

Improving Yield and Essential Oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill) Intercropping with Fodder Plants under different Management of Soil Fertility

Elahe Tashakorifard¹, Gholam Reza Mohsenabadi^{2*}, Seyed Mohammad Reza Ehteshami², Samaneh Asadi-Sanam³

Received: August 15, 2023

Accepted: June 13, 2024

1-PhD. in Agronomy, University of Guilan, Guilan, Iran.

2-Assoc. Prof., Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Guilan, Iran.

3-Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education & Extension Organization (AREEO), Tehran, Tehran, Iran.

*Corresponding Author: E-mail: mohsenabadi@guilan.ac.ir

Abstract

Background and Objectives: Lack of fodder and increasing demand for medicinal plants in the country has led to the necessity of producing these plants in a safe and healthy way. Therefore, intercropping and reducing the use of chemical fertilizers by replacing them with biological and organic fertilizers are very important for the production of these plants. In this research, the ability to biennial medicinal plant fennel with annual fodder plants was evaluated in order to achieve proper yield in a sustainable manner.

Materials and Methods: This experiment was conducted during two crop years of 2017-2018 in the research farm of the Research Institute of Forests and Ranges, Karaj, Iran, as a factorial experiment in the form of a randomized complete block design and in three replications. The experimental treatments include fertilizer levels (100% of NPK chemical fertilizers, a mixture of biofertilizers Aztobarur1, Phosphatebarvar2 and Petabarvar2, vermicompost (six t.h⁻¹), a combination of 50% chemical fertilizers+biofertilizers+vermicompost and a combination of 75% chemical fertilizers+biofertilizers+vermicompost) and replacement mixed crop ratios (pure cultivation of fennel, hairy vetch and forage corn, ratio 1:1 fennel:forage plant, ratio 2:1 fennel:forage plant and ratio 1:2 fennel:forage plant). growth period of fennel is about six months, and during this period, the fennel first grew to the stage of rapid growth next to the fennel and after harvesting the fennel at 50% flowering, the corn plant was planted.

Results: The results showed that the effect of cultivation patterns and soil fertility management on the quantitative and qualitative yield of fennel is significant. Also, the highest plant growth and yield was observed in all cultivation patterns and fertilizer treatments in the second year of the experiment compared to the first year. The highest plant height (148 cm) and the number of seeds in the umbrella (182) were obtained for pure cultivation with the combination of 75% of chemical fertilizers+biological fertilizers+vermicompost in the second year. While the highest number of sub-branches (14), thousand seed weight (4 gr), seed yield (1964 kg.ha⁻¹) and essential oil yield (35 kg. ha⁻¹) are related to 1:1 ratio of fennel: fodder plants in the same fertilizer treatment in 2017.

Conclusion: In general, the application of intercropping and fertilizer treatments increased the quantitative and qualitative characteristics of fennel in both years. So that in the first year, due to the initial slow growth of fennel and the low height of hairy vetch, both plants benefited positively from intercropping, and after fennel started to grow rapidly, hairy vetch was harvested and fodder corn was planted instead. It was cultivated that both plants grew well in intercropping. In the second year, due to the presence of fennel in the field, intercropping was more beneficial than pure cultivation of fennel.

Keywords: Corn, Essential Oil Yield, Hairy Vetch, Vermicompost, Thousand Grain Weight

بهبود عملکرد و اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill) در کشت مخلوط با گیاهان علوفه‌ای تحت مدیریت‌های مختلف حاصلخیزی خاک

اللهه تشکری فرد^۱، غلامرضا محسن آبادی^{۲*}، سید محمدرضا احتشامی^۲، سمانه اسدی صنم^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۲۴	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۴
--------------------------	-------------------------

۱-دانش آموخته دکتری زراعت، دانشگاه گیلان

۲-دانشیار، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

۳-استادیار، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

چکیده

مقدمه و اهداف: کمبود علوفه و افزایش تقاضا برای گیاهان دارویی در کشور منجر به ضرورت تولید این گیاهان را به شیوه‌ای ایمن و سالم شده است. از این رو، کشت مخلوط و کاهش استفاده از کودهای شیمیایی توسط جایگزینی با کودهای زیستی و آلی جهت تولید این گیاهان بسیار مهم می‌باشد. در این پژوهش قابلیت کشت گیاه دارویی دو ساله رازیانه همراه با گیاهان یک ساله علوفه‌ای در جهت دستیابی به عملکرد مناسب به شیوه‌ای پایدار مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: این آزمایش، طی دو سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور-کرج، به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سطوح کود (۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی NPK، مخلوطی از کودهای زیستی ازتوبارور، فسفات بارور ۲ و پتابارور ۲، ورمی‌کمپوست (شش تن در هکتار)، تلفیق ۵۰ درصد کودهای شیمیایی + کودهای زیستی + ورمی‌کمپوست و تلفیق ۷۵ درصد کودهای شیمیایی + کودهای زیستی + ورمی‌کمپوست) و نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی (کشت خالص رازیانه، ماشک گل خوشه‌ای و ذرت علوفه‌ای، نسبت ۱:۱ رازیانه:گیاه علوفه‌ای، نسبت ۲:۱ رازیانه:گیاه علوفه‌ای و نسبت ۱:۲ رازیانه:گیاه علوفه‌ای) بود. دوره رسیدگی دانه رازیانه حدود شش ماه می‌باشد که در طی این مدت، ابتدا رازیانه تا مرحله رشد سریع در کنار ماشک گل خوشه‌ای رشد کرده و پس از برداشت ماشک در ۵۰ درصد گلدهی، گیاه ذرت مورد کاشت قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که اثر الگوهای کشت و مدیریت‌های حاصلخیزی خاک بر عملکرد کمی و کیفی رازیانه معنی‌دار می‌باشد. همچنین، بیشترین رشد و عملکرد گیاه در تمامی الگوهای کشت و تیمارهای کودی در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول مشاهده شد. بیشترین ارتفاع بوته (۱۴۸ سانتی‌متر) و تعداد دانه در چتر (۱۸۲) برای کشت خالص با تلفیق ۷۵ درصد کودهای شیمیایی + کودهای زیستی + ورمی‌کمپوست در سال دوم به دست آمد. در حالی که بیشترین تعداد شاخه فرعی (۱۴)، وزن هزار دانه (چهار گرم)، عملکرد دانه (۱۹۶۴ کیلوگرم بر هکتار) و عملکرد اسانس (۳۵ کیلوگرم در هکتار) مربوط به نسبت ۱:۱ رازیانه:گیاهان علوفه‌ای در همان تیمار کودی و سال ۱۳۹۷ بود.

نتیجه‌گیری: در مجموع، به کارگیری کشت مخلوط و تیمارهای کودی در هر دو سال آزمایش ویژگی‌های کمی و کیفی رازیانه را افزایش داد. به طوری که در سال اول به دلیل رشد بطئی ابتدایی رازیانه و ارتفاع کم ماشک گل خوشه‌ای، هر دو گیاه به طور مثبت از مزایای کشت مخلوط برخوردار شدند و پس از ورود رازیانه به رشد سریع، ماشک برداشت شد و

به جای آن ذرت علوفه‌ای کشت شد که به خوبی هر دو گیاه در کشت مخلوط رشد کردند. در سال دوم نیز به علت اینکه رازیانه در مزرعه حضور داشت، کاشت مخلوط به طور کامل نسبت به تک کشتی رازیانه مفید بود.

واژه‌های کلیدی: ذرت، عملکرد اسانس، ماشک گل خوشه‌ای، ورمی‌کمپوست، وزن هزار دانه

مقدمه

طبق اعلام سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو)، جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ به بیش از نه میلیارد نفر، افزایش خواهد یافت؛ اما استفاده گسترده از روش‌های نامناسب در کشاورزی از قبیل مصرف بی رویه کودهای شیمیایی و تمرکز بر تک کشتی گیاهان زراعی، مسائل زیست‌محیطی بسیاری را به دنبال داشته که دغدغه اصلی جهانی می‌باشد (اولیوریا و همکاران ۲۰۲۰). کشاورزی از سویی درصدد فراهم سازی غذای جمعیت رو به افزایش و از سوی دیگر، به دنبال انطباق شیوه‌های افزایش تولید با اهداف اقتصادی، اجتماعی و محیطی است. از جمله این شیوه‌های مدیریتی، کشت مخلوط است که به دلیل افزایش کارایی استفاده از منابع به ویژه نور، آب و نیتروژن در مقایسه با تک کشتی دارای برتری می‌باشد. رشد دو یا چند گیاه به طور همزمان در یک مکان منجر به برقراری روابط مکملی و بهره‌وری مطلوب‌تر از عامل زمان و مکان و افزایش قدرت تولیدی اکوسیستم می‌شود (رنجبر و همکاران ۲۰۱۶).

علیزاده و همکاران (۲۰۱۰) با مطالعه کشت مخلوط نواری و ردیفی ریحان^۱ و لوبیا^۲ نشان دادند که عملکرد اسانس ریحان در کشت مخلوط چهار ردیف ریحان با دو ردیف لوبیا، بیشتر از سایر تیمارها بود. در بررسی اثر الگوهای کشت مخلوط ردیفی سه گونه رازیانه، کنجد^۳ و لوبیا بر ویژگی‌های رشد، عملکرد کمی و کیفی و اجزای عملکرد، نتایج حاکی از اثر معنی‌دار تیمارهای کشت بر عملکرد زیستی، شاخص برداشت، تعداد چتر در بوته، تعداد چتر بارور در بوته و اسانس بخش رویشی رازیانه داشت (رنجبر و همکاران ۲۰۱۶).

کاربرد ریزجانداران مفید خاکزی از قبیل ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه^۴، با سازوکارهای

مختلف شامل ترسیب آهن با تولید سیدروفور، تثبیت نیتروژن، حلالیت فسفات و پتاسیم، افزایش زیست فراهمی عناصر معدنی خاک، مهار عوامل بیماری‌زا و تولید هورمون‌های تنظیم کننده رشد، قادر به افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌باشد (فاطمی دوین و همکاران ۲۰۲۱). ورمی‌کمپوست نیز یک کود آلی غنی از مواد مغذی است که از فعل و انفعالات بین کرم خاکی^۵ و ریزجانداران در طی تجزیه مواد آلی حاصل می‌شود. این کود دارای نسبت پایین کربن به نیتروژن، تخلخل بالا و ظرفیت نگهداری زیاد آب بوده که مواد مغذی موجود در آن به راحتی در دسترس گیاه قرار می‌گیرد (بھونیا و همکاران ۲۰۲۱).

در مطالعه کوردی و همکاران (۲۰۱۷) بالاترین عملکرد و درصد اسانس ریحان، در تلفیق با کود زیستی نیتروکسین و ۵۰ درصد غلظت کودهای شیمیایی به دست آمد. همچنین، در هر دو روش تک کشتی و کشت مخلوط ریحان با ذرت، بیشترین عملکرد خشک و نسبت برابری زمین، مربوط به کاربرد باکتری‌ها بود. تلقیح همزمان سویه‌های *Bacillus pseudomonas fluorescens* و *P. putida* SJ04 در نعنای فلفلی^۶ منجر به افزایش ویژگی‌های رشدی، افزایش غلظت ترکیب‌های آلی فرار و ترکیب کل فنولی در مقایسه با گیاهان بدون تلقیح شد (دل روساریو کاپلاری و همکاران ۲۰۱۷). محمدی و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای بر ویژگی‌های مورفولوژیک و عملکرد اسانس مرزه خوزستانی^۷ نشان دادند که تیمار تلفیقی کودهای شیمیایی (NPK) و زیستی (*Glomus intraradices* و *Glomus mosseae*) منجر به بیشترین ارتفاع بوته، ماده خشک، بازده و عملکرد اسانس گیاه شد.

⁵ *Eisenia foetida*

⁶ *Mentha piperita* L.

⁷ *Satureja khuzistanica* Jamzad

¹ *Ocimum basilicum* L.

² *Phaseolus vulgaris* L.

³ *Sesamum indicum*

⁴ Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)

مواد و روش‌ها

این مطالعه، در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور-کرج، طی دو سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد. این منطقه دارای طول و عرض جغرافیایی به ترتیب ۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی و ۳۵ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۱۳۲۱ متری از سطح دریا قرار دارد. پیش از اجرای آزمایش، از خاک مزرعه نمونه برداری انجام شد که نتایج آن در جدول ۱ مشاهده می‌شود. داده‌های هواشناسی نیز از ایستگاه هواشناسی دانشگاه تهران جمع‌آوری شد (جدول ۲).

رازیانه از خانواده چتریان، یک گیاه دارویی دو یا چند ساله می‌باشد که اسانس دانه آن از مهم‌ترین طعم دهنده‌ها به شمار می‌رود. اسانس رازیانه دارای ویژگی آنتی‌اکسیدانی، ضد التهاب، ضد میکروب، ضد قارچ و تسکین درد می‌باشد (آلام و همکاران ۲۰۱۹). با توجه به تقاضای روزافزون به استفاده از گیاهان دارویی و لزوم استفاده از نظام‌های کشاورزی پایدار به منظور بهبود کمی و کیفی عملکرد گیاهان دارویی و علوفه‌ای و از آنجایی که پژوهش‌های اندکی در زمینه اثر کشت مخلوط رازیانه بر عملکرد کمی و کیفی آن در سال دوم انجام شده است، این پژوهش با هدف ارزیابی کشت مخلوط گیاه دارویی رازیانه با گیاهان علوفه‌ای یک ساله اجرا شد.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک

سال	بافت خاک	هدایت الکتریکی (dS.m^{-1})	اسیدیته	ماده آلی (%)	نیترژن کل (%)	فسفر (mg.kg^{-1})	پتاسیم (%)
۱۳۹۶	شنی-لومی	۱/۲	۷/۲	۰/۵	۰/۰۹۵	۷	۰/۱۴
۱۳۹۷	شنی-لومی	۱/۵	۷	۰/۵	۰/۱	۶/۳	۰/۱۶

جدول ۲- ویژگی‌های آب و هوایی طی دوره رشد گیاه در سال‌های ۹۷-۱۳۹۶

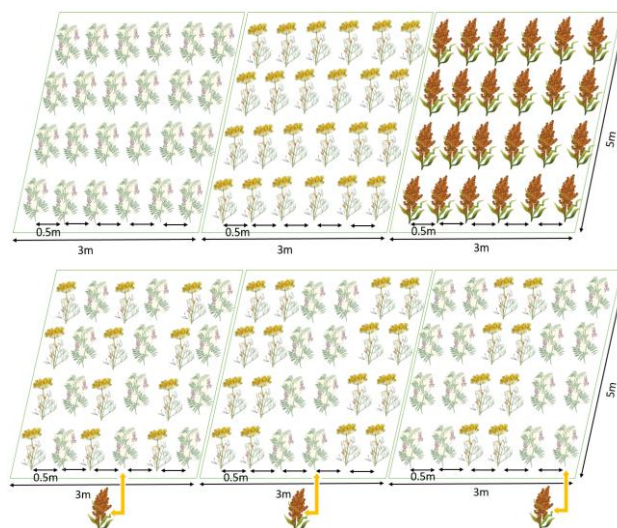
۱۳۹۶	دما (درجه سانتی‌گراد)	رطوبت (%)	بارش (mm)	ساعات آفتابی		
	کمترین	بیشترین	کمترین	بیشترین		
فروردین	۷	۱۸/۳	۳۵	۶۵	۲۲۳/۹	۳
اردیبهشت	۱۲/۶	۲۴/۵	۶۹	۹۳	۲۲۷/۳	۰/۴
خرداد	۱۵/۵	۳۴/۴	۵۴	۹۳	۳۵۰/۱	۰
تیر	۱۹/۲	۳۵	۵۷	۹۴	۳۳۸/۸	۰
مرداد	۱۹/۷	۳۷/۷	۵۹	۹۳	۳۵۸/۹	۰
شهریور	۱۶/۹	۳۲	۶۱	۹۰	۳۳۰/۳	۰
کل	۹۰/۹	۱۸۱/۹	۳۳۵	۵۲۸	۱۸۲۹/۳	۳/۴
میانگین	۱۵/۱۵	۳۰/۳	۵۵/۸	۸۸	۳۰۴/۸	—
۱۳۹۷						
فروردین	۷/۹	۱۷/۵	۳۵	۷۴	۱۸۷/۱	۰/۱
اردیبهشت	۱۲/۸	۲۶/۶	۲۵	۷۳	۲۸۳/۶	۱/۷
خرداد	۱۶/۳	۳۲/۸	۱۲	۵۴	۳۸۵/۴	۰
تیر	۱۹/۳	۳۵/۸	۱۳	۵۷	۳۶۴/۶	۰
مرداد	۱۹/۹	۳۵/۹	۱۵	۵۸	۳۶۵/۴	۰
شهریور	۱۷/۶	۳۳/۲	۱۴	۵۲	۳۴۲/۱	۰
کل	۹۳/۸	۱۸۱/۸	۱۱۳	۳۶۸	۱۹۲۸/۲	۱/۸
میانگین	۱۵/۶	۳۰/۳	۱۸/۳	۶۱/۳	۳۲۱/۳	—

مقادیر کودهای شیمیایی به ۷۵ و ۵۰ درصد غلظت‌های بیان شده کاهش یافت. کودهای فسفات و پتاسیم قبل از کشت و کود نیتروژنی، ۳۰ درصد به صورت پایه، ۴۰ درصد در مرحله ساقه روی رازیانه (بعد از برداشت ماشک گل خوشه‌ای) و ۳۰ درصد در مرحله گلدهی، مصادف با چهار تا شش برگی ذرت اضافه شد.

در این آزمایش، ابتدا رازیانه در اوایل فروردین ماه سال ۱۳۹۶ به همراه ماشک گل خوشه‌ای در کرت‌هایی به ابعاد ۱۵ متر مربع کشت شد. در هر کرت شش ردیف کاشت به فاصله ۰/۵ متر وجود داشت و فاصله تکرارها یک متر در نظر گرفته شد. در نسبت ۱:۱ رازیانه: ماشک گل خوشه‌ای، سه ردیف رازیانه و سه ردیف ماشک گل خوشه‌ای به صورت یک در میان کشت شد. در نسبت ۱:۲ رازیانه: ماشک گل خوشه‌ای، چهار ردیف رازیانه و دو ردیف ماشک گل خوشه‌ای وجود داشت و در نسبت ۱:۲ رازیانه: ماشک گل خوشه‌ای، دو ردیف رازیانه و چهار ردیف ماشک گل خوشه‌ای کشت شد.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با دو عامل، عامل اول پنج سطح کود (کودهای زیستی (ازتوبارور ۱، فسفات بارور ۲ و پتاربور ۲)، ورمی‌کمپوست، ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی NPK، تلفیق ۵۰ درصد کودهای شیمیایی+کودهای زیستی+ورمی‌کمپوست و تلفیق ۷۵ درصد کودهای شیمیایی+کودهای زیستی+ورمی‌کمپوست) و عامل دوم شش الگوی کاشت (کشت خالص رازیانه، ذرت علوفه‌ای و ماشک گل خوشه‌ای، کشت مخلوط جایگزینی با نسبت ۱:۱ رازیانه: گیاهان علوفه‌ای، نسبت ۲:۱ رازیانه: گیاهان علوفه‌ای و نسبت ۱:۲ رازیانه: گیاهان علوفه‌ای بود. گیاهان به کار رفته در آزمایش شامل رازیانه (توده همدان)، ماشک گل خوشه‌ای^۸ و ذرت علوفه‌ای (رقم NS640) می‌باشد.

جهت اعمال تیمارهای ۱۰۰ کودهای شیمیایی بر اساس نیاز گیاه رازیانه از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم پودری استفاده شد. در تیمارهای تلفیقی نیز



شکل ۱- تصویر شماتیک الگوهای کشت

زمان در سال اول رشد رازیانه مصادف با ورود آن به مرحله ساقه‌روی بود و گیاه ارتفاع زیادی نداشت. بعد از اتمام برداشت ماشک گل خوشه‌ای به سرعت نسبت به

رازیانه گیاهی با دوره رشد طولانی (حدود شش ماه) می‌باشد، بنابراین، پس از رسیدن ماشک به ۵۰ درصد گلدهی در اوایل خرداد ماه جهت علوفه برداشت شد. این

⁸ *Vicia villosa*

کاشت ذرت اقدام شد. از این زمان تا اواخر شهریور ماه رازیانه ادامه دوران رشد خود را همراه با ذرت سپری کرد (شکل ۱). در این آزمایش، فاصله روی ردیف برای رازیانه ۲۰ سانتی متر برای ذرت ۲۵ سانتی متر و برای ماشک گل خوشه ای ۲۵۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که جهت بررسی عملکرد کمی و کیفی رازیانه و مقایسه مزیت کشت مخلوط گیاهان در سال دوم نسبت به سال اول، در طی پاییز و زمستان گیاه در مزرعه باقی ماند و در سال بعد، دوباره تیمارها اعمال شد.

پس از تجزیه خاک و ورمی کمپوست (جدول ۳)، شش تن در هکتار ورمی کمپوست (محصول شرکت گلباران سبز گیلان)، پیش از کاشت به لایه ۵۰ سانتی متری خاک

اضافه و به خوبی مخلوط شد. کودهای زیستی شامل ازتو بارور ۱ (*Azotobacter vinelandii* O4)، فسفات بارور ۲ (*Pantoea agglomerans* P5، *Pseudomonas putida* P13) و پتا بارور ۲ (*Pseudomonas koreensis*، *Pseudomonas vancouverensis*) (محصول شرکت زیست فناور سبز) بود که به مقدار ۱۰۰ گرم در هکتار محاسبه (مطابق دستور شرکت) و در آب رقیق شد تا به سوسپانسیون تبدیل شود. در نهایت، سوسپانسیون به دست آمده صاف شد و قبل از کشت، پس از محاسبه بذر برای هر تیمار، بذرها در سوسپانسیون قرار گرفت و در نهایت، در سایه پهن شد تا خشک شود، سپس به سرعت اقدام به کاشت بذرها شد.

جدول ۳- ویژگی های شیمیایی ورمی کمپوست

هدایت الکتریکی (dS.m ⁻¹)	اسیدیته	ماده آلی (%)	نیتروژن (%)	فسفر (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم (%)
۵/۳	۷	۶	۲/۲	۰/۷	۹/۳

نتایج و بحث

همان گونه که در جدول تجزیه واریانس مرکب مشاهده می شود، اثر ساده سال های آزمایش بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در ساقه اصلی، تعداد چتر در ساقه اصلی و وزن هزار دانه معنی دار بود. همچنین، اثر ساده الگوهای کشت و مدیریت حاصلخیزی خاک بر ویژگی های مذکور، معنی دار ($p < 0.01$) شد. برهمکنش الگوهای کشت در مدیریت حاصلخیزی خاک تنها بر ارتفاع بوته و وزن هزار دانه اثر معنی دار نشان داد و بر سایر ویژگی ها معنی دار نبود. برهمکنش سال در الگوهای کشت در مدیریت حاصلخیزی خاک نیز فقط بر تعداد شاخه فرعی از نظر آماری معنی دار ($p < 0.05$) شد (جدول ۴).

ارتفاع بوته

مطابق با نتایج مقایسه میانگین، در سال دوم ارتفاع بوته رازیانه نسبت به سال اول به طور معنی داری افزایش نشان داد. از سوی دیگر، در هر دو سال بیشترین ارتفاع

آبیاری به صورت قطره ای-نواری بر اساس شرایط جوی منطقه اعمال و وجین علف های هرز به صورت دستی انجام شد. رازیانه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک جهت ارزیابی اجزای عملکرد و پس از رسیدگی دانه جهت تعیین عملکرد دانه و مقدار اسانس برداشت شد. بازده اسانس با استفاده از روش تقطیر با آب به وسیله دستگاه کلونجر به مدت دو ساعت، اندازه گیری (میگوئل و همکاران ۱۹۷۶) و عملکرد اسانس از حاصل ضرب بازده اسانس در عملکرد ماده خشک محاسبه شد. پس از انجام آزمون بارتلت، تجزیه مرکب برای ویژگی هایی (ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد چتر و وزن هزار دانه) که در آنها سال های آزمایش همگن بود، صورت گرفت و برای سایر ویژگی ها (قطر چتر، تعداد دانه در چتر، عملکرد دانه، بازده اسانس و عملکرد اسانس) از تجزیه ساده استفاده شد. تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار آماری SAS v.9.2 و مقایسه میانگین ها نیز با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.

بوته مربوط به تیمارهای تلفیقی بود. به طوری که در سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ کاربرد تیمارهای ۵۰ و ۷۵ درصد کودهای شیمیایی+کودهای زیستی+ورمی کمپوست در حدود ۴۱ و ۱۳ درصد به ترتیب، ارتفاع بیشتری در مقایسه با کاربرد جداگانه کودها داشتند (شکل ۲). کشت خالص رازیانه در زمان کاربرد ۷۵ درصد کودهای شیمیایی+کودهای زیستی+ورمی کمپوست، بیشترین ارتفاع را نشان داد که با نسبت ۲:۱ رازیانه:گیاهان علوفه-ای اختلاف معنی دار نداشت. ترکیب‌های تیماری بیان شده ۴۹ درصد، نسبت زمانی که کودهای زیستی و ورمی-کمپوست به طور جداگانه در نسبت ۱:۱ رازیانه:گیاهان علوفه‌ای استفاده شد، ارتفاع بوته بیشتری به دنبال داشت (شکل ۳).

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب اثر الگوهای کشت، مدیریت حاصلخیزی خاک و برهمکنش آنها بر اجزای عملکرد رازیانه در سال‌های ۹۷-۱۳۹۶

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی	تعداد چتر	وزن هزار دانه
سال	۱	۳۴۶۴۷۲/۵**	۶۱۰۴**	۲۳۲۴**	۳۴/۷**
تکرار (سال)	۴	۱۰۵۳۴	۰/۱	۹	۰/۱۹
الگوی کشت	۵	۱۲۱۰**	۳/۷**	۳۴/۲**	۱۱/۶**
مدیریت حاصلخیزی خاک	۴	۳۹۳۳/۵**	۲۷/۳**	۵۲۲**	۲۰/۳**
سال×الگوی کشت	۳	۱۳۰ ^{ns}	۰/۱ ^{ns}	۱/۳ ^{ns}	۰/۱۱**
سال×مدیریت حاصلخیزی خاک	۴	۵۰۲**	۰/۰۳ ^{ns}	۲۳*	۰/۱۵**
لگوی کشت×مدیریت حاصلخیزی خاک	۱۲	۱۷۳/۲**	۰/۳ ^{ns}	۹/۶ ^{ns}	۰/۱۸**
سال×الگوی کشت×مدیریت حاصلخیزی خاک	۱۲	۸۴ ^{ns}	۰/۴*	۵/۳ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}
خطا	۷۶	۵۵	۰/۲۴	۹/۵	۰/۰۲
ضریب تغییرات (%)	-	۶/۵	۴	۱۳/۴	۵

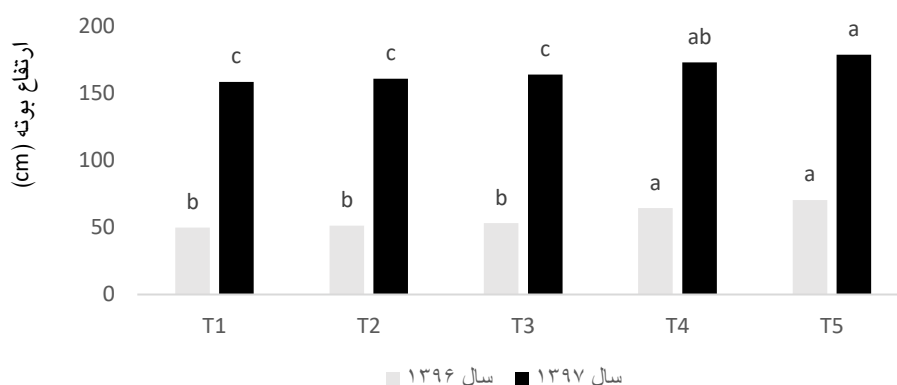
جدول ۵- تجزیه واریانس ساده اثر الگوهای کشت، مدیریت حاصلخیزی خاک بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس رازیانه در سال‌های ۹۷-۱۳۹۶

سال	منابع تغییر	درجه آزادی	قطر چتر	تعداد دانه در چتر	عملکرد دانه (Kg.ha ⁻¹)	بازده اسانس	عملکرد اسانس (Kg.ha ⁻¹)
۱۳۹۶	تکرار	۲	۱۳/۴**	۱۲۰ ^{ns}	۲۴۳۱۱/۴ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۲۷/۲*
	الگوی کشت	۵	۵۳/۷**	۲۵۶۹/۲**	۱۳۰۸۷۵/۷**	۴**	۵۳۶**
	مدیریت حاصلخیزی خاک	۴	۸۳/۴**	۸۸۳۳/۸**	۳۴۷۹۳۰/۶**	۶**	۹۷۴/۴**
	الگوی کشت×مدیریت حاصلخیزی خاک	۱۲	۲ ^{ns}	۶۵ ^{ns}	۸۷۹۸/۶ ^{ns}	۰/۱۶**	۳۸/۳**
	خطا	۳۸	۱/۲	۴۷/۵	۸۲۰۴/۶	۰/۰۴	۷/۸
	ضریب تغییرات (%)	-	۱۴	۵/۷	۱۴	۸	۱۶/۷
۱۳۹۷	تکرار	۲	۲۵۸/۲**	۲۲۵۷/۲**	۲۳۰۶۲۱/۴**	۰/۱۷**	۱۷۸۷**
	الگوی کشت	۵	۴۷/۷**	۱۱۳۲۹/۳**	۵۰۵۵۸۲**	۲**	۱۲۴۷/۷**
	مدیریت حاصلخیزی خاک	۴	۳۸۲**	۵۹۰۶۷/۳**	۳۶۴۹۵۰/۶**	۳/۴۷**	۱۸۷۹/۸**
	الگوی کشت×مدیریت حاصلخیزی خاک	۱۲	۱/۴۴ ^{ns}	۱۱۸۸/۵**	۲۱۸۰۵**	۰/۱۳**	۱۰۲/۲**
	خطا	۳۸	۴	۴۱۶/۴	۶۷۱۲	۰/۰۲	۵/۸
	ضریب تغییرات (%)	-	۱۱	۱۱/۵	۵	۹/۴	۷/۸

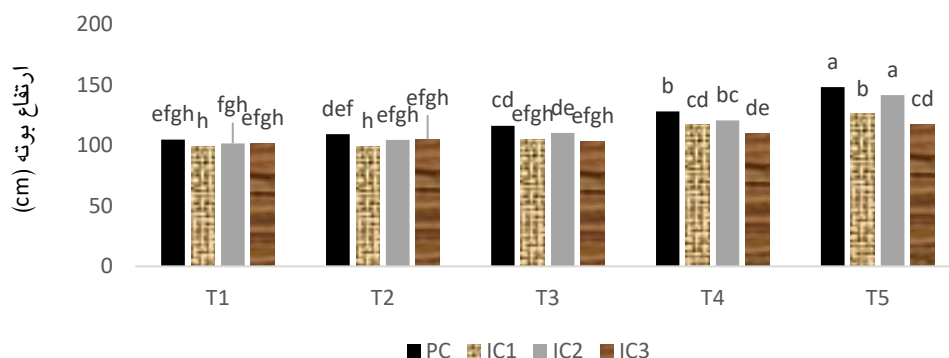
*, ** و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی دار است.

همکاران ۲۰۱۳). نصراله زاده و همکاران (۲۰۲۳) نیز در بررسی کشت مخلوط لوبیا و ریحان، بیشترین ارتفاع بوته لوبیا را از کشت خالص گزارش کردند که از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با مخلوط لوبیا با ۵۰ درصد رقم تایلندی نداشت. کمترین ارتفاع بوته لوبیا نیز در تیمار کشت مخلوط لوبیا با ۱۰۰ درصد رقم مبارکه ثبت شد.

افزایش ارتفاع بوته در اثر کاربرد همزمان کودهای مختلف گزارش شده است. به دنبال استفاده تلفیقی از کودها انتظار می رود که مواد فتوسنتزی بیشتری توسط گیاه تولید شود که این مواد شرایط مناسب را برای طویل شدن ساقه فراهم می کنند (کالاساری و همکاران ۲۰۱۶). مطابق با نتایج این پژوهش گزارش شد که کشت مخلوط افزایشی ذرت با گاودانه^۹ و لوبیا منجر به کاهش معنی دار ارتفاع بوته ذرت نسبت به تک کشتی آن شد (نجفی و



شکل ۲- برهمکنش سال در مدیریت های حاصلخیزی خاک بر ارتفاع بوته رازیانه



شکل ۳- برهمکنش الگوهای کشت در مدیریت حاصلخیزی خاک بر ارتفاع بوته رازیانه

PC: کشت خالص، IC1: نسبت ۱:۱ رازیانه:گیاهان علوفه ای IC2: نسبت ۲:۱ رازیانه:گیاهان علوفه ای IC3: نسبت ۳:۱ رازیانه:گیاهان علوفه ای، T1: کودهای زیستی، T2: ورمی کمپوست، T3: کودهای شیمیایی، T4: ۵۰ درصد کودهای شیمیایی+کودهای زیستی+ورمی کمپوست، T5: ۷۵ درصد کودهای شیمیایی+کودهای زیستی+ورمی کمپوست
میانگین های دارای یک حرف مشترک در هر ستون، فاقد تفاوت آماری معنی دار بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد می باشد.

معنی داری نشان داد. افزون بر این، با کاربرد تلفیقی کودها، تعداد شاخه فرعی در تمامی الگوهای کاشت برای هر دو سال بیشتر از کاربرد جداگانه آنها بود. بیشترین

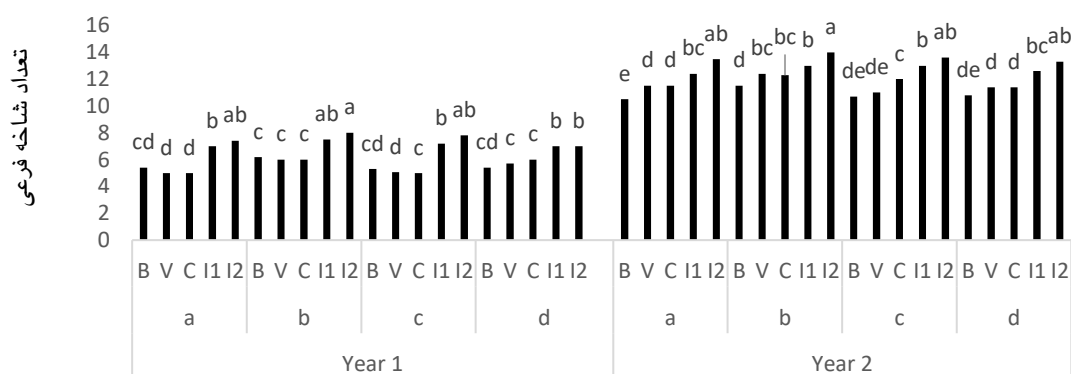
تعداد شاخه فرعی

بر اساس مقایسه میانگین، مشابه با ارتفاع بوته، تعداد شاخه اصلی در سال دوم نسبت به سال اول افزایش

⁹ *Vicia ervilia* L.

ویژگی‌های رشدی رازیانه دارند. فراهم سازی مقادیر کافی از عناصر غذایی و نقش مکملی این عناصر در نیازهای غذایی گیاه منجر به برتری کاربرد تلفیقی کودها شد. بر همین اساس، اقحوانی شجری و همکاران (۲۰۱۵) اثر تیمارهای تلفیقی کودهای شیمیایی (NPK)، ورمی-کمپوست و کود گاوی را بر گیاه دارویی گشنیز در مقایسه با کاربرد منفرد آنها معنی‌دار گزارش کردند. به طوری که تلفیق منابع کودی مختلف بر ارتفاع بوته و تعداد شاخه گیاه اثر مثبتی به دنبال داشت.

مقدار در هر دو سال برای ترکیب تیماری نسبت ۱:۱ رازیانه:گیاهان علوفه‌ای همراه با ۷۵ درصد کودهای تلفیقی به دست آمد (شکل ۴). در الگوی کشت ۱:۱ رازیانه:گیاهان علوفه‌ای و ۲:۱ رازیانه:گیاهان علوفه-ای، به دلیل مطلوبیت عوامل محیطی در کشت مخلوط، تعداد شاخه فرعی رازیانه افزایش یافت که همچنین می-تواند به دلیل قدرت رازیانه در تولید شاخه و نیز عدم بازدارندگی ماشک و زرت در هر دو سال بر تولید شاخه آن باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد جداگانه کودها در مقایسه با کودهای تلفیقی تأثیر کمتری بر



شکل ۴-برهمکنش سال در الگوهای کشت در مدیریت حاصلخیزی خاک بر تعداد شاخه فرعی رازیانه

PC: کشت خالص، IC1: نسبت ۱:۱ رازیانه: گیاهان علوفه‌ای IC2: نسبت ۲:۱ رازیانه: گیاهان علوفه‌ای IC3: نسبت ۱:۲ رازیانه: گیاهان علوفه‌ای، T1: کودهای زیستی، T2: ورمی-کمپوست، T3: کودهای شیمیایی، T4: ۵۰ درصد کودهای شیمیایی+کودهای زیستی+ورمی-کمپوست، T5: ۷۵ درصد کودهای شیمیایی+کودهای زیستی+ورمی-کمپوست

میانگین‌های دارای یک حرف مشترک در هر ستون، فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد می‌باشد.

تعداد چتر

بر اساس مقایسه میانگین، تعداد چتر در بوته که از اجزای عملکرد رازیانه می‌باشد در کشت مخلوط با نسبت ۱:۱ رازیانه:گیاهان علوفه‌ای، بیشترین مقدار بود. با این حال، نسبت ۲:۱ رازیانه:گیاهان علوفه‌ای نیز با نسبت ۱:۱ در سطح آماری مشترکی قرار داشت. کشت خالص با تنها هشت درصد کاهش، کمترین تعداد چتر را در بین الگوهای کاشت به خود اختصاص داد (شکل ۵). در پژوهش رنجبر و همکاران (۲۰۱۶) بیشترین تعداد چتر

در بوته رازیانه هنگامی که سه گیاه رازیانه-لوبیا-کنجد^{۱۰} همزمان کاشته شدند، به طور معنی‌داری کاهش یافت و بیشترین تعداد چتر برای کشت خالص رازیانه به دست آمد. در حالی که رازیانه در کشت مخلوط دوگانه با لوبیا و کنجد تعداد چتر مشابهی با کشت خالص داشت. میرهاشمی و همکاران (۲۰۱۰) نیز بیشترین تعداد چتر زنیان^{۱۱} را در کشت مخلوط تک ردیفی با شنبلیله^{۱۲} گزارش کردند.

¹² *Trigonella foenum-graecum*

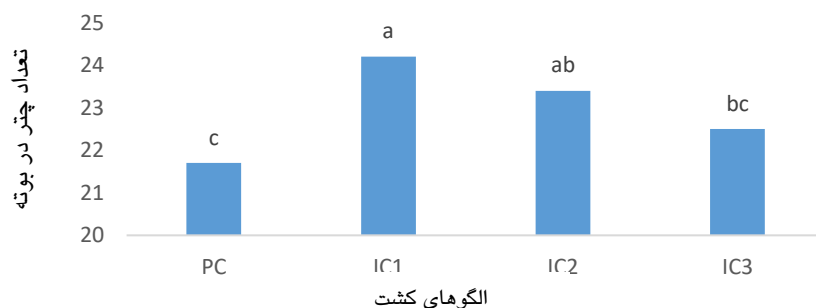
¹⁰ *Sesamum indicum*

¹¹ *Carum copticum*

به طوری که تیمار تلفیقی ۷۵ درصد در سال اول و دوم به ترتیب ۴۸/۶ و ۵۰ درصد تعداد چتر را در مقایسه با کاربرد منفرد کودهای زیستی افزایش داد (شکل ۶). مرادی و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که مصرف تلفیقی کودهای زیستی (سودوموناس و ازتوباکتر) با آلی (کمپوست و ورمی کمپوست) در مقایسه با کاربرد جداگانه آنها، بر تعداد چتر رازیانه اثر مثبتی به دنبال داشت. این نویسندگان دلیل این موضوع را به افزایش کربن آلی خاک، بهبود قابلیت دسترسی به عناصر غذایی و در نهایت، افزایش رشد گیاه نسبت دادند. در بررسی کاربرد کودهای آلی، زیستی و شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی گشنیز گزارش شد که کمترین تعداد چتر در بوته در کاربرد منفرد کودهای شیمیایی و بیوسولفور مشاهده شد و بیشترین مقادیر در کاربرد تلفیقی کودها به دست آمد (اقحوانی شجری و همکاران ۲۰۱۵).

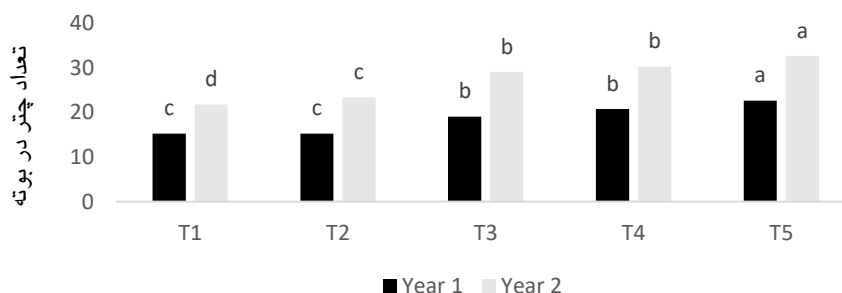
در این پژوهش استفاده از نسبت ۱:۱ رازیانه با ماشک گل خوشه‌ای در ابتدای مراحل رشد و سپس، با ذرت علوفه‌ای، نه تنها از نظر رشد و عملکرد رازیانه اختلالی ایجاد نکرد بلکه منجر به تأثیرپذیری مثبت گیاهان در کشت مخلوط در مقایسه با خالص شد. بنابراین، با وجود رشد بطئی ابتدایی رازیانه در سال اول، ارتفاع کوتاه ماشک گل خوشه‌ای تا زمان ۵۰ درصد گلدهی، منجر به سایه‌اندازی بر رازیانه نشد. زمانی که ذرت که گیاهی چهار کربنه می‌باشد به صورت مخلوط به جای ماشک کاشته شد، رازیانه از رشد بطئی خارج شده بود، با این حال، در سال اول رشد رازیانه، ارتفاع گیاه چندان زیاد نبود و هر دو گیاه رازیانه و ذرت به خوبی از مزایای کشت مخلوط برخوردار شدند.

مطابق با نتایج مقایسه میانگین، کاربرد تلفیقی ۵۰ و ۷۵ درصد غلظت کودهای شیمیایی+کودهای زیستی+ورمی کمپوست، در هر دو سال تعداد چتر بیشتری در مقایسه با کاربرد جداگانه کودها تولید کرد.



شکل ۵-مقایسه میانگین الگوهای کشت بر تعداد چتر رازیانه

PC: کشت خالص، IC1: نسبت ۱:۱ رازیانه گیاهان، IC2: نسبت ۲:۱ رازیانه گیاهان علوفه‌ای و IC3: نسبت ۲:۱ رازیانه گیاهان علوفه‌ای



شکل ۶-برهمکنش سال در مدیریت حاصلخیزی خاک بر تعداد چتر رازیانه در سال‌های ۹۷-۱۳۹۶

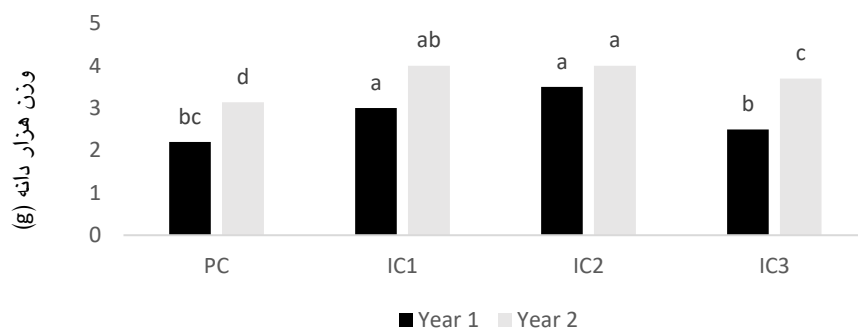
T1: کودهای زیستی، T2: ورمی کمپوست، T3: کودهای شیمیایی، T4: ۵۰ درصد کودهای شیمیایی+کودهای زیستی+ورمی کمپوست، T5: ۷۵ درصد کودهای شیمیایی+کودهای زیستی+ورمی کمپوست

میانگین‌های دارای یک حرف مشترک در هر ستون، فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد می‌باشد.

وزن هزار دانه

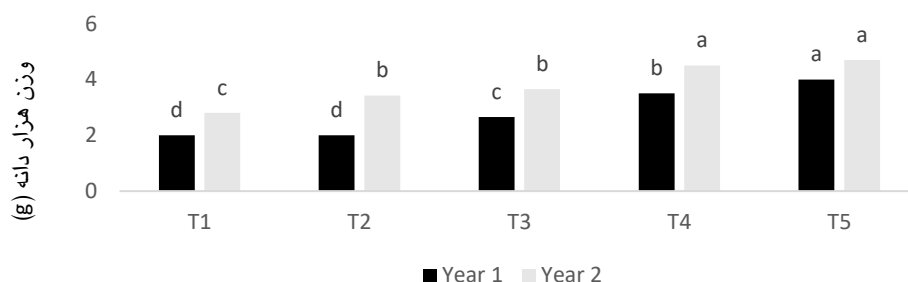
بر اساس مقایسه میانگین، وزن هزار دانه رازیانه در سال ۱۳۹۷ نسبت به سال ۱۳۹۶ در تمامی الگوهای کشت افزایش نشان داد که می‌تواند به دلیل دستیابی گیاه به بیشترین رشد و عملکرد خود در سال دوم باشد. همچنین، در هر دو سال نسبت ۲:۱ رازیانه:گیاهان علوفه‌ای در مقایسه با سایر الگوهای کشت، وزن هزار دانه بیشتری تولید کرد. نسبت ۱:۱ رازیانه:گیاهان علوفه‌ای نیز

با الگوی بیان شده در جایگاه آماری مشترکی قرار داشت. در مرتبه بعد، کشت خالص و نسبت ۱:۲ رازیانه:گیاهان علوفه‌ای بدون تفاوت با یکدیگر مشاهده شد (شکل ۷). نتایج برهمکنش سال در مدیریت‌های حاصلخیزی خاک نیز نشان داد که وزن هزار دانه در تمامی تیمارهای کودی سال ۹۷ بیشتر از سال ۹۶ بود و کاربرد تیمار تلفیقی ۷۵ درصد، بیشترین وزن هزار دانه را در هر دو سال به خود اختصاص داد (شکل ۸).



شکل ۷- برهمکنش سال در الگوهای کشت بر وزن هزار دانه رازیانه در سال‌های ۹۷-۱۳۹۶

PC: کشت خالص، IC1: نسبت ۱:۱ رازیانه:گیاهان علوفه‌ای، IC2: نسبت ۲:۱ رازیانه:گیاهان علوفه‌ای و IC3: نسبت ۱:۲ رازیانه:گیاهان علوفه‌ای



شکل ۸- برهمکنش سال در مدیریت حاصلخیزی خاک کشت بر وزن هزار دانه رازیانه در سال‌های ۹۷-۱۳۹۶

T1: کودهای زیستی، T2: ورمی‌کمپوست، T3: کودهای شیمیایی، T4: ۵۰ درصد کودهای شیمیایی+کودهای زیستی+ورمی‌کمپوست، T5: ۷۵ درصد کودهای شیمیایی+کودهای زیستی+ورمی‌کمپوست

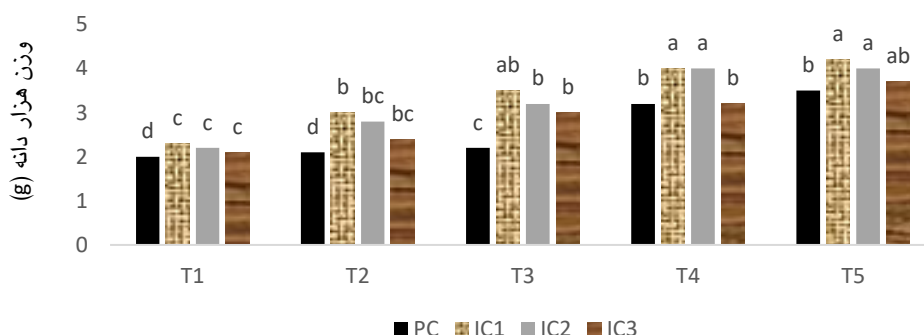
میانگین‌های دارای یک حرف مشترک در هر ستون، فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد می‌باشد.

ای بود که در مقایسه با کاربرد همان تیمار کودی در کشت خالص و نسبت ۱:۲ رازیانه:گیاهان علوفه‌ای اندکی افزایش به دنبال داشت (شکل ۹). به نظر می‌رسد که گیاه رازیانه در کنار یک لگوم از راه تثبیت زیستی نیتروژن توسط ماشک و افزایش جذب تشعشع توسط تاج پوشش

مطابق با نتایج مقایسه میانگین، در تمامی الگوهای کشت، کاربرد تلفیقی کودها وزن هزار دانه رازیانه را نسبت به کاربرد جداگانه آنها افزایش داد. بیشترین وزن هزار دانه مربوط به کاربرد تلفیقی ۷۵ درصد در نسبت ۱:۱ رازیانه:گیاهان علوفه‌ای و ۲:۱ رازیانه:گیاهان علوفه-

درصد کاهو^{۱۴} می‌باشد (محمدی‌پور و همکاران ۲۰۲۱). بیشترین وزن صد دانه گیاه گشنیز در مصرف تلفیقی کود زیستی بیوسولفور با کودهای شیمیایی (NPK) و کود زیستی میکوریزا با کود گاوی به دست آمد. در حالی که مصرف جداگانه تیمارهای تغذیه‌ای اثری بر افزایش وزن صد دانه گیاه نداشت (اقحوانی شجری و همکاران ۲۰۱۵).

مخلوط در نسبت بیان شده، سبب افزایش آسیمیلاسیون مواد فتوسنتزی و به دنبال آن، بهبود ظرفیت فتوسنتزی و وزن هزار دانه شده باشد (سعیدی و همکاران ۲۰۱۸). وزن هزار دانه گیاهان به مقدار زیادی متأثر از ویژگی‌های ژنتیکی می‌باشد، این در حالی است که تحت تأثیر شرایط محیطی و کاشت نیز قرار می‌گیرد. در پژوهشی گزارش شد که بیشترین وزن هزار دانه گیاهان مربوط به تیمار جایگزینی ۳۳ درصد نخود زراعی^{۱۳} و ۶۷



شکل ۹- برهمکنش الگوهای کشت در مدیریت حاصلخیزی خاک کشت بر وزن هزار دانه رازیانه در سال‌های ۹۷-۱۳۹۶

PC: کشت خالص، IC1: نسبت ۱:۱ رازیانه گیاهان علوفه‌ای، IC2: نسبت ۲:۱ رازیانه: گیاهان علوفه‌ای و IC3: نسبت ۲:۱ رازیانه: گیاهان علوفه‌ای
T1: کودهای زیستی، T2: ورمی‌کمپوست، T3: کودهای شیمیایی، T4: ۵۰ درصد کودهای شیمیایی+کودهای زیستی+ورمی‌کمپوست، T5: ۷۵ درصد کودهای شیمیایی+کودهای زیستی+ورمی‌کمپوست

میانگین‌های دارای یک حرف مشترک در هر ستون، فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد می‌باشد.

قطر چتر

مطابق مقایسه میانگین، قطر چتر رازیانه در الگوهای کاشت و مدیریت‌های حاصلخیزی خاک در سال دوم بیشتر از سال اول بود. به طوری که بیشترین قطر چتر در میان الگوهای کشت، اختصاص به نسبت ۱:۱ رازیانه: گیاهان علوفه‌ای داشت که در سال اول و دوم، به ترتیب ۵۶ و ۲۷/۵ درصد قطر چتر را نسبت به کشت خالص افزایش داد. نتایج مقایسه میانگین همچنین، حاکی از افزایش قطر چتر در کاربرد کودهای تلفیقی در هر دو سال نسبت به کاربرد جداگانه آنها داشت. به طوری که کاربرد ۷۵ درصد کودهای شیمیایی+کودهای زیستی+ورمی‌کمپوست در سال اول و دوم به ترتیب ۴۳/۶ و ۵۰ درصد قطر چتر بیشتری نسبت به کاربرد

جداگانه کودهای زیستی و ورمی‌کمپوست، به دنبال داشت (جدول ۷).
تعداد دانه در چتر

بر اساس مقایسه میانگین، در سال ۱۳۹۶ تعداد دانه در چتر برای کشت خالص رازیانه، اندکی بیشتر از نسبت ۲:۱ و ۱:۲ رازیانه: گیاهان علوفه‌ای، به ترتیب پنج و چهار درصد افزایش، بود (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین مدیریت حاصلخیزی خاک بر تعداد دانه در چتر نشان داد که در سال اول آزمایش، کاربرد تلفیقی ۷۵ و ۵ درصد بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد که در حدود ۱۸، ۱۷ و ۱۲ درصد تعداد دانه بیشتری نسبت به کاربرد جداگانه کودهای زیستی، ورمی‌کمپوست و کودهای شیمیایی به ترتیب، به دنبال داشتند (جدول ۷). با توجه به معنی‌داری برهمکنش الگوهای کاشت در مدیریت

¹⁴ *Lactuca sativa* L.

¹³ *Cicer arietinum* L.

بیشترین مقدار و کاربرد جداگانه کودهای زیستی و ورمی کمپوست در نسبت ۲:۱ رازیانه: گیاهان علوفه‌ای کمترین مقدار، ۶۵ درصد کاهش بدون تفاوت، را شامل شد (شکل ۱۰).

حاصلخیزی خاک بر تعداد دانه در چتر در سال دوم، نتایج حاکی از افزایش تعداد دانه در تمامی الگوهای کاشت برای کاربرد ۷۵ درصد کودهای شیمیایی+کودهای زیستی+ورمی کمپوست داشت و کاربرد همان تیمار کودی در کشت خالص رازیانه

جدول ۶- اثر الگوهای کشت و مدیریت حاصلخیزی خاک بر ویژگی‌های عملکرد و اجزای عملکرد رازیانه در سال‌های ۹۷-۱۳۹۶

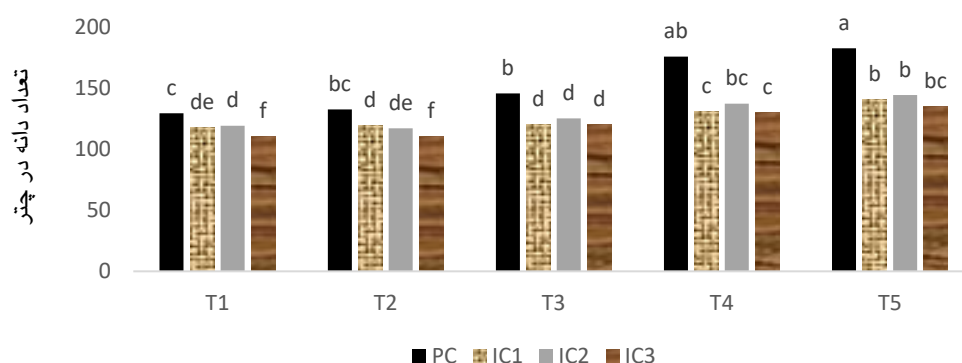
سال ۱۳۹۶									
T5	T4	T3	T2	T1	IC3	IC2	IC1	PC	
۷۹۷/۴ ^a	۶۳۱/۶ ^b	۵۵۹/۳ ^b	۳۴۶/۳ ^d	۴۶۶ ^c	۴۴۷/۳ ^c	۵۴۱/۷ ^b	۶۷۳ ^a	۵۷۸/۸ ^b	عملکرد دانه (Kg.ha^{-1})
۱۱/۳ ^a	۹/۶ ^b	۷/۳ ^c	۶/۲ ^b	۶/۲ ^b	۷/۳ ^b	۸/۲ ^b	۱۰ ^a	۶/۴ ^c	قطر چتر (cm)
۱۴۰ ^a	۱۳۵ ^b	۱۲۳ ^c	۱۲۰ ^{cd}	۱۱۹ ^d	۱۳۲ ^{ab}	۱۳۰ ^{ab}	۱۲۶ ^b	۱۳۷ ^a	تعداد دانه در چتر (عدد)
سال ۱۳۹۷									
۲۵ ^a	۲۲/۶ ^b	۱۸/۴ ^c	۱۷/۷ ^d	۱۷/۴ ^d	۱۷/۸ ^b	۱۸/۵ ^b	۲۰/۴ ^a	۱۶ ^c	قطر چتر (cm)

PC: کشت خالص، IC1: نسبت ۱:۱ رازیانه: گیاهان علوفه‌ای، IC2: نسبت ۲:۱ رازیانه: گیاهان علوفه‌ای، IC3: نسبت ۲:۱ رازیانه: گیاهان علوفه‌ای،

T1: کودهای زیستی، T2: ورمی کمپوست، T3: کودهای شیمیایی، T4: ۵۰ درصد کودهای شیمیایی+کودهای زیستی+ورمی کمپوست، T5:

۷۵ درصد کودهای شیمیایی+کودهای زیستی+ورمی کمپوست

میانگین‌های دارای یک حرف مشترک در هر ستون، فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد می‌باشد.



شکل ۱۰- برهمکنش الگوهای کشت در مدیریت حاصلخیزی خاک بر تعداد دانه در چتر رازیانه در سال‌های ۹۷-۱۳۹۶

PC: کشت خالص، IC1: نسبت ۱:۱ رازیانه: گیاهان علوفه‌ای، IC2: نسبت ۲:۱ رازیانه: گیاهان علوفه‌ای و IC3: نسبت ۲:۱ رازیانه: گیاهان علوفه‌ای

T1: کودهای زیستی، T2: ورمی کمپوست، T3: کودهای شیمیایی، T4: ۵۰ درصد کودهای شیمیایی+کودهای زیستی+ورمی کمپوست، T5: ۷۵

درصد کودهای شیمیایی+کودهای زیستی+ورمی کمپوست

میانگین‌های دارای یک حرف مشترک در هر ستون، فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد می‌باشد.

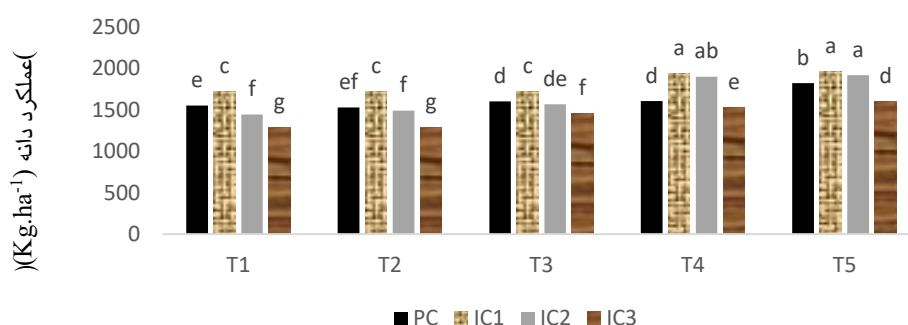
و نسبت ۲:۱ رازیانه: گیاهان علوفه‌ای کمترین عملکرد دانه، ۳۳/۴ درصد کاهش، را به خود اختصاص دادند. سپس، کشت مخلوط با نسبت ۲:۱ رازیانه: گیاهان علوفه‌ای نیز با کشت خالص اختلاف معنی‌دار با یکدیگر نداشتند. افزون

مطابق با مقایسه میانگین، افزایش ویژگی‌های رویشی و اجزای عملکرد رازیانه در سال دوم منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد. در سال اول، نسبت ۱:۱ رازیانه: گیاهان علوفه‌ای، بیشترین عملکرد دانه

بر این، در سال ۱۳۹۶، تیمارهای تلفیقی کود عملکرد دانه بیشتری در مقایسه با کاربرد منفرد کودها تولید کردند. کاربرد تیمار تلفیقی ۷۵ درصد غلظت کودهای شیمیایی+کودهای زیستی+ورمی کمپوست، بیشترین و کاربرد منفرد ورمی کمپوست کمترین، ۵۶/۵ درصد کاهش، عملکرد دانه را شامل شدند (جدول ۶).

مقایسه میانگین برهمکنش الگوهای کشت در مدیریت‌های حاصلخیزی خاک در سال ۹۷ نشان داد که بیشترین عملکرد دانه مربوط به ترکیب تیماری ۱:۱ و کاربرد تلفیقی ۷۵ درصد می‌باشد که ۵۳ درصد نسبت به کاربرد جداگانه کودهای زیستی و ورمی کمپوست در نسبت ۱:۲ رازیانه:گیاهان علوفه‌ای، افزایش یافت (شکل ۱۱). کشت مخلوط رازیانه در نسبت ۱:۱ رازیانه:گیاهان علوفه‌ای به دلیل برخورداری از بیشترین رشد رویشی و اجزای عملکرد، بیشترین عملکرد دانه را تولید کرد که با پژوهش محمدی و رضائی چیاپه (۲۰۱۹) مطابقت داشت.

عملکرد دانه رازیانه بسته به شرایط اقلیمی محل رویش و عمر گیاه متفاوت می‌باشد. به طور کلی، عملکرد بذر رازیانه در سال اول ۰/۴ تا ۰/۶ تن در هکتار، در سال دوم یک تا دو تن در هکتار و در سال سوم به ۰/۶ تا ۱/۵ تن در هکتار می‌رسد (ماکوخا ۲۰۲۰). عملکرد دانه وابسته به اجزای عملکرد از جمله تعداد دانه در بوته، تعداد چتر و نیز وزن هزار دانه می‌باشد و افزایش یا کاهش این ویژگی‌ها منجر به تغییر در عملکرد دانه خواهد شد. در این آزمایش از آنجایی که کاربرد تلفیقی کودها، افزایش اجزای عملکرد را به دنبال داشت، بنابراین افزایش عملکرد دانه دور از انتظار نبود. از سوی دیگر، کاربرد کودهای زیستی و ورمی کمپوست همراه با غلظت‌های کاهش یافته کودهای شیمیایی، با آزاد سازی عناصر ریزمغذی به ویژه آهن، بر فتوسنتز گیاه اثر مثبت داشته و منجر به افزایش تولید کربوهیدرات‌ها و افزایش عملکرد دانه می‌شود (ساکتیول و همکاران ۲۰۲۰).



شکل ۱۱- برهمکنش الگوهای کشت در مدیریت حاصلخیزی خاک بر عملکرد دانه رازیانه در سال‌های ۹۷-۱۳۹۶

PC: کشت خالص، IC1: نسبت ۱:۱ رازیانه گیاهان علوفه‌ای، IC2: نسبت ۲:۱ رازیانه گیاهان علوفه‌ای و IC3: نسبت ۱:۲ رازیانه گیاهان علوفه‌ای
T1: کودهای زیستی، T2: ورمی کمپوست، T3: کودهای شیمیایی، T4: ۵۰ درصد کودهای شیمیایی+کودهای زیستی+ورمی کمپوست، T5: ۷۵ درصد کودهای شیمیایی+کودهای زیستی+ورمی کمپوست

میانگین‌های دارای یک حرف مشترک در هر ستون، فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد می‌باشد.

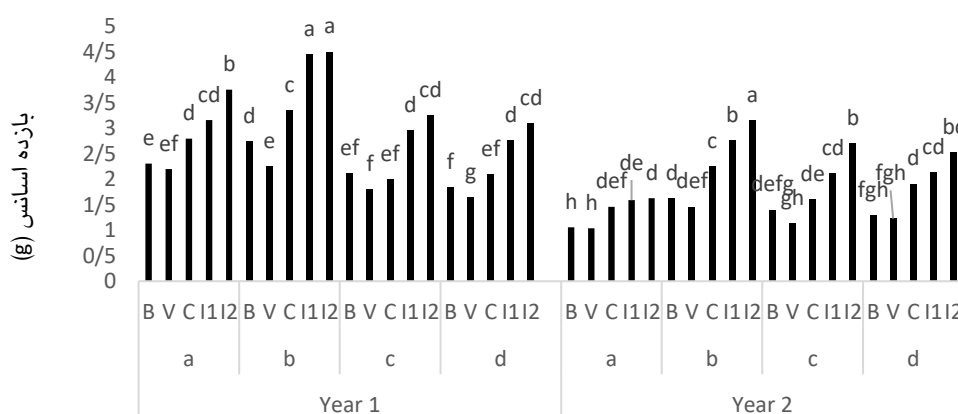
گیاه رازیانه را بیشتر از کشت خالص و کاربرد جداگانه کودها افزایش داد. بیشترین بازده اسانس در سال ۱۳۹۶ و در ترکیب تیماری نسبت ۱:۱ رازیانه:گیاهان علوفه‌ای و تلفیق ۷۵ درصد کودهای شیمیایی+کودهای زیستی+ورمی کمپوست به دست آمد که ۴۳ درصد بیشتر از ترکیب تیماری مشابه در سال ۱۳۹۷ بود (شکل ۱۲).

بازده و عملکرد اسانس

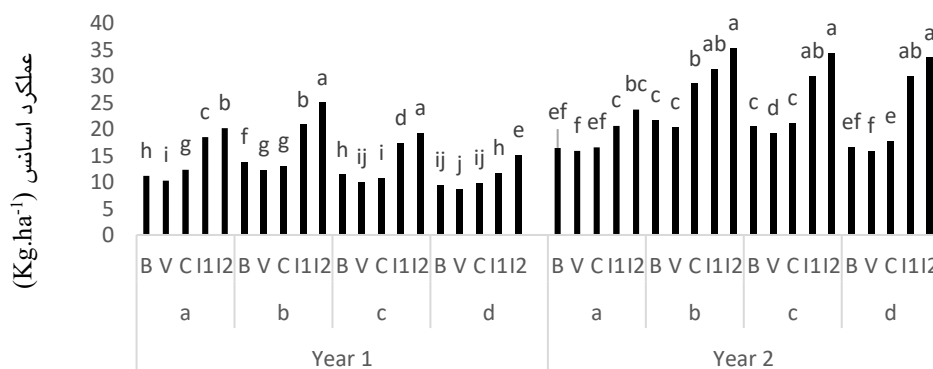
بر اساس نتایج مقایسه میانگین، بازده اسانس در تمامی تیمارها در سال اول آزمایش بیشتر از سال دوم بود، این موضوع به دلیل رابطه عکس عملکرد دانه با مقدار اسانس در گیاهان دارویی منطقی می‌باشد (مرادی و همکاران ۲۰۰۹). افزون بر این، کاربرد تیمارهای تلفیقی کود در الگوهای مخلوط در هر دو سال بازده اسانس

قابل دسترس گیاه شود، منجر به افزایش اسانس خواهد شد. نیتروژن می‌تواند تولید آلکالوئیدها، ترپن‌ها و سایر اجزای تشکیل دهنده اسانس را با ساخت آنزیم‌های مؤثر در تولید این قبیل ترکیب‌ها افزایش دهد. چرا که اسانس، ترکیبی ترپنوئیدی بوده که واحدهای سازنده آن به ATP و NADPH نیاز دارد و با در نظر گرفتن این مطلب که حضور عناصر ضروری برای تشکیل ترکیب‌های بیان شده لازم می‌باشد (بنی‌یعقوب آب‌کنار و همکاران ۲۰۲۱)، کاربرد کودهای تلفیقی منجر به افزایش اسانس در رازیانه شد.

مطابق با نتایج، در سال دوم و در تیمارهایی با افزایش عملکرد دانه، عملکرد اسانس رازیانه افزایش یافت، چرا که عملکرد اسانس برآیندی از عملکرد دانه و مقدار اسانس دانه می‌باشد. بیشترین عملکرد اسانس، برای ترکیب تیماری نسبت ۱:۱ رازیانه:گیاهان علوفه‌ای همراه با تیمار تلفیقی ۷۵ درصد مشاهده شد که نسبت به ترکیب تیماری مشابه در سال ۱۳۹۶، ۴۰/۵ درصد افزایش، به دنبال داشت (شکل ۱۲). از آنجایی که نیتروژن یکی از عناصر غذایی مؤثر بر فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی و در نتیجه، مقدار اسانس گیاهان دارویی می‌باشد، بنابراین هر عاملی که منجر به افزایش نیتروژن



شکل ۱۲-برهمکنش سال در الگوهای کشت در مدیریت‌های حاصلخیزی خاک بر بازده اسانس رازیانه در سال‌های ۹۷-۱۳۹۶



شکل ۱۲-برهمکنش سال در الگوهای کشت در مدیریت‌های حاصلخیزی خاک بر عملکرد اسانس رازیانه در سال‌های ۹۷-۱۳۹۶
a: کشت خالص، b: نسبت ۱:۱ رازیانه:گیاهان علوفه‌ای، c: نسبت ۲:۱ رازیانه:گیاهان علوفه‌ای، d: نسبت ۱:۲ رازیانه:گیاهان علوفه‌ای، B، V، C، I1، I2 و I2 به ترتیب کودهای زیستی، ورمی‌کمپوست، کودهای شیمیایی، ۵۰ درصد کودهای شیمیایی+کودهای زیستی+ورمی‌کمپوست، ۷۵ درصد کودهای شیمیایی+کودهای زیستی+ورمی‌کمپوست

میانگین‌های دارای یک حرف مشترک در هر ستون، فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد می‌باشد.

گیاه رازیانه تیمار تلفیقی ۷۵ درصد کودهای شیمیایی همراه با کودهای زیستی و آلی قابل توصیه می‌باشد.

بر اساس نتایج این مطالعه می‌توان بیان کرد که کشت مخلوط رازیانه با گیاهان علوفه‌ای در هر دو سال رویش گیاه به طور کامل دارای مزیت بود. چرا که در سال اول رویش رازیانه، رشد گیاه به صورت بطئی می‌باشد و کشت همزمان آن با ماشک گل خوشه‌ای به دلیل ارتفاع کوتاه ماشک، اختلالی در رشد ابتدایی رازیانه ایجاد نمی‌کند، پس از برداشت ماشک در مرحله ۵۰ درصد گلدهی، گیاه رازیانه نیز از رشد بطئی خارج شد. در این زمان، ذرت علوفه‌ای به جای ماشک کشت شد که به دلیل چهار کربنه بودن، همراه با فاز رشد سریع رازیانه به سرعت رشد کرده و هیچ کدام از دو گیاه سایه‌اندازی چندانی بر یکدیگر نداشتند. زیرا که همان گونه که بیان شد رازیانه در سال اول ارتفاع و شاخه‌دهی زیادی نداشت. با این حال، مخلوط ۱:۱ رازیانه: گیاهان علوفه‌ای به عنوان تیمار برتر مخلوط نسبت به سایر الگوها معرفی می‌شود.

سپاسگزاری

مقاله حاضر بخشی از رساله دکتری بوده که آزمایش-های مربوط به اندازه‌گیری اسانس در آزمایشگاه گیاهان داوربی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور انجام شده است و به این وسیله نویسندگان مقاله از حمایت‌های آنان قدردانی می‌نمایند.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که در هر دو سال رویش رازیانه، الگوهای کشت مخلوط آن با ماشک گل خوشه‌ای و ذرت علوفه‌ای در مقایسه با کشت خالص و همچنین، کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی، زیستی و آلی نسبت به استفاده جداگانه آنها عملکرد، اجزای عملکرد و مقدار اسانس را افزایش داد. افزون بر این، رشد و عملکرد رازیانه در سال دوم به طور معنی‌داری بیشتر از سال اول بود، در حالی که مقدار اسانس با توجه به رابطه معکوس با عملکرد دانه در سال اول رویش بیشترین مقدار را به دنبال داشت. بنابراین، جهت دستیابی به بیشترین مقدار اسانس دانه کشت رازیانه به صورت یک ساله و جهت تولید بیشترین عملکرد دانه کشت آن به صورت گیاهی چند ساله توصیه می‌شود.

نتایج همچنین نشان داد که کاربرد تیمار تلفیقی ۷۵ درصد بیشترین ارتفاع بوته، ۷۱ و ۱۷۹ سانتی‌متر به ترتیب برای سال اول و دوم، تعداد چتر، ۲۲ و ۳۳، وزن هزار دانه، چهار و پنج گرم، قطر چتر، شش و ۱۷/۴ سانتی‌متر را به خود اختصاص داد. همچنین، بیشترین ارتفاع بوته در کشت خالص، تعداد شاخه فرعی، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، مقدار و عملکرد اسانس در مخلوط با نسبت ۱:۱ رازیانه: گیاهان علوفه‌ای در کاربرد تلفیقی ۷۵ درصد به دست آمد. در نتیجه، به دلیل نیاز غذایی بالای

منابع مورد استفاده

- Aghhavan Shajari M, Rezvani Moghaddam P, Ghorbani R, and Nasiri Mahalati M. 2015. Effects of single and combined application of organic, biological and chemical fertilizers on quantitative and qualitative yield of coriander (*Coriandrum sativum*). Journal of Horticulture Science, 29(4): 486-500. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/JHORTS4.V29I4.51510>.
- Alam F; Kim TY; Kim S; Alam S; Pramanik P; Kim PJ; and Lee, YB. 2019. Effect of molybdenum on nodulation, plant yield and nitrogen uptake in hairy vetch (*Vicia villosa* Roth). Journal of Soil Science. Plant Nutrition, 61: 1-12. <https://doi.org/10.1080/0038076802015.1030690>.
- Alizadeh Y, Koochaki A, and Nasiri Mahallati M. 2010. Investigation of growth characteristics, yield, yield components and potential weed control in intercropping of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and vegetative sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology, 2 (3): 383-397. <https://doi.org/10.22067/JAG.V2I3.7652> (In Persian with English Abstract).

- Baniyaghob Abkenar M, Mozafari H, Karimzadeh Kh, Rajabzadeh F, and Azimi, R. 2021. The change in yield and chemical profile of essential oil and leaf minerals of *Satureja macrantha*. under combined manure and NPK fertilizer. Journal of Medicinal Plants and By-products, 2: 141-148. <https://doi.org/10.22092/JMPB.2020.352210.1274>.
- Bhunja Sh., Bhowmik A, Mallick R, and Mukherjee J. 2021. Agronomic efficiency of animal-derived organic fertilizers and their effects on biology and fertility of soil: A review. Agronomy, 11(823): 1-25. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050823>.
- Dabbagh Mohammadi Nassab A, Amini R, and Tamari, E. 2015. Evaluation of maize (*Zea mays* L.) and three of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping with application of biofertilizers and chemical fertilizers. Agricultural Science and Sustainable Production, 25 (1): 99-113. (In Persian with English Abstract).
- Del Rosario Cappellari L, Chiappero J, Santoro MV, Giordano W, and Banchio E. 2017. Inducing phenolic production and volatile organic compounds emission by inoculating *Mentha piperita* with plant growth-promoting rhizobacteria. Scientia Horticulturae, 220: 193-198. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.04.002>.
- Fatemi Devin R, Hosseini S.B, Moghadam H, and Motesharezadeh, B. 2021. Effect of organic and bio-fertilizers and additive and replacement intercropping systems on corn (*Zea maize* L.) and bean (*Phaseolus vlgaris* L.) yields. Iranian Journal of Field Crop Science, 51(4): 133-145. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22059/IJFCS.2020.286433.654634>.
- Kalasare RS, Patel MV, Patel HK, Kadu SP, Patel AP, and Umale, AA. 2016. Role of integrated nutrient management on growth attributes, yield attributes and seed yield of Rabi fennel (*Foeniculum vulgare* Mill) in middle Gujarat condition. Journal of Pure and Applied Microbiology, 10(4): 3057-3062. <https://doi.org/10.22207/JPAM.10.4.78>.
- Kordi S, Shafagh Kolvanagh J, Zehtab Salmasi S, and Daneshvar, M. 2017. Evaluation of yield and some physiological traits of forage corn affected by chemical and biological nitrogen fertilizers intercropped with sweet basil. Journal of Central European Agriculture, 18: 477-493. <https://doi.org/10.5513/JCEAO1.18.2.1921>.
- Makuka O. 2020. The impact of biopreparations and sowing dates on the productivity of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). journal of Ecological Engineering, 21(4): 237-244. <https://doi.org/10.12911/22998993/119802>.
- Miquel J, Richard H, and Sandret F. 1976. Volatile constituents of Moroccan thyme oil. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 24: 833-835. <https://doi.org/20.1001.1.20081472.1388.7.2.29.9>.
- Mirhashemi S.M, Koocheki A. Parsa M. and Nassiri Mahallati, M. 2010. Evaluation of growth indices of ajowan and fenugreek in pure culture and intercropping based on organic agriculture. Iranian Journal of Field Crops Research, 7: 685-694. (In Persian with English Abstract).
- Mohammadi SM, Sefidkon F, Asadi-Sanam S, and Kalatejari S. 2021. Effects of nutritional treatments on morphological characteristics and essential oil yield of *Satureja khuzistanica* Jamzad. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 37 (2): 193-213. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2021.351383.2840>. (In Persian with English Abstract).
- Mohammadi H, and Rezaei-Chiyaneh E. 2019. Effect of vermicopost on seed yield and quality in fababean (*Vicia faba* L.) and fennel (*Foeniculum vulgare* L.) intercropping. Iranian Journal of Crop Sciences, 2 (21): 154-139. <https://doi.org/10.29252/abj.21.20139>. (In Persian with English Abstract).
- Mohammadipour H, Nakhzari Moghaddam A, Mollashahi M, and Naemi M. 2021. The envestigation of plant yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and weight and length lettuce (*Luctuca sativa* L) as affected by application on nitrogen levels and row intercropping ratios. Journal of Agroecology, 14(1): 159-171. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/agry.2021.68143.1009>.

- Moradi R, Rezvani Moghaddam P, Nasri Mahallati M. and Lakzian, A. 2009. The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of *Foeniculu vulgare* (Fennel). Iranian Journal of Field Crops Research, 7(14): 625-635. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.1021/jf0206a038>
- Najafi N, Mostafayi M, Dabagh Mohamadinasab A and Ustan SH. 2013. Effect of intercropping and manure on growth, yield and protein concentration of corn, beans and rye. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 1: 100-116. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22034/SAPS.2023.52569.2926>.
- Nasrollahzade S, Zehtab Salmasi S, Haghverdi S, and Farzi-Aminabad R. 2023. Study of morphological characteristics, grain yield and some evaluation indices of beans and basil intercropping. Juournal of Agricultural Science and Sustainable Production, 34(1): 21-39. (In Persian with English Abstract).
- Oliveria S, Kátia Aparecida C, Severiano E, da Silva A, Dias M, Oliveira G, and Victor Costa, J. 2020. Performance of grain sorghum and forage of the genus *Brachiaria* in integrated agricltural production systems. Agronomy, 10(1714): 1-13. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111714>.
- Ranjbar F, Koocheki A, and Nasiri Mahalati, M. 2016. Effect of intercropping patterns of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill), sesame (*Sesamum indicum*) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on growth, qualitative and quantitative characters and yield components. Hournal of Horticulture Science, 30(3): 406-416. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/JHORTS4.V30I3.32673>. .
- Rahimi V, and Madadi H. 2022. Effect of additive intercropping kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) with some aromatic plants on *Thrips tabaci* population. Journal of Crop Production, 11 (1): 93-105. <https://doi.org/2022.11.1.8.9>.
- Sakhavi Sh, Amini R, Shakiba MR, and Dabbagh Mohammadi Nassab A. 2017. Effect of bio-and chemical fertilizers on grain and essential oil yield of cumin (*Cuminum cyminum* L.) in intercropping with faba bean (*Vicia faba* L.). Agricultural Science and Sustainable Production, 27 (2): 49-63. (In Persian with English Abstract).
- Sakthivel P, Alice RP, Sujeetha G, Ravi AG, Girish G, and Punnam Chander, P. 2020. Effect of vermicompost with microbial Bio Inoculums on the growth parameter of coriander (*Coriandrum sativum* L.). International Jornal of Current Microbiology and Applied Sciences, 9 (8): 613-622. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.908.068>.
- Saeidi MR, Raei Y, Amini RA, Taghizadeh A, and Pasban Eslam B. 2018. Evaluation of yield and protein contetnt of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in itercropping with faba bean (*Vicia faba* L.) under biological and chemical fertilizers. Journal of Agriculture Science and Sustainable production, 28 (4): 247-260. (In Persian with English Abstract).