰۱۲) نشان دادند که بهره‌گیری از کشت مخلوط با شنبلیله از طریق فراهمی نیتروژن سبب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد زیره سبز می‌گردد (۳۰). هم‌چنین، مافی و موسیارلی (۲۰۰۳) بیان داشتند که رشد و عملکرد نعناع فلفلی تحت‌تأثیر کشت مخلوط با سویا به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد که دلیل این امر را به فراهمی نیتروژن از طریق تثبیت زیستی آن توسط بوته‌های سویا نسبت دادند (۱۹).

شاخص برداشت: تأثیر تیمارهای کشت مخلوط بر شاخص برداشت رازیانه نیز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود ($P\leq$۰/۰۱) (جدول ۳)، به‌طوری‌که بیش‌ترین شاخص برداشت مربوط به کشت مخلوط ۳ ردیف باقلا + ۳ ردیف رازیانه بود که نشان می‌دهد چنین ترکیب گیاهی در کشت مخلوط این دو گیاه منجر به بیش‌ترین عملکرد دانه در مقایسه با عملکرد زیستی آن می‌شود که در نتیجه آن شاخص برداشت نیز در این سری جایگزینی مقدار بیش‌تری را نشان داده است. کم‌ترین شاخص برداشت نیز مربوط به تیمارهای کشت مخلوط در قالب سری‌های افزایشی بود که نشان می‌دهد افزایش تراکم بوته‌های گیاهی می‌تواند بر رشد و عملکرد رازیانه تأثیر منفی بگذارد (جدول ٤). خرّم‌دل و همکاران (۲۰۱٦) گزارش کردند که کم‌ترین شاخص برداشت زنیان (۲۷ درصد) از نسبت کاشت ۱۰۰ درصد زنیان + ۲۵ درصد لوبیا به‌دست می‌آید (۱۸).

درصد و عملکرد اسانس دانه: درصد اسانس در دانه‌های رازیانه تحت‌تأثیر الگوهای کشت مخلوط در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت (P≤۰/۰۵) (جدول ۳)، به‌طوری‌که کم‌ترین درصد اسانس دانه مربوط به تیمارهای جایگزینی کشت مخلوط بخصوص تیمار ٤ ردیف باقلا + ۲ ردیف رازیانه با ۰/۷٦ درصد بود که با کشت خالص رازیانه اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. بیش‌ترین درصد اسانس دانه نیز از کشت‌های مخلوط افزایشی و تیمارهای بیش‌تر از ٦ ردیف در هر کرت به‌دست آمد، به‌خصوص تیمارهایی که نسبت ردیف‌های کشت باقلا در مقایسه با رازیانه بیش‌تر بود (جدول ٤). رضائی–چیانه و همکاران (۲۰۲۰) بیان داشتند که محتوای اسانس در تمامی تیمارهای کشت مخلوط لوبیا + رازیانه شامل نسبت‌های ۳:۲ و ٤:۲ بیش‌تر از کشت خالص رازیانه بود (۲۹). امانی ماچیانی و همکاران (۲۰۱۷) نیز نشان دادند که بیش‌ترین درصد اسانس از تیمارهای ۳ ردیف باقلا + ۲ ردیف نعناع فلفلی و ۲ ردیف باقلا + ۳ ردیف نعناع فلفلی و کم‌ترین میزان آن از کشت خالص نعناع فلفلی بدون تفاوت معنی‌دار با تیمارهای ۱:۱، ۲:۱، ۱:۲ به‌دست آمد (٤). حبیب‌زاده و همکاران (۲۰۱۸) نیز گزارش کردند که در کشت مخلوط زوفا[1] و عدس درصد اسانس گیاه دارویی زوفا در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص افزایش معنی‌داری داشت که بیش‌ترین میزان اسانس در کشت مخلوط ۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس حاصل شد (۱۵). گیاهان دارویی در مواجهه با تنش‌های محیطی ملایم و در پاسخ به این تنش‌ها محتوای متابولیت‌های ثانویه مانند اسانس‌ها را در ساختار خود افزایش می‌دهند. درحالی‌که، در شرایط تنش شدید بیش‌تر مواد فتوسنتزی و ساختاری صرف مقابله با تنش و اجتناب از آن می‌شود که نتیجه آن کاهش سهم متابولیت‌های ثانویه می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهند که بوته‌های رازیانه در پاسخ به تنش رقابتی و افزایش تراکم بوته، درصد اسانس دانه را افزایش داده‌اند که این امر بیش‌تر در کشت‌های مخلوط افزایشی و بالای ٦ ردیف در هر کرت مشهود است بخصوص در کرت‌هایی که باقلا از تراکم بالایی برخوردار بود.

الگوهای کشت مخلوط تأثیر معنی‌داری بر عملکرد اسانس دانه در سطح احتمال ۱ درصد داشتند (P≤۰/۰۱) (جدول ۳)، به‌طوری‌که بیش‌ترین عملکرد اسانس دانه از کشت خالص رازیانه (۵/٦۵ کیلوگرم در هکتار) و کم‌ترین آن از کشت مخلوط افزایشی ٦ ردیف باقلا + ۲ ردیف رازیانه (۱/۳۹ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (جدول ٤). روستائی و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که بیش‌ترین عملکرد دانه سیاه‌دانه[2] از کشت خالص آن به‌دست می‌آید که دلیل آن را دریافت کم‌تر نور به‌واسطه سایه‌اندازی بوته‌های سویا در کشت مخلوط عنوان کردند (۳۱). علیزاده و همکاران (۲۰۱۰) در کشت مخلوط نواری و ردیفی ریحان و لوبیا بیان داشتند که عملکرد اسانس ریحان در کشت خالص و کشت مخلوط ٤ ردیف ریحان + ۲ ردیف لوبیا بیش‌تر از سایر تیمارها بود (۳). در کشت‌های مخلوط با سری‌های جایگزینی و افزایشی که در هر کرت ۲ و ۳ ردیف رازیانه کاشته شده بود، بیش‌ترین عملکرد اسانس دانه از کشت‌های مخلوط جایگزینی به‌دست آمد. این امر نشان می‌دهد که تأثیر رقابتی بوته‌های باقلا بر بوته‌های رازیانه در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی منجر به کاهش عملکرد دانه در این تیمارها شده و در نهایت بر عملکرد اسانس دانه در این کشت‌های مخلوط نیز اثرگذار بوده است. تیمارهای کشت مخلوط افزایشی با ٦ ردیف رازیانه در هر کرت نسبت به کشت خالص رازیانه عملکرد اسانس دانه کم‌تری را تولید کردند که در نتیجه کاهش

1- *Hyssopus officinalis* L.

2- *Nigella sativa* L.

عملکرد دانه در چنین تیمارهایی است که فشار رقابتی و تراکم منجر به این امر شده است. به نظر می‌رسد که بهترین تیمارهای کشت مخلوط از نظر عملکرد اسانس دانه نیز مربوط به کشت‌های مخلوط ۳ ردیف باقلا + ۳ ردیف رازیانه و ۲ ردیف باقلا + ٤ ردیف رازیانه باشد که با نصف و دو سوم تعداد بوته در هر کرت می‌توانند چنین عملکردی را تولید نمایند (جدول ٤).

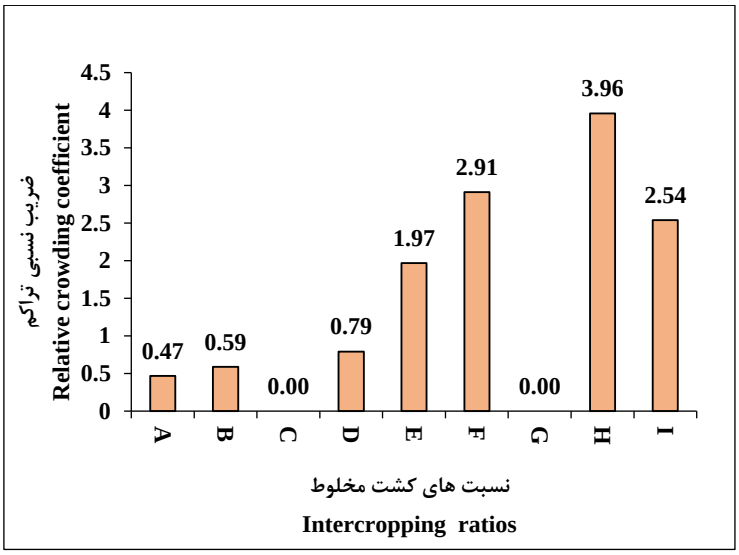
صفات مربوط به باقلا

عملکرد ماده خشک باقلا: عملکرد ماده خشک باقلا تحت‌تأثیر الگوهای کشت مخلوط در قالب سری‌های جایگزینی و افزایشی در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفته و کاهش یافت ($P\leq$۰/۰۱) (جدول ۳)، به‌طوری‌که کم‌ترین عملکرد ماده خشک از کرت‌هایی به‌دست آمد که در آن‌ها ۲ ردیف باقلا کاشته شده بود. بیش‌ترین عملکرد باقلا نیز از کشت خالص آن با ۱۹۳۳/۰۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. قلی‌نژاد و رضائی چیانه (۲۰۱٤) بیان داشتند که بیش‌ترین عملکرد بیولوژیکی نخود[1] از کشت خالص آن (۳۱۹۷ کیلوگرم در هکتار) و کم‌ترین مقدار آن از نسبت کاشت ۷۵:۲۵ نخود: سیاهدانه (۱۷٤۲ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (۱٤). البته، در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی که تعداد ردیف‌های باقلا ٦ ردیف در هر کرت بود نیز عملکرد ماده خشک اختلاف معنی‌داری را با تیمار کشت خالص باقلا نشان نداد. تیمارهای کشت مخلوط افزایشی در شرایط یکسان از نظر تراکم بوته در مقایسه با تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی از عملکرد ماده خشک کم‌تری برخوردار بودند که این امر در نتیجه فشار رقابتی است که از جانب بوته‌های رازیانه بر بوته‌های باقلا وارد شده است. به نظر می‌رسد که بهترین تیمارها از نظر کشت مخلوط تیمارهای جایگزینی باشند که با نصف یا یک سوم ردیف‌های موجود در کرت‌ها توانسته‌اند چنین عملکردی را تولید نمایند.

ارزیابی شاخص‌های کشت مخلوط

ضریب تزاحم نسبی: نتایج نشان داد که کشت مخلوط ۲ ردیف باقلا + ٦ ردیف رازیانه دارای بیش‌ترین ضریب تزاحم نسبی (۳/۹٦) بوده و کشت مخلوط ٦ ردیف باقلا + ۳ ردیف رازیانه دارای کم‌ترین ضریب تزاحم نسبی (۰/٤۷) بود (شکل ۱). صدری و همکاران (۲۰۱۵) بیان داشتند که بیش‌ترین ضریب تزاحم نسبی (۲/۵۳) از سری جایگزینی ۷۵ درصد رازیانه + ۲۵ درصد شنبلیله به‌دست می‌آید که با سری افزایشی ۱۰۰ درصد رازیانه + ۳۳ درصد شنبلیله (۲/٤۳) اختلاف معنی‌داری را نداشت. نتایج آن‌ها نشان داد که کم‌ترین مقدار شاخص ضریب تزاحم نسبی (۰/۳۹) از سری جایگزینی ۲۵ درصد رازیانه + ۷۵ درصد شنبلیله به‌دست می‌آید (۳۲). در نسبت‌های کشت مخلوطی که نسبت رازیانه برابر و یا بیش‌تر از باقلا بود، مقدار این شاخص بیش‌تر از یک بود که نشان‌دهنده برتری رقابتی رازیانه نسبت به باقلا در این مخلوط‌ها می‌باشد. در مقابل، در کشت‌های مخلوطی که نسبت باقلا بیش‌تر از رازیانه بود، مقدار این شاخص کم‌تر از یک بود و نشان‌دهنده برتری رقابتی باقلا نسبت به رازیانه در این مخلوط‌هاست.

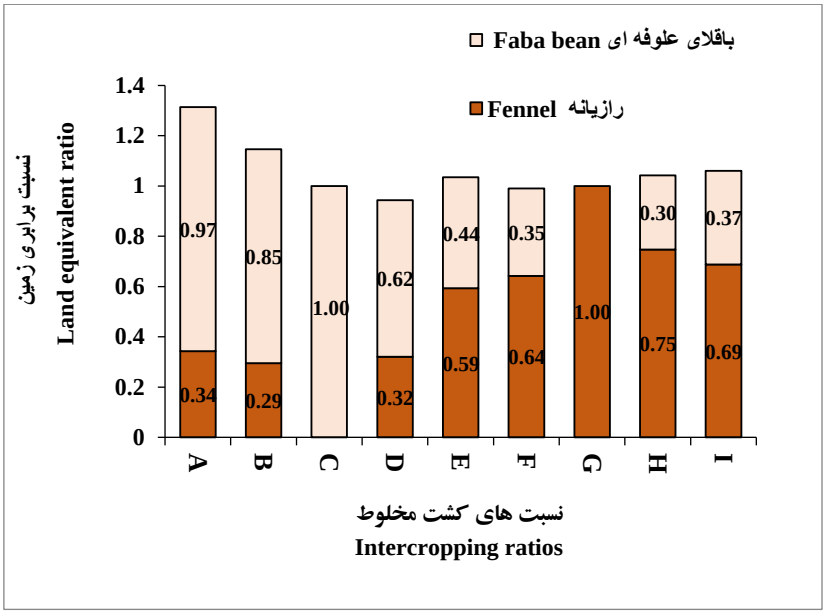
1- *Cicer arietinum* L.



شکل ۱- تأثیر نسبت های کشت مخلوط رازیانه و باقلای علوفه ای بر ضریب نسبی تراکم (RCC). [٦ ردیف باقلای علوفه‌ای + ۳ ردیف رازیانه (A)، ٦ ردیف باقلای علوفه‌ای + ۲ ردیف رازیانه (B)، ٦ ردیف باقلای علوفه‌ای (C)، ٤ ردیف باقلای علوفه‌ای + ۲ ردیف رازیانه (D)، ۳ ردیف باقلای علوفه‌ای + ۳ ردیف رازیانه (E)، ۲ ردیف باقلای علوفه‌ای + ٤ ردیف رازیانه (F)، ٦ ردیف رازیانه (G)، ۲ ردیف باقلای علوفه‌ای + ٦ ردیف رازیانه (H) و ۳ ردیف باقلای علوفه‌ای + ٦ ردیف رازیانه (I)].

Fig. 1. Effect of faba bean:fennel intercropping on relative crowding coefficient (RCC). [6 Faba bean + 3 Fennel (A), 6 Faba bean + 2 Fennel (B), 6 Faba bean (C), 4 Faba bean + 2 Fennel (D), 3 Faba bean + 3 Fennel (E), 2 Faba bean + 4 Fennel (F), 6 Fennel (G), 2 Faba bean + 6 Fennel (H), 3 Faba bean + 6 Fennel (I)].

نسبت برابری زمین: نتایج به‌دست آمده از محاسبه نسبت برابری زمین در سری‌های جایگزینی و افزایشی کشت مخلوط باقلا و رازیانه نشان داد که نسبت برابری زمین در تمامی نسبت‌های کشت مخلوط بیش‌تر از یک و یا نزدیک به یک بود که نشان‌دهنده مفید بودن کشت مخلوط باقلا و رازیانه بوده و بهره‌برداری بهینه از منابع محیطی توسط هر جزء گیاهی انجام می‌گیرد. میرهاشمی و همکاران (۲۰۰۹) بیان داشتند که در کشت مخلوط زنیان و شنبلیله نسبت برابری زمین در تمامی الگوهای کشت مخلوط بالاتر از یک بود (۲۳). این امر مشخص می‌کند که جهت به‌دست آوردن مقدار معادل محصول حاصل از این کشت‌های مخلوط در حالت تک‌کشتی به زمین بیش‌تری نیاز است. بیش‌ترین مقدار نسبت برابری زمین (۱/۳۱) مربوط به کشت مخلوط ٦ ردیف باقلا + ۳ ردیف رازیانه و کم‌ترین نسبت برابری زمین (۰/۹٤) نیز مربوط به کشت مخلوط ٤ ردیف باقلا + ۲ ردیف رازیانه بود (شکل ۲). در کشت‌های مخلوط افزایشی به‌خصوص زمانی‌که نسبت ردیف‌های باقلا بیش‌تر از رازیانه بود، نسبت برابری زمین مقدار بیش‌تری را در مقایسه با سایر تیمارها نشان داد که نشان‌دهنده قدرت بهره‌برداری بیش‌تر بوته‌های باقلا است که می‌تواند از منابع محیطی موجود در شرایط کشت مخلوط در تراکم‌های بالا بهتر از بوته‌های رازیانه استفاده نماید. پژوهشگران نشان داده‌اند که برتری عملکرد در کشت مخلوط به‌دلیل استفاده بهینه از منابعی هم‌چون رطوبت خاک، نور و عناصر غذایی می‌باشد که وجود اختلاف در ساختار ریشه، توزیع متفاوت تاج پوشش و احتیاجات غذایی گیاهان در کشت مخلوط دلایلی بر کارآمدی چنین کشت‌های مخلوطی می‌باشند (۲٦).

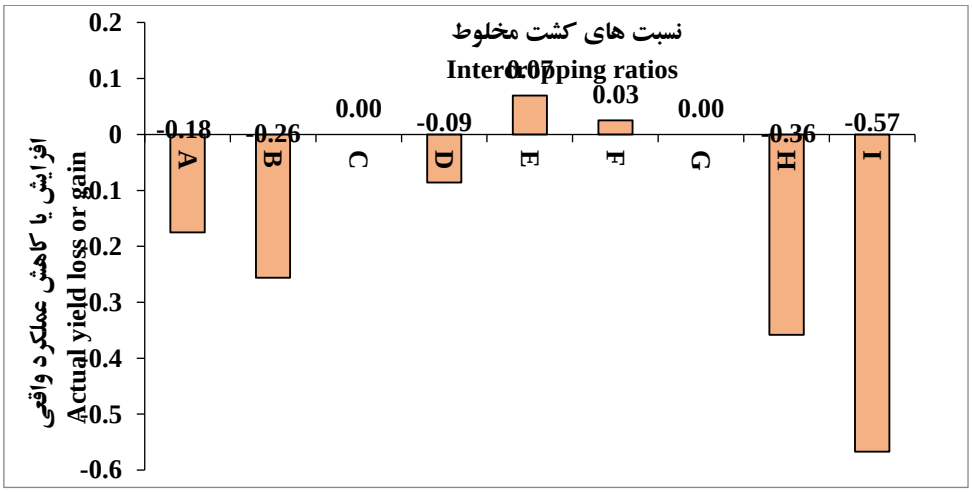


شکل ۲- تأثیر نسبت های کشت مخلوط رازیانه و باقلای علوفه ای بر نسبت برابری زمین (LER).[٦ ردیف باقلای علوفه‌ای + ۳ ردیف رازیانه (A)، ٦ ردیف باقلای علوفه‌ای + ۲ ردیف رازیانه (B)، ٦ ردیف باقلای علوفه‌ای (C)، ٤ ردیف باقلای علوفه‌ای + ۲ ردیف رازیانه (D)، ۳ ردیف باقلای علوفه‌ای + ۳ ردیف رازیانه (E)، ۲ ردیف باقلای علوفه‌ای + ٤ ردیف رازیانه (F)، ٦ ردیف رازیانه (G)، ۲ ردیف باقلای علوفه‌ای + ٦ ردیف رازیانه (H) و ۳ ردیف باقلای علوفه‌ای + ٦ ردیف رازیانه (I)].

Fig. 2. Effect of faba bean:fennel intercropping on land equivalent ratio (LER). [6 Faba bean + 3 Fennel (A), 6 Faba bean + 2 Fennel (B), 6 Faba bean (C), 4 Faba bean + 2 Fennel (D), 3 Faba bean + 3 Fennel (E), 2 Faba bean + 4 Fennel (F), 6 Fennel (G), 2 Faba bean + 6 Fennel (H), 3 Faba bean + 6 Fennel (I)].

افزایش یا کاهش عملکرد واقعی: بیش‌ترین میزان عملکرد واقعی (۰/۰۷) مربوط به کشت مخلوط جایگزینی ۳ ردیف باقلا + ۳ ردیف رازیانه و کم‌ترین میزان عملکرد واقعی مربوط به کشت‌های مخلوط افزایشی به‌خصوص کشت‌هایی بود که در آن‌ها رازیانه نسبت بالاتری از باقلا داشت. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در تیمارهای کشت مخلوطی که عدد مثبتی دارند، افزایش عملکرد واقعی کشت مخلوط نسبت به حالت تک‌کشتی بیش‌تر بوده است که این حالت در سری‌های جایگزینی کشت مخلوط باقلا و رازیانه دیده می‌شود. بانیک (۱۹۹٦) نشان داد که بیش‌ترین میزان عملکرد واقعی در کشت مخلوط گندم[1] + نخود، گندم + نخود علوفه‌ای[2] و گندم + عدس از سری جایگزینی ۱:۱ به‌دست می‌آید. مطالعات ایشان نشان داد که در سری جایگزینی ۲:۱ کشت‌های مخلوط، کم‌ترین میزان عملکرد واقعی به‌دست می‌آید (۱۰). با این حال، دُرداس و همکاران (۲۰۱۲) بیان نمودند که در کشت مخلوط نخود و یولاف زراعی[3] بیش‌ترین شاخص افزایش عملکرد واقعی از کشت مخلوط جایگزینی ۲۰٪ یولاف زراعی + ۸۰ درصد نخود حاصل می‌شود (۱۲). در بقیه تیمارهای کشت مخلوط به‌خصوص سری‌های افزایشی این عدد منفی بود که نشان‌دهنده کاهش عملکرد واقعی کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی در این تیمارها می‌باشد.

1- *Triticum aestivum* L.
2- *Pisum sativum* L.
3- *Avena sativa* L.

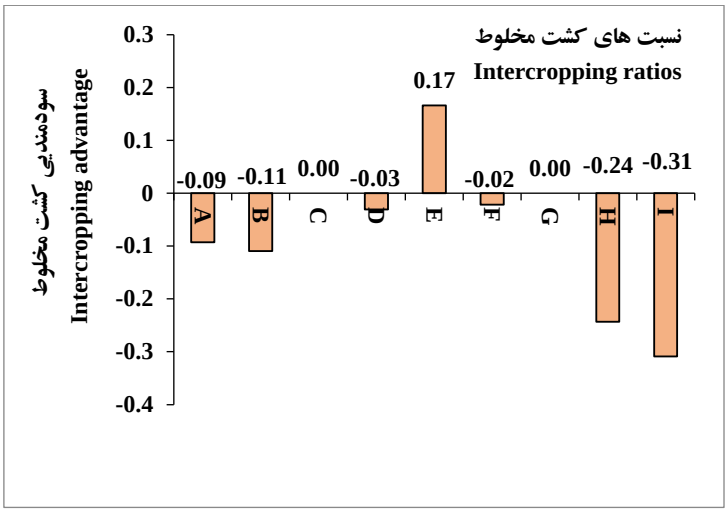


شکل ۳- تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط رازیانه و باقلای علوفه‌ای بر افزایش یا کاهش عملکرد واقعی (AYL). [٦ ردیف باقلای علوفه‌ای + ۳ ردیف رازیانه (A)، ٦ ردیف باقلای علوفه‌ای + ۲ ردیف رازیانه (B)، ٦ ردیف باقلای علوفه‌ای (C)، ٤ ردیف باقلای علوفه‌ای + ۲ ردیف رازیانه (D)، ۳ ردیف باقلای علوفه‌ای + ۳ ردیف رازیانه (E)، ۲ ردیف باقلای علوفه‌ای + ٤ ردیف رازیانه (F)، ٦ ردیف رازیانه (G)، ۲ ردیف باقلای علوفه‌ای + ٦ ردیف رازیانه (H) و ۳ ردیف باقلای علوفه‌ای + ٦ ردیف رازیانه (I)].

Fig. 3. Effect of faba bean:fennel intercropping on actual yield loss or gain (AYL). [6 Faba bean + 3 Fennel (A), 6 Faba bean + 2 Fennel (B), 6 Faba bean (C), 4 Faba bean + 2 Fennel (D), 3 Faba bean + 3 Fennel (E), 2 Faba bean + 4 Fennel (F), 6 Fennel (G), 2 Faba bean + 6 Fennel (H), 3 Faba bean + 6 Fennel (I)].

سودمندی کشت مخلوط: بیش‌ترین شاخص سودمندی کشت مخلوط (۰/۱۷) از کشت مخلوط ۳ ردیف باقلا + ۳ ردیف رازیانه و کم‌ترین میزان این شاخص نیز از کشت مخلوط ۲ و ۳ ردیف باقلا + ٦ ردیف رازیانه به‌ترتیب با ۰/۲٤- و ۰/۳۱- به‌دست آمد. به‌استثنای نسبت اختلاط ۳:۳ در کشت مخلوط جایگزینی در بقیه آن‌ها مقدار این شاخص منفی بود که نشان‌دهنده عدم سودمندی کشت مخلوط در این نسبت‌ها در مقایسه با کشت خالص آن‌ها می‌باشد. مطالعات بانیک (۱۹۹٦) نشان داد که در سری جایگزینی ۱:۱ شامل کشت مخلوط گندم + نخود، گندم + نخود علوفه‌ای و گندم + عدس سودمندی کشت مخلوط عدد مثبتی را نشان داد، درحالی‌که در سری جایگزینی ۲:۱ کشت‌های مخلوط شاخص سودمندی کشت مخلوط عدد منفی را نشان داد (۱۰). مثبت بودن شاخص سودمندی کشت مخلوط در نسبت اختلاط ۳:۳ ناشی از استفاده مطلوب از منابع محیطی نظیر نور، آب و عناصر غذایی و عدم وجود رقابت در این تیمار کشت مخلوط می‌باشد. در بقیه تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی مقدار این شاخص ارزیابی نزدیک به صفر بود که نشان‌دهنده سودمندی مشابه با کشت خالص هر یک از اجزای ترکیب گیاهی است که با توجه به بهره‌برداری مؤثر از منابع محیطی و با نظر به ایجاد تنوع زیستی و رعایت اصول کشاورزی پایدار چنین نسبت‌های کشت مخلوطی در مقایسه با کشت خالص هر از یک از اجزاء ترکیب گیاهی از ارجحیت برخوردار است. احمدی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که کم‌ترین میزان سودمندی کشت مخلوط از سری افزایشی ۱۰۰ درصد ماشک گل خوشه‌ای[1] + ٤٥ درصد جو[2] به‌دست آمد (۲).

1- *Vicia villosa* Roth
2- *Hordeum vulgare* L.



شکل ٤- تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط رازیانه و باقلای علوفه‌ای بر سودمندی کشت مخلوط (IA). [٦ ردیف باقلای علوفه‌ای + ٣ ردیف رازیانه (A)، ٦ ردیف باقلای علوفه‌ای + ٢ ردیف رازیانه (B)، ٦ ردیف باقلای علوفه‌ای (C)، ٤ ردیف باقلای علوفه‌ای + ٢ ردیف رازیانه (D)، ٣ ردیف باقلای علوفه‌ای + ٣ ردیف رازیانه (E)، ٢ ردیف باقلای علوفه‌ای + ٤ ردیف رازیانه (F)، ٦ ردیف رازیانه (G)، ٢ ردیف باقلای علوفه‌ای + ٦ ردیف رازیانه (H) و ٣ ردیف باقلای علوفه‌ای + ٦ ردیف رازیانه

Fig. 4. Effect of faba bean:fennel intercropping on intercropping advantage (IA). [6 Faba bean + 3 Fennel (A), 6 Faba bean + 2 Fennel (B), 6 Faba bean (C), 4 Faba bean + 2 Fennel (D), 3 Faba bean + 3 Fennel (E), 2 Faba bean + 4 Fennel (F), 6 Fennel (G), 2 Faba bean + 6 Fennel (H), 3 Faba bean + 6 Fennel (I)].

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که عملکرد ماده خشک باقلا، عملکرد و اجزای عملکرد رازیانه تحت‌تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط قرار می‌گیرد. بیش‌ترین عملکرد ماده خشک باقلا، عملکرد دانه و اسانس رازیانه از کشت خالص هر دو گیاه به‌دست آمد. با این‌حال، بیش‌ترین درصد اسانس رازیانه از کاربرد الگوهای کشت مخلوط به‌دست آمد. از آن‌جائی‌که انتخاب بهترین ترکیب کشت مخلوط از روی شاخص سودمندی و عملکرد واقعی کشت مخلوط انجام می‌گیرد. بر این اساس، سری‌های جایگزینی در مقایسه با سری‌های افزایشی از نظر شاخص سودمندی نسبی و عملکرد واقعی در وضعیت بهتری قرار داشتند. در بین الگوهای کشت سری‌های جایگزینی نیز الگوی کشت ٣ ردیف باقلا + ٣ ردیف رازیانه دارای بیش‌ترین سودمندی و عملکرد واقعی بود. این امر نشان می‌دهد که در این الگوی کشت مخلوط به نحو مطلوبی از منابع محیطی شامل نور، آب و عناصر غذایی بهره‌برداری شده و رقابت چندانی جهت دستیابی به آن‌ها صورت نگرفته است. به عبارتی دیگر، تفکیک آشیانه‌های بوم‌شناختی در این الگوی کشت مخلوط به نحو مطلوبی صورت گرفته است که در نتیجه آن شاخص عملکرد واقعی نیز افزایش نشان داده است. از این‌رو، کشت مخلوط باقلا + رازیانه با نسبت اختلاط ٥٠:٥٠ در قالب سری‌های جایگزینی جهت دستیابی به بیش‌ترین سودمندی در شرایط آب و هوایی نیمه خشک توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری گروه زراعت و اصلاح نباتات و مسئولین محترم آزمایشگاه و مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان که در اجرای این تحقیق کمال همکاری را داشتند، صمیمانه قدردانی می‌گردد.

منابع

1.Aghababa Dastjerdi, M., Amini Dahaghi, M., Chaichi, M.R. and Basaghzadeh, Z. 2014. The effect of different fertilization systems on nutrititative and qualitative characteristics medicine forage (Case study: alfalfa and fennel). J. Crop Improv. 16: 111-125. (In Persian)

2.Ahmadi, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Zehtab Salmasi, S., Amini, R. and Janmohammadi, H. 2010. Evaluation of yield and advantage indices in barley and vetch intercropping. J. Agric. Sci. Sust. Prod. 20: 77-87. (In Persian)

3.Alizadeh, Y., Koocheki, A. and Nassiri Mahallati, M. 2010. Investigating of growth characteristics, yield, yield components and potential weed control in intercropping of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and vegetative sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Agroecol. 2: 383-397. (In Persian)

4.Amani Machiani, M., Javanmard, A. and Shekari, F. 2017. The effect of intercropping patterns on peppermint (*Mentha piperita* L.) dry biomass yield and essential oil content and faba bean (*Vicia faba* L.) seed yield. J. Crop. Proc. 7: 79-97. (In Persian)

5.Amani Machiani, M., Javanmard, A., Morshedloo, M.R. and Maggi, F. 2018. Evaluation of yield, essential oil content and compositions of peppermint (*Mentha piperita* L.) intercropped with faba bean (*Vicia faba* L.). J. Clean. Prod. 171: 529-537.

6.Amani Machiani, M., Rezaei-Chiyaneh, E., Javanmard, A., Maggi, F. and Morshedloo, M.R. 2019. Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed yield and quali-quantitative production of the essential oils from fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) in intercropping system under humic acid application. J. Clean. Prod. 235: 112-122.

7.Asgharipour, M.R. and Khatamipour, M. 2013. Effects of farmyard manure application on weed control and yield in millet-mungbean intercropping. J. Crop Improv. 15: 175-190. (In Persian)

8.Azimi, S. and Vaez, N. 2019. Comparison of population of *Aphis fabae* and its natural enemies and yield in intercropping of faba bean (*Vicia faba*) and marigold (*Calendula officinalis*). J. Agr. Sci. Sus. Prod. 29: 305-317. (In Persian)

9.Bagheri Shirvan, M., Zaefarian, F., Akbarpour, V., Asadi, G.A. and Bicharanlou, B. 2012. Assessment of growth indices of soybean, vegetative sweet basil and borage in intercropping different ratios. J. Plant Prod. Res. 19: 1-26. (In Persian)

10.Banik, P. 1996. Evaluation of wheat (*Triticum aestivum*) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row-replacement series system. J. Agron. Crop Sci. 176: 289-294.

11.Choi, B. and Daimon, H. 2008. Effect of hairy vetch incorporated as green manure on growth and N uptake of sorghum crop. Plant Prod. Sci. 11: 211-216.

12.Dordas, C.A., Vlachostergios, D.N. and Lithourgidis, A.S. 2012. Growth dynamics and agronomic- economic benefits of pea-oat and pea-barley intercrops. Crop Pasture Sci. 63: 45-52.

13.Eskandari, H. and Aalizadeh-Amraie, A. 2018. Effect of planting pattern and alternate furrow irrigation on productivity of water and land under wheat and Persian clover intercropping. J. Water Res. Agr. (Soil and Water Sci.). 32: 179-186. (In Persian)

14.Gholinezhad, E. and Rezaei-Chiyaneh, E. 2014. Evaluation of grain yield and quality of black cumin (*Nigella sativa* L.) in intercropping with chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iran. J. Field Crop Sci. (IJFCS) 16: 236-249. (In Persian)

15.Habibzadeh, F., Hazrati, S., Asghari, B., Gholamhoseini, M. and Javad Nikjouyan, M. 2018. Evaluation of of yield, essential oil and productivity indices in different planting combinations in the intercropping of hyssop (*Hyssopus officinalis*) and lentil (*Lens culinaris*). J. Plant Prod. Res. 5: 3. 83-99. (In Persian)

16.Jahani, M., Koocheki, A. and Nassiri Mahallati, M. 2008. Comparison of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and lentil (*Lens culinaris* L.). Iran. J. Field Crop Res. (IJFCR) 6: 67-78. (In Persian)
17.Jamshidi, K., Mazaheri, D., Majnoun Hosseini, N., Rahimian, H. and Peyghambari, A. 2008. Evaluation of yield in intercropping of maize and cow pea. Pajouhesh and Sazandegi. 80: 110-118. (In Persian)
18.Khorramdel, S., Siahmargue, A. and Mohmoodi, G. 2016. Effect of replacement and additive intercropping series of ajowan with bean on yield and yield components. J. Crop Prod. 9: 1-24. (In Persian)
19.Maffei, M. and Mucciarelli, M. 2003. Essential oil yield in peppermint/ soybean strip intercropping. Field Crops Res. 84: 229-240.
20.Malik, A.A., Suryapani, S. and Ahmad, J. 2011. Chemical vs. organic cultivation of medicinal and aromatic plants: the choice is clear. Int. J. Med. Aromat. Plants 1: 5-13.
21.Mansouri, L., Jamshidi, K., Rastgoo, M., Saba, J. and Mansouri, H. 2013. The effect of additive maize-bean intercropping on yield, yield components and weeds control in Zanjan climate conditions. Iran. J. Field Crop Res. (IJFCR) 11: 483-492. (In Persian)
22.McLaughlin, A., and Mineau, P. 1995. The impact of agricultural practices on bioeliversity. Agric. Ecosyst. Environ. 55: 201-212.
23.Mirhashemi, M., Koocheki, A., Parsa, M. and Nassiri Mahallati, M. 2009. Evaluation of growth indices of ajowan and fenugreek in pure culture and intercropping based on organic agriculture. Iran. J. Field Crop Res. (IJFCR). 7: 685-694. (In Persian)
24.Mohammadi, H. and Rezaei-Chiyaneh, E. 2019. Effect of vermicompost application on seed yield and quality in faba bean (*Vicia faba* L.) and fennel (*Foeniculum vulgare* L.) intercropping. Iran. J. Crop. Sci. 21: 139-154. (In Persian)
25.Nakhzari Moghaddam, A. 2016. Effects of nitrogen and different intercropping arrangements of barley (*Hordeum vulgare* L.) and pea (*Pisum sativum* L.) on forage yield and competitive indices. Agroecol. 8: 47-58. (In Persian)
26.Pandita, A.K., Shah, M.H. and Bali, A.S. 2000. Effect of row ratio in cereal-legume intercropping systems on productivity and competition functions under Kashmir conditions. Indian J. Agron. 45: 48-53.
27.Parsa, M. and Bagheri, R. 2008. Pulses. Jihad-e-Daneshghahi Publication, Mashhad, Iran, 355p. (In Persian)
28.Ranjbar, F. and Koocheki, A. and Nassiri Mahallati, M. 2016. Effect of intercropping paterns of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.), Sesame (*Sesamum indicum*) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on growth, qualitative and quantitative characters and yield components. J. Hort. Sci. 30: 406-416. (In Persian)
29.Rezaei-Chiyaneh, E., Amirnia, R., Amani Machiani, M., Javanmard, A., Maggi, F. and Morshedloo, M.R. 2020. Intercropping fennel (*Foeniculum vulgare* L.) with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by PGPR inoculation: a strategy for improving yield, essential oil and fatty acid composition. Sci. Hort. 261: 108951.
30.Rezvani Moghadam, P. and Moradi, R. 2012. Assessment of planting date, biological fertilizer and intercropping on yield and essential oil of cumin and fenugreek. Iran. J. Field Crop Sci. (IJFCS). 43: 217-230. (In Persian)
31.Rostaei, M., Fallah, S., Lorigooini, Z. and Abbasi Surki, A. 2018. Crop productivity and chemical compositions of black cumin essential oil in sole crop and intercropped with soybean under contrasting fertilization. Ind. Crops Prod. 125: 622-629.
32.Sadri, S., Poor Yousef, M. and Soleimani, A. 2015. Evaluation of yield, essential oil and productivity indices in fennel and fenugreek intercropping. J. Crop Improv. 16: 921-932. (In Persian)

33. Salehi, Z., Amirnia, R., Rezaei-Chiyaneh, E. and Khalilvandi Behrozyar, H. 2018. Evaluation of yield and some qualitative traits of forage in intercropping of triticale with annual legumes. J. Agric. Sci. Sus. Prod. 28: 59-76. (In Persian)
34. Vandermeer, J. 1989. The Ecology of Intercropping. Cambridge University Press, 237p.
35. Wodnicka, A., Huzar, E., Krawczyk, M. and Kwiecien, H. 2019. Synthesis and antifungal activity of new salicylic acid derivatives. Pol. J. Chem. Technol. 19: 143-148.
36. Zimdahl, R.L. 2007. Fundamentals of Weed Science. Academic Press, 758p.