Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Crop Production

Print ISSN: 2008- 739x
Online ISSN: 2008- 7403

Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences

Evaluation of intercropping buckwheat and cowpea in improving yield and weed control under deficit irrigation conditions

Kiavash Arvin[1], Seyed Mohammad Bagher Hoseini[2*], Mostafa Oveisi[3], Ahmad Ashouri[4], Hamed Ebrahimian[5]

[1] PhD Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, Email: kiavasharvin@ut.ac.ir

[2] Corresponding Author, Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, Email: bhoseini@ut.ac.ir

[3] Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, Email: moveisi@ut.ac.ir

[4] Professor (Full) Department of Plant Protection, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, Email: ashouri@ut.ac.ir

[5] Associate Professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, Email: ebrahimian@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2024-08-05
Accepted: 2024-11-17

Keywords:
Sunflower
Water saving
winter sowing date

ABSTRACT

Background and objectives: Modern intensive agriculture has boosted crop yields through chemical inputs. However, this approach has caused decreased biodiversity, harm to human health, and environmental degradation. Developing sustainable agricultural practices that increase productivity while minimizing negative effects, especially in arid and semi-arid regions, requires strategies like deficit irrigation and environmentally compatible weed control methods such as intercropping. This study aims to assess the performance of an intercropping system comprising buckwheat and cowpea under deficit irrigation and minimal weeding. The research seeks to provide insights into the viability of this approach for sustainable agriculture in water-limited environments.

Materials and methods: A field experiment was conducted in 2022 at the Agriculture and Natural Resources campus of the University of Tehran research farm in a randomized complete block design with split-split plot arrangements. The main plot factor included three levels of irrigation: 100% of the plant's water requirement (control), 85% of the water requirement and 70% of the water requirement compared to the control. The subplot factor consisted of five planting patterns: sole cultivation of buckwheat, sole cultivation of cowpea, and three intercropping patterns of buckwheat and cowpea with different row ratios (1:1, 3:1, and 1:3). Timing of weed removal, as the sub-subplot factor, was implemented at five levels: no weeding (control), weeding until the second, fourth, sixth, and eighth weeks after cultivation.

Results: The highest grain yield of buckwheat (2436.9 kg ha^{-1}) and cowpea (2495.5 kg ha^{-1}) was observed in the sole cultivation plot with eight weeks of post-planting weeding under full irrigation The number of rows planted with these two plants in sole cultivation was greater than in the mixture, which naturally recorded a higher number. The

intercropping of one row of buckwheat and one row of cowpea with eight weeks of weeding recorded the highest leaf area index for cowpea (3.36) and buckwheat (1.4), and the same planting pattern with six weeks of weeding recorded the highest number of branches per plant for buckwheat (16). The lowest weed biomass in the no-weeding treatment was also recorded by the same planting pattern under 70% irrigation (1.12 g m^{-2}). The highest weed dry weight (145.7 g m^{-2}) was recorded in the pure bean cropping pattern under 85% irrigation and no weeding. The planting pattern of one row of buckwheat and one row of cowpea with two weeks of weeding under 100% irrigation recorded the highest land equivalence ratio (1.08) among the intercropping patterns.

Conclusion: Most of the intercropping patterns were able to achieve a land equivalence ratio higher than one, which indicates that this cropping system is more productive than pure cropping. Also, in terms of controlling weed biomass, increasing yield under deficit irrigation conditions, and some traits in both plants, the intercropping pattern of one row of buckwheat with one row of cowpea was successful. As a result, intercropping can partially reduce the harmful effects of herbicides and increase land use efficiency.

Cite this article: Arvin, K., Bagher Hoseini, S.M., Oveisi, M., Ashouri, A., Ebrahimian, H. 2024. Evaluation of intercropping buckwheat and cowpea in improving yield and weed control under deficit irrigation conditions. *Crop Production Journal*, 17 (3), 123-142.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/ejcp.2024.22685.2639
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تـولیـد گیـاهـان زراعـی
شـاپـا چـاپـی: ۲۰۰۸-۷۳۹x
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷۴۰۳

ارزیابی کشت مخلوط گندم سیاه و لوبیا چشم بلبلی در بهبود عملکرد و کنترل علف هرز در شرایط کم‌آبیاری

کیاوش آروین[۱]، سیدمحمد باقر حسینی[۲*]، مصطفی اویسی[۳]، احمد عاشوری[٤]، حامد ابراهیمیان[٥]

[۱] دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج ایران، رایانامه: kiavasharvin@ut.ac.ir
[۲] دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج ایران، رایانامه: bhoseini@ut.ac.ir
[۳] دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج ایران، رایانامه: moveisi@ut.ac.ir
[٤] استاد گروه گیاه پزشکی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج ایران، رایانامه: ashouri@ut.ac.ir
[٥] دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج ایران، رایانامه: ebrahimian@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۳/۵/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/۸/۲۷

واژه‌های کلیدی:
آفتابگردان
صرفه‌جویی آب
تاریخ کاشت زمستانه

چکیده

سابقه و هدف: کشاورزی فشرده طی سال‌ها اگر چه باعث افزایش عملکرد به واسطه استفاده از نهاده‌های شیمیایی شده است، اما کاهش تنوع زیستی، آسیب به سلامت انسان و منابع محیطی را نیز به همراه داشته است. توسعه راهبردهای افزایش بهره‌وری سامانه‌های کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک به وسیله کم آبیاری و روش‌های سازگار کنترل علف‌های هرز با محیط زیست مانند کشت مخلوط برای کشاورزی پایدار یک امر مهم است. به همین منظور، این پژوهش با هدف بررسی ارزیابی صفات مختلف کشت مخلوط گندم سیاه و لوبیا چشم بلبلی در شرایط کم آبیاری و وجین علف هرز انجام شد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در سال زراعی ۱٤۰۱ انجام شد. عامل اصلی کم آبیاری در سه سطح فراهم کردن ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه (شاهد)، ۸۵٪ نیاز آبی و ۷۰٪ نیاز آبی نسبت به شاهد، و عامل فرعی شامل الگوی کاشت که در پنج سطح شامل کشت خالص گندم سیاه، کشت خالص لوبیا چشم بلبلی، سه سطح کشت مخلوط گندم سیاه و لوبیا چشم بلبلی شامل ردیف‌های کاشت (۱:۱)، (۳:۱)، (۱:۳) بودند. همچنین، عامل فرعی فرعی شامل زمان‌های وجین علف هرز در پنج سطح عدم وجین (شاهد آلوده)، و وجین تا دو، چهار، شش و هشت هفته پس از سبزشدن محصول بود.

یافته‌ها: بالاترین عملکرد دانه در هر دو گیاه گندم سیاه (۲٤۳٦/۹ کیلوگرم در هکتار) و لوبیا چشم بلبلی (۲٤۹۵/۵ کیلوگرم در هکتار)، در تیمار کشت خالص با هشت هفته وجین علف هرز و آبیاری کامل به دست آمد. تعداد ردیف‌های کاشت این دو گیاه در کشت خالص نسبت به مخلوط بیشتر بود که طبیعتا عدد بالاتری را ثبت کردند. کشت مخلوط یک ردیف گندم سیاه و یک ردیف لوبیا چشم بلبلی با هشت هفته وجین علف هرز، بالاترین مقدار شاخص سطح

برگ برای لوبیا چشم بلبلی (۳/۳٦) و گندم سیاه (٤/۱) و همین الگوی کاشت با شش هفته وجین بیشترین تعداد شاخه در بوته را برای گندم سیاه (١٦ عدد) ثبت نمود. کمترین زیست توده علف هرز در تیمار عدم وجین نیز توسط همین الگوی کاشت تحت آبیاری ۷۰ درصد (۱۲/۱ گرم در مترمربع) به ثبت رسید. بیشترین وزن خشک علف هرز (١٤٥/۷ گرم در مترمربع) در الگوی کشت خالص لوبیا تحت ۸۵ درصد آبیاری و عدم وجین علف هرز ثبت شد. الگوی کاشت یک ردیف گندم سیاه و یک ردیف لوبیا چشم بلبلی با دو هفته وجین تحت آبیاری ۱۰۰ درصد، بالاترین نسبت برابری زمین (۱/۰۸) را در بین الگوهای کشت مخلوط ثبت نمود.

نتیجه‌گیری: بیشتر الگوهای کشت مخلوط توانستند نسبت برابری زمین بالاتر از یک را کسب کنند که نشان دهنده بهره‌وری بیشتر این سامانه کاشت نسبت به کشت خالص است. همچنین از لحاظ کنترل زیست توده علف هرز، افزایش عملکرد تحت شرایط کم آبیاری و برخی از صفات در هر دو گیاه، الگوی کشت مخلوط یک ردیف گندم سیاه با یک ردیف لوبیا چشم بلبلی توانست موفق عمل کند. در نتیجه استفاده از کشت مخلوط می‌تواند تا حدی اثرات زیانبار علف‌کش‌ها را کم و کارایی استفاده از زمین را افزایش دهد.

استناد: آروین، کیاوش؛ باقر حسینی، سیدمحمد؛ اویسی، مصطفی؛ عاشوری، احمد؛ ابراهیمیان، حامد. (١٤٠٣). ارزیابی کشت مخلوط گندم سیاه و لوبیا چشم بلبلی در بهبود عملکرد و کنترل علف هرز در شرایط کم‌آبیاری. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۱۷ (۳)، ١٤٢-١٢٣.

DOI: 10.22069/ejcp.2024.22685.2639

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

استفاده گسترده از ورودی‌های شیمیایی کشاورزی در سراسر جهان تهدیدی برای گیاهان، جانوران و محیط زیست است. برای کاهش نهاده‌های شیمیایی کشاورزی، رویکردهای مختلفی از جمله استفاده از کشت مخلوط، تناوب زراعی و گیاهان پوششی که باعث افزایش تنوع زیستی کشاورزی می‌شوند وجود دارد (۱). افزایش تنوع به وسیله کشت مخلوط به عنوان یک راهبرد مهم برای به حداقل رساندن اثرات زیست محیطی و در عین حال بهبود بهره‌وری، ثبات و پایداری کشاورزی در نظر گرفته شده است (۲). تنش خشکی و آلودگی علف‌های هرز عوامل مهمی در تنش‌های غیرزیستی و زیستی هستند (۳،٤). کشت مخلوط به وسیله روش‌های مختلفی مانند افزایش تنوع محصولات، افزایش سایه بر علف‌های هرز، پوشاندن آشیان‌های خالی، افزایش پوشش سطح خاک و استفاده از گیاهانی که خاصیت آللوپاتیک دارند می‌توانند به کنترل علف هرز کمک کنند (۵). در سال‌های اخیر، استفاده از گیاهان پوششی در سامانه‌های کشت مخلوط به عنوان یک جایگزین امیدوارکننده به جای علف‌کش‌ها برای کنترل علف‌های هرز و در عین حال مزایای دیگری مانند بهبود حاصلخیزی خاک و کنترل فرسایش نظرات را به خود جلب کرده است (٦). بیشتر سامانه‌های کشت مخلوط شامل حبوبات و غلات هستند، اما ترکیب گونه‌های دیگر برای افزایش بیشتر تنوع سامانه‌های کشت مخلوط باید بررسی شود (۷). گندم سیاه (*Fagopyrum esculentum*) یک محصول نوظهور است که باید در سامانه‌های کشت مخلوط مورد توجه قرار گیرد. گندم سیاه، که به خانواده Polygonaceae تعلق دارد، یک محصول بدون گلوتن با ترکیبات مؤثری مانند فلاونوئیدها، اسیدهای چرب، پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه، فیبر غذایی که به عنوان یک غذای سالم و غنی از مواد مغذی با کالری کم، محبوبیت زیادی پیدا کرده است. این گیاه در مناطق اکولوژیکی متنوع در سراسر جهان کشت می‌شود و به خوبی سازگار است (۸). مصرف گندم سیاه در حال افزایش است و این گیاه به دلیل منابع گلدهی جذاب برای حشرات و رشد سریع، می‌تواند چندین خدمت اکوسیستمی کشاورزی را ارائه می‌دهد که به طور مستقیم و غیرمستقیم به ثبات عملکرد محصول کمک می‌کند. گندم سیاه به عنوان یک محصول پوششی توانایی سرکوب علف‌های هرز را دارد (۷). در کشت مخلوط گندم سیاه و سویا، دو رقم گندم سیاه به میزان ٤٤/۲ و ۵۰/۷ درصد وزن خشک علف‌های هرز را در مقایسه با تک کشتی سویا کاهش دادند (۹). اضافه کردن حبوبات به سامانه‌های کشت مخلوط باعث بهره‌وری گیاه همراه از نیتروژن تثبیت شده توسط حبوبات می‌شود. بسیاری ازحبوبات در سامانه‌های کشت مخلوط باعث افزایش محتوای کربن آلی خاک، برخی عناصر غذایی علاوه بر نیتروژن می‌شوند. لوبیا چشم بلبلی با تأمین پروتین با هزینه کمتر، سازگاری بالا در کشت مخلوط و تحمل به شرایط مختلف محیطی، دارای پتانسیل خوبی جهت پایداری و ارزش اقتصادی در سامانه‌های کشت مخلوط می‌باشد (۱۰، ۱۱). در یک متاآنالیز، کشت مخلوط لوبیا چشم بلبلی با ذرت، سورگوم و ارزن در اکثر موارد نسبت برابری زمین بالاتر از یک به ثبت رسید و عنوان کردند که کشت مخلوط مبتنی بر لوبیا چشم بلبلی در بیشتر موارد سودمند خواهد بود (۱۲). علف‌های هرز توانایی کاهش عملکرد لوبیا چشم بلبلی را تا ٦۵ درصد دارند. لوبیا چشم بلبلی در هفته‌های ابتدایی رشد بسیار به رقابت با علف هرز حساس می‌باشد و افت عملکردی محسوسی دارد (۱۳). در میان تنش‌های غیرزیستی مختلف، تنش خشکی یکی از مهمترین تنش‌ها است زیرا رشد و نمو گیاه را محدود می‌کند و باعث کاهش عملکرد

قابل‌توجه به خصوص در حبوبات می‌شود و باعث ناامنی غذایی جهانی می‌شود. تنش خشکی بر رشد کلی گیاه از مرحله گیاهچه تا مرحله زایشی و مرحله بلوغ تأثیر منفی می‌گذارد (۱۴). کم آبیاری و کشت مخلوط دو راهکار جهت کاهش آب مصرفی در کشاورزی هستند (۱۵). اطلاعات محدودی در مورد رقابت، واکنش به تنش‌های زیستی و غیرزیستی، تعامل با گیاهان مجاور و مزایای زیست محیطی در کشت مخلوط مبتنی بر گندم سیاه وجود دارد (۷). استفاده از گندم سیاه به عنوان یکی از گیاهان کشت مخلوط، چشم‌انداز امیدوارکننده‌ای به کشت مخلوط می‌دهد اما به ندرت تحقیقاتی درباره کشت مخلوط این گیاه انجام شده است و تحقیقات بیشتر در مورد بهینه‌سازی مدیریت مهم است (۱۶). با توجه به کمبود اطلاعات در زمینه واکنش گندم سیاه به علف‌های هرز در مراحل مختلف رشدی و همچنین اطلاعات محدود در مورد گندم سیاه در سامانه‌های کشت مخلوط و تنش آبی، این پژوهش با هدف تعیین الگوی کاشت بهینه برای افزایش بهره‌وری و سرکوب علف‌های هرز انجام شد. هدف دیگر این پژوهش، ارزیابی مقاومت گندم سیاه به تنش خشکی در شرایط اقلیمی منطقه و بررسی نقش برهمکنش الگوی کاشت و مدیریت علف هرز در افزایش مقاومت به تنش خشکی بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در شهرستان کرج با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۱۶۰ متر از سطح دریا اجرا شد. متوسط بلندمدت بارندگی سالانه در این منطقه ۲۴۷ میلی‌متر بوده که عمده پراکنش آن در فصول پاییز و زمستان است. نتایج آزمون خاک مکان آزمایش طی سال زراعی اجرای آزمایش در (جدول ۱) نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در این آزمایش (عمق ۰-۳۰ سانتی متر).

Table 1. Physical and chemical properties of soil in the experimental site (depth 0-30 cm).

پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Potassium ($mg\ kg^{-1}$)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Phosphorus ($mg\ kg^{-1}$)	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	بافت خاک Soil texture	ماده آلی (درصد) Organic matter	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($Ds\ m^{-1}$)
134	12.4	0.076	لومی رسی Clay loam	0.65	7.71	0.96

آزمایش مزرعه‌ای به صورت کرت‌های دوبار خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. عامل اصلی آبیاری که در سه سطح فراهم کردن ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه (شاهد)، ۸۵٪ نیاز آبی و ۷۰٪ نیاز آبی نسبت به شاهد، عامل فرعی شامل الگوی کاشت گندم سیاه (رقم وارداتی Mancan از کمپانی SanDaveVA) و لوبیا چشم بلبلی (رقم نیمه ایستاده پرستو) در پنج سطح شامل کشت خالص گندم سیاه (B)، کشت خالص لوبیا چشم بلبلی (C)، کشت مخلوط یک ردیف گندم سیاه و یک ردیف لوبیا چشم بلبلی (B1:C1)، سه ردیف گندم سیاه و یک ردیف لوبیا چشم بلبلی (B3:C1) و یک ردیف گندم سیاه و سه ردیف لوبیا چشم بلبلی (B1:C3) بود. عامل فرعی فرعی شامل زمان‌های وجین علف هرز در پنج سطح عدم وجین (شاهد آلوده)، و وجین تا دو، چهار، شش و هشت هفته پس از سبزشدن محصول بود. کشت

گندم سیاه و لوبیا چشم بلبلی در خرداد ماه ۱۴۰۱ به صورت دستی انجام شد. هر کرت شامل شش خط کاشت و تراکم بوته در گندم سیاه و لوبیا چشم بلبلی به ترتیب ۱۲۰ بوته و ۲۰ بوته در مترمربع و فاصله بین ردیف‌ها در تک کشتی و کشت مخلوط ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. نیاز آبی گیاهان با استفاده از CROPWAT 8.0، یک نرم افزار توسعه یافته توسط فائو (۲۰۱۵) تعیین شد. این ابزار، داده‌های مربوط به بارندگی، خاک، محصولات و عوامل محیطی را برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع (ET0) و تعیین نیازهای آب محصول پردازش می‌کند و در نتیجه به برنامه‌ریزی آبیاری کمک می‌کند (۱۷). این نرم افزار به طور قابل توجهی برنامه‌ریزی آبیاری را بهبود می‌بخشد و مصرف آب را در محصولات تحت شرایط مختلف از جمله آبی و دیم شبیه سازی می‌کند. روش‌ها و دستورالعمل‌های آن بر اساس مقاله آبیاری و زهکشی فائو است (۱۸، ۱۹). علاوه بر این، این مطالعه شامل داده‌های محصول لوبیا چشم بلبلی و گندم سیاه می‌باشد که ضرایب گیاهی در مورد گیاه لوبیا چشم بلبلی در شیوه نامه فائو وجود دارد که مقدار این ضرایب برای سه مرحله رشد مختلف شامل مرحله جوانه زنی تا استقرار اولیه ۰/٤ مرحله توسعه یافتگی تا اواخر گرده افشانی ۱/۰۵ و در مرحله تشکیل دانه مقدار عددی ۰/۳۵ عنوان شده است (۱۹). در مورد گیاه گندم سیاه این ضرایب به ترتیب در مرحله اول تا سوم رشد گیاهی با مقادیر ۰/۵۸، ۱/۱ و ۰/۷٤ به دست آمده است (۲۰). اعمال تنش در این پژوهش از ابتدای رشد هر دو گیاه زراعی تا آخرین آبیاری بر اساس داده‌های به دست آمده از نرم افزار CROPWAT 8.0 انجام شد. برای استفاده از این ضرایب باید با توجه به شرایط اقلیمی منطقه و طبق (رابطه ۱) ضرایب مربوطه تعدیل می‌شوند:

رابطه ۱

$$Kcmid = Kcmid(Tab) + [0.04(u2 - 2) - 0.004(RHmin - 45)] (h/3)^{0.3}$$

که در این رابطه Kc mid (Tab): مقدار ضرایب گیاهی، U2: میانگین سرعت باد روزانه در ارتفاع دو متری ($m.s^{-1}$)، RHmin: میانگین حداقل رطوبت نسبی روزانه (%) و h: میانگین ارتفاع گیاه (m) می‌باشد.

بعد از تعدیل ضرایب گیاهی با توجه به شرایط اقلیمی منطقه، عددهای به دست آمده را در نرم افزار CROPWAT 8.0 وارد کرده و مقدار تبخیر و تعرق گیاه زراعی مورد نظر به دست می‌آید. آبیاری با قرار دادن خطوط آبیاری قطره‌ای در امتداد هر ردیف پس از فرآیند کاشت اعمال شد. از سیستم آبیاری قطره‌ای با دبی قطره چکان ۱/۲ لیتر در ساعت و فاصله ۱۰ سانتی متر با دور آبیاری چهار روز استفاده گردید. برای اندازه‌گیری وزن خشک علف هرز در تمامی کرت‌های آزمایش به وسیله کودرات (۵۰ در۵۰ سانتی‌متر) نمونه‌گیری در مرحله بسته شدن کانوپی گیاهان زراعی انجام شد و بعد از برداشت علف‌های هرز به مدت ٤۸ ساعت در آون ۷۵ درجه قرار داده شدند و سپس وزن علف هرز در هر کرت آزمایشی اندازه‌گیری و تعیین شد. مهم‌ترین علف‌های هرز غالب مزرعه تاج خروس (*Amaranthus retroflexus* L.)، قیاق (*Sorghum halapense* L.)، سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.)، پیچک مزرعه (*Convolvulus arvensis* L.)، توق (*Xanthium strumarium* L.)، خارخاسک (*Tribulus terrestris* L.) و خرفه (*Portulaca oleracea* L.) بودند. در اوایل مهر ماه با خشک شدن شاخه و برگ‌های گندم سیاه و همچنین خشک شدن غلاف‌ها در لوبیا چشم بلبلی برداشت به صورت همزمان انجام گردید. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک هر دو گیاه برداشت در سطحی معادل یک متر مربع با حذف اثرات حاشیه‌ای در

ردیف‌های وسط کرت صورت پذیرفت و نمونه‌های هر کرت برای رسیدن به وزن ثابت، خشک و سپس توزین شدند. صفات زراعی گندم سیاه شامل عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، سطح برگ و تعداد شاخه و صفات زراعی لوبیا چشم بلبلی شامل عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، و سطح برگ بودند. شاخص سطح برگ گیاهان گندم سیاه و لوبیا چشم بلبلی در مرحله گرده افشانی هر دو گیاه به صورت تخریبی انجام شد و با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ از شرکت Delta-T Devices (ساخت کشور انگلستان) اندازه گیری‌ها انجام گردید.

نسبت برابری زمین از رابطه (۲) محاسبه شد (۲۱):

رابطه ۲:

$$LER = (Yab/Ya) + (Yba/Yb)$$

که در این فرمول Yab عملکرد گیاه a در کشت مخلوط، Ya عملکرد گیاه a در کشت خالص، Yba عملکرد گیاه b در کشت مخلوط و Yb عملکرد گیاه b در کشت خالص می‌باشد.

آنالیز واریانس (ANOVA) برای تعیین تأثیر تیمارها بر صفات اندازه‌گیری شده برای هر نمونه، با نرم افزار (SAS 9.1) تجزیه شدند و برای تعیین تفاوت‌های آماری بین میانگین‌ها از آزمون LSD استفاده شد و نمودارها با برنامه های JMP Pro 18.0.1 و Excel 2019 رسم گردید.

بحث و نتیجه‌گیری

عملکرد و اجزای عملکرد گندم سیاه

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات بر همکنش سه گانه عوامل آزمایش روی صفت عملکرد دانه ($P\leq0.05$) و بر عملکرد بیولوژیک، تعداد شاخه و سطح برگ گندم سیاه ($P\leq0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات سه گانه الگوی کاشت، مدیریت علف هرز و آبیاری نشان داد که بالاترین مقدار عملکرد دانه مربوط به تیمار کشت خالص گندم سیاه با هشت هفته وجین علف هرز تحت آبیاری کامل (۲۴۳۶/۹۴ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (جدول ۳). کشت خالص گندم سیاه به دلیل تعداد بوته بیشتر نسبت به کشت مخلوط، عملکرد دانه بالاتری را در واحد سطح به ثبت رساند. کاهش عملکرد گیاهان زراعی در سامانه کشت مخلوط نسبت به کشت خالص به دلیل کاهش در تراکم گیاهی می‌باشد (۲۲). در بین تیمارهای کشت مخلوط الگوی کاشت B3:C1 با هشت هفته وجین علف هرز تحت آبیاری کامل بیشترین مقدار عملکرد دانه را داشت که البته با الگوی کشت مخلوط B1:C1 در هفته هشتم وجین علف هرز تحت آبیاری کامل تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرد. عملکرد دانه در الگوی کاشت B1:C1 در بیشتر هفته‌های وجین علف هرز تفاوت معنی داری با عملکرد دانه الگوی کشت B3:C1 تحت آبیاری کامل ندارد هر چند که تعداد بوته در واحد سطح کمتری نیز برخوردار بوده است این امر نشان می‌دهد که الگوی کاشت B1:C1 موفق‌تر از سایر الگوهای کاشت در بحث عملکرد دانه بوده است. یکی از دلایل عملکرد گندم سیاه در الگوی کاشت B1:C1، فضای بیشتری است که یک ردیف گندم سیاه به دلیل تفاوت‌های مورفولوژیک خود با لوبیا چشم بلبلی در اختیار دارد که باعث کاهش رقابت برون گونه‌ای با این گیاه شده است. کشت مخلوط ردیفی با نسبت مساوی گیاه زراعی و گندم سیاه بهترین نتایج را از نظر عملکرد محصول اصلی و مهار علف‌های ثبت کرد (۷).

آرایش ۱:۱ کشت مخلوط سویا و گندم سیاه در طرح جایگزینی منجر به افزایش عملکرد دانه سویا در مقایسه با سویا تک کشتی شد (۲۳). در کشت خالص گندم سیاه، برهمکنش تیمار بدون وجین علف‌های هرز به همراه آبیاری ۱۰۰ درصد با کم آبیاری ۸۵

درصد در تیمار شاهد آلوده به علف‌های هرز اختلاف معنی‌داری ایجاد نکرد، که این موضوع بیان می‌کند که اثر متقابل فشار علف هرز می‌تواند باعث کاهش عملکرد دانه گندم سیاه در هفته‌های ابتدایی رشد شود، اما از شروع وجین عملکرد دانه گندم سیاه افزایش یافته و باعث اختلاف معنی‌داری با تیمار کم آبیاری ۸۵ درصد می‌شود. گندم سیاه غیر متحمل یا حساس به خشکی شناخته شده است، احتمالاً بیش از اکثر علف‌های هرز اطراف خود از کاهش آب رنج می‌برد (۲٤). همچنین، تنش خشکی باعث می‌شود که اندازه گرده گندم سیاه به طور قابل‌توجهی کاهش یابد (۲٦). به دلیل سطحی بودن ریشه، گندم سیاه به تنش خشکی حساس می‌باشد و تنش خشکی باعث افت عملکرد دانه می‌شود. طول ریشه در تراکم و رقم‌های مختلف در گندم سیاه بین ٦/٤۲ تا ۷/٤۳ سانتی‌متر گزارش شد (۲۵). در الگوی کاشت B1:C1 و B1:C3 بین آبیاری کامل و اعمال ۸۵ درصد آبیاری نسبت به شاهد، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و کشت مخلوط توانست از افت شدید عملکرد دانه در این الگوهای کاشت جلوگیری کند. به علت تفاوت ریشه دو گیاه، ریشه گندم سیاه سطحی می‌باشد و ریشه لوبیا چشم بلبلی به لایه‌های پایین تر خاک می‌رود و احتمالا به این دلیل در کشت مخلوط، آب مورد استفاده بیشتری در لایه‌های بالایی خاک برای گندم سیاه وجود دارد.

عملکرد بیولوژیک: بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار آبیاری کامل به همراه کشت خالص گندم سیاه با هشت هفته وجین علف‌های هرز (۵۹۳۱/۷ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (جدول ۳).

تعداد بوته بیشتر در کاشت خالص باعث شده عملکرد بیولوژیک بیشتری را در واحد سطح به ثبت برساند. در کاشت خالص گندم سیاه به همراه آبیاری کامل، بین تیمار بدون وجین و تیمار وجین در هفته دوم با سایر هفته‌های وجین علف‌های هرز اختلاف معنی‌داری ایجاد شد که این امر بیان می‌کند که گندم سیاه در هفته‌های ابتدایی رشد خود تحت تأثیر فشار علف هرز قرار می‌گیرد. استفاده از گونه‌های متنوع طیف متفاوتی را از زیست توده روی زمین پوشش می‌دهد و تأثیر آن را بر کنترل علف‌های هرز نشان می‌دهد. تنش آبی تأثیر قابل توجهی بر مقدار وزن خشک اندام هوایی، ماده خشک کل گندم سیاه می‌گذارد (۲٦). تنش آبی باعث کاهش رشد رویشی و ذخیره زیست توده گندم سیاه می‌شود (۲۷).

سطح برگ بیشتر در الگوی کاشت B1:C1 می‌تواند به دلیل تفاوت‌های مورفولوژیک گندم سیاه هنگام همجواری با لوبیا چشم بلبلی و کاهش رقابت درون گونه‌ای باشد. رشد گندم سیاه و ایجاد یک کانوپی ضخیم توسط شاخه و برگ‌های فراوانی که این گیاه دارد باعث یک مانع فیزیکی می‌شود که علف‌های هرز را از نور محروم می‌کند (۲٤). درجه سرکوب علف‌های هرز به طور قابل توجهی به نسبت پوشش گیاهی و سطح برگ توسط محصولات اصلی یا گیاهان پوششی بستگی دارد (۲۸). در تیمارهای کم آبیاری هم سطح برگ اغلب تیمارها نسبت به آبیاری کامل کاهش داشته است که البته بالاترین سطح برگ در تنش خشکی هم دوباره مربوط به الگوی کاشت B1:C1 می‌باشد. قاعدتاً بدون حضور علف هرز سطح برگ بیشتری را گندم سیاه در اکثر تیمارها به خود اختصاص داده است. بالاترین میزان تعداد شاخه در الگوی کشت مخلوط B1:C1 به همراه آبیاری ۱۰۰ درصد در هفته ششم مهار علف‌های هرز علف هرز به دست آمد (۱٦ عدد) که اختلاف معنی‌داری با سایر الگوهای کشت مخلوط و کشت خالص دارد (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مربوط به گندم سیاه تحت تأثیر تیمارهای مختلف.

Table 2. Variance analysis of different traits buckwheat influenced by different treatments.

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean square			
		عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص سطح برگ Leaf Area Index	تعداد شاخه فرعی Number of branch
تکرار Replication	2	3593.33	170569.5	0.37	0.62
آبیاری Irrigation (Ir)	2	1872564.26**	23494916.8**	17.25**	435.13**
خطای اول Error (Ir)	4	17689.47	76731.1	0.19	1.04
الگوی کاشت Planting Pattern (PP)	3	10169476.95**	54243290.1**	6.07**	99.73**
الگوی کاشت x آبیاری Ir x PP	6	118529.69**	765847.6**	0.77**	13.82**
خطای دوم Error (Ir PP)	18	27378.35	171998.1	0.23	1.11
وجین علف هرز Weeding management (W)	4	1023910.89**	1818459.1**	2.04**	9.25**
وجین علف هرز x آبیاری W x Ir	8	124198.59**	270178**	0.10ns	7.04**
وجین علف هرز x الگوی کاشت W x PP	12	73845.64**	439827**	0.27**	5.46**
وجین علف هرز x الگوی کاشت x آبیاری W x PP x Ir	24	2958852.54*	173885.7**	0.17**	2.10**
خطای کل Error	96	1807692.49	7715112	8.3	11.86
ضریب تغییرات CV (%)	-	14.94	10.23	10.23	13.87

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

ns, *, ** are non-significant and significant at 5% and 1% of probability level, respectively

شـاخص سطح برگ و تعداد شاخه فرعی: بالاترین مقدار شـاخص سـطح برگ مربوط به آبیاری کامل به همراه الگوی کاشـــت B1:C1 با هشـــت هفته وجین علف‌های هرز (٤/١) می‌باشد که اختلاف معنی‌داری با کاشـت خالص گندم سیاه دارد، کلیه تیمارهای الگوی کـاشـــت B1:C1 به همراه برخی از ســـطوح وجین علف‌های هرز در الگوی کاشـت B1:C3 اعداد بالایی را ثبت نمودند (جدول ۳).

جدول ۳- اثرات سه گانه آبیاری، الگوی کاشت و وجین علف هرز بر صفات مختلف گندم سیاه.

Table 3. Triple interaction of irrigation, planting pattern, and weeding on various traits of buckwheat.

آبیاری Irrigation	الگوی کاشت Planting pattern	وجین علف هرز Weeding	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield yield (kg ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg ha^{-1})	شاخص سطح برگ Leaf Area Index	تعداد شاخه فرعی در تک بوته Number of branch (per plant)
آبیاری کامل (۱۰۰ درصد) Full irrigation	B	0	1311.27^{jk}	4067^{cd}	2.35^{s-x}	8.66^{h-k}
		2	1620.01^{d-g}	4528^{b}	2.54^{q-v}	6^{n-s}
		4	1951.53^{c}	5513^{a}	3.25^{f-k}	6.33^{m-r}
		6	2183.03^{b}	5810.7^{a}	3.57^{c-f}	10.66^{d-g}
		8	2436.94^{a}	5931.7^{a}	3.50^{d-h}	10^{f-i}
	B1:C3	0	486.44^{w-z}	1723^{x-y}	3.24^{f-m}	8.66^{h-k}
		2	537.35^{t-z}	1848^{x-y}	3.67^{a-d}	10.33^{e-h}
		4	636.38^{s-x}	1928^{-u}	3.61^{b-f}	8^{j-m}
		6	722.04^{q-v}	2424^{op}	4.06^{ab}	9.66^{g-j}
		8	719.02^{q-v}	2587^{km}	3.88^{a-c}	11.66^{-f}
	B1:C1	0	732.54^{p-t}	2565^{k-m}	3.63^{b-d}	11.66^{d-f}
		2	980.16^{l-o}	2951^{i-k}	3.80^{a-c}	15^{ab}
		4	1009.34^{l-o}	3290^{hi}	3.83^{a-c}	11.66^{d-f}
		6	1148.31^{kl}	3471^{f-h}	3.83^{a-c}	16^{a}
		8	1357.03^{h-k}	3424^{gh}	4.10^{a}	14^{bc}
	B3:C1	0	649.38^{s-y}	3492^{f-h}	3.12^{g-n}	10.66^{d-g}
		2	814.50^{o-s}	3483^{f-h}	3.36^{e-j}	11.66^{d-f}
		4	1035.85^{l-o}	3258^{hi}	3.29^{f-k}	12de
		6	1399.85^{g-i}	3458^{gh}	3.32^{f-k}	11.66^{d-f}
		8	1446.49^{f-j}	3441^{gh}	3.40^{e-j}	12.33^{cd}
کم آبیاری (۸۵ درصد) Deficit irrigation (85%)	B	0	1357.03^{i-j}	3810^{d-g}	2.22^{u-x}	4^{t}
		2	1327.15^{i-k}	4177^{b-d}	2.92^{k-o}	4^{t}
		4	1573.31^{e-h}	4910^{b-d}	2.68^{o-t}	4.33st
		6	1829.04^{cd}	4469^{bc}	2.97^{k-n}	6.66^{l-q}
		8	1625.91^{d-f}	3846^{d-g}	2.85^{l-o}	6^{n-s}
	B1:C3	0	465.45^{x-z}	1480^{xy}	2.34^{s-x}	8.66^{h-k}
		2	519.51^{t-z}	1659^{xy}	2.63^{o-t}	7.33^{k-o}
		4	586.48^{t-z}	1523^{xy}	2.38^{r-x}	7^{k-p}
		6	641.34^{s-y}	1600^{xy}	2.63^{o-t}	8^{j-m}
		8	579.70^{t-z}	1663^{xy}	2.80^{m-t}	6^{n-s}
	B1:C1	0	685.66^{s-w}	1844^{xy}	2.53^{q-v}	8.33^{i-l}
		2	833.97^{n-r}	2066^{p-q}	3.09^{g-n}	7.66^{k-n}
		4	821.69^{o-s}	2389^{o-p}	3.53^{d-g}	7.33^{k-o}
		6	1049.89^{l-n}	3204^{h-j}	4.01^{ab}	8.66^{h-k}
		8	945.03^{l-p}	2750^{j-l}	3.51^{d-g}	8.66^{h-k}
	B3:C1	0	509.23^{v-z}	2387^{pq}	2.11^{w-y}	5.33^{p-t}
		2	697.67^{q-v}	2142^{pq}	1.97^{xy}	6.33^{m-r}
		4	671.25^{s-x}	2220^{pq}	2.19^{v-y}	7.33^{k-o}
		6	734.04^{p-t}	2314^{pq}	2.35^{s-x}	6.66^{l-q}
		8	918.93^{m-q}	2479^{n-p}	2.60^{q-v}	6.66^{l-q}

جدول ۳ (ادامه)- اثرات سه گانه آبیاری، الگوی کاشت و وجین علف هرز بر صفات مختلف گندم سیاه.

Table 3. Triple interaction of irrigation, planting pattern, and weeding on various traits of buckwheat

آبیاری Irrigation	الگوی کاشت Planting pattern	وجین علف هرز Weeding	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield yield (kg ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg ha^{-1})	شاخص سطح برگ Leaf Area Index	تعداد شاخه فرعی در تک بوته Number of branch (per plant)
کم آبیاری (۷۰ درصد) Deficit irrigation (70%)	B	0	1073.59^{lm}	3312^{hi}	2.09^{w-y}	4^{t}
		2	1435.06^{f-i}	3580^{e-h}	2.18^{v-y}	4^{t}
		4	1445.56^{f-j}	3959de	2.35^{s-x}	4.33st
		6	1758.20^{c-d}	3924^{d-f}	2.52^{q-w}	5^{q-t}
		8	1535.07^{f-i}	3553^{e-h}	2.82^{l-o}	4.66^{r-t}
	B1:C3	0	414.31^{z}	1400^{yz}	2.11^{w-y}	7.33^{k-o}
		2	445.54^{yz}	1388^{z}	2.08^{w-y}	7^{k-p}
		4	483.86^{w-z}	1406^{yz}	2.12^{w-y}	6.33^{m-r}
		6	499.67^{v-z}	1284^{z}	2.24^{u-x}	6.33^{m-r}
		8	490.97^{w-z}	1563^{xy}	2.52^{q-w}	5^{q-t}
	B1:C1	0	650.66^{s-y}	1687^{xy}	2.31^{u-x}	6^{n-s}
		2	706.03^{q-v}	2040^{pq}	2.80^{m-t}	7.33^{k-o}
		4	731.52^{p-t}	2106^{pq}	3.09^{k-n}	7.66^{k-n}
		6	895.79^{m-r}	2416^{op}	3.45^{d-i}	8^{j-m}
		8	901.69^{m-q}	2328^{pq}	3.37^{e-j}	5.33^{p-t}
	B3:C1	0	434.45^{yz}	1986^{pq}	2.41^{r-x}	4.66^{r-t}
		2	491.98 $^{w-z}$	1482^{xy}	1.94^{xy}	6.33^{m-r}
		4	621.48^{s-y}	1743^{xy}	2.11^{w-y}	6^{n-s}
		6	591.61^{t-y}	1781^{xy}	1.72^{y}	5.66^{o-t}
		8	618.84^{s-y}	1868^{wx}	2.33^{t-x}	4^{t}

8,6,4,2,0 به ترتیب عدم وجین، وجین در هفته دوم رشد، وجین در هفته چهارم رشد، وجین در هفته ششم رشد و وجین در هفته هشتم. B : کشت خالص گندم سیاه، B1:C3: یک ردیف گندم سیاه و سه ردیف لوبیا چشم بلبلی، B1:C1: کشت مخلوط یک ردیف گندم سیاه و یک ردیف لوبیا چشم بلبلی، B3:C1: سه ردیف گندم سیاه و یک ردیف لوبیا چشم بلبلی. در هر ستون میانگین‌هایی که دارای یک حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

0,2,4,6,8: no weeding (control), weeding until the second, fourth, sixth, and eighth weeks after cultivation, respectively. B: Monoculture of Buckwheat, B1:C3: one row Buckwheat and three row Cowpea, B1:C1: one row intercropping of Buckwheat and one row Cowpea, B3:C1: three row Buckwheat and one row Cowpea. Means in each column followed by similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level using LSD Test.

فضایی بیشتری که در اختیار گندم سیاه در کشت مخلوط B1:C1 به دلیل همجواری با لوبیا چشم بلبلی قرار می‌گیرد باعث افزایش تعداد شاخه‌های گندم سیاه می‌شود. تعداد شاخه، وزن هزار دانه با افزایش تراکم و افزایش رقابت برای نور و مواد مغذی برای گندم سیاه کاهش پیدا می‌کند، در نتیجه چنین رقابتی منجر به کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه و در نتیجه کاهش عملکرد می‌شود (۲۹).

عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم بلبلی

عملکرد دانه: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که تمام اثرات دوگانه (الگوی کاشت در آبیاری)، (وجین علف هرز در آبیاری) و (وجین علف هرز در الگوی کاشت) بر صفات لوبیا چشم بلبلی معنی‌دار بود (جدول ٤). براساس نتایج مقایسه میانگین آبیاری و الگوی کاشت (شکل ۱)، بیشترین مقدار عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، مربوط به تیمار آبیاری کامل و کشت خالص لوبیا چشم بلبلی به ترتیب با ۱۰۲٤/٦۳ و ۲٤۹٥/٥ کیلوگرم در هکتار بود که اختلاف معنی داری با سایر تیمارها داشتند، البته با توجه به تعداد ردیف‌های کاشت بیشتر این الگوی کشت این امر طبیعی می‌باشد، در کم آبیاری هم این الگوی کاشت میزان عملکرد بالاتری را نسبت به بقیه الگوهای کاشت به خود اختصاص داد.

جدول ٤- تجزیه واریانس صفات مربوط به لوبیا چشم بلبلی تحت تأثیر تیمارهای مختلف.

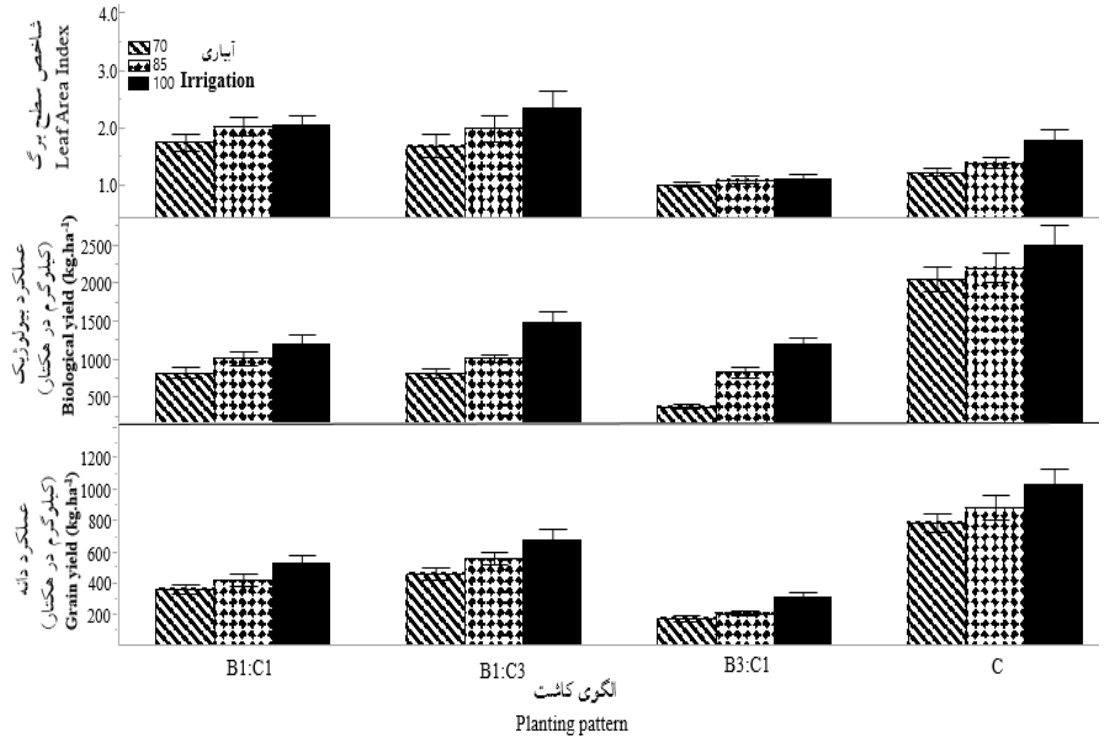
Table 4. Variance analysis of different traits of cowpea influenced by different treatments.

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean square		
		عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص سطح برگ Leaf Area Index
تکرار Replication	2	2879.22	13184.64	0.23
آبیاری Irrigation (Ir)	2	536810.77**	5000874.11**	2.3**
خطای اول Error (Ir)	4	982.27	2409.33	0.011
الگوی کاشت Planting Pattern (PP)	3	3570130.28**	19178789**	8.64**
الگوی کاشت x آبیاری Ir x PP	6	8997.59**	190468.4**	0.3*
خطای دوم Error (Ir PP)	18	2656.42	13334	0.03
وجین علف هرز Weeding management (W)	4	1287776**	7102899**	9.16**
وجین علف هرز x آبیاری W x Ir	8	53689**	327304.8**	0.37**
وجین علف هرز x الگوی کاشت W x PP	12	110322**	761433.7**	1.33**
وجین علف هرز x الگوی کاشت x آبیاری W x PP x Ir	24	6190ns	31722.8ns	0.06ns
خطای کل Error	96	3964.33	26636.5	0.13
ضریب تغییرات CV (%)	-	11.89	12.65	22.8

ns و* و ** به ترتیب عدم معنی‌دار، معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, *, ** are non-significant and significant at 5% and 1% of probability level, respectively

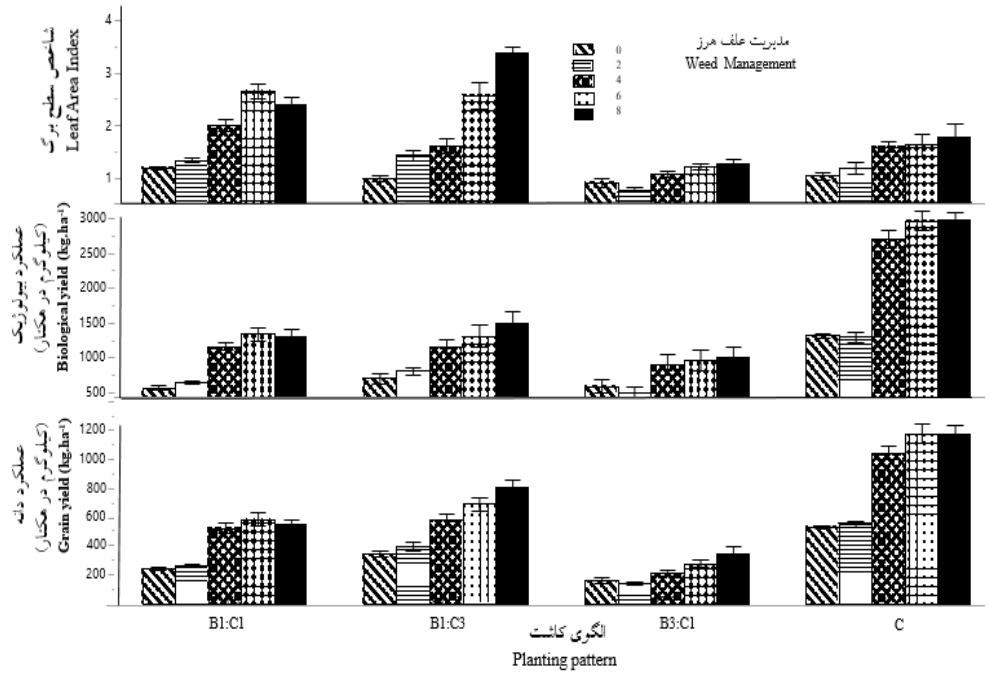
در الگوی کاشت B1:C1 میزان عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بین آبیاری کامل و کم آبیاری ۸۵ درصد تفاوت معنی‌داری نشان نداد که نشان دهنده آن است که کشت مخلوط در این الگوی کاشت توانسته میزان کاهش عملکرد در کم آبیاری را کنترل کند. بالاترین مقدار سطح برگ مربوط به آبیاری کامل و الگوی کاشت B1:C3 بود که اختلاف معنی داری با سایر تیمارها داشت. وقتی لوبیا چشم بلبلی در همجواری با گندم سیاه قرار می‌گیرد به دلیل اختلافات مورفولوژیک توانایی بیشتری را در افزایش سطح برگ دارد و این امر به کاهش رقابت درون گونه‌ای در لوبیا چشم بلبلی برمی‌گردد (شکل ۱). لوبیا چشم بلبلی در هفته‌های ابتدایی رشد به علف هرز حساس می‌باشد و هنگامی که با گندم سیاه کاشت می‌شود، این گیاه می‌تواند فضاهای خالی بین ردیف کشت را سریعاً پوشش دهد و به دلیل اختلاف ریشه این دو گیاه تنش کمتری به هر دو گیاه وارد شود.



شکل ۱- برهمکنش آبیاری و الگوی کاشت بر صفات مختلف لوبیا چشم بلبلی. 100%: آبیاری کامل، 85%: کم آبیاری ۸۵ درصد، 70%: کم آبیاری ۷۰ درصد. C: کشت خالص لوبیا چشم بلبلی، B1:C3: یک ردیف گندم سیاه و سه ردیف لوبیا چشم بلبلی، B1:C1: کشت مخلوط یک ردیف گندم سیاه و یک ردیف لوبیا چشم بلبلی، B3:C1: سه ردیف گندم سیاه و یک ردیف لوبیا چشم بلبلی.

Figure 1. Interaction of irrigation and planting pattern on various traits of cowpea. 100%: Full irrigation, 85%: Deficit irrigation (85%), 70%: Deficit irrigation (70%). C: Monoculture of cowpea, B1:C3: one row buckwheat and three row cowpea, B1:C1: one row intercropping of buckwheat and one row cowpea, B3:C1: three row buckwheat and one row cowpea.

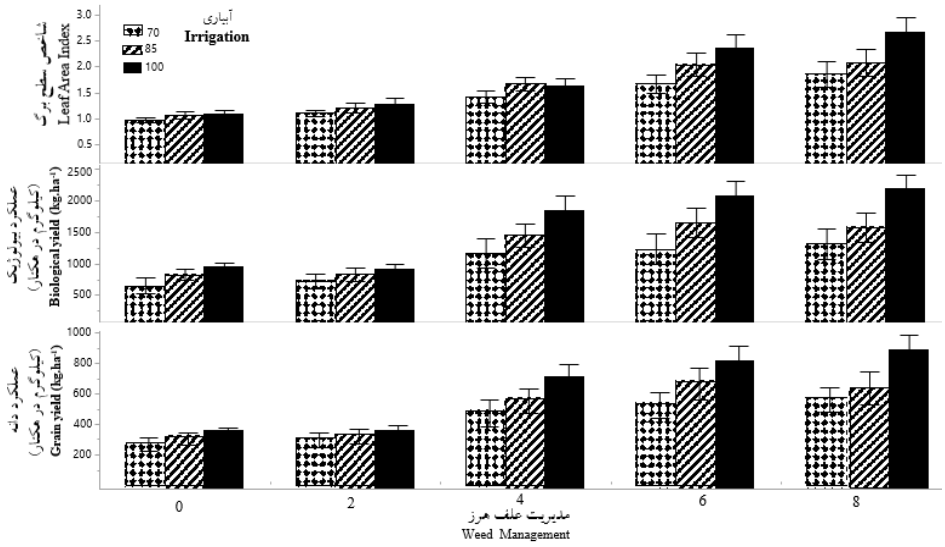
تنش آبی در مراحل اولیه رشد رویشی به طور قابل توجهی به صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی لوبیا چشم بلبلی آسیب می‌رساند، رشد و نمو محصول را مختل و اثرات مضری بر عملکرد دارد (۳۰). نتیجه این پژوهش در تیمار ۷۰ درصد آبیاری با آزمایشی در آفریقای جنوبی بر روی لوبیا چشم بلبلی به همراه شرایط تنش خشکی مطابقت داشت (۳۳). مقایسه میانگین اثر دوگانه وجین علف هرز و الگوی کاشت (شکل ۲) نشان داد که در تیمارهای شش و هشت هفته وجین علف هرز به ترتیب با ۱۱۸۰ و ۱۱۷۷ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه بیشتری را نسبت به بقیه تیمارها به دست بیاورند و اختلاف معنی‌داری ایجاد کنند. بالاترین مقدار عملکرد بیولوژیک در کشت خالص لوبیا به همراه هشت هفته وجین علف هرز به مقدار ۲۹۶۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که اختلاف معنی داری با شش هفته وجین نداشت.



شکل۲- برهمکنش الگوی کاشت و مدیریت علف هرز بر روی صفات مختلف گیاه لوبیا چشم بلبلی. C : کشت خالص لوبیا چشم بلبلی، B1:C3: یک ردیف گندم سیاه و سه ردیف لوبیا چشم بلبلی، B1:C1: کشت مخلوط یک ردیف گندم سیاه و یک ردیف لوبیا چشم بلبلی، B3:C1: سه ردیف گندم سیاه و یک ردیف لوبیا چشم بلبلی. 8,6,4,2,0 به ترتیب عدم وجین، وجین در هفته دوم رشد، وجین در هفته چهارم رشد، وجین در هفته ششم رشد و وجین در هفته هشتم.

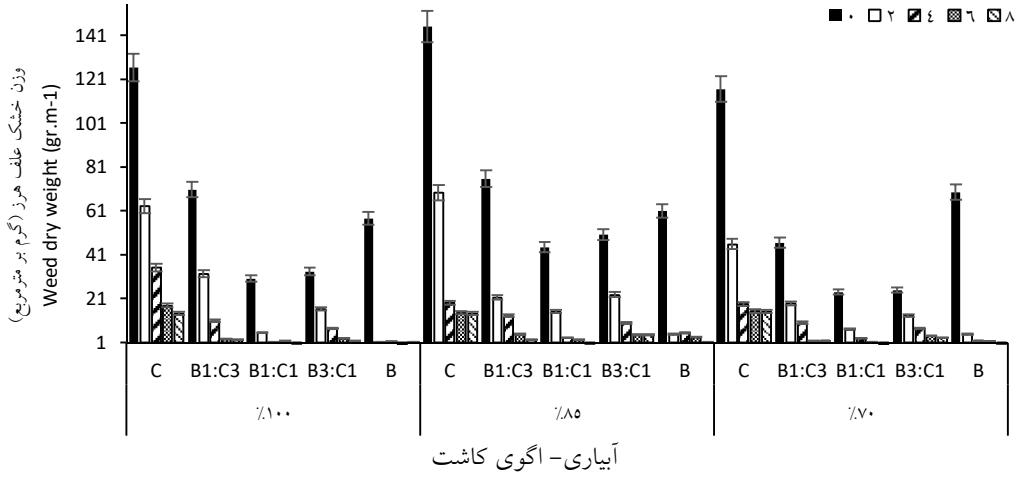
Figure 2. Interaction of planting pattern and weed management on various traits of cowpea. C: Monoculture of Cowpea, B1:C3: one row Buckwheat and three row Cowpea, B1:C1: one row intercropping of Buckwheat and one row Cowpea, B3:C1: three row Buckwheat and one row Cowpea .0,2,4,6,8: no weeding (control), weeding until the second, fourth, sixth, and eighth weeks after cultivation, respectively.

بیشترین مقدار شاخص سطح برگ مربوط به تیمار هشت هفته وجین و الگوی کشت B1:C1 با مقدار (۳/۳۶) به دست آمد (شکل ۲). وجود علف هرز باعث سایه اندازی و کاهش میزان سطح برگ لوبیا چشم بلبلی می‌شود که این امر نشان می‌دهد که هشت هفته وجین علف هرز، بالاترین میزان سطح برگ را دارند اما در الگوی کشت مخلوط B1:C1 علاوه بر شش و هشت هفته، چهار هفته وجین هم سطح برگ بیشتری را نسبت به بقیه تیمارها داشت که مشخص می‌کند که این الگوی کاشت توانسته است قدرت رقابتی علف هرز را کنترل کند. یک ردیف کشت سویا به همراه یک ردیف کشت گندم سیاه بالاترین مقدار عملکرد دانه سویا را به دست آوردند. آلودگی علف هرز در تک کشتی سویا بالا بود اما در کشت مخلوط به واسطه گندم سیاه کاهش معنی‌داری پیدا کرد. دو ردیف گندم سیاه عمکرد سویا را به دلیل رقابت برون گونه‌ای محدود می‌کند و بهترین الگوی کاشت آن یک ردیف گندم سیاه می‌باشد (۹).



شکل۳- برهمکنش آبیاری و مدیریت علف هرز بر روی صفات مختلف لوبیا چشم بلبلی. 100% : آبیاری کامل، 85%: کم آبیاری ۸۵ درصد، 70%: کم آبیاری ۷۰ درصد.8,6,4,2,0 به ترتیب عدم وجین، وجین در هفته دوم رشد، وجین در هفته چهارم رشد، وجین در هفته ششم رشد و وجین در هفته هشتم.

Figure 3. Interaction of irrigation and weed management on various trait of cowpea. 100%: Full irrigation, 85%: Deficit irrigation (85%), 70%: Deficit irrigation (70%). 0, 2, 4, 6, and 8: no weeding (control), weeding until the second, fourth, sixth, and eighth weeks after cultivation, respectively.



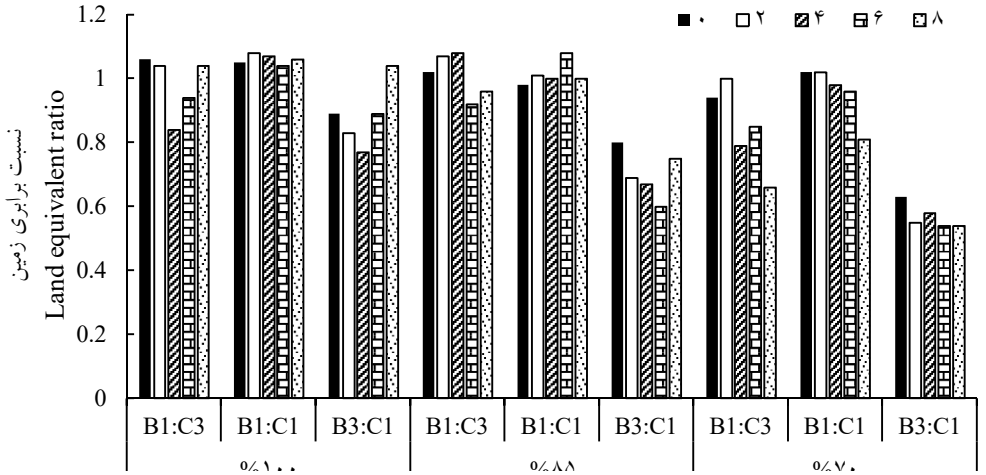
شکل ٤- برهمکنش آبیاری، الگوی کاشت و مدیریت علف هرز بر روی وزن خشک علف هرز. 100%: آبیاری کامل، 85%: کم آبیاری ۸۵ درصد، 70%: کم آبیاری ۷۰ درصد. B: کشت خالص گندم سیاه، C: کشت خالص لوبیا چشم بلبلی، B1:C3: یک ردیف گندم سیاه و سه ردیف لوبیا چشم بلبلی، B1:C1: کشت مخلوط یک ردیف گندم سیاه و یک ردیف لوبیا چشم بلبلی، B3:C1: سه ردیف گندم سیاه و یک ردیف لوبیا چشم بلبلی.8,6,4,2,0 به‌ترتیب عدم وجین، وجین در هفته دوم رشد، وجین در هفته چهارم رشد، وجین در هفته ششم رشد و وجین در هفته هشتم.

Figure 4. Triple interaction of irrigation, planting pattern, and weed management on weed biomass.100%: Full irrigation, 85%: Deficit irrigation (85%), 70%: Deficit irrigation (70%). C: Monoculture of Cowpea, B1:C3: one row Buckwheat and three row Cowpea, B1:C1: one row intercropping of Buckwheat and one row Cowpea, B3:C1: three row Buckwheat and one row Cowpea, B: Monoculture of buckwheat. 0, 2, 4, 6, and 8: no weeding (control), weeding until the second, fourth, sixth, and eighth weeks aftersowing, respectively.

وزن خشک علف هرز: مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه بر وزن خشک علف هرز (شکل ٤) نشان داد بیشترین میزان وزن خشک علف هرز در تیمار ۸۵ درصد آبیاری و عدم وجین علف هرز در تک کشتی لوبیا چشم بلبلی با مقدار ١٤٥/٧ گرم بر متر مربع به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. عموما بالاترین مقدار وزن خشک علف هرز در الگوهای تک کشتی لوبیا چشم بلبلی به دست آمد.

لوبیا چشم بلبلی و علف‌های هرز برای منابع یکسان با هم رقابت می‌کنند و در نتیجه مانع رشد یکدیگر می‌شوند (۳۲). با توجه به اینکه در کم آبیاری ۸۵ درصد مقدار عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی کاهش می‌یابد و مقدار وزن خشک علف هرز با توجه به تأثیر کمتر تنش آبی روی علف هرز، افزایش می‌یابد. علف‌های هرز دارای چندین مزیت رقابتی نسبت به گیاهان زراعی هستند، زیرا از نظر فنوتیپی انعطاف پذیرتر هستند و مکانیسم‌های تطبیقی کوتاه‌مدت و طولانی‌مدت بقا را در مقایسه با گیاهان زراعی در تنش‌های محیطی اجرا می‌کنند (۳۳). گندم سیاه به دلیل شاخ و برگ زیاد گزینه مناسبی برای کنترل علف هرز می‌باشد اما در دو هفته ابتدایی حساس به علف هرز است. علاوه بر این، گندم سیاه اثر بازدارنده‌ای بر رشد سایر گیاهان دارد. به عنوان مثال، گزارش شده است که برخی از فلاونوئیدهای موجود در گندم سیاه اثرات مهار کننده بر رشد چندین علف هرز دارد (٣٤).در بین تمامی الگوهای کاشت در آبیاری کامل و کم آبیاری، الگوی کاشت C1:B1 و C1:B3 کمترین میزان وزن خشک علف هرز را در بین تیمار شاهد آلوده به علف هرز (عدم وجین) به دست آوردند. زیست توده مجموع دو گیاه در الگوی کاشت C1:B1 باعث کاهش زیست توده نهایی علف هرز شد. در کشت مخلوط هر چقدر مجموع زیست توده دو گیاه بالاتر باشد زیست توده نهایی علف هرز کمتر خواهد بود (۳۵).

نسبت برابری زمین: طبق (شکل ۵) در الگوی کاشت C1:B1 و آبیاری کامل، کلیه سطوح وجین علف هرز، نسبت برابری زمین بالاتر از یک را ثبت کردند.



شکل ۵- تأثیر تیمارهای مختلف بر روی نسبت برابری زمین. 100%: آبیاری کامل، 85%: کم آبیاری ۸۵ درصد، 70%: کم آبیاری ۷۰ درصد. B1:C3: یک ردیف گندم سیاه و سه ردیف لوبیا چشم بلبلی، B1:C1: کشت مخلوط یک ردیف گندم سیاه و یک ردیف لوبیا چشم بلبلی، B3:C1: سه ردیف گندم سیاه و یک ردیف لوبیا چشم بلبلی.0 ، 2، 4، 6، و 8 به ترتیب عدم وجین، وجین در هفته دوم رشد، وجین در هفته چهارم رشد، وجین در هفته ششم رشد و وجین در هفته هشتم می‌باشد.

Figure 5. Interaction of different treatments on Land Equivalent Ratio (LER). 100%: Full irrigation, 85%: Deficit irrigation (85%), 70%: Deficit irrigation (70%). B1:C3: one row Buckwheat and three row Cowpea, B1:C1: one row intercropping of Buckwheat and one row Cowpea, B3:C1: three row Buckwheat and one row Cowpea. 0, 2, 4, 6, and 8: no weeding (control), weeding until the second, fourth, sixth, and eighth weeks after sowing, respectively.

همچنین این الگوی کشت، در سطح کم آبیاری ۸۵ درصد به جز تیمار شاهد آلوده به علف هرز، در سایر تیمارها عددی بالاتر از یک ثبت نمود. سامانه‌های کشت مخلوط به طور مداوم بالاترین شاخص نسبت برابری زمین را در شرایط رقابت با علف‌های هرز نشان می‌دهند، که ارزش کشت مخلوط را به عنوان روشی مؤثر برای مدیریت یکپارچه علف‌های هرز برجسته می‌کند (۳۶).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به دست آمده، فرضیه پژوهش مبنی بر تأثیر مثبت الگوی کاشت مخلوط در افزایش بهره‌وری و کاهش فشار علف‌های هرز در شرایط مختلف آبیاری تایید شد. الگوی کاشت C1:B1 با کاهش رقابت درون گونه‌ای و بهبود صفت‌های رشدی گیاهان توانست شرایط مطلوب‌تری برای مقابله با تنش‌های زنده و غیر زنده فراهم کند. به طورکلی نتایج نشان داد که الگوی کاشت مخلوط می‌تواند به عنوان رویکردی مناسب در بهبود کارایی کشت تحت شرایط خشکی و فشار علف‌های هرز مورد استفاده قرار بگیرد.

References

1. Nyaupane, S., Ram Prasad, M., Toyanath, J., & Ranjana, D. (2023). Plant-based agro-biodiversity solutions for reducing agrochemical use and effects. In M. C. Ogwu & S. Chibueze Izah (Eds.), *Sustainable Development and Biodiversity 34*, (pp. 545–563). Springer Singapore.
2. Thierfelder, C., & Blessing, M. (2022). Short-term yield gains or long-term sustainability? – A synthesis of conservation agriculture long-term experiments in Southern Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment, 326*, 107812.
3. Saudy, H. S., El-Bially, M. E., & Hashem, F. A. (2023). The changes in yield response factor, water use efficiency, and physiology of sunflower owing to ascorbic and citric acids application under mild deficit irrigation. *Gesunde Pflanzen, 75*(4), 899–909.
4. Saudy, H. S., El-Bially, M. E., El-Metwally, I., & Shahin, M. (2021). Physio-biochemical and agronomic response of ascorbic acid-treated sunflower (Helianthus annuus) grown at different sowing dates and under various irrigation regimes. *Gesunde Pflanzen, 73*(2), 169–179.
5. Iqbal, J., Cheema, Z. A., & An, M. (2007). Intercropping of field crops in cotton for the management of purple nutsedge (Cyperus rotundus L.). *Plant and Soil, 300*(1–2), 163–171.
6. Scavo, A., Fontanazza, S., & Restuccia, A. (2022). The role of cover crops in improving soil fertility and plant nutritional status in temperate climates: A review. *Agronomy for Sustainable Development, 42*(5), 93.
7. Virili, A., Marusig, D., Delle Vedove, G., & Marraccini, E. (2024). Buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench.) as an emerging companion crop in annual cropping systems: A systematic review. *Italian Journal of Agronomy*, *19(1)*,1-7.
8. Huda, M. N., Lu, S., Jahan, T., Ding, M., Jha, R., Zhang, K., Georgiev, M. I., Park, S. U., & Zhou, M. (2021). Treasure from garden: Bioactive compounds of buckwheat. *Food Chemistry, 335*, 127653.
9. Biszczak, W., Różyło, K., & Kraska, P. (2020). Yielding parameters, nutritional value of soybean seed, and weed infestation in relay-strip intercropping system with buckwheat. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science, 70*(8), 640–647
10. Beshir, B., Amsalu, B., Dagmawit, T., Selamawit, K., Teamir, M., & Bezawit, Y. (2019). Cowpea production, marketing, and utilization in Ethiopia. *Ethiopian Institute of Agricultural Research*
11. Das, A., Patel, D. P., Ghosh, P. K., & Munda, G. C. (2018). Cereal-legume cropping system in Indian Himalayan region for food and environmental sustainability. In M. L. Pareek (Ed.), *Legumes for Soil Health and Sustainable Management* (pp. 33–76). Springer Singapore.

12. Namatsheve, T., Cardinael, R., Corbeels, M., & Chikowo, R. (2020). Productivity and biological N2-fixation in cereal-cowpea intercropping systems in sub-Saharan Africa: A review. *Agronomy for Sustainable Development, 40*(4), 30.
13. Adigun, J. A., Osipitan, A., Lagoke, S. T., Adeyemi, R. O., & Afolami, S. O. (2014). Growth and yield performance of cowpea (Vigna unguiculata (L.) Walp) as influenced by row-spacing and period of weed interference in South-West Nigeria. *Journal of Agricultural Science, 6*(4), 188.
14. Nadeem, M., Li, J., Yahya, M., Sher, A., Ma, C., Wang, X., & Qiu, L. (2019). Research progress and perspective on drought stress in legumes: A review. *International Journal of Molecular Sciences, 20*(10), 2541.
15. Rahman, T., Zhang, G., Li, X., & Niaz, A. (2017). Water use efficiency and evapotranspiration in maize-soybean relay strip intercrop systems as affected by planting geometries. *PLOS ONE, 12*(6), e0178332.
16. Landschoot, S., Taverniers, J., De Ketelaere, B., & Steppe, K. (2024). Cereal-legume intercropping: A smart review using topic modelling. *Frontiers in Plant Science, 14*.
17. Gabr, M. E. (2022). Modelling net irrigation water requirements using FAO-CROPWAT 8.0 and CLIMWAT 2.0: A case study of Tina Plain and East South ElKantara regions, North Sinai, Egypt. *Archives of Agronomy and Soil Science, 68*(10), 1322–1337.
18. Chauhdary, J. N., Bakhsh, A., Engel, B. A., & Ragab, R. (2019). Improving corn production by adopting efficient fertigation practices: Experimental and modeling approach. *Agricultural Water Management, 221*, 449–461.
19. Allen, R., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.
20. Yan, H., Shi, X., Yu, J., & Liao, Q. (2015). Study of evapotranspiration and evaporation beneath the canopy in a buckwheat field. *Theoretical and Applied Climatology, 122*(3–4), 721–728.
21. Willey, R. W. (1979). Intercropping: Its importance and research needs. *Field Crop Abstracts, 1*, 1–10.
22. Yogendra, N. D., Khar, S., Gurjar, R., & Satish, K. (2024). Livelihood enhancement and resource use efficiency under lemongrass intercropping with food crops. *Ecological Frontiers, 44*(2), 266–274.
23. Porte, A., Bellon, S., Brunsell, N., & Nkouka, K. (2022). Does a soybean intercrop increase nodule number, N uptake, and grain yield of the followed main crop soybean? *Agriculture, 12*(4), 467.
24. Falquet, B., Heilig, R., & Ramseier, R. (2015). Weed suppression by common buckwheat: A review. *Environment Control in Biology, 53*(1), 1–6.
25. Xiang, D. B., Tang, X., Liu, Y., & Lin, J. (2016). Effect of planting density on lodging-related morphology, lodging rate, and yield of Tartary buckwheat (Fagopyrum tataricum). *Plant Production Science, 19*(4), 479–488.
26. Rangappa, K., Namsa, N. D., Thakur, V. S., & Kalita, P. (2023). Year-round growth potential and moisture stress tolerance of buckwheat (Fagopyrum esculentum L.) under fragile hill ecosystems of the Eastern Himalayas (India). *Frontiers in Sustainable Food Systems, 7*.
27. Aubert, L., Konrádová, D., Barris, S., & Quinet, M. (2021). Different drought resistance mechanisms between two buckwheat species (Fagopyrum esculentum and Fagopyrum tataricum). *Physiologia Plantarum, 172*(2), 577–586.
28. Uchino, H., Iwama, K., & Yamasaki, S. (2009). Yield losses of soybean and maize by competition with interseeded cover crops and weeds in organic-based cropping systems. *Field Crops Research, 113*(3), 342–351.
29. Zhou, Q., Wang, J., & Han, J. (2023). Increasing planting density can improve the yield of Tartary buckwheat. *Frontiers in Plant Science, 14*.

30. Olorunwa, O. J., Shi, A., & Barickman, T. C. (2021). Varying drought stress induces morpho-physiological changes in cowpea (Vigna unguiculata (L.) genotypes inoculated with Bradyrhizobium japonicum). *Plant Stress, 2*, 100033.
31. Kanda, E. K., Senzanje, A., & Mabhaudhi, T. (2020). Effect of moistube and subsurface drip irrigation on cowpea (Vigna unguiculata (L.) Walp) production in South Africa. *Water SA, 46*(2 April).
32. Namatsheve, T., Cardinael, R., Corbeels, M., & Chikowo, R. (2024). Do intercropping and mineral nitrogen fertilizer affect weed community structures in low-input maize-based cropping systems? *Crop Protection, 176*, 106486.
33. Duke, S. O. (2018). *Weed physiology* (1st ed.). Reproduction and Ecophysiology Boca Raton: CRC Press.176.
34. Kalinova, J., & Vrchotova, N. (2009). Level of catechin, myricetin, quercetin, and isoquercitrin in buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench), changes of their levels during vegetation and their effect on the growth of selected weeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57*(7), 2719–2725.
35. Cheriere, T., Lorin, M., & Corre-Hellou, G. (2020). Species choice and spatial arrangement in soybean-based intercropping: Levers that drive yield and weed control. *Field Crops Research, 256*, 107923.
36. Abdulkareem, B. M., Chen, X., Zhang, Y., & Li, Q. (2024). Enhancing cotton sustainability: Multi-factorial intercropping, irrigation, and weed effects on productivity, quality, and physiology. *Heliyon, 10*(5), e27135