Iranian Journal of Cotton Researches
ISSN: 2345-5306

Technical and economical feasibility of using flamer for weed control in cotton fields

Mohammad-Ali Behaeen[1*], Abdoulrasool Shiravanian[2]

[1](Corresponding author) Assistant Professor at Department of Agricultural Engineering Research, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Rerearch, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran, m.behaein@areeo.ac.ir

[2]Assistant Professor of Economic, Social and Extension Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2026-05-17
Accepted: 2026-06-22

Keywords:
Damaged plant
Herbicide
Yield

ABSTRACT

Background and objectives: Using a flamer as a non-chemical method of weed control reduces herbicide use, environmental risks arising from excessive chemical application, and the development of herbicide-resistant weeds. The aim of this study was to compare chemical weed control with integrated methods that combine a flamer and herbicide, and to evaluate their effects on weeds in cotton.

Materials and methods: The experiment was conducted as a randomised complete block design (RCBD) with eight treatments and four replications: use of trifluralin herbicide at a rate of 2.5 L/ha (T); trifluralin herbicide at 2.5 L/ha plus one hand weeding in the eighth week after planting (T+H); trifluralin herbicide at 2.5 L/ha plus flamer treatment when cotton plants were 40 cm high (T+F40); flamer treatment when cotton plants were 20 cm high (F20); flamer treatment when cotton plants were 40 cm high (F40); flamer treatment twice, when cotton plants were 20 and 40 cm high (F20+F40); full-season hand weeding (H); and no weed control throughout the growing season (NC). In each plot, variables such as weed control index, dry weed weight, the rate of cotton plants damaged by flamer use, plant height, and cotton yield were measured, and the economic performance of treatments was evaluated using marginal benefit–cost ratio analysis.

Results: The dry weight of weeds in treatments F40, F20+F40, T+F40, and T+H did not differ significantly at the 5% level. The maximum weed control index was obtained in treatment F20, with 73.5%, which was in the same statistical group as treatment T+F40, with a weed control index of 64.68%. The results also indicated that treatment F20 caused more damage to the cotton plants than treatment F40. Among the treatments in which the flamer was used, the highest yield was achieved with treatment F40, at 3750 kg/ha, which did not differ significantly from treatment T+F40, with a yield of 3650 kg/ha at the 5% level.

Conclusion: The results of this study showed that using the flamer at a height of 40 cm above the cotton plant is preferable to using the

benefit cost ratio	flamer at a height of 20 cm above the cotton plants, due to less plant damage and more effective weed control. Among the treatments in which herbicide and flamer were used, the maximum yields were obtained with treatments T+H and F40, at 4250 and 3750 kg/ha, respectively. Economically, the gross margins of treatments T+H and F40 ranked first and second. Therefore, if environmental considerations are ignored, treatment T+H is recommended, and if these considerations are taken into account, treatment F40 is recommended.

Cite this article: Behaeen, M.A., Shiravanian, A.R. (2026). Technical and economical feasibility of using flamer for weed control in cotton fields. *Iranian Journal Cotton Researches*, 14 (1), 41-59.

© The author(s)

10.22092/ijcr.2026.372838.1257

Publisher: Cotton Research Institute of Iran

مجله پژوهش‌های پنبه ایران

شاپا: ۲۳۴۵-۵۳۰۶

امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از شعله‌افکن در کنترل علف‌های هرز مزارع پنبه

محمدعلی به‌آئین[1*]، عبدالرسول شیروانیان[2]

[1] (نویسنده مسئول) استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران؛

[2] استادیار بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویجی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۲/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۴/۱

واژه‌های کلیدی:
بوته آسیب‌دیده
علفکش
عملکرد
نسبت منفعت به هزینه

چکیده

سابقه و هدف: استفاده از شعله‌افکن به عنوان یک روش غیرشیمیایی در کنترل علف‌های هرز، موجب کاهش مصرف علفکش‌ها و خطرات زیست‌محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه سموم و همچنین جلوگیری از مقاوم‌شدن علف‌های هرز به علفکش‌ها می‌شود. این تحقیق با هدف مقایسه روش‌های شیمیایی و تلفیقی در استفاده از شعله‌افکن و علفکش و تاثیر آن بر علف‌های هرز در مزارع پنبه اجرا شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و چهار تکرار اجرا شد. استفاده از علفکش تریفلورالین به مقدار ۲/۵ لیتر بر هکتار (T)، استفاده از علفکش تریفلورالین به مقدار ۲/۵ لیتر برهکتار + یک بار وجین در هفته هشتم پس از کاشت (T+H)، استفاده از علفکش تریفلورالین به مقدار ۲/۵ لیتر برهکتار + شعله‌افکن در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر بوته پنبه ($T+F_{40}$)، استفاده از شعله‌افکن در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری بوته پنبه (F_{20})، استفاده از شعله‌افکن در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری بوته پنبه (F_{40})، دو بار استفاده از شعله‌افکن در ارتفاع ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متری بوته پنبه ($F_{20}+F_{40}$) و عدم کنترل علف‌های هرز (NC)، به عنوان تیمارهای آزمایشی بودند. در هر کرت، متغیرهای شاخص کنترل علف‌های هرز، وزن خشک علف‌های هرز، نسبت بوته‌های آسیب‌دیده پنبه در اثر استفاده از شعله‌افکن، ارتفاع بوته و عملکرد وش پنبه اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل اقتصادی تیمارها به روش تحلیل نهایی نسبت منفعت به هزینه انجام شد.

یافته‌ها: وزن خشک علف‌های هرز در تیمارهای F_{40}، $F_{20}+F_{40}$، $T+F_{40}$ و T+H، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد نداشت. بیشینه شاخص کنترل علف‌های هرز در تیمار F_{20} با ۷۳/۵۰ درصد به دست آمد که با تیمار $T+F_{40}$ با ۶۴/۶۸ درصد در یک گروه آماری قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تیمار F_{20}، آسیب به بوته‌های پنبه را نسبت به تیمار F_{40}، افزایش داد. در بین تیمارهای استفاده از شعله‌افکن، بیشترین مقدار عملکرد وش پنبه مربوط به تیمار F_{40} با ۳۷۵۰ کیلوگرم بر هکتار بود که با تیمار $T+F_{40}$ با ۳۶۵۰ کیلوگرم بر هکتار اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد نداشت.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد شعله‌افکن در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری نسبت به ۲۰ سانتی‌متری بوته‌های پنبه، به دلیل آسیب کمتر به بوته و کنترل موثر علف‌های

هرز، ارجحیت دارد. در بین تیمارهای استفاده از علفکش و شعله‌افکن، بیشترین عملکـرد وش پنبه در تیمارهای T+H و F_{40} به ترتیب بـا ۴۲۵۰ و ۳۷۵۰ کیلـوگرم بـر هکتـار بـود. از نظـر اقتصادی نیز بازده ناخالص این دو تیمار در رتبه اول و دوم قـرار داشـت. بنـابراین، در صـورت نادیده گـرفتن ملاحظـات زیسـت محیطـی، تیمـار T+H و در صـورت در نظـر گـرفتن ایـن ملاحظات، تیمار F_{40} توصیه می‌شود.

استناد: به‌آئین، محمدعلی؛ شیروانیان، عبدالرسول (۱۴۰۵). امکان‌سنجی فنی و اقتصـادی اسـتفاده از شـعله‌افکن در کنتـرل علف‌های هرز مزارع پنبه. *مجله پژوهش‌های پنبه ایران*، ۱۴ (۱)، ۵۹-۴۱.

© نویسندگان
ناشر: موسسه تحقیقات پنبه کشور

10.22092/ijcr.2026.372838.1257

مقدمه

کنترل علف‌های هرز یکی از مهمترین مراحل تولید محصولات زراعی است. استفاده از علفکش‌ها، یک روش متداول برای کنترل علف‌های هرز است. ولی باید به عوارض استفاده از آن‌ها مانند آلودگی‌های زیست محیطی (خاک، آب‌های سطحی و زیرزمینی و امراض انسانی) نیز توجه نمود (وسزلاکی، ۲۰۰۷). علاوه بر این، استفاده از علف کش‌ها در طول سالیان متمادی، مقاومت علف‌های هرز را به دنبال داشته و استفاده از علفکش‌های جدید، هزینه‌های تولید را برای بهره‌برداران بالا می‌برد (اسنیوکا، ۲۰۰۸). با توضیحات بیان شده، استفاده از روش‌های مکانیکی به تنهایی یا تلفیق با روش‌های شیمیایی توجیه‌پذیر است. استفاده از شعله‌افکن، برای کنترل علف‌های هرز مورد استفاده قرار می‌گیرد. مزیت استفاده از شعله‌افکن در کنترل طیف وسیع علف‌های هرز است؛ در صورتی که استفاده از علفکش‌ها برای استفاده از گیاهان مختلف با محدودیت همراه است. اساس کار شعله‌افکن گازی با گاز پروپان، افزایش دما در سلول گیاهی علف‌هرز و گسیختگی دیواره سلولی در اثر فشار می‌باشد (ریفای، ۲۰۰۳). لونی و لغوی (۲۰۱۴)، دو شعله‌افکن گسسته و پیوسته را در کنترل علف‌های هرز مزارع ذرت مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که در سرعت پیشروی ۰/۵ و ۰/۷ متر بر ثانیه، دقت کنترل علف‌های هرز از سرعت ۰/۹ متر بر ثانیه بیشتر است. همچنین کنترل علف‌های هرز در دو روش شعله گسسته و پیوسته مشابه بود. از نظر مقدار سوخت مصرفی، شعله‌افکنی گسسته هزینه کمتری را نسبت به شعله‌افکنی پیوسته داشت.

بخش مهمی از مصرف آفتکش‌ها، شامل مصرف علفکش‌ها است. دلایل مختلفی از جمله هزینه، خطرات زیست‌محیطی، افزایش مقاومت به علفکش‌ها و تمایل مصرف‌کنندگان به استفاده از محصولات ارگانیک، محققان را به روش‌های دیگر کنترل علفهای هرز ترغیب کرده است. یکی از مهمترین روش‌های کنترل غیرشیمیایی علف‌های هرز، استفاده از شعله افکن است که در صورت انجام عملیات مناسب، خطرات زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد. استفاده از شعله‌افکن، در کنترل علف‌های هرز با ملاحظاتی همراه است. این ملاحظات شامل هزینه سوخت، اثرات مختلف بر گونه‌های مختلف علف‌های هرز، خطرات آتش‌سوزی و خطر اصابت شعله به گیاهان اصلی مزرعه است (پروزی، ۲۰۰۷).

اندازه نازل، نوع سوخت، دمای شعله، هوای اجباری یا طبیعی برای مخلوط‌شدن سوخت از متغیرهای مهمی هستند که بر عملکرد شعله‌افکن اثر دارند. کنترل علف‌های هرز با استفاده از شعله‌افکن، پس از کاشت می‌تواند برای گیاهانی مانند ذرت، سویا و سورگوم که به گرما مقاوم هستند، به کار رود (یولوآ، ۲۰۱۱؛ یولوآ، ۲۰۱۲؛ کنزویک، ۲۰۱۳). در یک آزمایش مزرعه‌ای از شعله‌افکنی نواری همراه با کولتیواتور برای کنترل علف‌های هرز سویا استفاده کرد. دو بار استفاده از شعله‌افکن، ۸۲-۸۰ درصد علف‌های هرز را کنترل نمود. مقدار آسیب به سویا ۹-۶ درصد گزارش شد. در شعله‌افکنی نواری، گیاه سویا بازیابی شد؛ در حالی که در شعله‌افکنی سراسری مزرعه، چنین نبود (استپانویچ، (۲۰۱۶).

زمان استفاده از شعله‌افکن بر کیفیت کنترل علف-های هرز موثر است. نتایج یک تحقیق نشان داد که بذر گونه‌های مختلف گیاه بلوبری در صورت مواجه-شدن با حرارت شعله‌افکن، ۹۰-۵۰ درصد جوانه‌زنی خود را از دست می‌دهند (وایت و بوید، ۲۰۱۶). در آزمایشی با استفاده از شعله محدود روی هدف، فاصله مطلوب شعله‌افکن بر علف‌هرز، ۲۵ سانتی‌متر بالای سطح زمین و زاویه ۳۰ درجه شعله‌افکن نسبت به سطح افق تشخیص داده شد. همچنین نتایج نشان داد که شعله‌افکنی مرحله اول از مرحله دوم و سوم موثرتر است (لونی و همکاران، ۲۰۱۴).

نتایج پژوهشی در مورد کنترل علف‌های هرز مزرعه ذرت و سویا با شعله‌افکن دستی و گاز پروپان نشان داد که استفاده از شعله‌افکن نباید در بعد از ظهر انجام شود. دلیل این امر کاهش آب برگ در این گیاهان بوده و در صورت استفاده از شعله‌افکن، تنش ایجاد می‌شود. همچنین گیاهان پهن برگ از گیاهان

باریک برگ در در برابر حرارت شعله‌افکن حساس‌ترند (یولوآ، ۲۰۱۲). در آزمایش دیگری نیز در باغ انگور نشان داده شد که استفاده از شعله‌افکن ۸۲ درصد باریک برگ‌ها و ۷۲/۵ درصد پهن برگ‌ها را از بین برده است (ساگلام، ۲۰۱۰).

آویشک (۲۰۱۲) برای کنترل علف‌های هرز مزرعه ذرت و سویا از شعله‌افکنی با گاز پروپان همراه با عملیات کولتیواتورزنی استفاده نمود. نتایج آزمایش در ذرت نشان داد که ۹۰ درصد علف‌های هرز با روش شعله‌افکنی و استفاده از کولتیواتور کنترل شدند. همچنین از نظر مقدار محصول در سویا، عملکرد محصول با ۲/۸ تن بر هکتار، تفاوتی با روش تمام فصل کنترل علف‌های هرز نداشت.

در استفاده از شعله‌افکن، هزینه‌های اقتصادی باید درنظر گرفته شود. نتایج تحقیقات در این باره نشان می‌دهد که در مساحت‌های بین ۲۰- ۶ هکتار، استفاده از شعله‌افکن، هزینه کمتری نسبت به روش‌های مکانیکی کنترل علف‌های هرز و سایر روش‌های کنترل شیمیایی با سموم علفکش دارد. همچنین در مساحت‌های کم، بهتر است از شعله‌افکن‌های پشتی به جای شعله‌افکن‌های پشت تراکتوری استفاده کرد (کانگ، ۲۰۰۱).

عباس پور و همکاران (۲۰۱۳)، بیان داشتند که در کنترل غیرشیمیایی علف‌های هرز باغ‌های پسته، تفاوت معنی‌داری بین وزن خشک علف‌های هرز در استفاده از شعله‌افکن، مالچ پلاستیک و مالچ کاه و کلش به ترتیب با ۲۸، ۱۸ و ۲۲ گرم بر مترمربع وجود نداشت. همچنین تراکم علف‌های هرز بین کاربرد روش‌های ذکر شده به ترتیب ۱۱، ۱۰ و ۸ علف‌هرز بر مترمربع بود. از نظر هزینه‌های انجام شده، استفاده از شعله‌افکن با گاز، کمترین هزینه و هزینه مالچ پلاستیک بیشترین مقدار بود.

نتایج یک پژوهش نشان داد که در کنترل علف-های هرز جوموشک[1] در مزارع یونجه، تلفیق زمان برداشت و استفاده از شعله‌افکن، اثر مناسبی داشته است؛ به طوری که پس از تیمار شاهد (وجین دستی علف‌های هرز)، تیمار استفاده از شعله‌افکن در مراحل ۲۰، ۳۰، و ۴۰ درصد گلدهی به ترتیب ۸۲/۳۳، ۸۱/۵۴ و ۹۵/۱۱ درصد علف‌های هرز را در چین اول کنترل نمود. علف‌هرز جوموشک، گیاهی یکساله بوده که با بذر تکثیر می‌شود و شعله‌افکن می‌تواند روی این گونه علف‌های هرز تاثیرگذار باشد (رئوفی و همکاران، ۲۰۱۵).

نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که کاربرد شعله‌افکن در کنترل علف‌های هرزی که زودتر از گیاه اصلی در مزرعه رویش دارند، یک روش موثر است. دلیل این امر، عایق حرارتی‌بودن خاک بوده که به گیاه اصلی آسیب وارد نمی‌شود. مقدار رطوبت و باد نیز در عملکرد شعله‌افکن موثر است. خشک‌بودن گیاه و جهت باد از عواملی است که می‌تواند روی عملکرد شعله‌افکن موثر باشد (ماتچ، ۲۰۰۵). پژوهش‌های دیگری نشان می‌دهد که تاثیر استفاده از شعله‌افکن بر جمعیت میکروفلورای خاک و میکروارگانیسم‌ها اندک بوده و پس از مدتی جبران خواهد شد (اسنیاکا و پوکیوس، ۲۰۰۸).

در تحقیقی به منظور کنترل علف‌های هرز خردل وحشی[2] در مزارع کلزا[3] از شعله‌افکن استفاده شد. نتایج به دست آمده نشان داد که سرعت حرکت یک کیلومتر بر ساعت (۳/۶ متر بر ثانیه) در شعله افکن، در کنترل گیاهچه‌های خردل وحشی موثر بوده و عملکرد کلزا را افزایش می‌دهد (شیمی، ۲۰۰۱). در پژوهش دیگری، اثر شوک حرارتی شعله‌افکن بر سوختگی بذر خردل وحشی بررسی شد. پس از انجام تیمارهای شعله‌افکن، نتایج نشان داد که استفاده از شعله‌افکن در خاک‌های مرطوب و کلش‌دار، باعث سوختگی ۴۳ درصد بذرهای خردل وحشی شد که زیستایی خود را از دست دادند. اثر شعله‌افکن در تیمارهایی که خاک آن‌ها مرطوب بود، بیشتر از خاک‌های خشک گزارش شد (سلیمی و همکاران، ۲۰۱۲).

مقایسه روش‌های استفاده از شعله‌افکن و مالچ کلشی در کنترل علف‌های هرز مزارع توت فرنگی نشان داد

[1] - *Bromus danthoniae Trin*

[2] - *Sinapis arvensis* L.

[3] - *Brassica napus* L.

که تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار از نظر وزن خشک علف‌های هرز به ترتیب با ۶۱۰ و ۶۱۳ گرم بر مترمربع وجود نداشت. همچنین تراکم علف‌های هرز نیز در استفاده از شعله‌افکن، مالچ کلشی، مالچ سیاه و علفکش تری بنورون متیل با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشت؛ در حالی که استفاده از شعله‌افکن نسبت به سایر روش‌ها مقرون به صرفه‌تر بود (بابایی و همکاران، ۲۰۲۲).

در استفاده از شعله‌افکن، فشار گاز، فاصله شعله تا زمین و سرعت پیشروی از عوامل موثر در کارایی شعله‌افکن است. در پژوهشی، دو نوع شعله‌افکن با یک مشعل و دو مشعل در فشار گاز در بازه ۱، ۱/۵ و ۲ بار، فاصله مشعل تا زمین در ۱۵، ۲۰ و ۲۵ سانتی‌متر و سرعت پیشروی ۰/۶، ۰/۹، ۱/۲ و ۱/۵ کیلومتر بر ساعت مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج این تحقیق در کنترل علف‌های هرز باغ‌های زیتون و سیب نشان داد که استفاده از شعله‌افکن با دو مشعل در سرعت ۰/۶ کیلومتر بر ساعت، فشار گاز ۲ بار و فاصله مشعل ۱۵ سانتی‌متری تا زمین، از کارایی لازم در کنترل علف‌های هرز برخوردار بوده و ۸۶ درصد از علف‌های هرز را کنترل می‌کند. همچنین بیشترین بازده مزرعه‌ای نیز در این شعله‌افکن با ۸۳ درصد در سرعت ۱/۵ کیلومتر بر ساعت گزارش شد (درس و بالاه، ۲۰۱۶). با توجه به نتایج تحقیقات انجام شده، کاربرد شعله‌افکن در کنترل علف‌های هرز، یک روش غیر شیمیایی است که با رعایت ملاحظات در کاربرد (سرعت پیشروی، فاصله مشعل تا علف‌هرز، فشار گاز مشعل و ...)، کاهش آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از مصرف علفکش‌ها را به دنبال دارد. این تحقیق با هدف مقایسه روش‌های شیمیایی (استفاده از علفکش تریفلورالین)، غیر شیمیایی (استفاده از شعله‌افکن) و تلفیقی (استفاده از شعله‌افکن و علفکش تریفلورالین)، در کنترل علف‌های هرز مزارع پنبه انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی استفاده از شعله‌افکن برای کنترل علف‌های هرز مزارع پنبه، پژوهشی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی داراب استان فارس اجرا شد. برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، خاک مزرعه به آزمایشگاه خاک و آب ارسال و مقدار کود لازم براساس توصیه از منابع اوره و سوپر فسفات تریپل تامین شد. جدول ۱، مشخصات خاک مزرعه مورد آزمایش را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیائی خاک محل اجرای آزمایش

عمق (Cm)	EC (dS/m)	pH	O.C (%)	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	سیلت (٪)	رس (٪)	شن (٪)	بافت خاک
۱۵-۰	۰/۵۲	۸/۰	۰/۵۲	۳/۷	۱۸۶	۴۲/۸	۱۹/۱	۳۶/۵	لومی
۳۰-۰	۰/۵۵	۸/۱	۰/۵۲	۳/۳	۱۸۲	۴۱/۲	۲۰/۱	۳۷/۹	لومی

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و چهار تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش، استفاده از علفکش تریفلورالین به میزان ۲/۵ لیتر بر هکتار (T)، استفاده از علفکش تریفلورالین به مقدار ۲/۵ لیتر برهکتار + یک بار وجین در هفته هشتم پس از کاشت (T+H)، استفاده از علفکش تریفلورالین به مقدار ۲/۵ لیتر برهکتار + شعله‌افکن در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر بوته پنبه ($T+F_{40}$)، استفاده از شعله‌افکن در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری بوته پنبه (F_{20})، استفاده از شعله‌افکن در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری بوته پنبه (F_{40})، دو بار استفاده از شعله‌افکن در ارتفاع ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متری بوته پنبه ($F_{20}+F_{40}$)، کنترل دستی تمام فصل علف‌های هرز (H) و عدم کنترل علف‌های هرز (NC) بود. در تیمار دو بار استفاده از شعله‌افکن، ابتدا شعله‌افکنی در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری بوته های پنبه انجام شد و حدود سه هفته بعد نیز که ارتفاع بوته‌ها به ۴۰ سانتی‌متر رسید، مجددا عملیات شعله‌افکنی صورت پذیرفت.

از آماده‌سازی زمین، کرت‌های آزمایش با طول ۱۰ متر و عرض ۳ متر تهیه شد. کرت‌ها شامل چهار خط کاشت پنبه به فاصله ۷۵ سانتی‌متر بود که بذر رقم بختگان با ردیف کار نئوماتیک شرکت تراشکده با فاصله بذر ۲۰ سانتی‌متر و به مقدار ۲۵ کیلوگرم بر هکتار کاشته شد. برای انجام تیمارهای استفاده از شعله‌افکن، از یک ماشین شعله‌افکن قابل حمل همراه با کپسول گاز مایع پروپان بر روی شاسی استفاده شد. مشعل گاز با یک لوله به کپسول متصل و در تمام تیمارها از فشار ۲ بار و فاصله مشعل ۱۵ سانتی‌متر تا علف‌های هرز استفاده شد (شکل ۱).

شکل ۱- ردیف‌کار نئوماتیک در حال کاشت پنبه (سمت راست)، شعله افکن با مشعل قابل جابجایی (وسط) و کنترل علف‌های هرز با شعله‌افکن در مزرعه آزمایشی (سمت چپ)

بین تیمارها یک فاصله ۲ متری در نظر گرفته شد. بازه زمانی آبیاری کرت‌های آزمایشی در طول هر فصل رشد، هر هفت روز یک بار و در پایان فصل رشد به منظور بازشدن غوزه‌ها، این بازه به ۱۰ روز افزایش یافت. علفکش مورد استفاده در تیمارها، تریفلورالین به مقدار ۲/۵ لیتر بر هکتار از محلول تجاری ۴۶ درصد بود. شناسایی فلور علف‌های هرز، برای کنترل علف‌های هرز مزارع ضروری است. علف‌های هرز غالب در مزرعه آزمایشی پنبه، در جدول ۲، نشان داده شده است.

جدول ۲- علف‌های هرز غالب مزرعه آزمایش

نام فارسی	نام تیره	نام علمی گونه
تاج خروس	*Amaranthaceae*	*Amaranthus retroflexus*
خرفه	*Portulacaceae*	*Portulaca oleracea*
گال سرخ	*Poaceae*	*Echinocola colonum*
اویار سلام	*Cyperaceae*	*Cyperus rotundus*

برای ارزیابی تیمارها، متغیرهای زیر مورد بررسی قرار گرفت:

شاخص کنترل علف‌های هرز: با استفاده از کادر ۰/۲۵ مترمربعی و در چهار تکرار، قبل و بعد از اجرای تیمارهای پژوهش، علف‌های هرز شمارش و بر اساس رابطه ۱، این شاخص اندازه‌گیری شد (رمسان و همکاران، ۲۰۰۷).

$$F = \frac{N_P - N_E}{N_P} \times 100 \qquad (1)$$

F= درصد کنترل علف‌های هرز

N_P= تعداد علف‌های هرز قبل از استفاده از شعله‌افکن

N_E= تعداد علف‌های هرز بعد از استفاده از شعله‌افکن

تعیین وزن خشک علف‌های هرز: در پایان فصل رشد، علف‌های هرز از هر کرت در چهار تکرار با کادر ۰/۲۵ مترمربعی (۰/۵ m × ۰/۵ m) برداشت شد. علف‌های هرز در دمای ۸۰ درجه سلسیوس و به مدت ۷۲ ساعت در آون نگهداری شد. سپس وزن خشک علف‌های هرز بعد از گذشت مدت زمان یک ساعت در بیرون آون با ترازوی دیجیتالی توزین شد (سماواتیان و همکاران، ۲۰۱۸).

نسبت بوته‌های آسیب‌دیده: ابتدا در هر کرت، تعداد بوته‌های پنبه شمارش شد. پس از انجام تیمارهای حاصل از شعله‌افکنی، تعداد بوته‌های پنبه آسیب‌دیده در هر کرت، شمارش و بر اساس درصدی از کل بوته‌های موجود در هر کرت بر اساس رابطه ۲، محاسبه شد (گرسوی و ازاسلان، ۲۰۲۱).

$$D_P = P_2/P_1 \times 100 \quad (۲)$$

D_p= درصد کنترل علف‌های هرز

P_1= تعداد بوته‌های پنبه قبل از اعمال تیمار

P_2 = تعداد بوته‌های پنبه آسیب‌دیده بعد از اعمال تیمار (رمسان و همکاران، ۲۰۰۷).

ارتفاع بوته: رقابت علف‌های هرز با گیاهان زراعی و از جمله پنبه، رشد رویشی و ارتفاع بوته را تحت تاثیر قرار داده و در نهایت بر عملکرد محصول موثر است (سلیمی و همکاران، ۲۰۰۱؛ زند و همکاران، ۲۰۰۴). بنابراین، در پایان فصل از هر کرت، چهار بوته به طور تصادفی انتخاب و ارتفاع بوته تا سطح زمین اندازه‌گیری شد.

عملکرد وش پنبه: برداشت وش پنبه در یک چین در پایان فصل با کارگر انجام شد. برای این منظور، یک متر از بالا و پایین هر کرت و دو خط حاشیه حذف و وش موجود در دو خط وسط برداشت و با ترازوی دیجیتالی وزن شد.

تجزیه و تحلیل اقتصادی

روش تحلیل نهایی نسبت منفعت به هزینه[1]: به منظور تعیین مناسب‌ترین تیمار از بعد اقتصادی در بین تیمارهای مورد مطالعه و بررسی ارجحیت یا عدم ارجحیت آن‌ها نسبت به تیمار شاهد، از روش تحلیل نهایی نسبت منفعت به هزینه استفاده شد. در این روش برای انتخاب سودآورترین تیمار، ابتدا میانگین منافع و هزینه تیمارهای مختلف محاسبه شد. سپس، نسبت نهایی منفعت به هزینه هر تیمار (نرخ سودآوری هر تیمار نسبت به شاهد)، طی مراحل زیر محاسبه شد:

۱- محاسبه اختلاف میانگین منافع هر یک از تیمارها از میانگین منافع تیمار شاهد:

$$\bar{B}_{ic} = \bar{B}_i - \bar{B}_c \quad (۳)$$

$\bar{B}_{ic}$= میانگین منافع تیمار iام از میانگین منافع تیمار شاهد، $\bar{B}_i$= میانگین منافع تیمار iام، $\bar{B}_c$= میانگین منافع تیمار شاهد

۲- محاسبه اختلاف میانگین هزینه هر یک از تیمارها از میانگین هزینه تیمار شاهد:

$$\bar{C}_{ic} = \bar{C}_i - \bar{C}_c \quad (۴)$$

$\bar{C}_{ic}$= اختلاف میانگین هزینه تیمار iام از میانگین هزینه تیمار شاهد، $\bar{C}_i$= میانگین هزینه تیمار iام، $\bar{C}_c$= میانگین هزینه تیمار شاهد

۳- محاسبه نرخ سودآوری هر یک از تیمارها نسبت به تیمار شاهد:

$$r_{ic}=((\bar{B}_{ic}-\bar{C}_{ic})/\bar{C}_{ic})\times 100 = (\bar{B}_{ic}/\bar{C}_{ic})-1)\times 100 \quad (۵)$$

r_{ic}، نرخ سودآوری تیمار i ام نسبت به تیمار شاهد بوده و سایر متغیرها قبلا تعریف شده‌اند.

پس از محاسبه نرخ سودآوری تیمارهای مختلف، تیماری که دارای بالاترین نرخ سودآوری است، به عنوان تیمار برتر انتخاب و بقیه تیمارها بر اساس میزان نرخ سودآوری رتبه‌بندی شدند. در پایان، تمام نتایج پس از تجزیه واریانس، توسط آزمون دانکن مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای آزمایش (روش کنترل)، بر وزن خشک علف‌های هرز، درصد آسیب به بوته‌های پنبه، ارتفاع بوته و عملکرد وش پنبه در سطح آماری یک درصد

[1] - Marginal benefit cost ratio analysis method

معنی‌دار بود. اما اثر متقابل سال و تیمار در تمام صفات اندازه‌گیری شده، تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۳).

شاخص کنترل علف‌های هرز : در جدول ۴، تجزیه واریانس شاخص کنترل علف‌های هرز در استفاده از تیمارهای شعله‌افکن آمده است. اثر روش کنترل بر علف‌های هرز تاج خروس، خرفه، گال سرخ و اویارسلام در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اما اثر متقابل سال و روش کنترل برعلف‌های هرز، تفاوت معنی‌داری نشان نداد.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب اثر روش کنترل علف‌های هرز بر متغیرهای اندازه‌گیری شده

منابع تغییر	درجات آزادی	میانگین مربعات			
		وزن خشک علف‌های هرز (کیلوگرم بر هکتار)	آسیب به بوته‌های پنبه (درصد)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	عملکرد وش پنبه (کیلوگرم بر هکتار)
سال	۱	۳۸۲۲۰۲۵/۰۷ ns	۱۰۰/۷۸ ns	۳۱۹/۵۲ ns	۶۲۰۱۵۶/۲۵ ns
خطا	۶	۲۵۲۸۱۶۹/۷۹	۴/۱۶۷	۲۹/۷۰	۱۸۴۶۰۲/۰۸
تیمار (روش کنترل)	۷	۲۵۵۳۱۳۳۹/۲۹ **	۸۸۶۷/۸۶ **	۱۴۹۳/۸۲ **	۲۰۲۷۷۷۲۰/۵۳ **
سال × تیمار (روش کنترل)	۷	۲۹۵۵۶۷/۸۶ ns	۲۸/۵۷ ns	۲۵/۹۸ ns	۹۹۹۵۶/۲۵ ns
خطا	۴۲	۳۷۳۱۵۵/۵۱	۱۴/۸۸	۲۳/۸۸	۷۲۳۵۹/۲۳
ضریب تغییرات		۳۰/۶۱	۱۵/۰۵	۶/۱۳	۱۰/۵۳

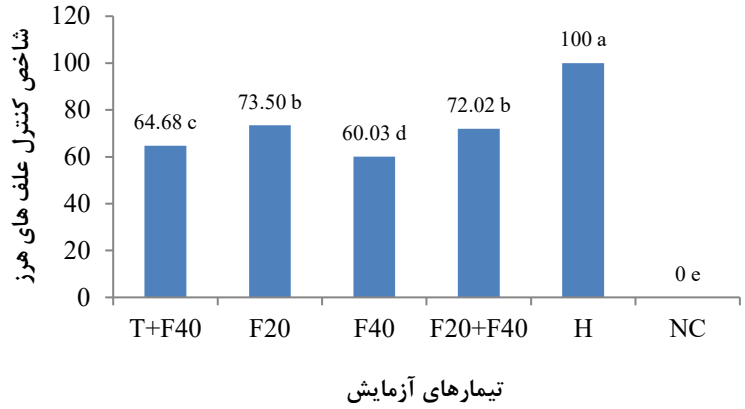
**: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ns: عدم اختلاف معنی‌دار.

جدول ۴- تجزیه واریانس روش کنترل بر علف‌های هرز غالب مزرعه

منابع تغییر	درجات آزادی	میانگین مربعات			
		تاج خروس	خرفه	گال سرخ	اویار سلام
سال	۱	۵۷۹/۴۹ ns	۲۵۳۴/۶۱ ns	۳۷۶/۵۴ ns	۵/۹۵ ns
خطا	۶	۱۹۱/۰۹	۲۵۴/۰۹	۴۶/۵۲	۵۰۱/۷۲۲
تیمار (روش کنترل)	۵	۹۲۰۳/۰۴ **	۹۴۳۳/۶۱ **	۱۰۷۱۲/۹۶ **	۸۹۰۱/۱۹ **
سال × تیمار (روش کنترل)	۵	۷۴/۵۲ ns	۸۴۸/۸۴ ns	۱۰۲/۰۸ ns	۲۱۰/۶۵ ns
خطا	۳۰	۹۴/۹۷	۴۳۵/۹۱۱	۲۵۶/۲۷	۴۱۱/۵۹
ضریب تغییرات		۱۴/۹۲	۳۵/۳۱	۲۲/۲۴	۳۵/۹۸

میانگین‌های با حروف یکسان اختلاف معنی‌دار ندارند (دانکن ۵٪).

تیمار استفاده از شعله‌افکن در تیمار ۲۰ سانتی‌متری ارتفاع بوته پنبه (F_{20})، بیشترین درصد کنترل کل علف‌های هرز با میانگین ۷۳/۵ درصد داشت. پس از این تیمار، دو بار استفاده از شعله‌افکن در مرحله ۲۰ و ۴۰ سانتی متری ارتفاع بوته پنبه ($F_{20}+F_{40}$)، با ۷۲/۰۲ درصد کنترل و عدم اختلاف معنی‌دار با تیمار F_{20} در جایگاه دوم قرار گرفت. تیمار تلفیق علفکش تریفلورالین و استفاده از شعله‌افکن در مرحله ۴۰ سانتی‌متری ارتفاع پنبه ($T+F_{40}$)، میانگین ۶۴/۶۸ درصد کنترل را به همراه داشت که اختلاف معنی‌داری را در سطح یک درصد با دو تیمار استفاده صرف از شعله‌افکن F_{20} و F_{40} بر جای گذاشت. در بین تیمارهایی که در آن‌ها شعله‌افکن استفاده شد، کمترین درصد کنترل علف‌های هرز مربوط به تیمار استفاده از شعله‌افکن در مرحله ۴۰ سانتی‌متری ارتفاع بوته پنبه (F_{40}) بود (شکل ۲).



شکل ۲- مقایسه میانگین شاخص کنترل علف‌های هرز

میانگین‌های با حروف یکسان اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).

با توجه به نتایج به دست آمده، باید به زمان استفاده از شعله‌افکن، تلفیق استفاده از شعله‌افکن با علفکش و تعداد دفعات کاربرد شعله‌افکن در کنترل علف‌های هرز توجه داشت. در تیمار F_{20}، با توجه به این که ارتفاع بوته پنبه ۲۰ سانتی‌متر بود و علف‌های هرز نیز در مراحل اولیه رشد بودند، استفاده از شعله‌افکن نتایج اولیه مطلوبی در کنترل علف‌های هرز داشت. با افزایش رشد علف‌های هرز، استفاده از شعله‌افکن در مرحله ۴۰ سانتی‌متری ارتفاع بوته پنبه (F_{40})، ۶۰/۰۳ درصد علف‌های هرز را کنترل نمود. تلفیق علفکش تریفلورالین به همراه استفاده از شعله‌افکن در مرحله ۴۰ سانتی‌متری ارتفاع بوته پنبه، در کنترل علف‌های هرز موفق‌تر از تیمار F_{40} عمل نمود که آن هم به دلیل استفاده از علفکش تریفلورالین بود. نتایج تحقیقات سایر محققان نیز نشان داد که سوزاندن علف‌های هرز با استفاده از شعله‌افکن، یک روش مهم در کنترل علف‌های هرز است که باعث سوزاندن اندام‌های علف‌هرز و از بین بردن آنزیم‌ها و متابولیسم گیاه می‌شود و گیاه بعد از چند ساعت از بین می‌رود. با اینحال به زمان کاربرد شعله‌افکن نیز باید توجه شده و شعله‌افکنی در گونه‌های مختلف علف‌های هرز، قبل از گلدهی باشد (عباس پور و همکاران، ۲۰۱۳). قربانی و همکاران (۲۰۱۰) نیز بر استفاده از شعله‌افکن در زمان مناسب تاکید داشته و اظهار داشتند که در کنترل علف‌های هرز زیره سبز، استفاده از شعله‌افکن در اردیبهشت ماه، تفاوت معنی‌داری با وجین دستی در کنترل علف‌های هرز نداشت.

وزن خشک علف‌های هرز: مقایسه میانگین داده‌های به دست آمده از تیمارهای آزمایش نشان داد که بیشترین مقدار وزن خشک علف‌های هرز مربوط به تیمار عدم کنترل علف‌های هرز (NC) و کمترین مقدار نیز در تیمار وجین در کل دوره رویش پنبه (H) به ترتیب با ۴۷۱۰ و صفر کیلوگرم بر هکتار بود (جدول ۵).

در تیمار استفاده از ۲/۵ لیتر بر هکتار تریفلورالین + یک بار وجین در هفته هشتم (T+H)، وزن خشک علف‌های هرز ۶۹۰ کیلوگرم بر هکتار بود. این تیمار تفاوت معنی‌داری را در سطح ۵ درصد با تیمارهای استفاده از تریفلورالین و استفاده از شعله‌افکن در مرحله ۴۰ سانتی‌متری ارتفاع بوته پنبه ($T+F_{40}$)، تیمار استفاده از شعله‌افکن در ارتفاع ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متری بوته پنبه ($F_{20}+F_{40}$) و نیز تیمار استفاده از شعله‌افکن در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری بوته پنبه (F_{40}) از خود نشان نداد. دو تیمار استفاده از تریفلورالین (T) و استفاده از شعله‌افکن در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری (F_{20})، به ترتیب با ۳۸۷۵ و ۳۶۵۰ کیلوگرم بر هکتار نیز تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد نداشتند. مقدار وزن خشک علف‌های هرز در این دو تیمار از سایر تیمارهای استفاده از شعله‌افکن، شعله افکن به همراه علفکش تریفلورالین و تریفلورالین به همراه

وجین علف‌های هرز در هفته هشتم بیشتر بود. نتایج به دست آمده نشان داد که زمان استفاده از شعله‌افکن در کنترل علف‌های هرز موثر است. این نتیجه در کاربرد استفاده از شعله‌افکن در تیمار ۲۰ سانتی‌متری ارتفاع بوته پنبه و تیمار شعله‌افکن در ۴۰ سانتی‌متری ارتفاع بوته پنبه مشخص است. با مراجعه به شکل ۲، با این که در تیمار F_{20}، شاخص کنترل علف‌های هرز از تیمار F_{40} بیشتر است، ولی رشد مجدد علف‌های هرز باعث شده که وزن خشک علف‌های هرز در تیمار F_{20}، از تیمار F_{40} بیشتر باشد. جیمز و همکاران (۲۰۰۲)، زمان استفاده از شعله‌افکن را در کنترل علف‌های هرز مهم دانسته و تاکید نمودند که کنترل گونه‌های علف‌های هرز با شعله‌افکن باید قبل از گلدهی و قبل از به بذرنشستن باشد. استفاده از شعله-افکن در ارتفاع ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متری بوته پنبه ($F_{20}+F_{40}$)، با وزن خشک علف‌های هرز ۸۰۵ کیلوگرم بر هکتار، تاثیر بیشتری در کنترل علف‌های هرز نسبت به استفاده از شعله‌افکن در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری بوته پنبه و علف‌کش تریفلورالین ($T+F_{40}$) و وزن خشک علف‌های هرز ۹۵۰ کیلوگرم بر هکتار بر جای گذاشت (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین وزن خشک علف‌های هرز در تیمارهای مختلف

تیمار	وزن خشک علف‌های هرز (کیلوگرم بر هکتار)
علفکش تریفلورالین (T)	۳۸۷۵ b
علفکش تریفلورالین + یک بار وجین در هفته هشتم (T+H)	۶۹۰ c
علفکش تریفلورالین + شعله‌افکن در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری بوته پنبه ($T+F_{40}$)	۹۵۰ c
شعله‌افکن در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری بوته پنبه (F_{20})	۳۶۵۰ b
شعله‌افکن در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری بوته پنبه (F_{40})	۱۲۸۵ c
دو بار استفاده از شعله‌افکن در ارتفاع ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متری بوته پنبه ($F_{20}+F_{40}$)	۸۰۵ c
کنترل تمام فصل علف‌های هرز (شاهد) (H)	۰ d
عدم کنترل علف‌های هرز (شاهد) (NC)	۴۷۱۰ a

میانگین‌های با حروف یکسان اختلاف معنی‌دار ندارند (دانکن ۵٪).

نتایج یک بررسی در استفاده از شعله‌افکن و کاربرد انواع مالچ‌ها (پلاستیک شفاف، تیره و کاه و کلش) در کنترل علف‌های هرز مزارع توت فرنگی نشان داد که تفاوتی بین استفاده از شعله‌افکن و مالچ وجود نداشته و با توجه به هزینه‌های زیادتر استفاده از مالچ، شعله-افکن می‌تواند در کنترل علف‌های هرز، جایگزین انواع مالچ شود (بابایی و همکاران، ۲۰۲۲). در تحقیق دیگری در گیاه زیره سبز نیز نشان داده شد که در صورت کنترل علف‌های هرز در زمان شاخه‌دهی، تاثیر استفاده از شعله‌افکن از وجین دستی علف‌های هرز بیشتر بوده است (قربانی و همکاران، ۲۰۱۰). به این ترتیب در راستای اهداف کشاورزی پایدار و توسعه محور و نیز سیاست کاهش مصرف علفکش‌ها، استفاده از شعله‌افکن، می‌تواند جایگزین استفاده از تریفلورالین به تنهایی یا استفاده از تریفلورالین به همراه وجین علف‌های هرز باشد.

نسبت آسیب به بوته‌های پنبه: مقایسه میانگین تیمارهای مربوط به آسیب به بوته‌های پنبه نسبت به شاهد کنترل تمام فصل علف‌های هرز نشان داد که بیشترین آسیب مربوط به استفاده از شعله‌افکن در ارتفاع ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متری بوته پنبه ($F_{20}+F_{40}$)، با ۷۵/۵ درصد آسیب به بوته‌ها بود که اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد با تیمار شعله‌افکنی در مرحله ۲۰ سانتی‌متری ارتفاع بوته (F_{20})، با ۷۵ درصد آسیب نداشت (جدول ۶). همچنین مقایسه این دو تیمار نشان داد که شعله‌افکنی در زمانی که بوته‌ها در مراحل اولیه رشد قرار دارند، به بوته‌ها آسیب وارد می‌کند. درصد آسیب وارد شده به بوته‌های پنبه در

تیمار شعله‌افکنی در ۴۰ سانتی‌متری ارتفاع بوته پنبه (F_{40})، با ۲۵ درصد آسیب نیز این موضوع را تایید می‌کند؛ چرا که در این تیمار، بوته‌ها، ارتفاع و رشد رویشی بیشتری داشته و استفاده از شعله‌افکن را نسبت به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری بوته پنبه، بیشتر تحمل می‌نمایند.

جدول ۶- مقایسه میانگین آسیب به بوته‌های پنبه در تیمارهای مختلف

تیمار	آسیب به بوته‌های پنبه (درصد)
علفکش تریفلورالین (T)	۰ [c]
علف کش تریفلورالین + یک بار وجین در هفته هشتم (T+H)	۰ [c]
علفکش تریفلورالین + شعله‌افکن در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری بوته پنبه ($T+F_{40}$)	۲۷/۵ [b]
شعله‌افکن در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری بوته پنبه (F_{20})	۷۵/۰ [a]
شعله‌افکن در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری بوته پنبه (F_{40})	۲۵/۰ [b]
دو بار استفاده از شعله‌افکن در ارتفاع ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متری بوته پنبه ($F_{20}+F_{40}$)	۷۵/۵ [a]
کنترل تمام فصل علف‌های هرز (شاهد) (H)	۰ [d]
عدم کنترل علف‌های هرز (شاهد) (NC)	۰ [a]

میانگین‌های با حروف یکسان اختلاف معنی‌دار ندارند (دانکن ۵٪).

تلفیق استفاده از علفکش تریفلورالین و شعله‌افکن در مرحله ۴۰ سانتی‌متری ارتفاع بوته پنبه نیز با ۲۷/۵ درصد آسیب به بوته‌های پنبه تفاوت معنی‌داری را در سطح ۵ درصد با تیمار F_{40}، نشان نداد. با توجه به نتایج به دست آمده از تیمارهای مختلف و به منظور کاهش آسیب به بوته‌های پنبه (جدول ۶)، و نیز نتایج وزن خشک علف‌های هرز (جدول ۵)، باید تیماری انتخاب شود که هر دو مزیت کاهش درصد آسیب به بوته‌های پنبه و کاهش وزن خشک علف‌های هرز را به دنبال داشته باشد. با توجه به جدول ۵، وزن خشک علف‌های هرز در تیمار شعله‌افکن در ارتفاع ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متری بوته پنبه ($F_{20}+F_{40}$)، تیمار تلفیقی علفکش تریفلورالین و شعله‌افکن در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری بوته پنبه ($T+F_{40}$) و تیمار شعله‌افکن در ۴۰ سانتی‌متری ارتفاع بوته پنبه (F_{40})، به ترتیب ۸۰۵، ۹۵۰ و ۱۲۸۵ کیلوگرم بر هکتار بود. همچنین کمترین درصد آسیب به بوته‌های پنبه نیز در تیمارهای استفاده از شعله‌افکن در تیمار F_{40}، به دست آمد. بنابراین، تیمار کاربرد شعله‌افکن در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری بوته پنبه (F_{40})، نسبت به سایر تیمارها در کنترل علف‌های هرز مزارع پنبه ارجحیت دارد.

ارتفاع بوته پنبه و عملکرد محصول: نتایج میانگین‌های به دست آمده از ارتفاع بوته پنبه و عملکرد وش پنبه در جدول ۷، نشان داده شده است. در بین تیمارهای استفاده از شعله‌افکن، بیشترین ارتفاع بوته پنبه مربوط به استفاده از علفکش تریفلورالین به همراه شعله‌افکن در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری بوته پنبه با ۹۱/۱۳ سانتی‌متر بود که اختلاف معنی‌داری را در سطح ۵ درصد با تیمار وجین در کل دوره رویش با ارتفاع بوته ۹۱/۲۵ سانتی‌متر نشان نداد. تیمار استفاده از شعله‌افکن در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری بوته، استفاده از تریفلورالین به تنهایی و تیمار استفاده از تریفلورالین و وجین علف‌های هرز در هفته هشتم نیز به ترتیب با ۸۷/۸۸، ۸۸/۲۵ و ۸۹/۱۳ سانتی‌متر ارتفاع بوته پنبه و عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد با تیمار وجین در کل دوره رویش در رده‌های بعدی قرار گرفتند. کمترین ارتفاع بوته نیز مربوط به تیمار عدم کنترل علف‌های هرز با ۶۱/۷۵ سانتی‌متر بود که اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد با تیمار استفاده از شعله‌افکن در مرحله ۲۰ سانتی‌متری ارتفاع بوته پنبه نداشت. در تیمار F_{20}، گیاه پنبه رشد کافی نداشته و حرارت حاصل از شعله‌افکن، آسیب ۷۵ درصدی را به گیاه وارد نمود (جدول ۶). همچنین در تیمار عدم کنترل علف‌های

هرز، رشد علف‌های هرز، باعث کاهش ارتفاع بوته‌های پنبه شد. در تیمار استفاده از شعله‌افکن در ارتفاع ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متری بوته‌های پنبه نیز، استفاده از شعله‌افکن در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری، دلیل اصلی کاهش ارتفاع بوته (۶۶ سانتی‌متر) در این تیمار بود. این مورد توسط سایر محققان نیز تایید شده است. نجار و همکاران (۲۰۲۳) اظهار داشتند که اگر به هر دلیلی برگ‌ها دچار آسیب شوند، ادامه رشد رویشی فراهم نشده و کاهش ارتفاع بوته را به دنبال خواهد داشت.

بیشترین عملکرد وش پنبه در تیمار وجین در کل دوره رویش (H) با ۴۴۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. این تیمار اختلاف معنی‌داری (در سطح پنج درصد) با تیمار استفاده از علفکش تریفلورالین و یک بار وجین در هفته هشتم (T+H) با عملکرد ۴۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار، نداشت. در بین تیمارهای استفاده از شعله‌افکن، بیشترین عملکرد وش پنبه مربوط به استفاده از شعله‌افکن در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری بوته پنبه (F_{40}) و به مقدار ۳۷۵۰ کیلوگرم بر هکتار بود. این تیمار اختلاف معنی‌داری را در سطح پنج درصد با تیمار تلفیقی استفاده از علفکش تریفلورالین و شعله-افکن در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری بوته پنبه ($T+F_{40}$) و عملکرد وش ۳۶۵۰ کیلوگرم بر هکتار، نداشت. کمترین مقدار تولید وش در دو تیمار استفاده از شعله‌افکن در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری بوته پنبه (F_{20}) و تیمار شعله‌افکن در ارتفاع ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متری بوته پنبه ($F_{20}+F_{40}$)، به ترتیب با ۹۲۵ و ۱۲۴۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. کاهش ارتفاع بوته در این دو تیمار در اثر استفاده از تیمارهای شعله‌افکن در ابتدای دوره رویش، کاهش عملکرد وش پنبه را به دنبال داشت (جدول ۷).

جدول ۷- مقایسه میانگین ارتفاع بوته و عملکرد وش پنبه در تیمارهای مختلف

تیمار	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	عملکرد وش پنبه (کیلوگرم بر هکتار)
علفکش تریفلورالین (T)	۸۸/۲۵ a	۱۵۰۰ c
علفکش تریفلورالین + یک بار وجین در هفته هشتم (T+H)	۸۹/۱۳ a	۴۲۵۰ a
علفکش تریفلورالین + شعله‌افکن در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری بوته پنبه ($T+F_{40}$)	۹۱/۱۳ a	۳۶۵۰ b
شعله‌افکن در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری بوته پنبه (F_{20})	۶۲/۲۵ b	۹۲۵ d
شعله‌افکن در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری بوته پنبه (F_{40})	۸۷/۸۸ a	۳۷۵۰ b
دو بار استفاده از شعله‌افکن در ارتفاع ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متری بوته پنبه ($F_{20}+F_{40}$)	۶۶/۰۰ b	۱۲۴۰ c
کنترل تمام فصل علف‌های هرز (شاهد) (H)	۹۱/۲۵ a	۴۴۰۰ a
عدم کنترل علف‌های هرز (شاهد) (NC)	۶۱/۷۵ b	۷۲۷ d

میانگین‌های با حروف یکسان اختلاف معنی‌دار ندارند (دانکن ۵٪).

افشار و مهرآبادی (۲۰۰۳)، ضریب همبستگی مثبت و معنی‌دار را بین ارتفاع بوته پنبه و عملکرد وش پنبه گزارش نمودند. همچنین نتایج سایر تحقیقات نیز نشان داد که ارتفاع بیشتر بوته، چه در نتیجه افزایش فاصله میان گره‌ها و چه تعداد گره‌ها در ساقه، باعث توزیع بهتر نور و تولید شاخه زایای بیشتر شده و در نهایت افزایش عملکرد را به دنبال دارد (مهرآبادی ۲۰۱۶؛ باقرآبادی ۲۰۱۹).

محاسبات اقتصادی: به منظور تعیین مناسب‌ترین تیمار از نظر اقتصادی و تعیین ارجحیت یا عدم ارجحیت هر یک از تیمارها نسبت به تیمار شاهد، به بررسی درآمدها، هزینه‌ها و بازده ناخالص آن‌ها مبادرت شد. از آنجا که در شرایط معمول و متداول بین زارعین، کنترل علف‌های هرز به عنوان شیوه رایج در کشت محصول پنبه می‌باشد، تیمار وجین در کل دوره رویش (H)، به عنوان تیمار شاهد در ارزیابی اقتصادی تیمارهای مورد مطالعه مورد توجه قرار

گرفت. از طرف دیگر، با توجه به این که میزان مصرف سموم، اجرای عملیات سمپاشی، اجرای عملیات وجین، و نیز استفاده از شعله‌افکن در تیمارهای مختلف با یکدیگر متفاوت بود، این موارد موجب ایجاد اختلاف در هزینه‌های کنترل علف‌های هرز در قالب هزینه‌های خرید سم، هزینه عملیات سمپاشی، هزینه نیروی کار و هزینه گاز مصرفی تیمارهای مورد مطالعه شده و در نهایت اختلاف در مجموع هزینه‌های کنترل علف‌های هرز را در پی داشت. در جدول ۸، میانگین هزینه‌های کنترل علف‌های هرز در تیمارهای مختلف ارائه شده است.

بر اساس اطلاعات جدول یادشده، تیمار شاهد (H) که وجین در کل دوره رویش گیاه زراعی می‌باشد، با هزینه‌ای معادل ۶۰۰ میلیون ریال، بیشترین هزینه کنترل را در بین تیمارهای مورد بررسی به خود اختصاص داده است. پس از آن به ترتیب تیمارهای استفاده از علفکش تریفلورالین و یکبار وجین در هفته هشتم (T+H)، استفاده از علفکش تریفلورالین و استفاده از شعله‌افکن در مرحله ۴۰ سانتی‌متری ارتفاع بوته پنبه ($T+F_{40}$)، استفاده از شعله‌افکن در مرحله ۴۰ سانتی‌متری ارتفاع بوته پنبه (F_{40})، استفاده از علفکش تریفلورالین (T) و استفاده از شعله‌افکن در مرحله ۲۰ سانتی‌متری ارتفاع بوته پنبه (F_{20}) به ترتیب با هزینه‌ای معادل ۲۲۳/۵، ۵۹/۴، ۳۱/۱، ۲۹/۲ و ۲۰/۷ میلیون ریال قرار گرفته‌اند. تیمار عدم کنترل علف‌های هرز نیز هیچ گونه هزینه‌ای را به همراه نداشته است.

لازم به ذکر است در تیمار F_{40}، به دلیل آن که علف‌های هرز، مدت زمان بیشتری برای رشد در مزرعه پنبه نسبت به تیمار F_{20} در اختیار داشتند، از تراکم و حجم بیشتری در مزرعه برخوردار بودند. بنابراین، مدت زمان استفاده از نیروی کار و میزان گاز مصرفی برای کنترل علف‌هرز در تیمار F_{40} بیشتر از تیمار F_{20}، شد. به طوری که، هزینه نیروی کار در تیمار F_{20} معادل ۱۲/۵۰ میلیون ریال و در تیمار F_{40} معادل ۲۰/۳۱ میلیون ریال بود. همچنین، هزینه گاز مصرفی در تیمار F_{20} معادل ۸/۲۷ میلیون ریال و در تیمار F_{40} معادل ۱۰/۸۸ میلیون ریال به دست آمد. مجموعه این موارد موجب گردید که هزینه کنترل علف‌های هرز در تیمار F_{40}، ۱۰/۴۲ میلیون ریال بیشتر از هزینه کنترل در تیمار F_{20} شود.

بر این اساس، تیمار عدم کنترل (NC)، کمترین و تیمار وجین در کل دوره رویش (H)، بیشترین هزینه کنترل علف‌هرز را بر فرآیند تولید محصول پنبه تحمیل نموده و سایر تیمارها از این نظر، در دامنه بین این دو تیمار قرار گرفته‌اند.

جدول ۸- میانگین هزینه‌های کنترل علف‌های هرز در تیمارهای مختلف در دوره مورد مطالعه (هزار ریال بر هکتار)

تیمار	هزینه سم	هزینه سمپاشی	هزینه نیروی کار	هزینه گاز مصرفی	مجموع هزینه‌های کنترل
T	۱۴۲۵۰	۱۵۰۰۰	۰	۰	۲۹۲۵۰
T+H	۱۴۲۵۰	۱۵۰۰۰	۱۹۴۲۷۰	۰	۲۲۳۵۲۰
$T+F_{40}$	۱۴۲۵۰	۱۵۰۰۰	۱۹۲۷۰	۱۰۹۰۲	۵۹۴۲۲
F_{20}	۰	۰	۱۲۵۰۰	۸۲۷۳	۲۰۷۷۳
F_{40}	۰	۰	۲۰۳۱۳	۱۰۸۸۱	۳۱۱۹۴
$F_{20}+F_{40}$	۰	۰	۳۸۵۴۲	۸۵۹۰	۴۷۱۳۲
H	۰	۰	۶۰۰۰۰۰	۰	۶۰۰۰۰۰
NC	۰	۰	۰	۰	۰

با توجه به این که انجام هر یک از عملیات‌های کنترل علف‌های هرز بر روی عملکرد محصول زراعی تاثیر داشته است، این موضوع در جدول شماره ۹، به عنوان درآمد حاصل از کشت محصول پنبه با توجه به هر یک از تیمارهای کنترل علف‌های هرز مورد توجه قرار گرفته است.

نتایج مربوط به تیمارهای واقع شده در منتهی الیه‌های درآمدهای حاصله، مشابه وضعیت هزینه‌های کنترل علف‌های هرز می‌باشد. بدین ترتیب که، تیمار وجین در کل دوره رویش (H)، با درآمدی معادل ۲۹۲۶ میلیون ریال، بیشترین و تیمار عدم کنترل علف‌های هرز (NC)، با درآمدی معادل ۴۸۳/۷ میلیون ریال، کمترین درآمد را در پی داشته است. درآمد حاصل از سایر تیمارها نیز به گونه‌ای بوده که آن‌ها را بینابین این دو تیمار قرار داده است. بر این اساس می‌توان دریافت که هرچند عدم کنترل علف‌های هرز موجب کاهش هزینه‌های تولید می‌شود، اما این امر دارای تاثیرات نامطلوب بر درآمد فعالیت زراعی است. از طرف دیگر، کنترل علف‌های هرز نیز، هرچند موجب تحمیل هزینه بر فرآیند تولید می شود، اما افزایش درآمد را در پی دارد. بدین ترتیب، به منظور انتخاب مناسب‌ترین گزینه و تیمار مورد مطالعه، توجه همزمان به هزینه‌های کنترل علف‌های هرز و درآمدهای تولید ضروری است. این موضوع در قالب بازده ناخالص تیمارهای مورد مطالعه بررسی شد.

جدول ۹، در ستون‌های پنجم تا هشتم به ارائه بازده ناخالص تیمارهای مورد مطالعه و تغییرات آن نسبت به بازده ناخالص تیمار شاهد و در نهایت رتبه‌بندی تیمارها با توجه به این موضوع پرداخته است. بر این اساس، هرچند تیمار عدم کنترل علف‌های هرز، هیچ گونه هزینه‌ای را بر تولید تحمیل نمی‌نماید، اما از آنجا که افت شدید عملکرد و در نتیجه کاهش شدید درآمد را به همراه دارد، پایین‌ترین سطح بازده ناخالص را به خود اختصاص داده و بدین ترتیب، پایین‌ترین رتبه را از این دیدگاه در بین تیمارهای مورد بررسی به خود اختصاص داده است.

جدول ۹- کل درآمد، کل هزینه کنترل علف‌های هرز، میزان سودآوری، تغییرات سودآوری (بازده ناخالص) و رتبه‌بندی تیمارها

تیمار	هزینه کل کنترل علف‌های هرز		درآمد کل		بازده ناخالص تیمارها			
	مقدار (هزار ریال)	رتبه‌بندی	مقدار (هزار ریال)	رتبه‌بندی	مقدار (هزار ریال)	نسبت تغییرات در تیمارها نسبت به شاهد: مقدار تغییرات (هزار ریال)	نرخ تغییرات (درصد)	رتبه‌بندی
T	۲۹۲۵۰	۳	۹۹۷۵۰۰	۵	۹۶۸۲۵۰	-۱۳۵۷۷۵۰	-۵۸/۳۷۳	۵
T+H	۲۲۳۵۲۰	۷	۲۸۲۶۲۵۰	۲	۲۶۰۲۷۳۰	۲۷۶۷۳۰	۱۱/۸۹۷	۱
$T+F_{40}$	۵۹۴۲۲	۶	۲۴۲۷۲۵۰	۴	۲۳۶۷۸۲۸	۴۱۸۲۸	۱/۷۹۸	۳
F_{20}	۲۰۷۷۳	۲	۶۱۵۱۲۵	۷	۵۹۴۳۵۲	-۱۷۳۱۶۴۸	-۷۴/۴۴۷	۷
F_{40}	۳۱۱۹۴	۴	۲۴۹۳۷۵۰	۳	۲۴۶۲۵۵۶	۱۳۶۵۵۶	۵/۸۷۱	۲
$F_{20}+F_{40}$	۴۷۱۳۲	۵	۸۲۴۶۰۰	۶	۷۷۷۴۶۸	-۱۵۴۸۵۳۲	-۶۶/۵۷۵	۶
H	۶۰۰۰۰۰	۸	۲۹۲۶۰۰۰	۱	۲۳۲۶۰۰۰	۰	۰	۴
NC	۰	۱	۴۸۳۷۸۷	۸	۴۸۳۷۸۷	-۱۸۴۲۲۱۳	-۷۹/۲۰۱	۸

به این ترتیب، می‌توان چنین استنباط نمود که کنترل علف‌های هرز برای افزایش بازده اقتصادی فعالیت زراعی تولید پنبه، یکی از ضرورت‌های فرآیند تولید است. از طرف دیگر، با اعمال مدیریت در کنترل علف‌های هرز می‌توان توازن بین هزینه‌ها و درآمدها را به گونه‌ای برقرار نمود که بازده بیشتری را نسبت به وجین علف‌های هرز در کل دوره رویش به دست آورد.

علاوه بر آن، رتبه‌بندی بازده ناخالص اقتصادی نشان می‌دهد که تیمارهای استفاده از علفکش تریفلورالین همراه با وجین در هفته هشتم (T+H) و تیمار استفاده از شعله‌افکن در مرحله ۴۰ سانتی‌متری ارتفاع بوته پنبه (F_{40})، به ترتیب رتبه‌های اول و دوم را بین تیمارهای مورد مطالعه به خود اختصاص داده‌اند.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که استفاده از شعله‌افکن با درنظر گرفتن ملاحظات آسیب به گیاه و دقت لازم در هنگام استفاده از این وسیله، می‌تواند به عنوان یک روش مناسب در کنترل علف‌های هرز مزارع پنبه به کار رود. نتایج نشان داد که استفاده از شعله‌افکن در مرحله ۲۰ سانتی‌متری ارتفاع بوته پنبه (F_{20})، درصد کنترل علف‌های هرز بالاتری به دلیل کوچک بودن این علف‌ها داشت؛ اما به دلیل رشد مجدد علف‌های هرز در طول دوره رشد و آسیب به بوته‌های پنبه در اثر استفاده از شعله‌افکن و عدم توانایی بازیافت بوته‌ها در رقابت با علف‌های هرز، بیشترین وزن خشک علف‌های هرز در بین تیمارهای استفاده از شعله‌افکن را به خود اختصاص داد. داده‌های به دست آمده از درصد کنترل و وزن خشک علف‌های هرز در استفاده از شعله‌افکن در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری بوته‌های پنبه (F_{40})، و استفاده از شعله‌افکن در ارتفاع ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متری بوته‌های پنبه ($F_{20}+F_{40}$)، نشان داد که کاربرد شعله‌افکن در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری نسبت به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری موثرتر است. تیمار استفاده از شعله‌افکن در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری بوته‌ها (F_{40})، عملکرد وش پنبه بیشتری نسبت به تیمار استفاده از تریفلورالین به همراه شعله‌افکن در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری بوته‌ها ($T+F_{40}$)، داشت. بر اساس محاسبات اقتصادی، در صورت عدم وجود محدودیت در استفاده از علفکش (نادیده گرفتن ملاحظات زیست محیطی)، استفاده از علفکش همراه با وجین، مناسبترین شیوه از نظر اقتصادی است. اما چنانچه به دلایل زیست محیطی، استفاده از علفکش‌ها محدود گردد، استفاده از شعله‌افکن در مرحله ۴۰ سانتی‌متری ارتفاع بوته پنبه، مناسبترین شیوه کنترل علف‌های هرز مزارع پنبه از نظر اقتصادی خواهد بود. بر اساس محاسبات اقتصادی، در صورت عدم وجود محدودیت در استفاده از علفکش (نادیده گرفتن ملاحظات زیست محیطی)، استفاده از علفکش همراه با وجین، مناسب‌ترین شیوه از نظر اقتصادی است. اما چنانچه به دلایل زیست محیطی، استفاده از علفکش‌ها محدود گردد، استفاده از شعله‌افکن در مرحله ۴۰ سانتی‌متری ارتفاع بوته پنبه، مناسب‌ترین شیوه کنترل علف‌های هرز مزارع پنبه از نظر اقتصادی خواهد بود.

منابع

Abbaspoor, M., Chitband, A.A., Rajabzadeh, M., and Ganjimoghadam, E. 2013. Non-chemical methods of weed control in pistachio (Pistachio vera) garden in Feyzabad region. Iranian Plant Protection Research, 27(2): 222-230. (in Persian with English abstract).

Afshar, H., and Mehrabadi, H.R. 2003. Investigation of different method of alternate furrow irrigation on water use and cotton responses. Final report, Agricultural Engineering Research Institute Press, Karaj, Iran. (In Persian with English abstract).

Avishek, D., Stepanovic, S., Neilson, B., Bruening, C., Gogos, G., and Knezevic, S. 2012. Effect of flaming and cultivation on weed control and yield in maize and soybean. Pp. 61-66. *In*: Proceedings 1st International Conference on Robotics and Associated High-Technologies and Equipment For Agriculture. Applications of Automated Systems and Robotics for Crop Protection in Sustainable Precision Agriculture, 19-21 Sep., Pisa, Italy.

Babaei, S., Ahmadi, S., Amanollahi, S.H., Tahmasebi, I. 2022. Efficiency of chemical and non-chemical weed control approaches in strawberry (*Fragaria ananassa*) fields in Kurdistan. Iranian Journal of Weed Science, 18(1): 11-22. (in Persian with English abstract).

Bagherabadi, H., Armin, M., and Filehkesh, E. 2019. The effect of planting date on yield and yield components of cotton under common cultivation conditions and cultivation with very short row spacing. Iranian Journal of Cotton Researches, 7(1): 1-14. (In Persian with English abstract).

Dress, A., and Balah, M.A. 2016. Using flame for weed control in some crops. Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering, 7(10): 751- 756.

Ghorbani, R., Koocheki, A., Hosseini, A., Jahani, M., Asadi, Gh., Aghel, H., and Mohammadabadi, A.A. 2010. Effects of planting date, time and methods of weed control on weed density and biomass in cumin fields. Iranian Journal of Field Crops Research, 8(1): 120-127. (In Persian with English abstract).

Gursoy, S., and Ozaslan, C. 2021. Evaluating the Performance of Rotary and Tine Inter-Row Cultivators at Different Working Speeds. Journal of Agricultural Science and Technology, 23(6): 1255-1267.

James B., Atcha-Ahowe, C., Godonou, I., Baimey, H., Goergen, H., Sikirou, R., and Toko, M. 2002. Integrated crop and pest management guidelines for commercial vegetable production. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Nigeria, 120 pp.

Kang, W.S. 2001. Development of a flame weeder. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 44: 1065-1070.

Knezevic, S.Z., Stepanovic, S., Datta, A., Nedeljkovic, D., and Tursun, N. 2013. Soybean yield and yield components as influenced by the single and repeated flaming. Crop Protection, 50: 1-5.

Loni, R., and Loghavi, M. 2014. Development and evaluation of a gas flamer with the ability of targeted- discrete flaming in locating and eradicating weeds. Journal of Agricultural Machinery, 4(1): 88-97. (in Persian with English abstract).

Loni, R., Loghavi, M., and Jafari, A. 2014. Design, development and evaluation of targeted discrete-flame weeding for inter-row weed control using machine vision. American Journal of Agricultural Science and Technology, 2(1): 17-30.

Mehrabadi, H.R. 2016. Effect of different planting dates and methods on quantity and quality traits of Varamin cotton cultivar. Journal of Crop Production and Processing, 7 (2): 61-72. (in Persian with English abstract).

Mohammadi, S., and Baghestani, M.A. 2014. Integrated weed management effects on the growth characteristics and yield of cotton (Gossypium hirsutum). Iranian Journal of Cotton Researches, 1(2): 93-104. (in Persian with English abstract).

Mutch, D.R., Simmons, J., Monroe, J., and Vogel, G. 2005. Some helpful tips on flaming weed sin corn and soybeans. The New Agricultural Network, 3(2): 86-93.

Najjar, H., Saeidnia, F., Taherian, M., and Mehrabadi, H.R. 2023. Evaluation of the effect of planting date on yield and yield components of new cotton cultivars in Kashmar region. Iranian Journal of Cotton Researches, 11 (2): 37-52. (in Persian with English abstract).

Peruzzi, A., Ginanni, M., Fontanelli, M., Raffaelli, M., and Barberi, P. 2007. Innovative strategies for on-farm weed management in organic carrot. Renewable Agriculture and Food Systems, 22(4): 246-259.

Raoofi, M., Giti, S., Mahzari, S., Golmohammadi, M.J. Non-chemical integrated weed management to control brome chess (*Bromus danthoniae Trin*) according to the time of cutting and application of flamer. 2015. Pp. 679-683. *In*: Proceedings 6th Confrence on Weed Sciences, 1-3 Sep., Birjand, Iran. (in Persian with English abstract)

Remesan, R., Roopesh, M.S., Remya, N., and Preman, P.S. 2007. Wet land paddy weeding-a comprehensive comparative study from South India. Agricultural Engineering International: the CIGRE journal. 9: 1-21.

Rifai, M.N., Miller, J., Gadus, J., Otepka, P., and Kosik, L. 2003. Comparison of infrared, flame and steam units for their use in plant protection. Agricultural Engineering Research, 49(2): 65-73.

Saglam, C., and Kiran, T. 2010. Comparison of flame weeding with other methods in vineyard weed control. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 6(3): 130-136.

Salami, H., Atri, A.R. and Rahimiyan Mashadi, H. 2001. Determination of the critical period of weed control in cotton fields. Journal of Applied Entomology and Phytopathology, 73: 47-60. (in Persian with English abstract).

Salimi, H., and Samavat, S. 2012. Effect of flaming on wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) soil seed bank, soil micro organisms and physicochemical characteristics. Journal of Agroecology, 3(4): 468-475. (in Persian with English abstract).

Samavatian, M., Barzali, M., and Rafiei Kerh Roodi, Z. 2018. Evaluation of treflan application manner on weeds control under different tillage methods in cotton cultivation (Gossypium hirsutum L.). Iranian Journal of Cotton Researches, 5(2): 53-74. (in Persian with English abstract).

Shimi, P. 2001. Physico- chemical control of weeds in oilseed rape with special reference to the control of *Sinapis arvensis* L. Final research report, Plant Pathology Research Institute of Iran. (In Persian with English abstract).

Sniauka, P., and Pocius, A. 2008. Thermal weed control in strawberry. Agronomy Research, 6: 359-366.

Stepanovic, S., Datta, A., Neilson, B., Bruening, C., Shapiro, C., Gogos, G., and Knezevic, S.Z. 2016. The effectiveness of flame weeding and cultivation on weed control, yield and yield components of organic soybean as influenced by manure application. Renewable Agriculture and Food Systems, 31(4): 288-299.

Ulloa, S.M., Datta, A., Bruening, C., Gogos, G., Arkebauer, T.J., and Knezevic, S.Z. 2012. Weed control and crop tolerance to propane flaming as influenced by the time of day. Crop Protection, 31(1): 1-7.

Ulloa, S.M., Datta, A., Bruening, C., Neilson, B., Miller, J., Gogos, G., and Knezevic, S.Z. 2011. Maize response to broadcast flaming at different growth stages: effects on growth, yield and yield components. European Journal of Agronomy, 34(1): 10-19.

White, S.N., and Boyd, N.S. 2016. Effect of dry heat, direct flame, and straw burning on seed germination of weed species found in lowbush blueberry fields. Weed Technology, 30(1), 263-270.

Wszelaki, A.L., Doohan, D.J., and Athanasios, A. 2007. Weed control and crop quality in cabbage (Brassica oleracea) and tomato (Lycopersicon lycopersicum) using a propane flamer. Crop Protection, 26(2): 134-144.

Zand, E., Koocheki, A. Rahimiyan Mashadi, H. Deyhim-Fard, R., Soofizadeh, S., and Nassiri Mahallati, S.M. 2004. Studies on some ecophysiological traits associated with competitiveness of old and new Iranian bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars against wild oat (*Avena ludoviciana* L.). Journal of Iranian Field Crop Research, 2: 160-175. (in Persian with English abstract).