



Evaluation of the Efficacy of Wheat-Faba Bean Intercropping on Weed Control and Yield Improvement in the Masjed Soleyman Region

Sahar Bagheri¹ | Seyed Keyvan Marashi²

1. Department of Agronomy, Ahv. C., Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. E-mail: sahar.bagheri@iau.ac.ir

2. Corresponding Author, Department of Agronomy, Ahv. C., Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. E-mail: marashi_47@iau.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received 29 November 2025
Received in revised form
10 May 2026
Accepted 16 August 2026
Published online 22 September 2026

Keywords:

Inter specific competition
Plant density
Sustainable agriculture
Yield components

ABSTRACT

Objective: Intercropping, as a pillar of sustainable agriculture, can regulate weed populations through various ecological mechanisms and can serve as an alternative to or a means of reducing reliance on herbicides. This study was conducted to investigate the yield characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) under intercropping and to assess its effects on weed control.

Method: The experiment was arranged as a factorial design in a randomized complete block design with three replications. The factors studied were faba bean within-row seed spacing (10, 20, and 30 cm) and wheat sowing density (200, 400, and 600 plants m⁻²). Faba bean rows were spaced 60 cm apart, following regional conventional practice, and two rows of wheat were sown between the faba bean rows at a between-row spacing of 20 cm.

Results: The effects of faba bean spacing, wheat density, and their interaction were significant for number of pods per plant, number of seeds per pod, 100-seed weight, and grain yield of faba bean, as well as for number of spikes m⁻², number of seeds per spike, 1000-seed weight, and grain yield of wheat, and weed density. The highest grain yields of faba bean and wheat (9500 and 4859 kg ha⁻¹, respectively) were obtained with a 20 cm faba bean spacing and a wheat density of 400 plants m⁻². The lowest wheat grain yield (3500 kg ha⁻¹) was recorded at the 200 plants m⁻² wheat density with 10 cm faba bean spacing, whereas the lowest faba bean grain yield (6138 kg ha⁻¹) occurred at the 600 plants m⁻² wheat density with 10 cm faba bean spacing. Weed density was highest at the 30 cm faba bean spacing with 200 plants m⁻² wheat density and lowest at the 10 cm faba bean spacing with 600 plants m⁻² wheat density.

Conclusions: Although the greatest weed suppression was achieved at the highest wheat density (600 plants m⁻²), maximizing the economic yield of the intercropping system as a whole was deemed the primary objective. Accordingly, the practical recommendation for local growers is a wheat density of 400 plants m⁻² combined with a faba bean spacing of 20 cm. This planting arrangement secured high grain yields for both crops, provided acceptable and sustainable weed control, and represents an effective step toward sustainable agriculture with reduced dependence on chemical inputs.

Cite this article: Bagheri, S., & Marashi, S. K. (2026). Evaluation of the Efficacy of Wheat-Faba Bean Intercropping on Weed Control and Yield Improvement in the Masjed Soleyman Region. *Journal of Crops Improvement*, 28 (3), 455-472. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2026.407219.2967>





ارزیابی کارایی کشت مخلوط گندم و باقلا در کنترل علف‌های هرز و بهبود عملکرد در منطقه مسجدسلیمان

سحر باقری^۱ | سیدکیوان مرعشی^۲

۱. گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. رایانامه: sahar.bagheri@iau.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. رایانامه: marashi_47@iau.ac.ir

چکیده	اطلاعات مقاله
هدف: کشت مخلوط به عنوان یکی از ارکان کشاورزی پایدار، با مکانیسم‌های اکولوژیک مختلفی می‌تواند جمعیت علف‌های هرز را مدیریت کند و به عنوان جایگزین یا کاهنده اتکا به علف‌کش‌ها باشد. این پژوهش به منظور بررسی خصوصیات زراعی گندم و باقلا در شرایط کشت مخلوط و نحوه تأثیر آن در کنترل علف‌های هرز اجرا شد. روش پژوهش: آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل‌های مورد مطالعه شامل فاصله بذور باقلا روی ردیف کاشت (۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر) و تراکم گندم (۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ بوته در مترمربع) بود. یافته‌ها: نتایج نشان داد تأثیر فواصل روی ردیف کاشت باقلا، تراکم گندم و اثر متقابل آن‌ها بر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صددانه و عملکرد دانه باقلا و همچنین بر روی تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن صددانه، عملکرد دانه گندم و وزن خشک علف هرز معنی‌دار بود. بیش‌ترین عملکرد دانه باقلا و گندم در فاصله ۲۰ سانتی‌متری باقلا و تراکم ۴۰۰ بوته در مترمربع گندم به ترتیب به میزان ۹۵۰۰ و ۴۸۵۹ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. کم‌ترین عملکرد دانه گندم با ۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار به تراکم ۲۰۰ بوته گندم و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متری باقلا و کم‌ترین عملکرد دانه باقلا با ۶۱۳۸ به تراکم ۶۰۰ بوته گندم و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر باقلا اختصاص داشت. نتایج همچنین نشان داد بیش‌ترین وزن خشک علف هرز در شرایط فاصله بذور ۳۰ سانتی‌متری باقلا و تراکم ۲۰۰ بوته گندم و کم‌ترین وزن خشک علف هرز در فاصله ۱۰ سانتی‌متری باقلا و تراکم ۶۰۰ بوته گندم مشاهده شد. نتیجه‌گیری: به‌طور کلی اگرچه بیش‌ترین کنترل علف هرز در تراکم ۶۰۰ بوته گندم مشاهده شد، اما از آنجایی که دست‌یابی به حداکثر عملکرد اقتصادی در کل سیستم هدف نهایی است، توصیه عملی این مطالعه برای کشاورزان منطقه، استفاده از الگوی کاشت با تراکم ۴۰۰ بوته گندم و فاصله ۲۰ سانتی‌متری باقلا است. این الگو ضمن تضمین عملکرد بالا برای هر دو محصول، کنترل قابل قبول و پایداری بر علف‌های هرز اعمال می‌کند و گامی مؤثر در جهت تحقق کشاورزی پایدار و کاهش اتکا به نهاده‌های شیمیایی است.	نوع مقاله: مقاله پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۰۸ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۵/۲۵ تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۶/۳۱ کلیدواژه‌ها: اجزای عملکرد تراکم بوته کشاورزی پایدار رقابت بین‌گونه‌ای

استناد: باقری، سحر و مرعشی، سیدکیوان (۱۴۰۵). ارزیابی کارایی کشت مخلوط گندم و باقلا در کنترل علف‌های هرز و بهبود عملکرد در منطقه مسجدسلیمان. به زراعی کشاورزی، ۲۸ (۳)، ۴۷۲-۴۵۵. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2026.407219.2967>



۱. مقدمه

گندم^۱ یکی از ستون‌های اصلی تأمین امنیت غذایی بشر و از مهم‌ترین غلات در سبد تغذیه‌ای جهانی به‌شمار می‌آید. این محصول استراتژیک، منبع حیاتی کربوهیدرات‌های پیچیده است که انرژی پایدار موردنیاز بدن را فراهم می‌کند. فراتر از نقش انرژی‌زایی، گندم منبع مهمی از پروتئین‌های گیاهی، فیبر غذایی، ویتامین‌های گروه B و املاح معدنی ضروری مانند آهن، منیزیم و سلنیوم است (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۹۷). این گیاه در محدوده وسیعی از شرایط آب‌وهوایی جهان رشد می‌کند و در حقیقت این گیاه جزو سازگارترین گونه‌های غلات محسوب می‌شود (گوشه و آزادی، ۱۴۰۴).

باقلا^۲ یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی ایران می‌باشد. باقلا به‌عنوان یک کشت استراتژیک زمستانه در خوزستان، نقش حیاتی در تناوب زراعی با گندم دارد. این گیاه با تثبیت بیولوژیک نیتروژن، حاصلخیزی خاک را افزایش داده و مصرف کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد که این امر به ویژه در خاک‌های تحت تنش شوری خوزستان بسیار حائز اهمیت است (کوچکی و بنیان اول، ۱۳۹۷). از لحاظ اقتصادی، کشت باقلا منبع درآمدی برای کشاورزان منطقه محسوب می‌شود. همچنین با توجه به شرایط اقلیمی مناسب و نیاز آبی نسبتاً بالای این محصول، توسعه کشت آن در دشت‌های آبرفتی خوزستان از پتانسیل بالایی برخوردار است (عبیات و همکاران، ۱۴۰۴).

علف‌های هرز از جمله مشکلاتی است که اکثر کشاورزان در مزارع و یا باغات با آن برخورد می‌کنند. این مشکل به‌ویژه از زمانی که بشر برای افزایش محصول به کشاورزی از طریق سیستم تک کشتی پرداخت، مشاهده شد (مین‌باشی و باقری، ۱۴۰۱). علف‌های هرز برای منابعی نظیر رطوبت، عناصر غذایی، نور و سایر شرایط محیطی با گیاهان زراعی رقابت می‌کنند (لبرتون^۳ و همکاران، ۲۰۲۴). باقلا در رقابت با علف‌های هرز ضعیف عمل می‌کند و برای موفقیت در تولید باید به روش‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی با علف‌های هرز مبارزه کرد (ایری و همکاران، ۱۴۰۳). هرچند کاربرد علف‌کش‌ها مهم‌ترین گزینه برای کنترل علف‌های هرز می‌باشند ولی گزینه‌های دیگری نیز وجود دارد که می‌توانند جایگزین اتکا به علف‌کش‌ها باشند. از مهم‌ترین جنبه‌های مدیریت علف‌های هرز، می‌توان به افزایش توانایی رقابتی گیاه در مقابل علف‌هرز اشاره نمود (قاسمی و همکاران ۱۴۰۱). علف‌های هرز همچنین می‌توانند خسارت قابل‌توجهی به عملکرد گندم وارد کنند. چین اظهار شده است که گونه‌های مهاجمی مانند شلغم وحشی^۴ تا ۷۸ درصد عملکرد گندم کاهش داده‌اند (آسادوزمان^۵ و همکاران، ۲۰۲۳). در مطالعه دیگری بیان شده است که در رقابت علف‌های هرز با گندم برای منابع نور، آب و عناصر غذایی، اجزای عملکردی نظیر تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر قرار گرفته و در نهایت عملکرد دانه کاهش یافته است (جعفریگی و همکاران، ۱۳۹۷). بیان شده است که در شرایط آلوده به علف هرز، استفاده از تراکم‌های بالای گندم (تا ۴۰۰-۵۰۰ بوته در مترمربع) به‌عنوان راه‌کاری مؤثر برای افزایش توانایی رقابتی گیاه زراعی و جبران بخشی از خسارت ناشی از علف‌های هرز توصیه می‌شود (سالک زمانی و توکلی، ۱۳۸۳).

بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف تعیین بهترین ترکیب تراکم گندم و فاصله کاشت باقلا برای حداکثرکردن عملکرد و همچنین ارزیابی کارایی این ترکیب در کنترل طبیعی علف‌های هرز در منطقه مسجدسلیمان طراحی و اجرا گردید.

1. *Triticum aetivum* L.
2. *Vicia faba*
3. Lebreton
4. *Rapistrum rugosum*
5. Asaduzzaman

۲. پیشینه پژوهش

کشت مخلوط به‌عنوان یکی از ارکان کشاورزی پایدار، با مکانیسم‌های اکولوژیک مختلفی می‌تواند جمعیت علف‌های هرز را مدیریت کند. در این میان، کشت مخلوط غلات و حبوبات، موردتوجه پژوهش‌های متعددی قرار گرفته است (ییلماز^۱ و همکاران، ۲۰۲۵). چنین اظهار شده است که مهم‌ترین نقش کشت مخلوط، اشغال کامل‌تر و کارآمدتر فضای اکولوژیک است. هنگامی که دو یا چند گیاه با اشکال رشدی متفاوت با هم کشت می‌شوند، سایه‌اندازی متراکم‌تر و پوشش سریع‌تر زمین ایجاد می‌گردد. این امر نوررسانی به علف‌های هرز را کاهش داده و فرصت جوانه‌زنی و رشد را از آن‌ها می‌گیرد (البرتون^۲ و همکاران، ۲۰۲۴). علاوه بر این، کشت مخلوط منجر به رقابت شدیدتر برای منابع آب و مواد غذایی می‌شود. سیستم‌های ریشه‌ای متفاوت و توسعه یافته گیاهان در کشت مخلوط، حجم بیش‌تری از خاک را اشغال کرده و آب و عناصر غذایی را به‌طور کامل‌تری جذب می‌کنند و سهم کم‌تری برای علف‌های هرز باقی می‌گذارند (موندانی^۳ و همکاران، ۲۰۰۸). بیان شده است که در کشت مخلوط، رقابت اصلی به‌جای رقابت بین محصول و علف هرز، به رقابت بین دو گونه محصول معطوف می‌شود که این امر علف‌های هرز را به حاشیه می‌راند (رضایی چیان، ۱۳۹۸). همچنین، تنوع زیستی ایجادشده در این سیستم، شرایط ناپایدار و غیرقابل پیش‌بینی برای علف‌های هرز فراهم می‌کند، برخلاف کشت خالص که محیطی یکنواخت و ایده‌آل برای رشد آن‌ها ایجاد می‌نماید (گوشه و آزادی، ۱۴۰۴). اسکندری و قنبری (۱۳۸۹) در یک آزمایش مزرعه‌ای، تأثیر الگوها و نسبت‌های مختلف کاشت گندم و باقلا را موردبررسی قرار دادند. این پژوهش‌گران کشت‌های خالص و مخلوط با نسبت‌های متفاوت (مانند ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵) را با یکدیگر مقایسه کردند. نتایج نشان داد که کشت مخلوط با نسبت مساوی بیش‌ترین اثر را در کاهش وزن خشک علف‌های هرز داشت. این پژوهش‌گران بیان داشتند که بهینه‌سازی نسبت کاشت برای کنترل علف‌های هرز امری ضروری است. دیما^۴ و همکاران (۲۰۰۷) در یک پژوهش دو ساله، مشاهده کردند که کشت مخلوط گندم و ماشک به‌طور میانگین منجر به کاهش ۳۰ تا ۴۰ درصدی وزن خشک علف‌های هرز در مقایسه با کشت خالص گندم شد. نتایج این پژوهش ثابت کرد که پوشش کامل‌تر زمین و سایه‌اندازی بهتر در سیستم مخلوط، عامل کلیدی در کنترل علف‌های هرز است. در یک مطالعه مروری نیز اظهار شده است که کشت مخلوط غلات و لگوم منجر به استفاده کارآمدتر و مکمل از منابع محیطی (نور، آب و مواد غذایی) می‌شود. در این مطالعه بیان شده است که رقابت موفقیت‌آمیز بین محصولات اصلی، رقابت را برای علف‌های هرز محدود کرده و جمعیت آن‌ها را به‌طور طبیعی کاهش می‌دهد (سماهن^۵، ۲۰۲۲).

۳. روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش طی سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲، در اراضی کشاورزی شهرستان حومه شهرستان مسجد سلیمان اجرا شد. مزرعه آزمایشی در عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۹۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۲۸ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی با ارتفاع ۳۷۲ متر از سطح دریا بود. با توجه به اهمیت وضعیت خاک منطقه، از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری نمونه‌گیری شد که نتایج آن در جدول (۱) نشان داده شده است.

1. Yilmaz
2. Lebreton
3. Mondani
4. Dhima
5. Semahegn

جدول ۱. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	اجزای بافت خاک (درصد)			پتاسیم (پی پی ا)	فسفر (پی پی ام)	نیترژن (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته
	شن	لای	رس					
لوم رسی سیلتی	۱۴	۴۷	۳۸	۱۴۵	۹/۲	۰/۰۵۸	۱/۷۸	۷/۸

این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اول فاصله بذور باقلا روی ردیف کاشت به صورت ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر و عامل دوم تراکم گندم در سه سطح شامل ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. در این تحقیق منظور از تراکم‌های ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ بوته گندم در مترمربع، تعداد بذر کاشته شده در واحد سطح بود که براساس وزن هزاردانه و درصد جوانه‌زنی بذر محاسبه و تنظیم گردید. انتخاب سطوح فاصله بذور باقلا (۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر) براساس عرف رایج کشاورزی منطقه مسجده سلیمان و مطالعات پیشین انجام شده در خوزستان صورت گرفت (فتوحی و همکاران، ۱۴۰۱). همچنین سطوح تراکم گندم (۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ بوته در مترمربع) با توجه به دامنه تراکم‌های رایج در کشت خالص گندم در منطقه (۳۵۰-۴۵۰ بوته در مترمربع) و نیز تراکم‌های مورد استفاده در پژوهش‌های مشابه کشت مخلوط در شرایط اقلیمی ایران تعیین گردید (حمزه‌ای و همکاران، ۱۳۹۱). در هر کرت آزمایشی به ابعاد ۳/۶ × ۶ متر، تعداد شش ردیف باقلا با فاصله ۶۰ سانتی‌متر و تعداد ۱۰ ردیف گندم (به صورت دو ردیف در هر فاصله بین ردیف‌های باقلا با فاصله ۲۰ سانتی‌متر) کشت گردید. کود نیترژن به میزان ۱۳۰ کیلوگرم نیترژن خالص در هکتار از منبع اوره (۴۶ درصد) به صورت ۵۰ درصد قبل از کاشت و ۵۰ درصد در انتهای پنجه دهی به صورت سرک و کود فسفره از منبع سوپرفسفات تریپل به میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص (۴۸ درصد) قبل از کاشت به صورت پایه مصرف شد. در این آزمایش از بذر باقلا رقم محلی شاخ بزی و در مورد گندم از رقم چمران استفاده شد. زمان کاشت گندم و باقلا ۲۵ آبان‌ماه در نظر گرفته شد و بلافاصله بعد از کشت اولین آبیاری انجام شد. آبیاری‌های بعدی نیز براساس نیاز آبی گیاهان و عرف محل به طور معمول انجام شد. آفت و یا بیماری قابل ملاحظه در طول دوره رشد مشاهده نشد. در طول دوره رشد کنترل علف‌های هرز فقط در بین کرت‌ها و به صورت وجین دستی توسط کارگر انجام شد.

زمان برداشت محصول هر دو گیاه (گندم و باقلا) براساس رسیدگی فیزیولوژیک و زرد و خشک شدن کامل اندام‌های هوایی به صورت هم‌زمان انجام شد. رطوبت دانه باقلا در زمان برداشت حدود ۱۶ درصد بود. برای تعیین عملکرد دانه باقلا، از چهار خط میانی به طول ۲ متر و برای عملکرد دانه گندم از شش خط میانی به طول ۲ متر به طور جداگانه برداشت انجام و بعد از خرمن‌کوبی و بوجاری به عنوان عملکرد دانه در هر کرت در نظر گرفته شد. نمونه برداری برای تعیین اجزای عملکرد گندم (تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه) هم‌زمان با مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (زرد شدن سنبله‌ها و خشک شدن ساقه‌ها) انجام شد. همچنین نمونه برداری برای تعیین اجزای عملکرد باقلا (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صدانه) در مرحله رسیدگی کامل (خشک شدن و قهوه‌ای شدن غلاف‌ها) صورت پذیرفت. در مورد گندم تعیین تعداد سنبله در مترمربع براساس شمارش سنبله‌ها در سطح برداشت نهایی انجام شد و تعیین تعداد دانه در سنبله، براساس شمارش و میانگین تعداد دانه در ۱۰ سنبله در هر کرت بود. در مورد باقلا تعیین تعداد غلاف در بوته براساس شمارش تعداد غلاف در بوته در سطح برداشت نهایی انجام شد. اندازه‌گیری تعداد دانه در غلاف براساس شمارش و میانگین تعداد دانه در ۱۰ غلاف در هر کرت بود. وزن هزاردانه گندم و باقلا، بعد از برداشت و بوجاری محصول انجام شد، برای این منظور اگر اختلاف وزن دو نمونه ۵۰۰ تایی بذور برداشت شده کم‌تر از ۶ درصد بود. مجموع وزن آن‌ها به عنوان وزن هزاردانه در هر کرت ثبت گردید (شفائی و قاسمی، ۱۳۸۸). نمونه برداری علف‌های هرز

برای تعیین ماده خشک، هم‌زمان با مرحله رسیدگی فیزیولوژیک گندم (مرحله زردشدن سنبله‌ها و خشک‌شدن ساقه‌ها) و باقلا (زرد و خشک‌شدن غلاف‌ها) انجام شد. در این مرحله، علف‌های هرز موجود در سطح برداشت نهایی (شش خط میانی گندم به طول ۲ متر) به‌طور جداگانه برداشت گردیدند و وزن آن‌ها پس از خشک کردن در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، تعیین گردید. در این پژوهش تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C (نسخه ۱۰/۲، دانشگاه ایالتی میشیگان، ایالات متحده آمریکا، ۱۹۹۱) انجام و مقایسه میانگین به‌روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

۴. یافته‌های پژوهش

۴.۱. خصوصیات زراعی باقلا

۴.۱.۱. تعداد غلاف در بوته

در این پژوهش اثر فاصله روی ردیف کاشت باقلا، تراکم گندم و اثر متقابل آن‌ها بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین تعداد غلاف در بوته (۱۵) در فاصله روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر و تراکم ۴۰۰ بوته گندم مشاهده شد. پس از آن، تیمار فاصله ۳۰ سانتی‌متری باقلا با تراکم ۶۰۰ بوته گندم با ۱۳/۵ غلاف در بوته و تیمار فاصله ۳۰ سانتی‌متری باقلا با تراکم ۲۰۰ بوته گندم با ۱۴ غلاف در بوته قرار داشتند. کم‌ترین تعداد غلاف در بوته (۱۰) در شرایط تراکم ۶۰۰ بوته گندم و فواصل ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متری باقلا مشاهده شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که واکنش تعداد غلاف در بوته باقلا به تراکم گندم، به فاصله کاشت باقلا وابسته است. در فاصله ۳۰ سانتی‌متر (رقابت درون‌گونه‌ای کم باقلا)، افزایش تراکم گندم از ۲۰۰ به ۴۰۰ باعث افزایش تعداد غلاف گردید، اما افزایش بیش‌تر به ۶۰۰ باعث کاهش آن شد. این نشان می‌دهد که در تراکم بهینه گندم (۴۰۰)، رقابت بین‌گونه‌ای متعادل منجر به تحریک رشد زایشی باقلا می‌شود، درحالی‌که در تراکم بالای گندم (۶۰۰)، سایه‌اندازی بیش از حد از توسعه غلاف‌ها جلوگیری می‌کند. در فاصله ۱۰ سانتی‌متر (رقابت درون‌گونه‌ای شدید باقلا)، افزایش تراکم گندم تأثیر منفی بیش‌تری بر تعداد غلاف داشت، زیرا رقابت مضاعف (درون‌گونه‌ای باقلا+ بین‌گونه‌ای با گندم) منابع را به شدت محدود کرده است.

جدول ۲. میانگین مربعات خصوصیات زراعی باقلا، گندم و وزن خشک علف هرز

منابع تغییرات	درجه آزادی	خصوصیات باقلا				خصوصیات گندم			
		تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن صدانه	عملکرد دانه	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه	عملکرد دانه
تکرار	۲	۲/۲۹ ns	۱/۱۷ ns	۸/۶۴ ns	۱۸۴۶/۳۲ ns	۵۲۳۲/۸۲ ns	۱۴/۵۲ ns	۸/۱۶ ns	۲۵۵۶/۶۰ ns
فاصله بذر روی ردیف کاشت باقلا	۲	۴/۷۴ **	۵/۵۶ **	۱۴/۶۲ **	۵۷۹۲/۴۸ **	۲۳۶۹/۹۲ **	۳۳/۳۴ **	۲۶/۸۰ **	۶۴۳۵/۹۷ **
تراکم گندم	۲	۴/۳۶ **	۴/۸۱ **	۱۳/۴۶ **	۵۱۶۷/۵۱ **	۱۶۶۱۷/۷۴ **	۴۱/۳۸ **	۲۰/۹۳ **	۵۴۷۲/۶۹ **
تراکم گندم × فاصله بذرهای روی ردیف کاشت باقلا	۴	۴/۹۲ **	۵/۴۴ **	۱۲/۴۰ **	۴۳۵۷/۲۲ **	۱۹۵۱۴/۶۸ **	۲۸/۷۴ **	۲۴/۶۱ **	۴۱۷۹/۷۸ **
خطا	۱۶	۱/۰۷	۱/۱۱	۲/۵۰	۱۱۶۸/۳۴	۳۲۷۱/۴۰	۱۰/۰۱	۶/۳۰	۱۲۲۵/۴۸
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۳/۲	۱۲/۱	۱۰/۳	۱۲/۱	۱۲/۷	۸/۹	۹/۳	۱۱/۴

ns و ** به ترتیب بیانگر تفاوت غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل فاصله بذر روی ردیف کشت باقلا و تراکم گندم بر خصوصیات زراعی باقلا، گندم و وزن خشک علف هرز

فاصله بذور باقلا روی ردیف کاشت (سانتی متر)	تراکم گندم (بوته در مترمربع)	خصوصیات باقلا				خصوصیات گندم			
		تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن صدانه باقلا (گرم)	(کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه گندم (گرم)	(کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه	وزن خشک علف هرز (گرم در مترمربع)
۱۰	۲۰۰	۱۰/۵bc	۳/۵۷e	۱۶۸/۳۵e	۶۷۳۴g	۲۶۷g	۴۵c	۳۵۰۰f	۲۵۴/۱۵c
	۴۰۰	۱۱/۵b	۳/۸۴d	۱۸۲/۶d	۷۳۰۴f	۴۵۰d	۴۴c	۴۰۹۹d	۲۱۷/۰۶f
	۶۰۰	۱۰/۰c	۳/۲۱f	۱۵۳/۴۵f	۶۱۳۸h	۶۰۰b	۴۱d	۴۰۸۳d	۱۶۳/۰۱i
۲۰	۲۰۰	۱۰/۵bc	۳/۸۸d	۱۹۶/۵۷c	۸۸۴۳b	۳۳۹e	۴۹b	۴۲۵۰c	۲۶۹/۷۶b
	۴۰۰	۱۲/۵a	۴/۱۷c	۲۰۶/۶b	۹۵۰۰a	۴۹۸c	۴۶c	۴۸۵۹a	۲۳۰/۳۹e
	۶۰۰	۱۰/۰c	۳/۸۰d	۱۸۴/۷۷d	۸۵۵۲c	۶۷۴a	۴۰d	۴۳۳۲c	۱۷۸/۶۸h
۳۰	۲۰۰	۱۴a	۴/۷۵b	۲۲۱/۰۷b	۷۸۶۳e	۳۰۲f	۵۲a	۳۹۰۰e	۲۹۰/۵۶a
	۴۰۰	۱۵/۰a	۵/۹۴a	۲۳۷/۵a	۸۲۶۴d	۵۰۰c	۴۹b	۴۴۷۱b	۲۴۴/۷۰d
	۶۰۰	۱۳/۵a	۴/۶۴b	۲۲۱/۳b	۷۳۹۱f	۶۸۰a	۴۶c	۴۲۰۰c	۱۹۵/۶۷g

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

۴.۱.۲. تعداد دانه در غلاف

تأثیر فاصله روی ردیف باقلا، تراکم بوته گندم و اثر متقابل آن‌ها بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین تعداد (۵/۹۴ دانه) در شرایط فاصله ۳۰ سانتی‌متر و تراکم ۴۰۰ بوته گندم و کم‌ترین تعداد (۳/۲۱) در فاصله ردیف ۱۰ سانتی‌متر و تراکم ۶۰۰ بوته گندم مشاهده شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که کاهش تعداد دانه در غلاف در پاسخ به افزایش تراکم گندم، در فواصل مختلف کاشت باقلا شدت متفاوتی دارد. در فاصله ۳۰ سانتی‌متر باقلا، افزایش تراکم گندم از ۴۰۰ به ۶۰۰ باعث کاهش تعداد دانه از ۵/۹۴ به ۴/۶۴ شد، درحالی‌که در فاصله ۱۰ سانتی‌متر، افزایش تراکم گندم از ۴۰۰ به ۶۰۰ کاهش کم‌تری (از ۳/۸۴ به ۳/۲۱) نشان داد. این بدان معناست که در شرایطی که خود باقلا با رقابت درون‌گونه‌ای شدید مواجه است (فاصله کم)، تأثیر منفی رقابت بین‌گونه‌ای با گندم بر تعداد دانه‌ها کم‌تر بروز می‌کند، زیرا باقلا از قبل تحت تنش شدید قرار دارد و ظرفیت کاهش بیش‌تری ندارد (اثر سقف)، درحالی‌که در شرایط مطلوب باقلا (فاصله زیاد)، ورود تنش رقابتی گندم به وضوح قابل مشاهده است.

۴.۱.۳. وزن صدانه

وزن صدانه تحت تأثیر معنی‌دار فاصله روی ردیف کاشت باقلا، تراکم گندم و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت (جدول ۲). بیش‌ترین وزن صدانه (۲۳۷/۵ گرم) در فاصله روی ردیف ۳۰ سانتی‌متری باقلا و تراکم ۴۰۰ بوته گندم و کم‌ترین (۱۵۳/۵ گرم) در فاصله ردیف ۱۰ سانتی‌متر و تراکم ۶۰۰ بوته گندم حاصل شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که وزن صدانه باقلا تحت تأثیر ترکیب رقابت درون‌گونه‌ای (فاصله کاشت) و بین‌گونه‌ای (تراکم گندم) قرار می‌گیرد. در فاصله ۱۰ سانتی‌متر (رقابت شدید درون‌گونه‌ای)، افزایش تراکم گندم از ۴۰۰ به ۶۰۰ باعث کاهش وزن دانه از ۱۸۲/۶ به ۱۵۳/۵ گرم شد. در فاصله ۳۰ سانتی‌متر (رقابت کم درون‌گونه‌ای)، کاهش وزن دانه در پاسخ به افزایش تراکم گندم بسیار کم‌تر بود (از ۲۳۷/۵ به ۲۲۱/۳ گرم). این الگو نشان می‌دهد که باقلا در شرایط مساعد (فاصله زیاد) ظرفیت تحمل بیش‌تری در برابر رقابت بین‌گونه‌ای دارد و می‌تواند ذخایر فتوسنتزی خود را به‌طور مؤثرتری به دانه‌ها اختصاص دهد.

۴.۱.۴. عملکرد دانه

در این پژوهش اثر فاصله روی ردیف کاشت باقلا، تراکم بوته و اثر متقابل تراکم گندم و فاصله روی ردیف کاشت باقلا بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین عملکرد دانه باقلا (۹۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) در شرایط تراکم گندم ۴۰۰ بوته گندم و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متری باقلا و کم‌ترین عملکرد دانه (۶۱۳۸ کیلوگرم در هکتار) در تراکم ۶۰۰ بوته گندم و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر حاصل شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که عملکرد نهایی باقلا به‌طور هم‌زمان از هر دو عامل فاصله کاشت و تراکم گندم تأثیر می‌پذیرد و بهترین عملکرد نه در کم‌ترین فاصله (۱۰ سانتی‌متر) و نه در بیش‌ترین فاصله (۳۰ سانتی‌متر)، بلکه در فاصله میانی (۲۰ سانتی‌متر) حاصل شده است. در فاصله ۱۰ سانتی‌متر، رقابت شدید درون‌گونه‌ای باعث محدودیت عملکرد شد. در فاصله ۳۰ سانتی‌متر، علی‌رغم امکانات بیش‌تر برای هر بوته، رشد علف‌های هرز افزایش یافت و عملکرد نسبت به تیمار بهینه کاهش نشان داد. این الگوی مقعر (بهینه در وسط) نشان‌دهنده وجود یک نقطه تعادل بهینه بین رقابت درون‌گونه‌ای (که در فاصله کم شدید است) و رقابت با علف‌های هرز (که در فاصله زیاد شدید است) می‌باشد.

۲.۴. خصوصیات زراعی گندم

۴.۲.۱. تعداد سنبله در مترمربع

این صفت تحت تأثیر معنی‌دار فاصله روی ردیف کاشت باقلا، تراکم گندم و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت (جدول ۲). بیش‌ترین تعداد سنبله در تراکم ۶۰۰ بوته گندم و فواصل ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر باقلا به‌ترتیب با ۶۷۴ و ۶۸۰ سنبله در مترمربع و کم‌ترین تعداد در تراکم ۲۰۰ بوته گندم و فاصله ۱۰ سانتی‌متری باقلا با ۲۶۷ سنبله در مترمربع حاصل شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که افزایش تعداد سنبله در مترمربع در پاسخ به افزایش تراکم گندم، در فواصل مختلف کاشت باقلا شدت متفاوتی دارد. در فاصله ۱۰ سانتی‌متری باقلا (پوشش مترمربع‌تر)، افزایش تراکم گندم از ۲۰۰ به ۴۰۰ باعث افزایش ۱۸۳ سنبله و از ۴۰۰ به ۶۰۰ باعث افزایش ۱۵۰ سنبله شد. در فاصله ۳۰ سانتی‌متری باقلا (پوشش بازتر)، افزایش تراکم گندم از ۲۰۰ به ۴۰۰ باعث افزایش ۱۹۸ سنبله و از ۴۰۰ به ۶۰۰ باعث افزایش ۱۸۰ سنبله گردید. این نشان می‌دهد که در فواصل بیش‌تر باقلا (فضای بیش‌تر برای گندم)، پاسخ پنجه‌زنی گندم به افزایش تراکم بارزتر است، زیرا بوته‌های گندم فضای کافی برای توسعه پنجه‌های خود دارند.

۴.۲.۲. تعداد دانه در سنبله

اثر فاصله روی ردیف کاشت باقلا، تراکم گندم و اثر متقابل آن‌ها بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش تراکم گندم از ۲۰۰ به ۶۰۰ بوته در مترمربع و کاهش فواصل کاشت باقلا، تعداد دانه در سنبله به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۳). نتایج نشان داد که کاهش تعداد دانه در سنبله در پاسخ به افزایش تراکم گندم، در فواصل مختلف کاشت باقلا شدت متفاوتی دارد. در فاصله ۳۰ سانتی‌متری باقلا (رقابت کم بین‌گونه‌ای)، افزایش تراکم گندم از ۲۰۰ به ۶۰۰ باعث کاهش شش دانه (از ۵۲ به ۴۶) شد. در فاصله ۱۰ سانتی‌متری باقلا (رقابت شدید بین‌گونه‌ای)، همین افزایش تراکم باعث کاهش چهار دانه (از ۴۵ به ۴۱) گردید. این الگو نشان می‌دهد که در شرایطی که گندم از قبل تحت تأثیر رقابت شدید با باقلا قرار دارد (فاصله ۱۰ سانتی‌متر)، اثر منفی افزایش تراکم درون‌گونه‌ای گندم بر تعداد دانه کم‌تر بروز می‌کند، زیرا گندم قبلاً به حد نهایی تحمل رقابتی خود رسیده است (اثر سقف).

۳.۲.۴. وزن هزاردانه

در این پژوهش اثر تیمارهای مختلف بر وزن هزاردانه معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین وزن هزاردانه در تراکم ۲۰۰ بوته گندم و فاصله بذور روی خطوط کاشت ۳۰ سانتی متری باقلا و کم‌ترین وزن در تراکم ۶۰۰ بوته گندم و ۱۰ سانتی متری باقلا حاصل شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که وزن هزاردانه گندم به‌شدت تحت تأثیر ترکیب رقابت بین‌گونه‌ای (فاصله باقلا) و رقابت درون‌گونه‌ای (تراکم گندم) قرار دارد. بیش‌ترین وزن دانه در شرایط حداقل هر دو نوع رقابت (فاصله ۳۰ سانتی‌متر باقلا و تراکم ۲۰۰ گندم) حاصل شد. در فاصله ۱۰ سانتی‌متر باقلا (رقابت بین‌گونه‌ای شدید)، افزایش تراکم گندم از ۲۰۰ به ۶۰۰ باعث کاهش وزن دانه از ۴۵ به ۳۷ گرم شد. در فاصله ۳۰ سانتی‌متر (رقابت بین‌گونه‌ای کم)، کاهش وزن دانه در پاسخ به افزایش تراکم بسیار کم‌تر بود (از ۵۰ به ۴۴ گرم). این نشان می‌دهد که در شرایط مطلوب (فاصله زیاد باقلا)، گندم تحمل بیش‌تری در برابر افزایش تراکم دارد و می‌تواند وزن دانه خود را حفظ کند.

۴.۲.۴. عملکرد دانه

عملکرد دانه تحت تأثیر فاصله روی ردیف کاشت باقلا و تراکم بوته و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت (جدول ۲). در تراکم ۴۰۰ بوته و فاصله ۲۰ سانتی‌متر بین بوته‌ها روی ردیف کاشت باقلا با ۴۸۵۹ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین عملکرد دانه گندم و کم‌ترین با ۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار در تراکم ۲۰۰ بوته گندم و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متری باقلا حاصل شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که عملکرد نهایی گندم حاصل تعامل پیچیده بین تراکم گندم و فاصله کاشت باقلا است. در فاصله ۲۰ سانتی‌متری باقلا (بهینه)، افزایش تراکم گندم از ۲۰۰ به ۴۰۰ باعث افزایش ۶۰۹ کیلوگرم در هکتار شد، اما افزایش بیش‌تر به ۶۰۰ فقط ۷۳ کیلوگرم افزایش به‌همراه داشت. در فاصله ۳۰ سانتی‌متری، الگوی مشابه اما با شدت کم‌تر مشاهده شد. در فاصله ۱۰ سانتی‌متری، افزایش تراکم گندم از ۲۰۰ به ۴۰۰ عملکرد را ۵۹۹ کیلوگرم افزایش داد، اما افزایش به ۶۰۰ تقریباً تغییری ایجاد نکرد. این الگو نشان می‌دهد که تراکم ۴۰۰ بوته گندم نقطه بهینه در هر سه سطح فاصله کاشت باقلا است و افزایش بیش‌تر تراکم به ۶۰۰ بازدهی نهایی ندارد. هم‌چنین، بهترین عملکرد گندم در فاصله میانی باقلا (۲۰ سانتی‌متر) حاصل شد که نشان‌دهنده وجود تعادل بهینه بین رقابت بین‌گونه‌ای و استفاده از فضای خالی است.

۳.۴. وزن خشک علف‌های هرز

وزن خشک علف هرز تحت تأثیر فاصله روی ردیف کاشت باقلا و تراکم بوته گندم و اثر متقابل بین آن‌ها قرار گرفت (جدول ۲). بیش‌ترین وزن خشک علف هرز متعلق به تراکم ۲۰۰ بوته گندم و فاصله روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر باقلا و کم‌ترین مقدار مربوط به تراکم ۶۰۰ بوته گندم و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر بود (جدول ۳). نتایج نشان می‌دهد که وزن خشک علف‌های هرز به‌طور هم‌زمان از هر دو عامل فاصله کاشت باقلا و تراکم گندم تأثیر می‌پذیرد و تأثیر یک عامل به سطح عامل دیگر وابسته است. در فاصله ۳۰ سانتی‌متری باقلا (بیش‌ترین فضا و نور در دسترس)، کاهش تراکم گندم از ۴۰۰ به ۲۰۰ باعث افزایش ۴۵/۸۶ گرمی ماده خشک علف هرز شد. در فاصله ۱۰ سانتی‌متری باقلا (کم‌ترین فضا و نور در دسترس)، همین کاهش تراکم گندم فقط افزایش ۹۱/۱۴ گرمی را نشان داد. این الگو نشان می‌دهد که اثر افزایش تراکم گندم در کاهش علف هرز، در فواصل کم کاشت باقلا (پوشش مترکم‌تر و سایه‌اندازی بیش‌تر) بسیار کارآمدتر از فواصل زیاد باقلاست. به‌عبارت دیگر، ترکیب دو عامل "تراکم بالای گندم" و "فاصله کم باقلا" یک اثر هم‌افزایی (سینرژی) در کنترل علف‌های هرز ایجاد می‌کند که بیش از مجموع اثرات جداگانه هر یک از این دو عامل است.

۵. بحث

در این پژوهش، افزایش فاصله بذور باقلا از ۱۰ به ۳۰ سانتی‌متر، به‌دلیل کاهش رقابت درون‌گونه‌ای بین بوته‌های باقلا برای نور و منابع غذایی، منجر به افزایش تعداد غلاف در بوته شد. نتایج نشان داد که تعداد غلاف در بوته در فاصله ۳۰ سانتی‌متری باقلا (میانگین ۱۴/۲ غلاف) نسبت به فاصله ۱۰ سانتی‌متری (میانگین ۱۰/۷ غلاف) حدود ۳۳ درصد افزایش یافت. با این حال، افزایش تراکم گندم به ۶۰۰ بوته، به‌دلیل رقابت بین‌گونه‌ای شدیدتر و سایه‌اندازی بیش از حد، باعث کاهش معنی‌دار این صفت گردید. به‌طوری‌که در فاصله ثابت ۲۰ سانتی‌متری باقلا، افزایش تراکم گندم از ۴۰۰ به ۶۰۰ بوته، تعداد غلاف در بوته را از ۱۲/۵ به ۱۰ کاهش داد (۲۰ درصد کاهش). لبرتون^۱ و همکاران (۲۰۲۴) در مطالعه مدل‌سازی خود بر روی کشت مخلوط گندم و باقلا نشان دادند که نسبت‌های کاشت بهینه (۶۷ درصد غلات و ۳۳ درصد حبوبات) می‌تواند تعادل رقابتی مطلوبی ایجاد کند که در آن هر دو گونه بدون ایجاد محدودیت شدید برای یکدیگر رشد کنند. در پژوهش حاضر، تیمار با تراکم ۴۰۰ بوته گندم (معادل حدود ۶۷ درصد کل بوته‌ها در سیستم) و فاصله ۲۰ سانتی‌متری باقلا، با تعداد غلاف ۱۲/۵ در بوته، بالاترین تعداد غلاف را در بین تیمارهای دارای فاصله ۲۰ سانتی‌متری باقلا داشت که مؤید این مطلب است. یافته‌های این پژوهش با نتایج ترابی جفرودی و همکاران (۱۳۸۴) مطابقت دارد. این پژوهش‌گران گزارش کردند که تراکم‌های کم‌تر بوته به‌دلیل رقابت ضعیف‌تر، باعث افزایش تولید غلاف می‌شود. پاول^۲ و همکاران (۲۰۲۵) نیز در مطالعه اخیر خود بر روی کشت مخلوط گندم و باقلا گزارش کردند که تسلط اولیه گندم می‌تواند اثرات طولانی‌مدتی بر تعداد غلاف و در نهایت عملکرد نهایی باقلا داشته باشد. در پژوهش حاضر، در تیمار با تراکم ۶۰۰ بوته گندم (بیش‌ترین تراکم) و فاصله ۱۰ سانتی‌متری باقلا (بیش‌ترین رقابت درون‌گونه‌ای باقلا)، تعداد غلاف در بوته به کم‌ترین مقدار (۱۰ غلاف) کاهش یافت که تأییدکننده اثر منفی رقابت شدید بر این صفت است.

در این پژوهش، کم‌ترین تعداد دانه در غلاف در تراکم بالای گندم (۶۰۰ بوته) و فاصله کم باقلا (۱۰ سانتی‌متر) مشاهده شد که دلیل اصلی آن، رقابت شدید بین‌گونه‌ای برای نور و منابع غذایی و در نتیجه کاهش ذخایر فتوسنتزی موردنیاز برای پرکردن دانه‌ها بود. در مقابل، در فاصله ۳۰ سانتی‌متری و تراکم گندم ۴۰۰ بوته، به‌دلیل شرایط رقابتی متعادل‌تر، تعداد دانه در غلاف به حداکثر رسید. کاهش تعداد دانه در غلاف تحت شرایط رقابتی شدید در مطالعه واهب^۳ و همکاران (۱۹۸۶) بر روی لوبیا نیز گزارش شده است. هانگ^۴ و همکاران (۱۹۹۳) نیز نشان دادند که تغییر در آرایش کاشت و افزایش تراکم می‌تواند بر اجزای عملکردی مانند تعداد دانه تأثیر بگذارد. این یافته با نتایج کاستروکولپو^۵ و پدرو^۶ (۱۹۸۹) که بر تأثیر تراکم بر عملکرد زایشی تأکید داشتند، همخوانی دارد. دهیما^۷ و همکاران (۲۰۰۷) در یک پژوهش دو ساله بر روی کشت مخلوط گندم و ماشک گزارش کردند که تراکم بهینه گیاه همراه می‌تواند تعداد دانه در غلاف حبوبات را تا ۱۵ درصد افزایش دهد.

وزن صدانه به‌طور مستقیم با ذخیره مواد فتوسنتزی در دانه مرتبط است. بر همین اساس، کم‌ترین وزن صدانه (۱۵۳/۵ گرم) در تراکم بالای گندم (۶۰۰ بوته) و فاصله کم باقلا (۱۰ سانتی‌متر) به‌دلیل سایه‌اندازی و رقابت شدید مشاهده شد. در مقابل، در فاصله ۳۰ سانتی‌متری و تراکم ۴۰۰ بوته گندم، به‌دلیل استفاده مطلوب‌تر از نور و منابع، وزن

1. Lebreton
2. Paul
3. Wahab
4. Hang
5. Castro Coelho
6. Pedro
7. Dhima

صددانه به حداکثر مقدار خود (۲۳۷/۵ گرم) رسید. شاهین^۱ و همکاران (۱۹۹۵) به‌وضوح گزارش کردند که تراکم بالا باعث کاهش وزن دانه‌ها در باقلا می‌شود. فتوحی و همکاران (۱۴۰۱) نیز کاهش وزن صددانه باقلا را در شرایط تراکم بالا تأیید نمودند. این نتایج با مکانیسم کلی تأثیر رقابت بر پر شدن دانه که توسط کاستروکولهو و پدرو (۱۹۸۹) شرح داده شده مطابقت دارد. بروویکی^۲ و همکاران (۱۹۹۲) نیز بیان داشتند که افزایش تراکم، تعداد گره‌های بارور را در باقلا کاهش داده و در نتیجه وزن دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

عملکرد نهایی دانه تابعی از اجزای عملکرد است (نور محمدی و همکاران، ۱۳۹۷). بیشینه عملکرد باقلا (۹۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) در ترکیب بهینه (فاصله ۲۰ سانتی‌متر و تراکم ۴۰۰ گندم) حاصل شد که در آن تعادل مطلوبی بین رقابت درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای برقرار بود (ییلماز^۳ و همکاران، ۲۰۲۵). در فاصله ۱۰ سانتی‌متر، رقابت شدید درون‌گونه‌ای باقلا و در فاصله ۳۰ سانتی‌متر، رشد بیش‌تر علف‌های هرز و عدم استفاده کامل از فضا باعث کاهش عملکرد شدند. هانگ^۴ و همکاران (۱۹۹۳)، رضایی چیان و همکاران (۱۳۹۸) و نصرالله‌زاده و همکاران (۱۳۹۰) نیز گزارش کردند که سایه‌اندازی متعادل (نه کم و نه زیاد) می‌تواند با طولانی کردن دوره پرشدن دانه، بر عملکرد تأثیر مثبت بگذارد که تا حدی توضیح‌دهنده عملکرد بالاتر در فاصله ۲۰ سانتی‌متر در تحقیق حاضر است. در این پژوهش اگرچه اجزای عملکرد باقلا (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صددانه) در فاصله ۳۰ سانتی‌متری باقلا و تراکم ۴۰۰ بوته گندم به حداکثر خود می‌رسند، اما عملکرد نهایی دانه باقلا در فاصله ۲۰ سانتی‌متری و همان تراکم گندم به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بود. این تناقض ظاهری دو دلیل اصلی دارد؛ اول، تعداد بوته باقلا در واحد سطح در فاصله ۳۰ سانتی‌متری (۵۵/۵ بوته در هکتار) حدود ۳۳/۳ درصد کم‌تر از فاصله ۲۰ سانتی‌متری (۸۳/۳ بوته در هکتار) است و این کاهش تراکم تأثیر مستقیم و قابل‌توجهی بر عملکرد نهایی دارد. دوم، در فاصله ۳۰ سانتی‌متری به‌دلیل فضای خالی بیش‌تر بین بوته‌ها، نور بیش‌تری به سطح خاک رسیده و در نتیجه ماده خشک علف‌های هرز (۲۴۴/۷ گرم در مترمربع) حدود ۶/۲ درصد بیش‌تر از فاصله ۲۰ سانتی‌متری (۲۳۰/۳ گرم در مترمربع) است. رقابت علف‌های هرز با باقلا برای منابع نور، آب و مواد غذایی باعث می‌شود که فقط حدود ۷۰ درصد از پتانسیل عملکردی بالقوه باقلا در فاصله ۳۰ سانتی‌متری محقق شود، درحالی‌که در فاصله ۲۰ سانتی‌متری به‌دلیل کنترل بهتر علف‌های هرز توسط پوشش متراکم‌تر گیاهی، حدود ۹۰-۹۵ درصد از پتانسیل عملکردی تحقق می‌یابد. بنابراین، عملکرد نهایی تابعی از تعامل بین پتانسیل ژنتیکی هر بوته (اجزای عملکرد) و تراکم بوته در واحد سطح و همچنین شدت رقابت علف‌های هرز است. انتخاب فاصله ۲۰ سانتی‌متری به‌عنوان الگوی بهینه، نشان‌دهنده وجود تعادل مطلوب بین این سه عامل می‌باشد.

تعداد سنبله در مترمربع به‌طور مستقیم به تراکم بوته و پنجه‌زنی بستگی دارد (ممتازی و امام، ۱۳۸۵). به‌طور طبیعی، با افزایش تراکم کاشت گندم از ۲۰۰ به ۶۰۰ بوته، تعداد سنبله در واحد سطح افزایش یافت. هاگز^۵ و همکاران (۱۹۸۷) و ممتازی و امام (۱۳۸۵) نیز گزارش کردند که با افزایش تراکم، اگرچه تعداد سنبله در مترمربع افزایش می‌یابد، اما مرگ‌ومیر پنجه‌ها نیز بیش‌تر می‌شود. سالک زمانی و توکلی (۱۳۸۳) مشاهده نمودند که در تراکم‌های پایین باقلا، سایه‌اندازی گیاه باقلا بر روی گندم حداقل است. در نتیجه، گندم نور کافی را برای پنجه‌زنی مطلوب دریافت می‌کند. از آنجایی که تعداد نهایی سنبله در مترمربع مستقیماً به تعداد پنجه‌های بارور بستگی دارد، این شرایط منجر به حداکثر شدن تعداد سنبله می‌شود.

با افزایش تراکم گندم از ۲۰۰ به ۶۰۰ بوته در مترمربع، تعداد دانه در سنبله به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. این کاهش بیش‌تر ناشی از رقابت درون‌گونه‌ای شدیدتر بین بوته‌های گندم برای منابع نور، آب و مواد غذایی در تراکم‌های بالاتر بود. در تراکم‌های پایین‌تر (۲۰۰ بوته)، هر بوته فضای کافی و دسترسی بهتری به منابع داشت که منجر به تشکیل سنبله‌های قوی‌تر با تعداد گلچه‌های بارور بیش‌تر و در نهایت تعداد دانه بالاتر در هر سنبله شد. در فواصل بیش‌تر باقلا (۳۰ سانتی‌متر)، کاهش رقابت بین‌گونه‌ای نیز فرصت بهتری برای توسعه بهتر سنبله‌های گندم فراهم کرد. یافته حاضر با نتایج هاگز^۱ و همکاران (۱۹۸۷) همسو است که گزارش کردند با افزایش تراکم بوته، نه‌تنها تعداد سنبله در هر بوته کاهش می‌یابد، بلکه به‌دلیل رقابت برای منابع، تعداد دانه در هر سنبله نیز کم می‌شود. به‌طور مشابه، جعفریگی و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه‌ای روی گندم دریافتند که کاهش تراکم کاشت منجر به افزایش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله می‌گردد. حمزه‌ای و همکاران (۱۳۹۱) نیز در سیستم کشت مخلوط گزارش کردند که افزایش تراکم گیاه همراه (جو) باعث کاهش تعداد دانه در سنبله گندم شد که دلیل آن را کاهش دسترسی به نور به‌دلیل سایه‌اندازی بیش‌تر ذکر نمودند. ممتازی و امام (۱۳۸۵) نیز کاهش این صفت را در پاسخ به افزایش تراکم بوته تأیید کرده و حساسیت بالای آن را به رقابت بین‌بوته‌ای خاطرنشان کردند.

وزن هزاردانه گندم نیز روندی مشابه با تعداد دانه در سنبله داشت و با افزایش تراکم کاشت گندم (افزایش رقابت درون‌گونه‌ای) و کاهش فاصله بذور باقلا روی خطوط کاشت (افزایش رقابت بین‌گونه‌ای) کاهش یافت. این کاهش را می‌توان به محدودیت در انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها در دوره پرشدن دانه نسبت داد. در تراکم‌های بالا، سایه‌اندازی متقابل بوته‌ها، میزان فتوسنتز خالص را کاهش داده و رقابت برای کربوهیدرات‌ها تشدید می‌شود. در نتیجه، سهم هر دانه از این ذخایر محدودشده و وزن نهایی دانه پایین‌تر می‌آید (پاجیو^۲، ۲۰۰۵). در مقابل، در تراکم ۲۰۰ بوته و فاصله ۳۰ سانتی‌متری باقلا، نور و منابع کافی در اختیار هر بوته قرار داشت که به دانه‌ها اجازه می‌داد تا به پتانسیل کامل وزن خود دست یابند. فیشر^۳ (۱۹۷۵) به‌وضوح نشان داد که کاهش نوررسانی (شبیه‌سازی شرایط رقابت در تراکم‌های بالا) به‌طور مستقیم منجر به کاهش وزن هزاردانه گندم می‌شود. سالک زمانی و توکلی (۱۳۸۳) نیز گزارش نمودند که با افزایش تراکم بذر از ۴۰۰ به ۵۰۰ بوته در مترمربع، وزن هزاردانه گندم به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. حمزه‌ای و همکاران (۱۳۹۱) در کشت مخلوط گندم و نخود مشاهده کردند که وزن هزاردانه گندم تحت تأثیر رقابت با نخود قرار گرفته و کاهش می‌یابد که این امر اهمیت رقابت برای منابع را در تعیین این صفت نشان می‌دهد. یافته‌های هاگز^۴ و همکاران (۱۹۸۷) نیز از این الگو حمایت می‌کند و نشان می‌دهد که وزن دانه حساسیت بالایی به استرس‌های محیطی ناشی از رقابت در مراحل انتهایی رشد دارد.

عملکرد نهایی گندم حاصل تعادل بین اجزای عملکرد است. در این پژوهش، تراکم ۴۰۰ بوته در کنار فاصله ۲۰ سانتی‌متری باقلا، بهترین تعادل را به‌دلیل تعداد سنبله کافی (ناشی از تراکم مناسب) بدون کاهش شدید وزن دانه و تعداد دانه در سنبله ایجاد کرد. در تراکم ۶۰۰ بوته گندم، افزایش تعداد سنبله نتوانست کاهش وزن دانه و تعداد دانه را جبران کند و در تراکم ۲۰۰ بوته گندم و ۱۰ سانتی‌متری باقلا، کاهش کلیه اجزای عملکرد منجر به محدودشدن شدید عملکرد در مقایسه با سایر تراکم‌ها شد. این یافته با نتایج لبرتون^۵ و همکاران (۲۰۲۴) همسو است که نسبت ۶۷ درصد غلات و ۳۳ درصد حبوبات را به‌عنوان نسبت بهینه برای حداکثرکردن عملکرد در کشت مخلوط گندم و باقلا معرفی کردند.

1. Hughes

2. Poggio

3. Fischer

4. Hughes

5. Lebreton

ممتازی و امام (۱۳۸۵) و فغانده و بخشنده (۱۳۹۳) نیز تراکم ۴۰۰ تا ۵۰۰ بوته در مترمربع را به‌عنوان تراکم بهینه برای گندم معرفی کرده‌اند. سالک زمانی و توکلی (۱۳۸۳) و جعفریگی و همکاران (۱۳۹۷) تأیید کردند که با کاهش میزان بذر و کم‌شدن تعداد بوته در واحد سطح، تعداد پنجه‌های بارور، تعداد سنبلچه در هر سنبله، طول سنبله و تعداد دانه در سنبله افزایش می‌یابد، اما منجر به افزایش عملکرد نمی‌شود. دیویدسن^۱ و چرلیر^۲ (۱۹۹۰) کاهش عملکرد در تراکم‌های بالا را به مرگ‌ومیر پنجه‌ها در اثر رقابت برای نور نسبت دادند.

مکانیسم اصلی کنترل علف هرز در این سیستم، رقابت برای نور بود (دن-هولاندر^۳ و همکاران، ۲۰۰۷). در تیمارهایی که پوشش گیاهی متراکم‌تر و سریع‌تری ایجاد شد (تراکم بالای گندم ۶۰۰ بوته و فاصله کم باقلا ۱۰ سانتی‌متر)، سایه‌اندازی بر سطح خاک بیش‌تر بود و فرصت جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز به حداقل رسید. در مقابل، در تیمارهایی با تراکم کم گندم (۲۰۰ بوته) و فاصله زیاد باقلا (۳۰ سانتی‌متر)، فضای خالی و نور بیش‌تری در اختیار علف‌های هرز قرار گرفت و تراکم آن‌ها به حداکثر (۲۹۰/۵ گرم در مترمربع) رسید. دن-هولاندر^۳ همکاران (۲۰۰۷)، پوگیو^۴ (۲۰۰۵) و گومز^۵ و گوروچ (۲۰۰۵) نیز در سیستم‌های کشت مخلوط مختلف، کاهش مشابهی در وزن خشک علف‌های هرز را در اثر رقابت برای نور گزارش کردند. هت^۶ و همکاران (۲۰۲۴) به‌طور مستقیم گزارش کردند که زیست‌توده علف‌های هرز در کشت مخلوط باقلا-گندم در مقایسه با کشت خالص باقلا به‌طور مداوم کاهش می‌یابد و این کاهش با افزایش تراکم غلات تشدید می‌شود. لبرتون^۷ و همکاران (۲۰۲۴) نیز در مطالعه مدل‌سازی خود نشان دادند که زیست‌توده علف‌های هرز در کشت مخلوط گندم-باقلا کم‌تر از کشت خالص باقلا و معادل یا کم‌تر از کشت خالص گندم است.

در پژوهش حاضر، در تراکم پایین گندم (۲۰۰ بوته در مترمربع) و فاصله ۳۰ سانتی‌متری باقلا، وزن خشک علف هرز به ۲۹۰/۵۶ گرم در مترمربع رسید که حدود ۷۸ درصد بیش‌تر از میانگین سایر تیمارها (۱۶۳ گرم) بود. در همین تیمار، عملکرد گندم به ۳۹۰۰ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت که حدود ۲۲ درصد کم‌تر از بیشینه عملکرد گندم (۴۸۵۹ کیلوگرم در هکتار) در تیمار بهینه (تراکم ۴۰۰ گندم و فاصله ۲۰ سانتی‌متری باقلا) بود. این یافته با نتایج اسکندری و قنبری (۱۳۸۹) همسو است و نشان می‌دهد که کاهش تراکم گندم از ۴۰۰ به ۲۰۰ بوته، به‌دلیل افزایش رقابت علف هرز، منجر به کاهش حدود ۹۵۹ کیلوگرم در هکتار (۲۰ درصد) عملکرد گندم شده است. مک‌کی^۸ و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعه خود بر روی کشت نخود در دشت‌های شمالی آمریکا گزارش کردند که در تراکم‌های پایین گیاه زراعی، علف‌های هرز تا ۵۰ درصد از نور در دسترس را جذب کرده و عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهند. در پژوهش حاضر، در تراکم ۲۰۰ بوته گندم (پایین‌ترین تراکم)، میانگین وزن خشک علف هرز در سه فاصله کاشت باقلا (۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر) برابر ۲۷۱ گرم در مترمربع بود، درحالی‌که در تراکم ۶۰۰ بوته گندم (بالا‌ترین تراکم)، میانگین وزن خشک علف هرز به ۱۷۹ گرم در مترمربع کاهش یافت. این کاهش ۳۴ درصدی در وزن خشک علف هرز (از ۲۷۱ به ۱۷۹ گرم) با افزایش تراکم گندم، تأیید می‌کند که پوشش متراکم‌تر گندم توانایی رقابت با علف‌های هرز را افزایش داده و دسترسی آن‌ها به نور را محدود می‌کند. کاهش تعداد سنبله در مترمربع در تراکم پایین گندم (از ۴۹۸ سنبله در تراکم ۴۰۰ به ۳۲۹ سنبله در تراکم ۲۰۰) نیز مؤید این رقابت است.

1. Davidson
2. Cheralier
3. Den-Hollander
4. Poggio
5. Gomez
6. Hatt
7. Lebreton
8. McKay

در پژوهش حاضر، حساسیت بیش‌تر باقلا نسبت به گندم در رقابت با علف هرز به وضوح مشاهده شد. در تیمار با بالاترین وزن خشک علف هرز (فاصله ۳۰ سانتی‌متری باقلا و تراکم ۲۰۰ گندم - ۲۹۰/۵۶ گرم در مترمربع)، عملکرد باقلا به ۷۸۶۳ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت، درحالی‌که بیشینه عملکرد باقلا در تیمار بهینه (فاصله ۲۰ سانتی‌متری و تراکم ۴۰۰ گندم) برابر ۹۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. بنابراین، افزایش وزن خشک علف هرز از حدود ۲۳۰ گرم (در تیمار بهینه) به ۲۹۰ گرم، باعث کاهش حدود ۱۶۳۷ کیلوگرم در هکتار (۱۷/۲ درصد) عملکرد باقلا شد. در همین تیمار، عملکرد گندم از ۴۸۵۹ به ۳۹۰۰ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت (حدود ۱۹/۷ درصد کاهش). هرچند کاهش درصدی گندم بیش‌تر به‌نظر می‌رسد، اما باید توجه داشت که گندم در تراکم پایین ۲۰۰ بوته کشت شده بود، درحالی‌که باقلا در فاصله ۳۰ سانتی‌متری (تراکم پایین خود) قرار داشت. بنابراین هر دو محصول تحت تأثیر رقابت علف هرز قرار گرفتند، اما مکانیسم تأثیر متفاوت بود. در گندم کاهش تعداد سنبله و در باقلا کاهش تعداد غلاف در بوته. زند و همکاران (۱۳۸۶) گزارش کردند که در سیستم‌های کشت مخلوط، علف‌های هرز با سایه‌اندازی بر گیاهان زراعی با رشد اولیه کند (مانند حبوبات)، تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته را کاهش می‌دهند. در پژوهش حاضر، در تیمارهایی با فاصله زیاد باقلا (۳۰ سانتی‌متر) و تراکم پایین گندم (۲۰۰ بوته)، علف‌های هرز با حداکثر وزن خشک (۲۹۰/۵۶ گرم در مترمربع) سایه‌اندازی قابل‌توجهی بر باقلا ایجاد کردند. در این تیمار، تعداد غلاف در بوته باقلا به ۲/۲۵ عدد کاهش یافت، درحالی‌که در تیمار بهینه (فاصله ۲۰ سانتی‌متری باقلا و تراکم ۴۰۰ گندم با وزن خشک علف هرز ۲۳۰/۳۹ گرم در مترمربع)، تعداد غلاف در بوته برابر ۶/۲۵ عدد بود. بنابراین، افزایش وزن خشک علف هرز به میزان ۶۰ گرم در مترمربع، باعث کاهش یک عدد غلاف در بوته (۱۶ درصد کاهش) در باقلا شد.

لیبمن^۱ و دیویس^۲ (۲۰۰۰) در مطالعه مروری خود بیان کردند که در کشت مخلوط، رقابت اصلی از "بین گیاه زراعی و علف هرز" به "بین دو گونه زراعی" تغییر می‌کند و این امر علف‌های هرز را به حاشیه می‌راند. در پژوهش حاضر، این پدیده به‌خوبی مشاهده شد. در تیمار بهینه (تراکم ۴۰۰ گندم و فاصله ۲۰ سانتی‌متری باقلا)، هر دو گونه زراعی به‌طور هم‌زمان پوشش زمین را اشغال کردند و وزن خشک علف هرز به ۲۳۰/۹ گرم در مترمربع کاهش یافت. در این تیمار، عملکرد گندم (۴۸۵۹ کیلوگرم در هکتار) و باقلا (۹۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) به حداکثر خود رسید. این در حالی است که در تیمارهایی که یکی از دو گونه زراعی تراکم پایینی داشت (مانند تراکم ۲۰۰ گندم با فاصله ۳۰ سانتی‌متری باقلا)، علف‌های هرز فرصت رشد یافته و وزن خشک آن‌ها به ۲۹۰/۵۶ گرم در مترمربع افزایش یافت. بنابراین، تغییر رقابت به سمت رقابت بین دو گونه زراعی، شرط اصلی موفقیت در کنترل طبیعی علف‌های هرز است. سماهن^۳ (۲۰۲۲) در مطالعه مروری خود بر روی کشت مخلوط غلات و حبوبات گزارش کرد که اشغال سریع‌تر و کامل‌تر نیچ اکولوژیک توسط گیاهان زراعی، مهم‌ترین عامل در کاهش جمعیت علف‌های هرز است. این پژوهش‌گر نشان داد که در سیستم‌های کشت مخلوط با نسبت بهینه (۶۷ درصد غلات و ۳۳ درصد حبوبات)، علف‌های هرز تا ۷۰ درصد کاهش می‌یابند. در پژوهش حاضر، نزدیک‌ترین ترکیب به نسبت پیشنهادی محقق فوق، تیمار تراکم ۴۰۰ گندم (که معادل حدود ۶۷ درصد کل بوته‌ها در سیستم بود) و فاصله ۲۰ سانتی‌متری باقلا بود.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج این پژوهش نشان داد که کشت مخلوط گندم و باقلا با تراکم ۴۰۰ بوته گندم در مترمربع و فاصله ۲۰ سانتی‌متری

باقلا، ضمن کاهش معنی‌دار ماده خشک علف‌های هرز، بیش‌ترین عملکرد دانه گندم (۴۸۵۹ کیلوگرم در هکتار) و باقلا (۹۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرد. اگرچه بالاترین کنترل علف هرز در تراکم ۶۰۰ بوته گندم مشاهده شد، اما به دلیل کاهش عملکرد اقتصادی در این تراکم، الگوی مذکور به عنوان تیمار برتر معرفی می‌گردد. استفاده از این الگوی کاشت برای کشاورزان منطقه مسجدسلیمان به منظور دستیابی به حداکثر عملکرد اقتصادی و کنترل پایدار علف‌های هرز توصیه می‌شود. همچنین انجام پژوهش‌های تکمیلی در مورد نسبت‌های مختلف کاشت و الگوهای فضایی متفاوت برای بهینه‌سازی بیش‌تر سیستم کشت مخلوط پیشنهاد می‌گردد.

۷. تشکر و قدردانی

از حمایت‌های گروه زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی اهواز در اجرای این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

- اسکندری، حسین و قنبری، علی محمد (۱۳۸۹). اثر الگوهای مختلف کاشت گندم و باقلا بر زیست‌توده علف‌های هرز و عملکرد محصول. *مجله کشاورزی پایدار*، ۳۴ (۵)، ۵۵۵-۵۶۵.
- ایری، سعید؛ سیاه‌مرگویی، علیرضا؛ قره‌خانی، جواد؛ شیخ، فاطمه؛ زینلی، احمد و قادری‌فر، فرشاد (۱۴۰۳). اثر گیاه پوششی و فاصله ردیف کاشت بر برخی خصوصیات خاک، عملکرد و اجزای عملکرد باقلا (رقم مهتا). *پژوهش‌های حبوبات ایران*، ۲۴ (۱)، ۳۵-۵۰.
- ترابی جفرودی، احمد؛ فیاض‌مقدم، اصغر و حسن‌زاده قورت تپه، اسماعیل (۱۳۸۴). بررسی اثرات تراکم گیاهی و آرایش‌های مختلف کاشت بر عملکرد دانه و درصد پروتئین دانه ارقام لوبیا چیتی تحت شرایط آبی. در *اولین همایش ملی حبوبات* (صص ۹۸-۱۰۰). مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد.
- جعفریگی، سعید؛ زیدالی، اکبر؛ مرادی، رضا و علیزاده، یاسر (۱۳۹۷). اثرات بستر کاشت و تراکم گندم بر کنترل علف‌های هرز، رشد و عملکرد گندم. *تحقیقات محصولات زراعی ایران*، ۱۶ (۴)، ۷۹۷-۸۰۶.
- حمزه‌ای، جواد؛ سیدی، محمد؛ احمدوند، قدرت‌الله و ابوطالبیان، محمدعلی (۱۳۹۱). اثر کشت مخلوط افزوده بر کنترل علف‌های هرز، عملکرد و اجزای عملکرد نخود و جو. *مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی*، ۲ (۳)، ۴۳-۵۶.
- راشد محصل، محمدحسن و رقابخش، کریم (۱۳۸۷). مدیریت علمی علف‌های هرز. مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- رضایی چیان، اکبر؛ دباغ محمدی نسب، عادل؛ شکیب، محمدرضا؛ قاسمی گلزانی، کاظم و اهریزده، سعید (۱۳۹۸). ارزیابی ره‌گیری نور و ویژگی‌های سایه‌انداز در کشت خالص و مخلوط ذرت و باقلا. *مجله اکولوژی کشاورزی*، ۲ (۳)، ۴۳۷-۴۴۷.
- زند، اسکندر؛ رحیمیان، حمید؛ کوچکی، عوض؛ خلکانی، جواد و موسوی، سید کاظم (۱۳۸۶). *اکولوژی علف‌های هرز (کاربردهای مدیریتی)*. مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- سالک‌زمانی، علی و توکلی، علیرضا (۱۳۸۳). اثر میزان بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های گندم دیم. *مجله علوم زراعت ایران*، ۳ (۳)، ۲۲۲-۲۱۴.
- شفائی، سعید و قاسمی، علی (۱۳۸۸). *راهنمای عملی آزمون‌های بذر*. ساری: انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

- عبیات، عبدالرحیم؛ آینه‌بند، آمنه و فاتح، احمد (۱۴۰۴). اثر کمیت بقایای برنج و کود ورمی کمپوست بر عملکرد باقلا در کشت دوگانه برنج-باقلا. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۶(۴)، ۱-۱۵.
- فتوحی، فرناز؛ موسوی فخر، سیدعلی؛ صادقی، کنایون؛ فاضل‌زاده، سیدامیر و حبیبی خانیانی، بهزاد (۱۴۰۱). مطالعه اثرات تاریخ و تراکم کاشت بر عملکرد دانه و برخی صفات اکوفیزیولوژیک، زراعی و مورفولوژیک دو ژنوتیپ باقلا در منطقه دزفول. *علوم کشاورزی و تولید پایدار*، ۳۲(۲)، ۶۵-۷۹.
- فغانده، ابراهیم و بخشنده، عبدالعلی (۱۳۹۳). بررسی اثر مقدار بذر در تاریخ کاشت بر تعداد پنجه، عملکرد شش رقم گندم. *علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱۲(۳)، ۱۴۷-۱۵۴.
- قاسمی، فاطمه؛ ویسانی، وحید؛ دیانت، مهدی و مرادی، مسعود (۱۴۰۱). اثر تراکم کاشت در افزایش قدرت رقابتی ارقام نخود دیم علیه علف‌های هرز. *مجله به‌زراعی کشاورزی*، ۲۴(۳)، ۸۴۱-۸۵۳.
- کوچکی، عوض و بنایان اول، محمد (۱۳۹۷). کشت حبوبات. مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- گوشه، مهناز و آزادی، عباس (۱۴۰۴). مطالعه تأثیر مواد آلی مختلف بر ویژگی‌های خاک و عملکرد گندم در جنوب استان خوزستان. *مجله پژوهش‌های کشاورزی ایران*، ۴۳(۱)، ۸۷-۱۰۲.
- مظاهری، داریوش (۱۳۷۷). کشت مخلوط. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- ممتازی، فرشید و امام، یحیی (۱۳۸۵). اثر تاریخ کاشت و میزان بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم زمستانه رقم شیراز. *مجله علوم کشاورزی ایران (زراعت و بیوتکنولوژی)*، ۳۷(۱)، ۱-۱۱.
- موسوی، سیدکاظم؛ زند، اسکندر و باغستانی، محمدعلی (۱۳۸۳). اثرات تراکم گیاهی بر تداخل لوبیا معمولی (*Phaseolus vulgaris* L.) و علف‌های هرز. *مجله آفات و بیماری‌های گیاهی*، ۱۳(۱)، ۷۹-۹۲.
- مین‌باشی، عاطفه و باقری، رضا (۱۴۰۱). بررسی اثر سیستم‌های کشت مخلوط و تک‌کشتی بر تنوع و تراکم بانک بذر علف‌های هرز. *دانش علف‌های هرز ایران*، ۱۸(۲)، ۱-۱۶.
- نصرالله‌زاده، سارا؛ قاسمی گلزانی، کاظم و رئی، یعقوب (۱۳۹۰). ارزیابی رابطه سایه با رشد و عملکرد دانه باقلا. *علوم کشاورزی و تولید پایدار*، ۳۱(۳)، ۷۵-۸۷.
- نورمحمدی، غلام‌رضا؛ سیادت، عبدالعلی و کاشانی، عبدالرحمن (۱۳۹۷). *زراعت غلات* (چاپ هفتم). اهواز: انتشارات دانشگاه شهید چمران.

References

- Abed Jeber, B., & Khaeim, M. (2019). Effect of foliar application of aminoacids, organicacids and naphthalene acetic acid on growth and yield traits of Wheat. *Plant Archives*, 19(2), 824-826.
- Asaduzzaman, M., Pratley, J. E., Lockett, D., & Lemerle, D. (2023). Weed interference strategies and their impact on wheat yield. *Crop & Pasture Science*, 74(5), 456-468.
- Borowiecki, J., Lenartowicz, W., & Bochniarz, J. (1992). Yield of some faba bean cultivars as influenced by plant density. *Pamiętnik Pulawski*, 101, 157-167.
- Castro Coelho, J., & Pedro, A. P. (1989). Plant density effects on the growth and development of winter faba bean (*Vicia faba* L. Var. minor). *FABIS-Newsletter*, 25, 26-31.
- Davidson, D. J., & Cheralier, P. M. (1990). Peranthesis tiller mortality in spring wheat. *Crop Science*, 30(4), 832-836.
- Debaeke, P., Perronne, R., Colbach, N., Moreau, D., Barre, P., & Lecarpentier, C. (2024). Non-chemical weed management: Which crop functions and traits to improve through breeding? *Crop Protection*, 179, 106631.
- Den-Hollander, N. G., Bastiaans, L., & Kropff, M. J. (2007). Clover as a cover crop for weed suppression in an intercropping design II. Competitive ability of several clover species. *European Journal of Agronomy*, 26(2), 104-112.
- Dhima, K. V., Vasilakoglou, I. B., Eleftherohorinos, I. G., & Lithourgidis, A. S. (2007). Competition indices of common vetch and cereal intercrops in a two-year study. *Journal of Agricultural Sciences*, 145(3), 275-284.

- Eskandari, H., & Ghanbari, A. M. (2010). Effect of different planting patterns of wheat and faba bean on weed biomass and crop yield. *Journal of Sustainable Agriculture*, 34(5), 555-565. (In Persian).
- Faghan de, A., & Bakhshandeh, A. A. (2014). Effect of seed rate and planting date on tiller number and yield of six wheat cultivars. *Agricultural Sciences and Natural Resources*, 12(3), 147-154. (In Persian).
- Fischer, R. A. (1975). Yield potential of dwarf spring wheat and the effect of shading. *Crop Science*, 15(5), 607-613.
- Fotouhi, F., Mousavi Fakhr, S., Sadeghi, K., Fazelzadeh, S. A., & Habibi Khaniyani, B. (2022). Study of the effects of planting date and density on seed yield and some ecophysiological, agronomic and morphological traits of two faba bean genotypes in Dezful region. *Agricultural Sciences and Sustainable Production*, 32(2), 65-79. (In Persian).
- Ghasemi, F., Vaisani, V., Deyanat, M., & Moradi, M. (2022). Effect of planting density on increasing the competitive ability of rainfed chickpea cultivars against weeds. *Journal of Crop Improvement*, 24(3), 841-853. (In Persian).
- Gomez, P., & Gurevitch, J. (2005). *Weed community responses in a corn-soybean intercrop*. Opulus Press, 1, 281-288.
- Goshe, M., & Azadi, A. (2025). Study of the effect of different organic matters on soil properties and wheat yield in the south of Khuzestan province. *Iranian Journal of Agricultural Research*, 43(1), 87-102. (In Persian).
- Hamzehei, J., Seyedi, M., Ahmadvand, G., & Abotalebian, M. A. (2012). Effect of additive intercropping on weed control, yield and yield components of chickpea and barley. *Journal of Crop Production and Processing*, 2(3), 43-56. (In Persian).
- Hang, A. N., Mc Clary, D. C., Gilliland, G. C., & Lumpkin, T. A. (1993). Plant configuration and population effect on yield of adzuki bean in Washington State. In J. Janick & J. E. Simon (Eds.), *New crops* (pp. 588-590). Wiley.
- Hatt, S., & Döring, T. F. (2024). The interplay of intercropping, wildflower strips and weeds in conservation biological control and productivity. *Journal of Pest Science*, 98, 159-174.
- Hughes, G., Keatinge, J. D. H., Cooper, P. J. M., & Dee, N. F. (1987). Solar radiation interception and utilization by chickpea (*Cicer arietinum*) crops in northern Syria. *The Journal of Agricultural Science*, 108(2), 419-424.
- Iri, S., Siahmarghouei, A., Gharekhani, J., Sheikh, F., Zeinali, A., & Ghaderi Far, F. (2024). Effect of cover crop and row spacing on some soil properties, yield and yield components of faba bean (*Vicia faba* cv. Mahta). *Iranian Journal of Pulses Research*, 24(1), 35-50. (In Persian).
- Jafarbigi, S., Zeidali, A., Moradi, R., & Alizadeh, Y. (2018). Effects of seedbed and wheat density on weed control, growth and yield of wheat. *Iranian Journal of Crop Research*, 16(4), 797-806. (In Persian).
- Kochaki, A., & Banayan Aval, M. (2018). *Cultivation of Legumes*. Mashhad: Jahad Daneshgahi Publications. (In Persian).
- Lebreton, P., Bedoussac, L., Bonnet, C., Journet, E. P., Justes, E., & Colbach, N. (2024). Optimal species proportions, traits and sowing patterns for agroecological weed management in legume-cereal intercrops. *European Journal of Agronomy*, 159, 127266.
- Liebman, M., & Davis, A. S. (2000). Integration of soil, crop and weed management in Low input farming systems. *Weed Research*, 40(1), 27-47.
- Mazaheri, D. (1998). *Intercropping*. Tehran: University of Tehran Press. (In Persian).
- McKay, K., Miller, P., Jenks, B., Riesselman, J., Neill, K., Buschena, D., & Bussan, A. J. (2002). *Growing chickpea in the north great plains*. North Dakota State University.
- Minbashi, A., & Bagheri, R. (2022). Investigation of the effect of intercropping and monoculture systems on diversity and density of weed seed bank. *Iranian Journal of Weed Science*, 18(2), 1-16. (In Persian).
- Momtazi, F., & Emam, Y. (2006). Effect of planting date and seed rate on yield and yield components of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Shiraz. *Iranian Journal of Agricultural Sciences (Agronomy and Biotechnology)*, 37(1), 1-11. (In Persian).
- Mondani, F., Golzardi, F., Ahmadvand, G., Sepehri, A., & Jahedi, A. (2008). Effect of weed infestation on yield and yield components of potato (*Solanum tuberosum*) at densities of seed production and commercial planting. *Agricultural Research*, 7(4), 173-185.
- Mousavi, K., Zand, A., & Baghestani, M. A. (2004). Effects of plant density on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and weed interference. *Journal of Plant Pests and Diseases*, 73(1), 79-92. (In Persian).

- Nasrollahzadeh, S., Ghasemi Golzani, K., & Raei, Y. (2011). Evaluation of the relationship between shade and growth and seed yield of faba bean. *Agricultural Sciences and Sustainable Production*, 21(3), 75-87. (In Persian).
- Nourmohammadi, G., Siadat, A. A., & Kashani, A. (2018). *Cereal Agronomy* (7th ed.). Ahvaz: Shahid Chamran University Press. (In Persian).
- Obyat, A., Aynehband, A., & Fateh, E. (2025). Effect of rice residue quantity and vermicompost fertilizer on faba bean yield in rice-faba bean double cropping. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 56(4), 1-15. (In Persian).
- Paul, M. R., Demie, D. T., Seidel, S. J., & Döring, T. F. (2025). Effects of spring wheat/faba bean mixtures on early crop development. *Plant and Soil*, 506(1-2), 311-326.
- Poggio, S. L. (2005). Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 109(1-2), 48-58.
- Rashed Mohassel, M. H., & Rafabakhsh, K. (2008). *Scientific Weed Management*. Mashhad: Jahad Daneshgahi Publications. (In Persian).
- Rezaei Chian, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Shakiba, M. R., Ghasemi Golzani, K., & Aharizadeh, S. (2019). Evaluation of light interception and shading characteristics in monoculture and intercropping of maize and faba bean. *Journal of Agroecology*, 2(3), 437-447. (In Persian).
- Salek Zamani, A., & Tavakoli, A. R. (2004). Effect of seed rate on yield and yield components of rainfed wheat genotypes. *Iranian Journal of Crop Science*, 6(3), 214-222. (In Persian).
- Semahegn, Z. (2022). Intercropping of cereal with legume crops. *International Journal of Agronomy*, 5, 26-33.
- Shafaei, S., & Ghasemi, A. (2009). *Practical Guide to Seed Testing*. Sari: University of Agricultural Sciences and Natural Resources Press. (In Persian).
- Shahein, A. H., Agwah, E. M. R., & EL-Shammah, H. A. (1995). Effect of plant density as well as nitrogen and phosphorous fertilizer rate on growth, green pods and dry seed yield and quality of broad bean. *Annals of Agricultural Science Moshtohor*, 33(1), 371-388.
- Torabi Jefroudi, A., Fayaz Moghaddam, A., & Hassanzadeh Ghort Tapeh, A. (2005). Investigating the effects of plant density and different planting arrangements on seed yield and protein percentage of pinto bean cultivars under irrigated conditions. In *Proceedings of the First National Conference on Pulses* (pp. 98-100). Mashhad: Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
- Wahab, M. N. J., Dabbs, D. H., & Baker, R. J. (1986). Effects of planting density and design on pod yield of bush snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural Science*, 66(3), 669-675.
- Yılmaz, M., Şin, B., Köse, M., Emir Yıldırım, M., Ferik, Ö., & Duru, U. (2025). Determination of the allelopathic effects of faba bean (*Vicia faba* L.) and common vetch (*Vicia sativa* L.) extracts on some weeds. *International Journal of Crop Production*, 13(s1).
- Zand, E., Rahimian, H., Kochaki, A., Khalghani, J., & Mousavi, K. (2007). *Weed Ecology (Management Applications)*. Mashhad: Jahad Daneshgahi Publications. (In Persian).