Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Plant Production Research

Print ISSN: 2322-2050
Online ISSN: 2322-2778

Investigation biochemical characteristics and yield of savory (*Satureja hortensis* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum- greacum* L.) in intercropping conditions with simultainous weed competition

Seyed Hadi Mirneamati[1] | Faezeh Zaefarian[*2] | Vahid Akbarpour[3]

1. M.Sc. Student, Dept. of Weed Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. E-mail: hadimirnemati@yahoo.com
2. Corresponding Author, Dept. of Agronomy, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. E-mail: fa_zaefarian@yahoo.com
3. Dept. of Horticulture, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. E-mail: v_akbarpour60@yahoo.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 05.07.2019
Revised: 05.02.2020
Accepted: 05.03.2020

Keywords:
Antioxidant activity,
Phenol,
Photosynthetic pigments,
Planting pattern

ABSTRACT

Background and Objectives: Intercropping using time and space, in addition of improving plant production methods in terms of environmental and human health, can increase agricultural production. Considering the mentioned issues and the management of weeds in agricultural landscapes, which is one of the biggest problems faced by farmers, this experiment was aim of investigation biochemical characteristics and yield of savory (*Satureja hortensis* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum- greacum* L.) in intercropping with weeds competition and non- competition conditions.

Materials and Methods: This experiment was carried out as a split plot in randomized complete block design with three replications in Research Farm of Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University in 2016. The treatments of this experiment consisted weeding and no-weeding as the main factor and also, monoculture of savory, monoculture of fenugreek, ratio of 75:25, 50:50 and 25:75% (savory and fenugreek) as sub plots. Dominant weeds were identified as velvetleaf (*Abutilon theophrassti* Medic.), giant foxtail (*Setaria glauca* L.), wild melon (*Cucumis melo* var. agrestis), and bermuda grass (*Cynodon dactylon*). The studied traits included: leaf fresh and dry weight of savory and fenugreek, stem fresh and dry weight of savory and fenugreek, total fresh and dry weight of savory and fenugreek, photosynthetic pigments (chlorophyll a, b and total chlorophyll), total phenol, total flavonoids, antioxidant activity of them and weeds biomass.

Results: The simple effect of experimental treatments was significant on photosynthetic pigments savory and fenugreek. Phenolic and flavonoid content of leaf and antioxidant capacity for both plants were maximum in 50% savory: 50% fenugreek ratio in weed infestation and showed significant increament in weed infestation compare to weed free. Monoculture showed maximum total fresh weight of savory and fenugreek (1586.67 and 1813.33 g/m^2, respectively) and total dry weight of savory and fenugreek (842.33 and 649.20 g/m^2, respectively) in weed controlled conditions. The results of the data analysis showed that in all of the three sampling, the highest and lowest biomass of weed species was related to the pure stand of savory and the ratio of 25:75% of savory: fenugreek, and the highest weed biomass was observed in the second stage of sampling.

Conclusion: Overall, the results showed that the intercropping of savory and fenugreek could stabilize the production and betterment biochemical characteristics by improving the use of resources. In addition by decrease of weeds dry weight reduces the weed damage and as well as reducing herbicide use, consequently, it is effective for the sustainable production of medicinal plants.

Cite this article: Mirneamati, Seyed Hadi, Zaefarian, Faezeh, Akbarpour, Vahid. 2022. Investigation biochemical characteristics and yield of savory (*Satureja hortensis* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum- greacum* L.) in intercropping conditions with simultainous weed competition. *Journal of Plant Production Research*, 28 (4), 1-23.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/JOPP.2021.16419.2495
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۵۰
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۷۸

بررسی صفات زیست شیمیایی و عملکرد مرزه (*Satureja hortensis* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum- greacum* L.) در شرایط کشت مخلوط و در رقابت همزمان با علف‌های هرز

سید هادی میرنعمتی[۱] | فائزه زعفریان*[۲] | وحید اکبرپور[۳]

۱. دانشجوی‌کارشناسی‌ارشد گروه شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. رایانامه: hadimirnemati@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، گروه زراعت،دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. رایانامه: fa_zaefarian@yahoo.com

۳. گروه باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. رایانامه: v_akbarpour60@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۱۷
تاریخ ویرایش: ۱۳۹۹/۰۲/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۱۴

واژه‌های کلیدی:
الگوی کشت،
رنگدانه‌های فتوسنتزی،
فعالیت آنتی‌اکسیدانی،
فنل

چکیده

سابقه و هدف: کشت مخلوط با استفاده از عوامل زمان و مکان علاوه بر بهبود روش‌های تولید از جنبه زیست‌محیطی و سلامت انسان، توان افزایش تولید محصولات کشاورزی را نیز دارا می‌باشد. با توجه به مطالب ذکر شده و هم‌چنین مدیریت علف هرز در بوم‌نظام‌های کشاورزی که یکی از بزرگ‌ترین مشکلاتی است که کشاورزان با آن مواجه هستند، این آزمایش با هدف بررسی صفات زیست شیمیایی و عملکرد مرزه (*Satureja hortensis* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum- greacum* L.) در شرایط کشت مخلوط و رقابت و عدم رقابت با علف‌های هرز اجرا شد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال ۱۳۹۵ به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل وجین و عدم وجین علف‌های هرز به‌عنوان عامل اصلی و هم‌چنین کشت خالص مرزه، کشت خالص شنبلیله، نسبت‌های ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ درصد (مرزه: شنبلیله) به‌عنوان عامل فرعی بودند. علف‌های هرز غالب شناسایی شده در مزرعه شامل گاوپنبه (*Abutilon theophrasti* Medic.)، دم‌روباهی (*Setaria glauca* L.)، خربزه وحشی (*Cucumis melo* var. agrestis) و مرغ (*Cynodon dactylon*) بودند. صفات مورد ارزیابی در این پژوهش شامل: وزن تر و خشک برگ مرزه و شنبلیله، وزن تر و خشک ساقه مرزه و شنبلیله، وزن تر و خشک کل مرزه و شنبلیله، رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل)، فنل کل، فلاونوئید کل، درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها و زیست توده علف‌هرز می‌باشد.

یافته‌ها: اثر ساده تیمارهای آزمایش بر رنگدانه‌های فتوسنتزی مرزه و شنبلیله معنی‌دار بوده است. محتوای فنل کل، فلاونوئید و درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی در هر دو گیاه مرزه و شنبلیله در نسبت کشت مخلوط ۵۰ درصد مرزه: ۵۰ درصد شنبلیله و در زمان آلودگی علف‌های هرز بالاترین میزان بود و تحت شرایط آلودگی علف هرز افزایش معنی‌داری را نسبت به تیمارهای عاری از علف هرز نشان داد. بیش‌ترین میزان وزن تر کل مرزه و شنبلیله (به‌ترتیب ۱۵۸۶/۶۷ و ۱۸۱۳/۳۳ گرم در مترمربع) و وزن خشک کل مرزه و شنبلیله (به‌ترتیب ۸۴۲/۳۳ و ۶۴۹/۲۰ گرم در مترمربع) در تیمار کشت خالص در شرایط کنترل علف‌های هرز مشاهده گردید. نتایج حاصل از بررسی داده‌ها نشان داد که در هر سه مرحله نمونه‌برداری بیش‌ترین و کم‌ترین زیست‌توده علف‌های هرز به‌ترتیب مربوط به الگوی کشت خالص مرزه و نسبت ۷۵:۲۵ درصد مرزه: شنبلیله بود که مرحله دوم نمونه‌برداری، بیش‌ترین میزان وزن خشک علف‌های هرز را به خود اختصاص داد.

نتیجه‌گیری: به طورکلی نتایج نشان داد که کشت مخلوط مرزه و شنبلیله می‌تواند با بهبود استفاده از منابع، موجب ثبات در تولید و بهبود صفات زیست شیمیایی گردد. علاوه‌بر آن کاهش وزن خشک علف‌های هرز موجب کاهش خسارت علف‌های هرز و همین‌طور کاهش مصرف علف‌کش می‌گردد، در نتیجه می‌تواند در جهت تولید پایدار گیاهان دارویی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای مؤثر باشد.

استناد: میرنعمتی، سید هادی، زعفریان، فائزه، اکبرپور، وحید (۱۴۰۰). بررسی صفات زیست شیمیایی و عملکرد مرزه (*Satureja hortensis* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum- greacum* L.) در شرایط کشت مخلوط و در رقابت همزمان با علف‌های هرز. *نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی*، ۲۸ (۴)، ۲۳-۱.

DOI: 10.22069/JOPP.2021.16419.2495

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

از جمله مواردی که امروزه پایداری نظام‌های زراعی را مورد تهدید قرار می‌دهد، کاهش تنوع و افزایش ساده‌سازی در این نظام‌ها می‌باشد. تک‌کشتی، اصلاح ارقام گیاهی، استفاده از کودها و سموم شیمیایی به‌منظور حاصلخیزی و مدیریت آفات ازجمله اقداماتی است که در زمینه یکنواخت‌سازی صورت گرفته است (۱۹). به همین سبب به منظور بهبود شرایط زراعی و افزایش کارایی، روش‌هایی را به کار می‌برند که همسو با طبیعت باشند و منافاتی با اصول بوم‌شناسی که در تولید محصولات کشاورزی مورد توجه قرار گرفته‌اند، نداشته باشند، که کشت مخلوط از جمله این راهکارها است (۴).

کشت مخلوط به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های مؤثر کشاورزی پایدار، از قدیمی‌ترین و گسترده‌ترین عملیات مورد استفاده در نظام‌های کشاورزی کم‌نهاده و هم‌چنین ارزان‌ترین و قابل دسترس‌ترین روش‌ها برای افزایش تولید محصولات زراعی است که ضمن افزایش تنوع بوم‌شناختی و اقتصادی، سبب افزایش عملکرد در واحد سطح، استفاده کارآمدتر از عوامل محیطی مانند نور، آب و مواد غذایی موجود در خاک، کاهش مشکلات آفات و عوامل بیماری‌زا، افزایش توانایی رقابتی در کنترل علف‌های هرز، بهبود حاصلخیزی خاک از طریق تثبیت نیتروژن حاصل از بقولات، کاهش خطر تولید، افزایش کمیت و کیفیت محصول، ایجاد تعادل بوم‌شناختی و کنترل فرسایش در برخی از نقاط دنیا می‌شود (۱۵، ۲۸، ۴۵، ۲۴، ۱۳). تک‌کشتی‌ها اغلب نمی‌توانند به‌طور کامل از فضای در دسترس و منابع (نور و خاک) استفاده کنند، اما دو گونه کشت شده با یکدیگر درصورتی که آشیانه‌های متفاوتی را اشغال کرده باشند، می‌توانند از منابع و فضا با کارایی بیش‌تری استفاده نمایند (۲۳).

پژوهشگران متعددی مزیت کشت مخلوط را در مقایسه با کشت خالص حتی در شرایط مکانیزه گزارش نموده‌اند. بیگناه و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که تیمار ۲۵ درصد گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) و ۷۵ درصد شنبلیله، بیش‌ترین ارتفاع و عملکرد زیستی شنبلیله، بیش‌ترین نسبت برابری زمین، کم‌ترین درصد اسانس، عملکرد اسانس و عملکرد زیستی گیاه گشنیز را به‌خود اختصاص داد (۵). در کشت مخلوط شنبلیله با باقلا (*Vicia faba* L.) و عدس (*Lens culinaris* L.) مشاهده شد که تراکم گل جالیز (*Orobanche* sp.) به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. پژوهشگران دلیل این امر را به ترشح مواد دگرآسیب از ریشه شنبلیله و تأثیر آن بر گل جالیز ذکر کردند (۱۲). در پژوهشی که توسط نصراله‌زاده اصل و همکاران (۲۰۱۲) روی کشت مخلوط آفتابگردان (*Helianthus annuus*) و لوبیاچیتی (*Phasaeolus vulgaris* L.) انجام گرفت، مشاهده شد که بیش‌ترین قطر طبق، تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه در واحد سطح کشت در تیمار کشت خالص آفتابگردان صورت پذیرفت و در لوبیا چیتی نیز بیش‌ترین تعداد شاخه‌های جانبی در بوته، عملکرد دانه در بوته در حالت کشت مخلوط و در تیمار ۱۰۰ درصد درصد آفتابگردان + ۱۰ درصد لوبیاچیتی و بیش‌ترین عملکرد دانه در واحد سطح نیز در کشت خالص لوبیاچیتی مشاهده شد (۳۰). شیرزادی و همکاران (۲۰۱۱) نیز در پژوهش خود روی کشت مخلوط شنبلیله با عدس مشاهده نمودند که برخی از نسبت‌های کشت مخلوط نسبت به کشت خالص شنبلیله از شاخص برداشت بیش‌تری برخوردار بودند، اگرچه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند (۴۱).

جایگاه ویژه کشت گیاهان دارویی در نظام‌های سنتی کشاورزی ایران از یک طرف و تمایل به افزایش تولید گیاهان دارویی و نیز تقاضا برای محصولات

طبیعی در جهان به‌ویژه در شرایط ارگانیک از طرف دیگر منجر به افزایش اهمیت این گیاهان شده است. علاوه‌بر این، چنین به‌نظر می‌رسد که استفاده از گیاهان دارویی در کشت مخلوط به‌دلیل خاصیت آللوپاتی در کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز امکان‌پذیر باشد (۲۲). شنبلیله ازجمله گیاهانی است که دارای خاصیت دگرآسیبی می‌باشد. این گیاه با نام علمی *Trigonella foenum- greacum* L. از تیره Fabaceae می‌باشد که ریشه، دانه و اندام هوایی آن از لحاظ میزان برخی متابولیت‌های ثانویه غنی بوده و هم‌چنین ریشه شنبلیله دارای مواد دگرآسیب می‌باشد که این مواد از جوانه‌زنی علف‌های هرز جلوگیری می‌کند و بر روند رشد گیاهچه علف هرز نیز تأثیر کاهشی دارد. مرزه با نام علمی *Satureja hortensis* L. گیاه دارویی علفی و یکساله از تیره نعناع است (۳۳). سرشاخه‌های گلدار و به‌طور کلی قسمت‌های هوایی گیاه مرزه که معمولاً در زمان گلدهی چیده می‌شوند، بوی معطر و اثر نیرودهنده، تسهیل‌کننده عمل هضم غذا، مقوی معده، مدر، بادشکن، و به طور خفیف اثر قابض، رفع اسهال و ضد کرم دارد (۹).

ارزش واقعی تولید گیاهان دارویی به کیفیت محصول و پایداری تولید مربوط می‌شود و کمیت محصول در درجه دوم اهمیت قرار دارد. این در حالی است که علف‌های هرز از یک‌سو به‌عنوان یکی از اجزای مکمل بوم‌نظام‌های کشاورزی و بخش جدایی‌ناپذیر در سامانه‌های کشاورزی محسوب شده و از سوی دیگر از جمله عوامل مهم محدودکننده افزایش تولیدات کشاورزی در کشورهای در حال توسعه می‌باشند، که با گیاه دارویی در دسترسی به آب، مواد غذایی، نور، فضا و دی‌اکسیدکربن رقابت کرده و سبب کاهش کمی و کیفی و افزایش تلفات عملکرد محصول می‌گردند (۲۱). نتایج برخی از پژوهش‌ها (زیمدال، ۲۰۰۷) نشان داده است که در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص از منابع به‌طور مؤثرتری استفاده شده و به این دلیل مقدار منبع قابل دسترس برای علف هرز کاهش می‌یابد (۴۷). از طرف دیگر کشت مخلوط با سایه‌اندازی، خفه کردن و خواص دگرآسیبی از رشد و گسترش گونه‌های مختلف علف‌های هرز جلوگیری می‌کند.

با توجه به اهمیت زراعی دو گیاه دارویی مرزه و شنبلیله و نبودن اطلاعات کافی و مستند در خصوص کشت مخلوط این دو گیاه، و هم‌چنین لزوم مدیریت علف‌های‌هرز به‌دلیل خسارات ناشی از آن‌ها، این آزمایش با هدف تعیین بهترین الگوی کشت مخلوط برای استفاده بهینه از منابع به‌منظور دستیابی به بیش‌ترین عملکرد و بهبود صفات زیست شیمیایی دو گیاه مرزه و شنبلیله و هم‌چنین کنترل مؤثر علف‌های هرز اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف بررسی تأثیر کشت مخلوط بر صفات زیست شیمیایی و عملکرد دو گیاه دارویی مرزه و شنبلیله در شرایط رقابت و عدم رقابت با علف‌های هرز، به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری با عرض جغرافیایی 36^{o} و ´۴۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 53^{o} درجه و ´۱۳ دقیقه شرقی و میانگین ارتفاع از سطح دریا ۱۴ متر، در سال ۱۳۹۵ به اجرا درآمد. بافت خاک مزرعه رسی- سیلتی با اسیدیته ۷/۵، ماده آلی ۱/۲۹ درصد، نیتروژن ۰/۱۳ درصد، پتاسیم ۱۸۲/۳ ppm، فسفر ۱۱/۶۴ ppm بود. تیمارهای آزمایش شامل وجین و عدم وجین

علف‌های هرز به‌عنوان عامل اصلی و کشت خالص مرزه، کشت خالص شنبلیله، کشت مخلوط ۲۵ درصد مرزه و ۷۵ درصد شنبلیله، ۵۰ درصد مرزه و ۵۰ درصد شنبلیله و ۷۵ درصد مرزه و ۲۵ درصد شنبلیله به‌عنوان عامل فرعی بودند. در خصوص درجه آزادی مربوط به الگوی کاشت ذکر این نکته ضروریست که در کرت‌های کشت خالص (مرزه و شنبلیله) تنها یک گونه گیاهی وجود داشت؛ در نتیجه در بررسی صفات مربوط به گیاه مرزه، کرت کشت خالص شنبلیله محاسبه نشد و برعکس. به همین دلیل میزان درجه آزادی الگوی کاشت برای دو گیاه مرزه و شنبلیله ۳ می‌گردد.

بعد از انجام عمل شخم و تسطیح اولیه، براساس نتایج آزمایش خاک کود اوره به‌مقدار ۸۰ کیلوگرم در هکتار و کود سوپرفسفات تریپل به‌میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار و هم‌چنین ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاس به زمین داده شد؛ که نصف کود اوره در زمان کاشت و مابقی آن بیست روز بعد به‌صورت سرک به گیاه مرزه داده شد (۳۳). کاشت تمامی گیاهان در نیمه اول خرداد به‌صورت دستی و هم‌زمان انجام شد. ابتدا محل‌های کشت آبیاری شد و بعد از کمی فروکش کردن آب، مرزه و شنبلیله توسط دست در چاله‌ها کاشته شدند و روی آن‌ها با مقداری خاک خشک و نرم پوشانده شد و بلافاصله بعد از کاشت آبیاری انجام شد. ابعاد هر کرت آزمایشی ۳×۲/۴ متر (۷/۲ مترمربع) بود که شامل ۶ خط کاشت به فاصله ۴۰ سانتی‌متر از هم بود. به‌منظور کاهش اثرات حاشیه‌ای بین کرت‌ها، فاصله یک متر در نظر گرفته شد. اندازه روی ردیف برای مرزه ۲۰ سانتی‌متر و برای شنبلیله نیز ۸ سانتی‌متر لحاظ شد.

دو هفته بعد از رشد گیاهان، به‌منظور حذف بوته‌های اضافی عملیات تنک انجام گرفت و هم‌زمان با رویش علف‌های هرز وجین دستی در تیمارهای باوجین انجام شد. اندازه‌گیری رنگدانه‌های فتوسنتزی کلروفیل a و b در زمان شروع گلدهی و با روش پورا و همکاران (۲۰۰۲)، به‌ترتیب در طول موج‌های ۶۶۵/۲ و ۶۵۲/۴ نانومتر و به‌وسیله دستگاه اسپکتوفتومتر انجام گرفت (۳۷). مقدار فنل کل با استفاده از روش فولین- سیوکالتیو (۳۵) محاسبه و برای تعیین مقدار فلاونوئید از روش‌های رنگ‌سنجی استفاده گردید (۷). هم‌چنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها با استفاده از روش اندازه‌گیری کاهش ظرفیت رادیکالی ۲-۲ دی‌فنیل-۱- پیکریل هیدرازیل (DPPH) مورد ارزیابی قرار گرفت (۶). علف‌های هرز گاوپنبه (*Abutilon theophrasti* Medic)، ارزن وحشی (*Panicum capillare*)، خربزه وحشی (*Cucumis melo* var agrestis.) و مرغ (*Cynodon dactylon*) علف‌های هرز غالب مزرعه بودند. در واقع علف‌های هرزی که فراوانی بیش‌تری داشتند به‌عنوان علف هرز غالب بودند. نمونه‌برداری از فلور علف‌های هرز به‌وسیله کوآدرات ۵۰×۵۰ سانتی‌متر طی سه مرحله در ۶۰، ۸۵ و ۱۱۰ روز بعد از کاشت صورت گرفت، که این نمونه‌برداری‌ها پس از حذف دو ردیف کناری هر کرت و نیم متر از ابتدا و انتهای ردیف‌های وسط به‌عنوان حاشیه صورت گرفت. سپس نمونه‌های علف‌های هرز کرت‌های بدون وجین در داخل پاکت‌هایی قرار داده شد و به‌مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد در آون نگهداری و بعد از خشک شدن توزین شدند. به‌منظور تجزیه واریانس و مقایسه میانگین از نرم‌افزار SAS (ver9.4) استفاده شد. مقایسه میانگین تیمارها براساس آزمون LSD و در سطح ۵ درصد انجام گرفت. ترسیم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

کلروفیل a، b و کلروفیل کل: طبق نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها، اثر ساده تیمارهای آزمایش تأثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل مرزه داشت (جدول ۱). بیشینه میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل در گیاه مرزه مربوط به تیمار ۷۵ درصد مرزه: ۲۵ درصد شنبلیله (به‌ترتیب ۱۳/۶۱ میکروگرم بر میلی‌لیتر، ۱۲/۷۷ میکروگرم بر میلی‌لیتر و ۲۶/۳۹ میکروگرم بر میلی‌لیتر) بود (جدول ۲). کم‌ترین میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل نیز در تیمار ۲۵ درصد مرزه: ۷۵ درصد شنبلیله رویت شد. هم‌چنین عدم حضور علف‌های هرز منجر به بالا رفتن میزان کلروفیل a (۱۴/۰۶ میکروگرم بر میلی‌لیتر)، b (۱۱/۲۴ میکروگرم بر میلی‌لیتر) و کلروفیل کل (۲۵/۳۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر) در گیاه مرزه گردید (جدول ۲). علاوه‌بر این، نتایج گویای این مطلب بود که برهمکنش تیمارهای آزمایش تأثیر معنی‌داری بر رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل b و کلروفیل کل شنبلیله داشت (جدول ۱). در حالی‌که تنها اثر ساده تیمارهای آزمایش بر کلروفیل a این گیاه تأثیرگذار بود (جدول ۱). بیش‌ترین میزان کلروفیل a (۱۲/۴۷ میکروگرم بر میلی‌لیتر) مربوط به تیمار ۲۵ درصد مرزه: ۷۵ درصد شنبلیله بود؛ هم‌چنین عدم حضور علف‌های هرز موجب افزایش کلروفیل a در این گیاه شد (جدول ۲). بر اساس نتایج، بالاترین میزان کلروفیل b (۱۳/۴۴ میکروگرم بر میلی‌لیتر) و کلروفیل کل (۲۸/۵۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر) مربوط به تیمار ۲۵ درصد مرزه: ۷۵ درصد شنبلیله باوجین بود (جدول ۳).

با توجه به نتایج بالا کشت مخلوط سبب افزایش کلروفیل a، b و کلروفیل کل گردید. افزایش جذب بیش‌تر نیتروژن به‌واسطه تثبیت زیستی گیاه لگوم (شنبلیله) و رابطه مکملی مثبت ایجاد شده بین گیاه شنبلیله و مرزه در کشت مخلوط و از طرفی دیگر نقش مهم نیتروژن بر فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی و ساختار رنگدانه‌های فتوسنتزی (۱۷) موجب شده است که استفاده از کشت مخلوط افزایش کلروفیل را به دنبال داشته باشد. افزایش نیتروژن در گیاه سبب افزایش پروتوپلاسم و در نتیجه افزایش اندازه سلول و سطح برگ شده و در نهایت باعث افزایش فعالیت فتوسنتز می‌گردد (۲). در بررسی کارایی فتوسنتزی جو (*Hordeum vulgare*) و شنبلیله در کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی نتایج نشان داد که تیمار کشت مخلوط جایگزینی (۳ ردیف جو + ۳ ردیف شنبلیله و افزایشی ۱۰ و ۲۰ درصد جو)، کلروفیل a و b دو گیاه جو و شنبلیله و کل بیوماس اندام هوایی تولیدی را نسبت به کشت خالص افزایش داد (۲۹). در کشت مخلوط بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea*) و ذرت، کشت مخلوط سبب افزایش کلروفیل اندام هوایی در هر دو گیاه شد (۱۸). بهارلوئی (۲۰۱۳) نیز در کشت مخلوط نخود فرنگی (*Pisum sativum*) و کلزا (*Brassica napus* L.) مشاهده نمود کلروفیل b نخودفرنگی در تیمار کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری نسبت به کشت خالص افزایش یافت (۳). این‌طور به نظر می‌رسد که علف‌های هرز با رقابت برای عناصر غذایی همانند نیتروژن سبب کاهش دسترسی گیاه به مقدار کافی نیتروژن شده و از آن جایی‌که نیتروژن نقش اساسی در ساختمان کلروفیل‌ها دارد، رقابت با علف‌های هرز سبب کاهش میزان کلروفیل برگ‌ها شده است (۳۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر رنگدانه‌های فتوسنتزی مرزه و شنبلیله.

Table 1. Analysis of variance effect of experimental treatments on photosynthetic pigments of savory and fenugreek.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	مرزه Savory			شنبلیله Fenugreek		
		کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total Chlorophyll
بلوک Block	2	0.237	0.40	0.07	1.83	0.07	1.42
علف‌های هرز (A) Weeds (A)	1	292.26*	59.14*	614.36**	91.25**	47.55*	270.55**
خطای (a) Error (a)	2	0.44	0.80	0.42	0.24	0.09	1.60
الگوی کاشت (B) Planting pattern (B)	3	32.94**	50.85**	161.83**	63.37**	47.43**	220.30**
A×B	3	4.10 ns	1.33 ns	4.76 ns	3.27 ns	3.77*	9.11**
خطا آزمایش Error	12	1.59	1.04	3.24	1.44	0.65	0.88
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	11.95	10.59	8.89	13.44	13.26	5.61

ns، ** و * به‌ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌داری و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد.

ns, ** and * are non-significant and significant at 1 and 5% probability levels, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایش بر رنگدانه‌های فتوسنتزی مرزه و شنبلیله.

Table 2. Mean comparison effect of experimental treatments on photosynthetic pigments of savory and fenugreek.

	تیمار Treatment	مرزه Savory			شنبلیله Fenugreek	
		کلروفیل a (میکروگرم در میلی‌لیتر) Chlorophyll a (µg ml^{-1})	کلروفیل b (میکروگرم در میلی‌لیتر) Chlorophyll b (µg ml^{-1})	کلروفیل کل (میکروگرم در میلی‌لیتر) Total Chlorophyll (µg ml^{-1})	کلروفیل a (میکروگرم در میلی‌لیتر) Chlorophyll a (µg ml^{-1})	
علف‌های هرز Weeds	باوجین Weed free	14.06a	11.24a	25.30a	10.9a	
	بدون وجین Weedy	7.08b	8.10b	15.18b	7.003b	
الگوی کشت Planting pattern	کشت خالص شنبلیله Monoculture of Fenugreek	-	-	-	10.05b	
	کشت خالص مرزه Monoculture of savory	10.88b	10.37b	21.26b	-	
	۷۵ درصد مرزه: ۲۵ درصد شنبلیله 75% savory:25% Fenugreek	13.61a	12.77a	26.39a	4.71c	
	۵۰ درصد مرزه: ۵۰ درصد شنبلیله 50% savory:50% Fenugreek	9.76b	9.78b	19.54b	8.56b	
	۲۵ درصد مرزه: ۷۵ درصد شنبلیله 25% savory:75% Fenugreek	8.03c	5.76c	13.79c	12.47a	

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means which follow the same letter are not statistically different at 5% probability level based on LSD test.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایش بر کلروفیل b و کلروفیل کل شنبلیله.

Table 3. Mean comparison effect of experimental treatments on chlorophyll b and total chlorophyll of fenugreek.

	تیمار Treatment	کلروفیل b (میکروگرم در میلی‌لیتر) Chlorophyll b (μg ml^{-1})	کلروفیل کل (میکروگرم در میلی‌لیتر) Total Chlorophyll (μg ml^{-1})
باوجین Weed free	کشت خالص شنبلیله Monoculture of Fenugreek	9.35^{b}	21.77^{b}
	۷۵ درصد مرزه: ۲۵ درصد شنبلیله 75% savory:25% Fenugreek	5.62^{e}	11.3^{f}
	۵۰ درصد مرزه: ۵۰ درصد شنبلیله 50% savory:50% Fenugreek	8.32^{bc}	18.72^{c}
	۲۵ درصد مرزه: ۷۵ درصد شنبلیله 25% savory:75% Fenugreek	13.44^{a}	28.55^{a}
بدون وجین Weedy	کشت خالص شنبلیله Monoculture of Fenugreek	7.65^{cd}	15.32^{d}
	۷۵ درصد مرزه: ۲۵ درصد شنبلیله 75% savory:25% Fenugreek	2.68^{f}	6.44^{g}
	۵۰ درصد مرزه: ۵۰ درصد شنبلیله 50% savory:50% Fenugreek	6.72^{de}	13.45^{e}
	۲۵ درصد مرزه: ۷۵ درصد شنبلیله 25% savory:75% Fenugreek	8.34^{bc}	18.28^{c}

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means which follow the same letter are not statistically different at 5% probability level based on LSD test.

فنل و فلاونوئید کل: بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر ساده و متقابل تیمارهای آزمایش تأثیر معنی‌داری بر محتوای فنل کل در هر دو گیاه مرزه و شنبلیله داشت (جدول ۴). بیشینه میزان فنل کل در گیاه مرزه مربوط به تیمار ۵۰ درصد مرزه: ۵۰ درصد شنبلیله بدون وجین (۶۰/۸۵ میلی‌گرم در گرم برگ خشک) بود که با تیمار ۷۵ درصد مرزه: ۲۵ درصد شنبلیله بدون وجین (۵۶/۶ میلی‌گرم در گرم برگ خشک) تفاوت چندانی از لحاظ آماری نداشت (جدول ۵). هم‌چنین در گیاه شنبلیله نیز تیمار ۵۰ درصد مرزه: ۵۰ درصد شنبلیله بدون وجین (۵۴/۹۴ میلی‌گرم در گرم برگ خشک) دارای بالاترین میزان فنل کل بود که با تیمار ۲۵ درصد مرزه: ۷۵ درصد شنبلیله بدون وجین (۵۰/۷۳ میلی‌گرم در گرم برگ خشک) تفاوت چندانی از لحاظ آماری نداشت (جدول ۵). کم‌ترین میزان فنل کل در هر دو گیاه در تیمار کشت خالص باوجین مشاهده شد که با همین تیمار در شرایط حضور علف‌های هرز تفاوت آماری چندانی نشان نداد.

اثر متقابل الگوی کشت و علف هرز تأثیر معنی‌داری بر میزان فلاونوئید گیاه مرزه و شنبلیله داشته است (جدول ۴). تیمار ۵۰ درصد مرزه: ۵۰ درصد شنبلیله بدون وجین رکوردار بالاترین میزان فلاونوئید در مرزه (۴۴/۷۶ میلی‌گرم در گرم برگ خشک) و شنبلیله (۵۳/۸۵ میلی‌گرم در گرم برگ خشک) بوده است (جدول ۵). کم‌ترین میزان فلاونوئید در گیاه مرزه مربوط به تیمار کشت خالص مرزه باوجین (۲۰/۰۷ میلی‌گرم در گرم برگ خشک) بود. لازم به ذکر است که در این گیاه بین تیمارهای ۷۵ درصد مرزه: ۲۵ درصد شنبلیله بدون وجین و هم‌چنین باوجین تفاوت چندانی از لحاظ آماری مشاهده نشد. هم‌چنین کم‌ترین میزان فلاونوئید گیاه شنبلیله در کشت خالص این گیاه در شرایط کنترل علف‌های هرز رویت شد که با تیمار کشت خالص شنبلیله بدون وجین تفاوت آماری چندانی نداشت (جدول ۵). بین تیمارهای ۵۰ درصد مرزه: ۵۰ درصد شنبلیله و ۲۵ درصد مرزه: ۷۵ درصد شنبلیله در شرایط تداخل علف‌های هرز تفاوت چندانی از لحاظ آماری مشاهده نشد (جدول ۵).

با توجه به موارد ذکر شده می‌توان نتیجه گرفت که حضور شنبلیله به همراه مرزه عاملی است که با تثبیت نیتروژن به تولید بیش‌تر متابولیت‌های ثانویه در گیاه کمک کرده است. از طرف دیگر با توجه به این‌که کشت مخلوط دو گیاه خود به عنوان یک عامل رقابتی و تنشی برای هر دو گیاه به حساب می‌آید، از این‌رو می‌توان تولید مقدار بیش‌تر ترکیبات فنلی در تیمار ۵۰ درصد مرزه: ۵۰ درصد شنبلیله بدون وجین را به این امر نیز نسبت داد. زیرا ترکیبات فنلی جزء متابولیت‌های ثانویه گیاه هستند که در شرایط خاص، نقش دفاعی در بافت گیاه را ایفا می‌کنند. گیاهان برای مقابله با تداخل شدید علف‌های مهاجم و اکسیژن‌های فعالی که در شرایط تنش به‌وجود می‌آیند؛ سازوکارهای دفاعی خاصی را مانند افزایش غلظت فنل کل به کار می‌گیرند تا به گیاه کم‌تر آسیب وارد شود (۱۱)؛ که با نتایج پترسون و همکاران (۲۰۰۱) و ولیفرد و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد (۳۶ و ۴۴). ترکیبات فنلی عاملی برای مقابله با اثرات تنش می‌باشد و باعث کاهش اثرات سوء این عوامل می‌شود. در آزمایش فتحی و همکاران (۲۰۱۶) روی برخی ارقام نخود (*Cicer arietinum*)، گزارش شد که در شرایط تداخل علف هرز کمبود آب و مواد غذایی باعث افزایش مقدار ترکیبات فنلی می‌شود، اما در شرایط عدم تداخل پاسخ ارقام متفاوت بود (۱۱). افزایش میزان فلاونوئید در شرایط رقابتی می‌تواند به‌دلیل فعال شدن سازوکار دفاعی در برابر تنش ایجاد شده باشد. فلاونوئیدها ترکیبات پلی‌فنولیک و از مهم‌ترین ترکیبات ثانویه گیاهان می‌باشند.

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر فنل کل، فلاونوئید کل و درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی مرزه و شنبلیله.

Table 4. Analysis of variance effect of experimental treatments on total phenol, total flavonoids and antioxidant activity of savory and fenugreek.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	فنل کل Total phenol		فلاونوئید کل Total Flavonoids		فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity	
		مرزه Savory	شنبلیله Fenugreek	مرزه Savory	شنبلیله Fenugreek	مرزه Savory	شنبلیله Fenugreek
بلوک Block	2	2.68	3.35	4.71	4.59	6.16	5.37
علف‌های هرز (A) Weeds (A)	1	449.94**	461.20*	179.21**	467.43*	273.37**	287.04**
خطای (a) Error (a)	2	0.09	0.05	0.68	0.01	0.5	0.79
الگوی کاشت (B) Planting pattern (B)	3	1010.28**	1023.32**	383.33**	1020.06**	1952.26**	1972.48**
A×B	3	31.19*	777329*	16.36**	30.05**	24.15*	21.37*
خطا آزمایش Error	12	7.63	7.49	1.04	6.47	4.16	4.13
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	6	6.82	2.85	6.5	3.15	3.45

** و * به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد.

** and * are significant at 1 and 5% probability levels, respectively.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی: بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر ساده و متقابل تیمارهای آزمایش تأثیر معنی‌داری بر درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی مرزه و شنبلیله داشت (جدول ۴). بیشینه فعالیت آنتی‌اکسیدانی در هر دو گیاه مربوط به تیمار ۵۰ درصد مرزه: ۵۰ درصد شنبلیله بدون وجین بود که با تیمار ۵۰ درصد مرزه:

۵۰ درصد شنبلیله در شرایط کنترل علف‌های هرز از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). شایان ذکر است که عدم تداخل علف‌های هرز در تیمار کشت خالص موجب کاهش چشمگیر فعالیت آنتی‌اکسیدانی در هر دو گیاه شد. یکی از دلایل کاهش رشد گیاهان در حضور ترکیبات دگرآسیب علف‌های هرز، تولید انواع رادیکال‌های آزاد اکسیژن در گیاهان هدف تحت‌تأثیر سمیت گیاهان دگرآسیب است که ترکیبات آنتی‌اکسیدان قادرند محیط سلول و غشای سلولی را از آسیب‌های رادیکال‌های آزاد مصون دارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایش بر فنل کل، فلاونوئید کل و درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی مرزه و شنبلیله.

Table 5. Mean comparison effect of experimental treatments on total phenol, total flavonoids and antioxidant activity of savory and fenugreek.

تیمار Treatment		مرزه Savory			شنبلیله Fenugreek		
		فنل کل (میلی‌گرم در گرم برگ خشک) Total phenol (mg/g dw)	فلاونوئید کل (میلی‌گرم در گرم برگ خشک) Total flavonoids (mg/g dw)	درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity (%)	فنل کل (میلی‌گرم در گرم برگ خشک) Total phenol (mg/g dw)	فلاونوئید (میلی‌گرم در گرم برگ خشک) Total flavonoids (mg/g dw)	درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity (%)
باوجین Weed free	کشت خالص شنبلیله Monoculture of Fenugreek	-	-	-	19.17 f	18.4 e	27 f
	کشت خالص مرزه Monoculture of savory	25.40 f	20.07 f	33 f	-	-	-
	۷۵ درصد مرزه: ۲۵ درصد شنبلیله 75% savory:25% Fenugreek	49.90 d	40.57 bc	71 c	34.68 e	33.65 d	57 d
	۵۰ درصد مرزه: ۵۰ درصد شنبلیله 50% savory:50% Fenugreek	50.87 cd	38.68 c	78.66 ab	45.01 cd	43.87 c	72.66 ab
	۲۵ درصد مرزه: ۷۵ درصد شنبلیله 25% savory:75% Fenugreek	40.65 e	32.57 d	63 d	43.97 d	42.9 c	65 c
بدون وجین Weedy	کشت خالص شنبلیله Monoculture of Fenugreek	-	-	-	23.17 f	22.07 e	39 e
	کشت خالص مرزه Monoculture of savory	29.07 f	28.85 e	45 e	-	-	-
	۷۵ درصد مرزه: ۲۵ درصد شنبلیله 75% savory:25% Fenugreek	56.6 ab	41.48 b	76.66 b	49.06 bc	47.96 b	64 c
	۵۰ درصد مرزه: ۵۰ درصد شنبلیله 50% savory:50% Fenugreek	60.85 a	44.76 a	81 a	54.94 a	53.85 a	75.66 a
	۲۵ درصد مرزه: ۷۵ درصد شنبلیله 25% savory:75% Fenugreek	54.96bc	38.6 c	70 c	50.73 ab	50.26 ab	70.66 b

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means which follow the same letter are not statistically different at 5% probability level based on LSD test.

فرامرزی و احمدی (۲۰۱۵) بیان داشتند که حضور ترکیبات دگرآسیبی سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاهچه‌های هدف می‌شود، زیرا این آنزیم‌ها با حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن محیط سلول را از اثرات زیان‌بار این رادیکال‌ها حفظ می‌کنند (۱۰) اما آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نیز مانند سایر ترکیبات پروتئینی تحت‌تأثیر غلظت بسیار بالای ترکیبات دگرآسیبی قرار گرفته و فعالیت آن‌ها کاهش می‌یابد (۲۵ و ۳۴).

وزن تر و خشک برگ و ساقه: نتایج گویای این مطلب بود که، اثر متقابل تیمارهای آزمایش تأثیر معنی‌داری بر عملکرد تر و خشک برگ و ساقه هر دو گیاه (به غیر از وزن خشک برگ گیاه مرزه) داشتند (جدول ۶). در بررسی وزن تر برگ، ساقه و هم‌چنین وزن خشک ساقه گیاه مرزه، نتایج نشان داد که با افزایش سهم شنبلیله در تاج پوشش مخلوط از عملکرد گیاه مرزه کاسته شد. به گونه‌ای که تیمار کشت خالص مرزه در شرایط کنترل علف‌های هرز بیش‌ترین عملکرد تر برگ (۷۶۶/۶۷ گرم در مترمربع)، عملکرد تر ساقه (۸۲۰ گرم در مترمربع) و عملکرد خشک ساقه (۴۸۸/۶۷ گرم در مترمربع) را به خود اختصاص داد (جدول ۷). بر اساس جدول ۷، اثر ساده تیمارهای آزمایش تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک برگ گیاه مرزه داشت؛ در حالی‌که برهمکنش تیمارهای آزمایشی نتوانست تأثیر چندانی بر این صفت بگذارد. تیمار کشت خالص مرزه بالاترین عملکرد خشک برگ (۳۰۷/۹۵ گرم در مترمربع) را داشت که با تیمار ۷۵٪ مرزه: ۲۵٪ شنبلیله (۲۸۹/۱۰ گرم در مترمربع) در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۸). هم‌چنین در شرایط عدم حضور علف‌های هرز میزان عملکرد خشک برگ گیاه مرزه به بالاترین میزان رسید (جدول ۸). نتایج بیانگر این مطلب بود که عملکرد تر برگ، عملکرد خشک برگ، عملکرد تر ساقه و عملکرد خشک ساقه گیاه شنبلیله در تیمار کشت خالص + شرایط کنترل علف‌های هرز (به‌ترتیب به میزان ۹۰۰، ۲۷۶/۶۷، ۹۱۳/۳۳ و ۳۷۲/۵۳ گرم در مترمربع) در حداکثر مقدار خود قرار داشت (جدول ۷). علاوه‌بر آن افزایش سهم ۲۵ درصدی مرزه در کشت مخلوط با شنبلیله نیز موجب افزایش عملکرد وزن تر برگ و وزن خشک ساقه در گیاه شنبلیله گردید (جدول ۷)، که نشان‌دهنده مؤثر واقع شدن شنبلیله در رقابت برون‌گونه‌ای می‌باشد.

حسن‌زاده اول و همکاران (۲۰۱۲) نیز افزایش درصد ساقه مرزه را در کشت خالص در مقایسه با تیمارهای کشت مخلوط گزارش نموده‌اند. آن‌ها دلیل کاهش درصد ساقه در کشت مخلوط را سایه‌اندازی شبدر (*Trifolium resupinatum* L.) روی مرزه و کاهش جذب نور و محدودیت رشد ساقه‌های مرزه بیان نموده‌اند (۱۶). بر خلاف این نتایج، مافی و موکسیارلی (۲۰۰۳) بیان نمودند که وزن خشک برگ و ساقه نعناع (*Mentha piperita*) در کشت مخلوط با سویا در مقایسه با کشت خالص افزایش داشته است. آن‌ها دلیل این افزایش را به لحاظ فیزیولوژیکی توجیح کرده‌اند. آن‌ها افزایش کلروفیل و کارتنوئید را دلیل افزایش هدایت روزنه‌ای نعناع در کشت مخلوط بیان کرده‌اند که باعث پتانسیل بالای آسیمیلاسیون کربن و تولید متابولیت ثانویه شده و به دنبال آن ماده خشک افزایش می‌یابد (۲۶).

جدول ٦- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر وزن تر و خشک برگ و ساقه مرزه و شنبلیله.

Table 6. Analysis of variance effect of experimental treatments on on fresh and dry weight of leaf and stem of savory and fenugreek.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	مرزه Savory				شنبلیله Fenugreek			
		وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن تر ساقه Stem fresh weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن تر ساقه Stem fresh weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight
بلوک Block	2	10430.57	183.38	14.67	278.20	261.74	2140.23	579.71	233.35
علف‌های هرز (A) Weeds (A)	1	88197.25**	66286.57**	195643.98**	159365.10**	798291.85**	41925.40**	581383.88**	140852.08**
خطای (a) Error (a)	2	4741.66	347.001	1186.31	30.82	4288.40	6.48	1028.34	28.90
الگوی کاشت (B) Planting pattern (B)	3	154911.88**	31974.63**	128999.99**	52271.29**	191889.19**	16077.71**	147500.76**	7968.19**
A×B	3	11346.47*	669.43ns	12243.06**	6761.40**	58620.74**	2884.55*	28971.81**	1136.09**
خطا آزمایش Error	12	2894.60	275.08	1570.95	202.08	880.08	493.71	2209.77	129.69
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	11.19	6.74	7.78	5.52	6.01	15.18	9.55	4.23

ns، ** و * به‌ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌داری و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد.

ns, ** and * are non-significant and significant at 1 and 5% probability levels, respectively.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایش بر وزن تر و خشک برگ و ساقه مرزه و شنبلیله.

Table 7. Mean comparison effect of experimental treatments on fresh and dry weight of leaf and stem of savory and fenugreek.

		مرزه Savory			شنبلیله Fenugreek			
	تیمار Treatment	وزن تر برگ (گرم در متر مربع) Leaf fresh weight (g/m^2)	وزن تر ساقه (گرم در متر مربع) Stem fresh weight (g/m^2)	وزن خشک ساقه (گرم در متر مربع) Stem dry weight (g/m^2)	وزن تر برگ (گرم در متر مربع) Leaf fresh weight (g/m^2)	وزن خشک برگ (گرم در متر مربع) Leaf dry weight (g/m^2)	وزن تر ساقه (گرم در متر مربع) Stem fresh weight (g/m^2)	وزن خشک ساقه (گرم در متر مربع) Stem dry weight (g/m^2)
باوجین Weed free	کشت خالص شنبلیله Monoculture of Fenugreek	-	-	-	900 [a]	276.67 [a]	913.33 [a]	372.53 [a]
	کشت خالص مرزه Monoculture of savory	766.67[a]	820 [a]	488.67 [a]	-	-	-	-
	۷۵ درصد مرزه: ۲۵ درصد شنبلیله 75% savory:25% Fenugreek	545 [b]	618.33 [b]	374.17 [b]	365 [cd]	104 [d]	390.83 [de]	299.83 [c]
	۵۰ درصد مرزه: ۵۰ درصد شنبلیله 50% savory:50% Fenugreek	530.43 [b]	588.83 [b]	305.90 [c]	523.03 [b]	165.20 [bc]	555.20 [c]	346.66 [b]
	۲۵ درصد مرزه: ۷۵ درصد شنبلیله 25% savory:75% Fenugreek	323.33 [c]	371.23 [e]	186 [ef]	915.07 [a]	206.67 [b]	731.67 [b]	363.33 [ab]
بدون وجین Weedy	کشت خالص شنبلیله Monoculture of Fenugreek	-	-	-	393.33 [c]	131.23 [cd]	428.33 [d]	255.83 [d]
	کشت خالص مرزه Monoculture of savory	529.17 [b]	506.17 [c]	240.40 [d]	-	-	-	-
	۷۵ درصد مرزه: ۲۵ درصد شنبلیله 75% savory:25% Fenugreek	450 [b]	486.77 [cd]	200.47 [e]	190.70 [e]	60.07 [e]	216.63 [f]	152.33 [f]
	۵۰ درصد مرزه: ۵۰ درصد شنبلیله 50% savory:50% Fenugreek	501.30 [b]	430.67 [de]	163.33 [f]	306.70 [d]	100.63 [de]	326.67 [e]	175 [e]
	۲۵ درصد مرزه: ۷۵ درصد شنبلیله 25% savory:75% Fenugreek	200 [d]	252.50 [f]	98.63 [g]	353.33 [cd]	126.23 [cd]	347.27 [de]	186.33 [e]

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means which follow the same letter are not statistically different at 5% probability level based on LSD test.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایش بر وزن خشک برگ مرزه.

Table 8. Mean comparison effect of experimental treatments on dry weight of leaf of savory.

تیمار Treatment		وزن خشک برگ (گرم در متر مربع) Leaf dry weight (g/m^2)
علف هرز Weed	باوجین Weed free	298.55 [a]
	بدون وجین Weedy	193.45 [b]
الگوی کاشت Planting pattern	کشت خالص مرزه Monoculture of savory	307.95 [a]
	۷۵ درصد مرزه: ۲۵ درصد شنبلیله 75% savory:25% Fenugreek	289.10 [a]
	۵۰ درصد مرزه: ۵۰ درصد شنبلیله 50% savory:50% Fenugreek	242.35 [b]
	۲۵ درصد مرزه: ۷۵ درصد شنبلیله 25% savory:75% Fenugreek	144.61 [c]

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means which follow the same letter are not statistically different at 5% probability level based on LSD test.

وزن تر و خشک کل: با توجه به نتایج به‌دست آمده، وزن تر و خشک کل اندام هوایی در هر دو گیاه مرزه و شنبلیله تحت‌تأثیر اثر ساده و متقابل تیمارهای آزمایش قرار گرفت (جدول ۹). نتایج به‌دست آمده نشان داد که بیش‌ترین وزن تر کل در گیاه مرزه (۱۵۸۶/۶۷ گرم در مترمربع) و گیاه شنبلیله (۱۸۱۳/۳۳ گرم در مترمربع) مربوط به تیمار کشت خالص آن گیاه در شرایط عاری از علف هرز بود (شکل ۱-A و C). عدم کنترل علف‌های هرز در مرزه و شنبلیله به‌ترتیب موجب کاهش ۷۱/۴۸ و ۷۷/۵۳ درصدی وزن تر کل در این دو گیاه گشت. هم‌چنین کم‌ترین میزان وزن تر کل در گیاه مرزه و شنبلیله به‌ترتیب مربوط به تیمار ۲۵ درصد مرزه: ۷۵ درصد شنبلیله بدون وجین و ۷۵ درصد مرزه: ۲۵ درصد شنبلیله بدون وجین بود (شکل ۱-A و C). لازم به ذکر است که از لحاظ آماری در گیاه مرزه بین سه تیمار ۷۵ درصد مرزه: ۲۵ درصد شنبلیله باوجین، ۵۰ درصد مرزه: ۵۰ درصد شنبلیله باوجین و کشت خالص مرزه بدون وجین اختلاف چندانی مشاهده نشد (شکل ۱- A).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین، تیمار کشت خالص هر دو گیاه در شرایط کنترل علف هرز دارای بیش‌ترین وزن خشک کل در گیاه مرزه (۸۴۲/۳۳ گرم در مترمربع) و گیاه شنبلیله (۶۴۹/۲۰ گرم در مترمربع) بود (شکل ۱-B و D). هم‌چنین بر طبق انتظار کم‌ترین وزن خشک کل در گیاه مرزه و شنبلیله به‌ترتیب مربوط به تیمار ۲۵ درصد مرزه: ۷۵ درصد شنبلیله بدون وجین و ۷۵ درصد مرزه: ۲۵ درصد شنبلیله بدون وجین بود (شکل ۱-B و D). عدم اعمال وجین نیز موجب کاهش چشمگیر وزن خشک کل هر دو گیاه گردید؛ به گونه‌ای که این کاهش در گیاه مرزه به میزان ۷۶/۰۷ درصد و در گیاه شنبلیله به‌میزان ۶۷/۳۰ درصد بود (شکل ۱- B و D).

جدول ۹- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر وزن تر و خشک اندام هوایی مرزه و شنبلیله.

Table 9. Analysis of variance effect of experimental treatments on shoot fresh weight and shoot dry weight of savory and fenugreek.

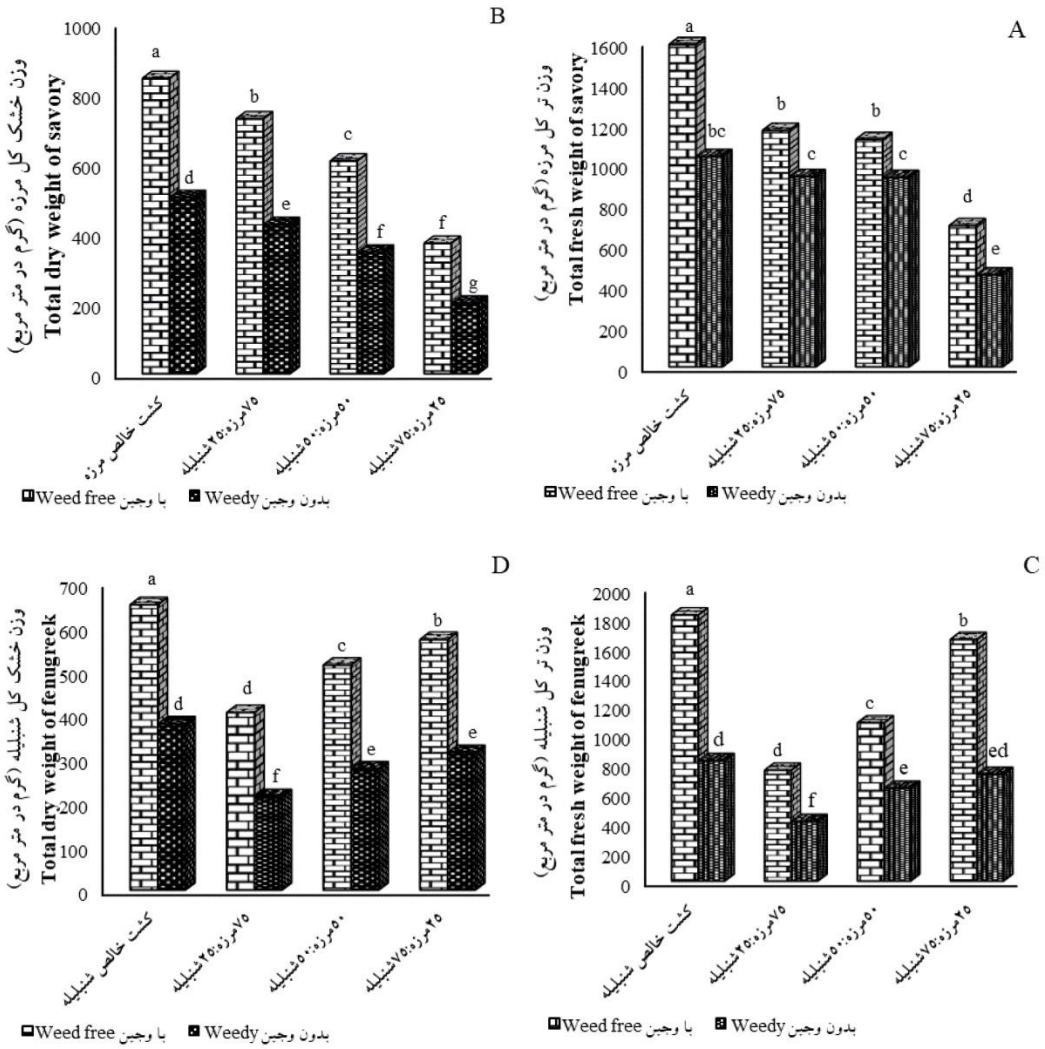
وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weigh		وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weigh		درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
شنبلیله Fenugreek	مرزه Savory	شنبلیله Fenugreek	مرزه Savory		
3552.75	569.77	86.36	10469.07	2	بلوک Block
336469.12**	431212.04**	2742194.01**	546559.80**	1	علف‌های هرز (A) Weeds (A)
41.61	294.03	1392.66	10584.75	2	خطای (a) Error (a)
46404.99**	162953.97**	661728.41**	562720.04**	3	الگوی کاشت (B) Planting pattern (B)
1562.98*	7898.69**	159719.06**	42302.62**	3	A×B
595.60	362.17	4693.78	6757.97	12	خطا آزمایش Error
5.87	3.78	6.95	8.30		ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

** و * به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد.

** and * are significant at 1 and 5% probability levels, respectively.

از آن‌جایی‌که تراکم هر یک از گیاهان در کشت خالص نسبت به مخلوط بیش‌تر است و تراکم به‌عنوان اولین و مهم‌ترین جزء عملکرد می‌باشد، بنابراین در کشت‌های مخلوط کم‌تر بودن تراکم هر گونه نسبت به کشت خالص خود دلیل اصلی پائین‌تر بودن عملکرد می‌باشد (۱۴). در بررسی تأثیر کشت مخلوط بر عملکرد و برخی صفات شنبلیله و انیسون (*Pimpinella anisum* L.)، پژوهشگران بیان نمودند که تیمارهای مختلف کشت مخلوط اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه و عملکرد زیستی هر دو گونه داشتند و کشت خالص دو گونه در هر دو شرایط وجود و عدم وجود علف‌های هرز دارای بالاترین عملکرد دانه و عملکرد زیستی بودند (۲۷). داس و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی کشت مخلوط گندم (*Triticum aestivum* L.) با نخود و عدس بیان نمودند که در تمام مراحل رشد کشت خالص هر یک از گیاهان نسبت به کشت مخلوط از تجمع ماده خشک بیش‌تری برخوردار بود (۸). کاهش معنی‌دار تجمع ماده خشک گندم و ذرت در شرایط اختلاط نسبت به کشت خالص نیز گزارش شده است (۳۱). کاهش ۵۳/۴ درصدی عملکرد نعناع صحرایی (*Mentha spicata*) در کشت مخلوط با شمعدانی معطر (*Pelargonum graveolens*) در مقایسه با کشت خالص گزارش شده است (۳۸). در کشت مخلوط گندم زمستانه و شبدر برسیم (*Trifolium alexandrium*) نیز کاهش ۱۰ تا ۲۵ درصدی عملکرد دانه گندم در مقایسه با کشت خالص گزارش شده است. دلیل این کاهش، رقابت بین

گونه‌ای برای نور و نیتروژن در طول دوره رشد رویشی و رقابت برای آب در طول دوره پر شدن دانه بیان نموده است (۴۲). رضوانی‌مقدم و مرادی (۲۰۱۲) نیز عملکرد بذر زیره سبز (*Cumimum cymimum* L.) و شنبلیله را به دلیل تراکم بالاتر در کشت خالص این گیاهان بیش‌تر از کشت مخلوط آن‌ها گزارش نموده‌اند (۳۹).



شکل ۱- اثر متقابل الگوی کشت و علف هرز بر A: وزن تر کل مرزه (گرم در مترمربع)، B: وزن خشک کل مرزه (گرم در مترمربع)، C: وزن تر کل شنبلیله (گرم در مترمربع) و D: وزن خشک کل شنبلیله (گرم در مترمربع).

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند.

Fig. 1. The interaction effect of planting pattern and weed on A: total fresh weight of savory (g/m^2), B: total dry weight of savory (g/m^2), C: total fresh weight of fenugreek (g/m^2) and D: total dry weight of fenugreek (g/m^2). Means which follow the same letter are not statistically different at 5% probability level based on LSD test.

وزن خشک علف‌های هرز: بر اساس نتایج جدول ۱۰، الگوهای مختلف کشت در هر سه مرحله نمونه‌برداری تأثیر معنی‌داری را بر وزن خشک علف‌های هرز داشت. نتایج گویای این مطلب بود که در هر سه مرحله نمونه‌برداری بیش‌ترین و کم‌ترین وزن خشک علف‌های هرز به‌ترتیب مربوط به الگوی کشت خالص مرزه و نسبت ۷۵:۲۵ درصد مرزه: شنبلیله بود که مرحله دوم نمونه‌برداری، بیش‌ترین میزان وزن خشک را به خود اختصاص داد (جدول ۱۱). البته در هر سه مرحله نمونه‌برداری بین دو تیمار کشت خالص شنبلیله و ۲۵:۷۵ درصد مرزه: شنبلیله از لحاظ آماری تفاوت چندانی مشاهده نگردید (جدول ۱۱).

جدول ۱۰- تجزیه واریانس اثر الگوی کاشت بر زیست توده علف‌های هرز طی سه مرحله نمونه‌برداری.

Table 10. Analysis of variance effect of planting pattern on weeds biomass in three stage of sampling.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	مرحله ۱ Stage 1	مرحله ۲ Stage 2	مرحله ۳ Stage 3
بلوک Block	2	206.90	1890.53	109.82
الگوی کاشت Planting pattern	4	12840.506**	18460.28**	3629.26**
خطا آزمایش Error	8	472.82	1577.10	249.37
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		14.05	17.01	13.52

** نشان‌دهنده معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می‌باشد.

** are significant at 1% probability levels.

جدول ۱۱- مقایسه میانگین اثر الگوی کاشت بر زیست توده علف‌های هرز طی سه مرحله نمونه‌برداری.

Table 11. Mean comparison effect of planting pattern on weeds biomass in three stage of sampling.

تیمار Treatment	زیست توده علف‌های هرز (گرم در مترمربع) Weeds Biomass (g m^{-1})		
	مرحله ۱ Stage 1	مرحله ۲ Stage 2	مرحله ۳ Stage 3
کشت خالص شنبلیله Monoculture of Fenugreek	124.48^{b}	262.52^{b}	159.17^{b}
کشت خالص مرزه Monoculture of savory	173.50^{a}	362.43^{a}	262.48^{a}
۷۵ درصد مرزه: ۲۵ درصد شنبلیله 75% savory:25% Fenugreek	105.29^{bc}	210.49^{bc}	143.95^{bc}
۵۰ درصد مرزه: ۵۰ درصد شنبلیله 50% savory:50% Fenugreek	93.50^{c}	183.36^{bc}	115.18^{cd}
۲۵ درصد مرزه: ۷۵ درصد شنبلیله 25% savory:75% Fenugreek	86.97^{c}	164.37^{c}	93^{d}

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means which follow the same letter are not statistically different at 5% probability level based on LSD test.

یکی از دلایل کاهش زیست‌توده علف هرز در کشت مخلوط پیش‌دستی در استفاده از منابع نور آب و عناصر غذایی توسط گیاهان نسبت به کشت خالص گزارش شده که به‌دلیل استفاده مؤثرتر از منابع، آشیان‌های بوم‌شناختی کم‌تری در اختیار علف‌های هرز قرار می‌دهد (۴۶). هم‌چنین یک همبستگی منفی بین استفاده از منابع و رشد علف هرز گزارش شده است (۱). از آن‌جا که کشت مخلوط در استفاده از منابع، کارایی بالاتری نسبت به کشت خالص دارد (۴۳) وزن خشک علف‌های هرز مخلوط نسبت به کشت خالص کاهش می‌یابد. در پژوهشی دیگر گزارش شد که مخلوط شمعدانی (*Pelargonium* sp.) و نعناع منجر به کاهش رشد و زیست‌توده علف‌های هرز شد (۳۸). اثر الگوی کاشت و تراکم گیاهی بر میزان ماده خشک علف‌های هرز در کشت مخلوط ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata*) در سطح یک درصد مؤثر بود و کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی در کنترل علف‌های هرز بهتر بوده است. در نسبت اختلاط ۶۷ درصد ذرت + ۳۳ درصد لوبیا چشم‌بلبلی به روش جایگزینی، کم‌ترین میزان ماده خشک علف هرز به‌دست آمد (۲۰).

نتیجه‌گیری کلی

به‌کارگیری گونه‌های گیاهی با خصوصیات ریخت‌شناختی و فنولوژی متفاوت که کم‌ترین رقابت را در یک آشیان بوم‌شناختی ثابت از نظر دریافت عوامل محیطی در مکان و زمان با یکدیگر ایجاد کنند، گام مهمی در موفقیت کشت مخلوط محسوب می‌شود. نتایج پژوهش حاضر بیانگر آن بود که بالاترین میزان وزن تر و خشک کل در گیاه مرزه و شنبلیله در کشت خالص عاری از علف‌های هرز مشاهده شد.

در مرزه محتوای کلروفیل a، b و کلروفیل کل در تیمارهای باوجین بیش‌تر از تیمارهای بدون وجین بود؛ هم‌چنین بیش‌ترین میزان کلروفیل در نسبت‌های مخلوط مشاهده شد. در شنبلیله نیز همانند مرزه، بالاترین میزان کلروفیل a در تیمارهای باوجین مشاهده شد، درحالی‌که، تیمارهای بدون وجین از محتوای کلروفیلی کم‌تری برخوردار بودند. تیمارهای کشت مخلوط نیز محتوای کلروفیلی بیش‌تری داشت. بالاترین میزان کلروفیل b و کلروفیل کل در گیاه شنبلیله مربوط به تیمار ۲۵ درصد مرزه: ۷۵ درصد شنبلیله باوجین بود. در هر دو گیاه مرزه و شنبلیله، بیش‌ترین محتوای فنلی، فلاونویید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در نسبت کشت مخلوط ۵۰ درصد مرزه: ۵۰ درصد شنبلیله بدون وجین مشاهده شد. هم‌چنین نتایج بررسی وزن خشک علف‌های هرز بیانگر کاهش رقابت و وزن خشک علف‌های هرز در کشت مخلوط مرزه و شنبلیله نسبت به شرایط کشت خالص بود که این موضوع نشان‌دهنده نقش مثبت کشت مخلوط در مهار علف‌های هرز می‌باشد. استفاده از کشت مخلوط به‌دلیل کاهش رقابت بین گونه‌ای نسبت به رقابت درون گونه‌ای از طریق استفاده بهینه از عوامل محیطی موجب بهبود بسیاری از صفات مورد بررسی در هر دو گیاه دارویی گردید. بدین‌ترتیب، با توجه مطالب ذکر شده کشت مخلوط مرزه و شنبلیله با کاهش خسارت علف‌های هرز به عنوان راهکاری مناسب جهت بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاه و هم‌چنین کنترل مدیریت علف‌های هرز پیشنهاد می‌شود.

منابع

1.Abraham, C.T. and Singh, S.P. 1984. Weed management in sorghum-legume intercropping systems. J. Agric. Sci. 103: 15-103.

2.Arefi, I., Kafi, M., Khazaee, H.R. and Banayan Aval, M. 2012. Effect of nitrogen phosphorous and potassium fertilizer levels on yield, photosynthetic rate photosynthetic pigments, chlorophyll content, and nitrogen concentration of plant components of *Allium altissimum* Regel. Iran. J. Agroeco. 4(3): 207-214. (In Persian)

3.Baharloi, S. 2013. Effect of plant competition on nitrogen requirement of intercropping of *Pisum sativum* and rapeseed. M.Sc Thesis of Agroecology, Shahrekord University, 96p. (In Persian)

4.Beheshti, A. 1995. Effect of different planting density on yield and yield components of grain sorghum and soybean in mixed cropping system. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad. Iran. (In Persian)

5.Bigonah, R., Rezvani Moghaddam, P. and Jahan, M. 2014. Effects of intercropping on biological yield, percentage of nitrogen and morphological characteristics of coriander and fenugreek. Iran J. Field Crops Res. 12(3): 369-377. (In Persian)

6.Burits, M. and Bucar, F. 2000. Antioxidant activity of *Nigella sativa* essential oil. Phytother Res. 14(5): 323-328.

7.Chang, C., Yang, M., Wen, H. and Chern, J. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. J. Food Drug Analysis. 10: 178-182.

8.Das, A.K., Khaliq, Q.A. and Haider, M.L. 2011. Effect of intercropping on growth and yield in wheat-lentil and wheat-chickpea intercropping system at different planting configurations. J. Innov. Develop. Stra. 5(3): 125-137.

9.Emami, A., Shams Ardakani, M.R. and Mehregan, I. 2004. Encyclopedia of medicinal plant. Traditional (TMRC), Shaheed Beheshti University of Medicinal and Medica Research Center Sciences. 449p. (In Persian)

10.Faramarzi, Sh. and Ahmadi, A. 2015. The evaluation of allelopathic effects of sunflower (*Helianthus annuus* L.) aquatic extract on enzyme activity of wild barley (*Hordeum spontoneum* L.) and barnyardgrass (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv) seedling. Applied Res. Plant Ecoph. 2(1): 81-90. (In Persian)

11.Fathi, A., Tahmasebi, A. and Teimoori, N. 2016. Effect of sowing date and weed interference on chickpea seed quantitative and traits in genotypes under dryland conditions. Iran. J. Dryland Agric. 5(2): 135-156.

12.Fernandez-Aparicio, M., Emeran, A.A. and Rubiales, D. 2008. Control of (*Orobanch crenata*) in legumes intercropping with fenugreek (*Trigonella foenum* Graceum). Crop Protec. 27: 653-659.

13.Fernandez-Aparicio, M., Sillero, J.C. and Rubials, D. 2007. Intercropping with cereals reduces infection by *Orobanche crenata* in legumes. Crop Protect. 26: 1166-1172.

14.Ghosh, P.K. 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. Field Crops Res. 88: 227-237.

15.Gliessman, S.R. 1997. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture. Arbor Press. 357p.

16.Hassanzadeh Aval, F., Koocheki, A., Khazaie, H.R. and Nassiri Mahallati, M. 2012. Effect of plant density on growth indices of summer savory (*Satureja hortensis* L.) and persian clover (*Trifolium resupinatum* L.) intercropping. Field Crops Res. 10(1): 75-83. (In Persian)

17.Huang, D., Jiang, Y., Yang, J. and Sun, S. 2004. Effects of nitrogen deficiency on gas exchange, chlorophyll fluorescence, and anti oxidant enzymes in leaves of rice plants. Agron J. 42(3): 357-364.

18.Inal, A., Gunes, A., Zhang, F.S. and Cakmak, I. 2007. Peanut/maize intercropping induced changes in

rhizosphere and nutrient concentrations in shoots. Plant Physiol. Biochem. 45: 350-356.
19. Jackson, L.E., Pascual, U. and Hodgkin, T. 2007. Utilizing and conserving agrobiodiversity in agricultural landscapes. Agron. Ecosy Environ. 121: 196-210.
20. Jamshidi, K.H., Mazaheri, D., Majnoun hosseini, N., Rahimian Mashhadi, H. and Peyghambari, A. 2011. Investigation of corn/cowpea intercropping effect on suppresing the weeds. Iran J. Field Crop Sci. 42(2): 233-241. (In Persian)
21. Kavurmaci, Z., Karadavut, U., Kokten, K. and Bakoglu, A. 2010. Determining critical period of weed-crop competition in faba bean (*Vicia faba*). Inter J. Agric. Biol. 12: 318-320.
22. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Khorramdel, S., Anvarkhah, S., Sabt Teimouri, M. and Sanjani, S. 2010. Evaluation of growth indices of hemp (*Cannabis sativa* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.) in intercropping with replacement and additive series. J. Agric. Ecol. 2: 30-40. (In Persian)
23. Li, C.J., Li, Y.Y., Yu, C.B., Sun, J.H., Christie, P., An, M., Zhang, F.S. and Li, L. 2011. Crop nitrogen use and soil mineral nitrogen accumulation under different crop combinations and patterns of strip intercropping in northwest China. Plant Soil. 342: 221-231.
24. Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dordas, C.A. and Yiakoulaki, M.D. 2006. Forage yield and quality of commen vetch mixture with oat and triticale in two seeding ratios. Field Crop Res. 99: 106-113.
25. Lorenzo, P., Palomera-Pe´rez, A., Reigosa, M.J. and Gonzal, L. 2011. Allelopathic interference of invasive *Acacia dealbata* Link. on the physiological parameters of native understory species. Plant Ecol. 212: 403-411.
26. Maffei, M. and Mucciarelli, M. 2003. Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. Field Crop Res. 84: 229-240.
27. Mardani, F. and Balouch, H.R. 2015. Effect of intercropping on the yield and some quantitative and qualitative traits of fenugreek and anise. Agric. Sci. Sustain. Prod. 25(2): 1-16. (In Persian)
28. Mende, V.E., Bacon, C.M. and Cohen, R. 2013. Agroecology as a transdisciplinary, participatory and action-oriented approach. Agro. Sustain. Food Sys. 37: 3-18.
29. Mohammadi, H., Pirdashti, H.A., Yazdani, M. and Kaharian, B. 2011. Study of photosynthetic efficiency of barley and fenugreek plants in additive and replacement intercropping. Nation Conference. Modern Agric. Sci. Technol. Zanjan. (In Persian)
30. Nasrollahzadeh Asl, A., Chavoshgoli, A., Valizadegan, E., Valiloo, R. and Nasrollahzadeh Asl, V. 2012. Evaluation of sunflower (*Heliantus annus* L.) and pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping based on additive method. J. Agric. Sci. Sustain. 22(2): 79-90. (In Persian)
31. Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A. and Jahan, M. 2010. Radiation absorption and use efficiency in relay intercropping and double cropping of winter wheat and maize. Field Crops Res. 8(6): 878-890. (In Persian)
32. Ohashi, Y., Saneoka, H. and Fujita, K. 2012. Effect of water stress on growth, photosynthesis, and photoassimilate translocation in soybean and tropical pasture legume siratro. Soil Sci. Plant Nutr. 46 (2): 417-425.
33. Omidbeigi, R. 2010. Production and processing medicinal plants. Volume 2. Ghods Publication. Mashhad. (In Persian)
34. Oracz, K., Bailly, C., Gniazdowska, A., Côme, D., Corbineau, D. and Bogatek, R. 2007. Induction of oxidative stress by sunflower phytotoxins in germinating mustard seeds. J. Chem. Ecol. 33: 251-264.
35. Ordoñez, A.A.L., Gomez, J.D., Vattuone M.A. and Isla, M.I. 2006. Antioxidant activities of *Sechium edule* (Jacq.) Swart extracts. Food Chem. 97: 452-458.

36.Peterson, D.M., Emmons, C.L. and Hibbs, A. 2001. Phenolic antioxidant activity in pearling fractions of oat groats. Cereal Sci. 33(1): 97-103.
37.Porra, R.J. 2002. The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. Photosynth Res. 73(1-3): 149-156.
38.Rajeswara Rao, B.R. 2002. Biomass yield, essential oil yield and essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* species) as influenced by row spacings and intercropping with cornmint (*Mentha arvensis* L. f. *piperascens* Malinv. ex Holmes). Indus. Crops. Prod. 16: 133-144.
39.Rezvani Moghadam, P. and Moradi, R. 2012. Assessment of planting date, biological fertilizer and intercropping on yield and essential oil of cumin and fenugreek. Field Crop Sci. 43(2): 217-230. (In Persian)
40.Sharker, R.K. and kundu, C. 2001. Sustainable intercropping system of sesame (*Sesamum indicum*) with pulse and oilseed crops on rice fallow Land. Indian J. Agric. Sci. 71(2): 545-550.
41.Shirzadi, M.H., Rezaei, S., Hemayati, S.S. and Abedid, M. 2011. Evaluation of fenugreek (*Trigonella foenumgraecum* L.) and lentil (*Lens culinaris Medikus*) intercropping. Plant Ecophy. 3: 53-58.
42.Thorsted, M.D., Olesen, J.E. and Weiner, J. 2006. Width of clover strips and wheat rows influence grain yield in winter wheat/white clover intercropping. Field Crop Res. 95: 280-290.
43.Tsubo, M., Walker, S. and Mukhala, E. 2001. Comparisons of radiation use efficiency of mono/intercropping system with different row orientation. Field Crops Res. 71: 17-29.
44.Valifard, M., Mohsenzadeh, S., Kholdebarin, B. and Rowshan, V. 2014. Effects of salt stress on volatile compounds, total phenolic content and antioxidant activities of *Salvia mirzayanii*. South African J. Bot. 93: 92-97.
45.Vandermeer, J.H. 1989. The Ecology of Intercropping, Cambridge, University Press, 297p.
46.Zaefarin, F. 2008. Ecophysiological response of intercropping maize and soybean to competition of *Amaranthus retroflexus and Datura stramonium* L. Ph.D. Thesis, Tarbiat Modares University of Tehran. (In Persian)
47.Zimdahl, R.H. 2007. Fundamentals of Weed Sciences. Academicpress, New York, 666p.