Iranian Journal of Cotton Researches
ISSN: 2345-5306

Technical and economical effect of in-row cultivator machine in controlling weeds in cotton fields

Mohammad-Ali Behaeen[1*], Dadgar Mohammadi[2]

[1]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, Email: ali_behaeen@yahoo.com

[2]Faculty member at Economic, Social and Extension Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Rerearch, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received:
Accepted

Keywords:
Mechanical control
soiling of plant
sweep
cotton yield

ABSTRACT

Background and objectives: The use of mechanical methods of weed control with suitable cultivators increases yield, reduces labor costs, and ultimately increases income in cotton fields. In this research, the construction and evaluation of the in-row cultivator machine (controlling weeds between and within the rows) and its comparison with the common method of weed control with sweep cultivator and chemical control method in cotton planting was investigated.

Materials and methods: The experiment was conducted as randomized complete block design (RCBD) with eight treatments and three replications at Darab Agricultural Research Station in Fars province. Test treatments were using in-row cultivator and trifluralin herbicide before planting (T_1), sweep cultivator and trifluralin herbicide before planting (T_2), in-row cultivator and trifluralin herbicide afte planting (T_3), sweep cultivator and trifluralin herbicide after planting (T_4), in-row cultivator (T_5), envok herbicide (T_6), full-season control of weeds (T_7) and no weed control (T_8). The cotton planting operation was done with Golestan seeds and in the amount of 20 kg/ha with a pneumatic planter. The consumption rate of trifluralin and envok herbicides was considered 2.5 lit/ha and 15 gr/ha, respectively. The parameters of weed control, soiling of plant, yield and yield components were measured and economical evaluation was done.

Results: Maximum weed control was obtained using in-row cultivator and trifluralin herbicide before planting with 92.78. This treatment did not have a significant difference with the full-season control of cotton weeds by worker. The use of sweep cultivator increased the soiling of plant by 67.4%. The results also showed that the use of trifluralin herbicide before planting had a higher cotton yield than the use of this herbicide after planting along with the use of in-row cultivator. The economical analysis also showed that the gross margin of using the in-row cultivator is about 67% compared to

the conventional cultivator (sweep cultivator).

Conclusion: According to the results obtained in this experiment, the efficiency of using the in-row cultivator compared to the sweep cultivator was observed. The results of this research showed that mechanical and chemical control of weeds in cotton is an effective method. The use of in-row cultivator is a new method in controlling weeds in cotton fields compared to the use of sweep cultivator (conventional method) in both technical and economical section. In row weed control with in-row cultivator have the advantage of reducing labor and the traffic of tractors and agricultural machines, as well as increasing the yield of cotton, and it is recommended for cotton-growing areas of the country with row planting.

Cite this article: Behaeen, M.A., Mohammadi, D. (2022). Technical and economical effect of in-row cultivator machine in controlling weeds in cotton fields. *Iranian Journal Cotton Researches*, 11 (1), 13-34.

© The Author(s).
DOI: 10.22092/ijcr.2023.361531.1192
Publisher: Cotton Research Institute of Iran

مجله پژوهش‌های پنبه ایران

شاپا: ۲۳۴۵-۵۳۰۶

اثر فنی و اقتصادی ماشین کولتیواتور درون ردیفی در کنترل علف‌های هرز مزارع پنبه

ساخت و ارزیابی فنی و اقتصادی ماشین کولتیواتور درون ردیفی در کنترل علف‌های هرز مزارع پنبه

محمدعلی به‌آئین[1*]، دادگر محمدی[2]

[1] 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، رایانامه: ali_behaeen@yahoo.com

[2] مربی بخش 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:
تاریخ پذیرش:

واژه‌های کلیدی:
کنترل مکانیکی
خاک‌دهی پای بوته
پنجه غازی
عملکرد وش

چکیده

سابقه و هدف: استفاده مناسب از روش‌های مکانیکی کنترل علف‌های هرز با استفاده از کولتیواتورهای مناسب در زراعت پنبه، افزایش عملکرد، کاهش هزینه‌های کارگری و در نهایت افزایش درآمد را به دنبال دارد. در این تحقیق ساخت و ارزیابی ماشین کولتیواتور درون ردیفی (انجام توام کنترل علف‌های هرز بین و درون ردیف‌ها) در کاشت پنبه و مقایسه آن با روش مرسوم کنترل علف‌های هرز با کولتیواتور پنجه‌غازی و روش کنترل شیمیایی بررسی گردید.

مواد و روش‌ها: آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی داراب استان فارس با هشت تیمار و سه تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. تیمارهای آزمایش، استفاده از کولتیواتور درون ردیفی و علف‌کش تریفلورالین قبل از کاشت (T_1)، کولتیواتور پنجه‌غازی + علف‌کش تریفلورالین قبل از کاشت (T_2)، کولتیواتور درون ردیفی و علف‌کش تریفلورالین بعد از کاشت (T_3)، کولتیواتور پنجه‌غازی + علف‌کش تریفلورالین بعد از کاشت (T_4)، کولتیواتور درون ردیفی (T_5)، علف‌کش انووک (T_6)، کنترل تمام فصل علف‌های هرز (T_7) و عدم کنترل علف‌های هرز (T_8) بود. عملیات کاشت پنبه با بذر گلستان و به مقدار ۲۰ کیلوگرم بر هکتار با ردیف‌کار پنوماتیک انجام شد. میزان مصرف علف‌کش تریفلورالین و انووک به ترتیب ۲/۵ لیتر بر هکتار و ۱۵ گرم بر هکتار در نظر گرفته شد. پارامترهای کنترل علف‌های هرز، خاک‌دهی پای بوته، عملکرد و اجزاء عملکرد اندازه‌گیری و ارزیابی اقتصادی انجام شد.

یافته‌ها: حداکثر کنترل علف‌های هرز در استفاده از کولتیواتور درون ردیفی و علف‌کش تریفلورالین قبل از کاشت با ۹۲/۷۸ درصد به دست آمد. این تیمار تفاوت معنی‌داری را با کنترل تمام فصل علف‌های هرز پنبه به وسیله کارگر نداشت. استفاده از کولتیواتور پنجه‌غازی موجب افزایش خاک‌دهی پای بوته‌های پنبه به میزان ۶۷/۴ درصد گردید. نتایج همچنین نشان داد که استفاده از علف‌کش تریفلورالین قبل از کاشت، عملکرد وش بیشتری را نسبت به استفاده از این علف‌کش بعد از کاشت به همراه استفاده از کولتیواتور درون ردیفی دارد. تجزیه و تحلیل اقتصادی نیز نشان داد که بازده برنامه‌ای استفاده از کولتیواتور درون ردیفی در مقایسه با کولتیواتور پنجه‌غازی در حدود ۶۷ درصد است.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به دست آمده در این آزمایش، کارآیی استفاده از کولتیواتور درون ردیفی نسبت به کولتیواتور پنجه‌غازی مشاهده گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که کنترل مکانیکی و شیمیایی علف‌های هرز در پنبه، روشی موثر است. استفاده از کولتیواتور درون ردیفی، روشی جدید در کنترل علف‌های هرز مزارع پنبه نسبت به روش استفاده از کولتیواتور پنجه‌غازی (روش مرسوم) در هر دو زمینه فنی و اقتصادی است. کنترل علف‌های هرز درون ردیف با کولتیواتور درون ردیفی، مزیت کاهش کارگر و تردد تراکتور و ماشین‌های کشاورزی و نیز افزایش عملکرد پنبه را به دنبال داشته و برای مناطق پنبه خیز کشور با کاشت ردیفی قابل توصیه است.

استناد: به‌آئین، محمدعلی؛ محمدی، دادگر. (۱۴۰۲). اثر فنی و اقتصادی ماشین کولتیواتور درون ردیفی در کنترل علف‌های هرز مزارع پنبه ساخت و ارزیابی فنی و اقتصادی ماشین کولتیواتور درون ردیفی در کنترل علف‌های هرز مزارع پنبه. *مجله پژوهش‌های پنبه ایران*، ۱۱ (۱)، ۳۴-۱۳.

DOI: 10.22092/ijcr.2023.361531.1192

ناشر: موسسه تحقیقات پنبه کشور

© نویسندگان.

مقدمه

گیاه پنبه، به دلیل نقش آن در اشتغال کشاورزی و توسعه صنعتی، از کالاهای مهم در اقتصاد کشورهای جهان به شمار می‌رود. این گیاه در اولویت اول، برای تولید الیاف کشت می‌شود. کنترل علف‌های هرز در پنبه، افزایش عملکرد، افزایش کیفیت الیاف و کاهش هزینه‌های تولید را به دنبال دارد (ساتیش کومار و همکاران، ۲۰۲۰). نتایج نشان می‌دهد که اگر در ۳ تا ۶ هفته اول کاشت، علف‌های هرز کنترل نشوند، ممکن است حدود ۷۶ درصد کاهش در عملکرد محصول مشاهده شود (غاردی و همکاران، ۲۰۱۸؛ علی و همکاران، ۲۰۱۳). یکی از عواملی که درآمد کشاورزان پنبه‌کار را تحت تاثیر جدی قرار می دهد، هزینه تعداد کارگران زیادی است که به منظور عملیات دفع علف‌های هرز به خصوص درون ردیف محصول در مزارع به کار گرفته می‌شوند (۱۵-۱۰٪ هزینه تولید). در مناطق کاشت پنبه استان فارس و به خصوص در شهرستان داراب، کنترل علف‌های هرز درون ردیف به صورت دستی و به وسیله کارگر انجام می‌شود (به‌آئین و همکاران، ۲۰۱۸). کنترل مکانیکی، شیمیایی و بیولوژیکی سه روش کنترل علف‌های هرز هستند (داتا و همکاران، ۲۰۱۷؛ شرینیواسا و کومار، ۲۰۱۷). کنترل شیمیایی علف‌های هرز به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ اما به شدت سلامت محصول و محیط را به خطر می‌اندازد (چاندل و همکاران، ۲۰۲۱؛ تواری، ۲۰۱۴). در این میان، وجین مکانیکی به شکل دستی یا ماشینی موثرترین روش مبارزه با علف‌های هرزدر زراعت دیم و آبی است. در کشت‌های ردیفی و از جمله پنبه، اگر چه علف‌های هرز بین ردیف‌ها به وسیله انواع تیغه‌های کولتیواتور (هلالی، پنجه‌غازی و دوار) کنترل می‌شوند، ولی علف‌های هرز روی ردیف محصول باقی مانده و تاثیر زیادی روی کاهش عملکرد دارند (به‌آئین وهمکاران، ۲۰۱۸؛ پاناکسی و همکاران ۲۰۱۷؛ پاناکسی و تی، ۲۰۱۴؛ ملاندر و همکاران، ۲۰۱۲). تعدادی از محققان بر این عقیده‌اند که مشکل اصلی، کنترل علف‌های هرزی است که روی ردیف محصول اصلی وجود دارد (راجا و همکاران، ۲۰۲۰؛ ملاندر و همکاران، ۲۰۱۵؛ پاناکسی و تی، ۲۰۱۴؛ پروزی، ۲۰۰۵؛ آسکارد و فوگلبرگ، ۲۰۰۲). علاوه بر علف‌های هرز بین ردیف‌های کاشت، علف‌های هرز روی ردیف نیز بر کاهش عملکرد در حدود ۷۶-۱۸ درصد تاثیر دارند و بنابراین کنترل آن‌ها ضروری است (آلبا و همکاران، ۲۰۲۰؛ غاردی و همکاران، ۲۰۱۸؛ چاندل و همکاران، ۲۰۱۵). بررسی‌های پاناکسی و تی (۲۰۱۴) نشان داد که در کنترل علف‌های هرز ذرت، آفتابگردان و سویا، حذف علف‌های هرز درون ردیف و نیز وجین بین ردیف‌های کاشت به وسیله ماشین، ۹۹ درصد از علف‌های هرز را کنترل نمود. البته در این روش از ۵۰ درصد مقدار علف‌کش‌های رایج استفاده گردید. تحقیقات پاناکسی و همکاران (۲۰۱۷)، نشان داد که ترکیب توام تیغه‌های انگشتی، غلتان و دندانه‌ای به همراه کنترل علف‌های هرز درون ردیف، یک روش موثر در کنترل علف‌های هرز اکثر محصولات می‌باشد. یافته‌های بعضی از محققان نشان می‌دهد که به منظور کاهش خسارت به گیاه اصلی در روش کنترل علف‌های هرز درون ردیفی، باید از چنگک‌های دندانه‌ای و در زمانی که گیاه اصلی به خوبی در زمین ریشه‌دار شده است، استفاده کرد. چنگک‌های دندانه‌ای در علف‌های هرز پهن برگ موثر می‌باشند؛ این در حالی است که این ادوات تاثیر کمتری در گراس‌ها و بی تاثیر در علف‌های هرز چند ساله هستند (ملاندر و همکاران، ۲۰۱۲؛ لیختن‌هاهن و همکاران، ۲۰۰۵). کاربردهای جدیدی از کنترل مکانیکی علف‌های هرز برای دستیابی به محصولات ارگانیک و کاهش استفاده از ترکیبات شیمیایی آغاز شده است (پاناکسی و همکاران، ۲۰۱۷). کنترل مکانیکی علف‌های هرز به بافت خاک، رطوبت خاک، نوع و مرحله رشدی و مقاومت علف‌های هرز به ریشه‌کنی بستگی دارد (فوگلبرگ و داک گاستاوسون، ۱۹۹۹). ملاندر و همکاران (۲۰۱۵) بر این عقیده بودند که انتخاب نوع تیغه در روش مبارزه مکانیکی بین و درون ردیفی به عوامل بالا بستگی دارد. نتایج تحقیقات تایلت و همکاران (۲۰۰۸)، نشان داد که استفاده از یک تیغه

خاص به نام روبوکراپ،[1] ۸۷-۶۲ درصد از علف‌های هرز را در کولتیواتور بین و درون ردیفی در گیاه کلم کنترل کرد. همچنین استفاده از این تیغه، کنترل بهتری از علف‌های هرز را درون ردیف‌های کاشته شده محصولاتی مانند کرفس و کاهو نشان داد (فنیمر و همکاران، ۲۰۱۴). علی و همکاران (۲۰۱۳)، در تحقیقی روش‌های کنترل شیمیایی و مکانیکی در پنبه را در کاشت مسطح بررسی کردند. نتایج نشان داد که در روش کاشت مسطح، استفاده از علف‌کش پیش رویشی پندی‌متالین به مقدار ۲/۵ لیتر بر هکتار، کنترل مکانیکی با کولتیواتور و نیز کنترل دستی، بیش از ۹۱ درصد از علف‌های هرز را از بین برده و بیشترین عملکرد بذر و وش را به ترتیب به مقدار ۲۵۷۸ و ۳۶۱۳ کیلوگرم بر هکتار داشته است. علی و همکاران (۲۰۱۳) گزارش نمودند که در کاشت جوی و پشته‌ای پنبه، استفاده از علف‌کش پیش رویشی پندی‌متالین به مقدار ۲/۵ لیتر بر هکتار و استفاده از کنترل مکانیکی با کولتیواتور ۳۰ روز پس از کاشت، ۹۷ درصد علف-های هرز باریک و پهن برگ را کنترل و بیشترین مقدار بذر را تولید نمود. در روش کاشت جوی و پشته‌ای پنبه، نسبت به کاشت مسطح، کنترل دستی علف‌های هرز حذف گردید. نوع کولتیواتور به کار رفته برای کنترل علف‌های هرز بین ردیفی (درون جوی‌های آبیاری)، در مبارزه مکانیکی مهم می‌باشد. مالارکودی (۲۰۱۷)، گزارش نمود که استفاده از توان یک روتیواتور به همراه استفاده از علف‌کش پیش رویشی پندی‌متالین، ۴۰ روز پس از کاشت، بیشترین عملکرد و درآمد را در گیاه پنبه ایجاد کرد. وی معتقد بود که در صورت کنترل علف‌های هرز در زمان مناسب، روش کنترل تلفیقی به اندازه روش کنترل مکانیکی موثر است. چندین فناوری مکانیکی برای وجین بین ردیفی مانند کولتیواتورها، وجین‌کن‌های دوار، وجین‌کن‌های برسی و دیسک‌های دوار وجود دارند؛ در حالی که سیستم‌های کنترل علف‌های هرز روی ردیف، محدود می‌باشند (ملاندر و همکاران، ۲۰۱۸؛ پاناکسی و تی، ۲۰۱۴). نمونه‌هایی از این ادوات برای کنترل علف‌های هرز درون ردیف، وجین‌کن‌های انگشتی (پاناکسی و همکاران، ۲۰۱۷) و دیسک‌های دندانه‌دار قابل انعطاف (وید و همکاران، ۲۰۰۸)، می‌باشند. وجین‌کن‌های هوشمند برای کنترل علف‌های هرز درون ردیف‌های کاشت محصول نیز معرفی شده‌اند. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که کارایی استفاده از آن‌ها بیشتر از ادوات مکانیکی غیر هوشمند در کنترل علف‌های هرز درون ردیف نیست. علاوه بر این استفاده از ادوات هوشمند به هزینه‌های اضافی برای حسگرها، رایانه‌ها و سیستم‌های کنترل دارند (ملاندر و همکاران، ۲۰۱۵، پرزرایز و همکاران، ۲۰۱۴). ماریو و همکاران (۲۰۰۲)، طی انجام تحقیقی به مطالعه کنترل علف‌های هرز به صورت مکانیکی به وسیله دو نوع کولتیواتور در محصول لوبیا پرداختند. از کولتیواتورهای توام (کنترل علف‌های هرز درون جوی و روی ردیف کاشت) و کولتیواتور دوار به همراه کنترل شیمیایی به منظور کنترل مکانیکی علف‌های هرز استفاده گردید. پس از دو سال آزمایش، تیمارهای کنترل مکانیکی و تلفیقی (کنترل مکانیکی و شیمیایی) از نظر کنترل علف‌های هرز مشابه بودند. بلایز و رویندران (۲۰۰۳)، تأثیر چند روش خاک‌ورزی به همراه استفاده از علف‌کش و کولتیواتورزنی روی ردیف را در پنبه مورد بررسی قرار دادند. سامانه‌های خاک‌ورزی شامل کم خاک‌ورزی (دو بار خاک‌ورزی روی ردیف) و روش بی خاک‌ورزی روی ردیف بود. خاک‌ورزی مرسوم به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. از نظر میزان محصول در سه سال اول آزمایش میزان محصول در دو روش کم خاک‌ورزی بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم بود. مقایسه روش‌های مذکور به همراه استفاده از علف‌کش به صورت پیش کاشت نشان داد که دو بار خاک‌ورزی روی ردیف و یک بار استفاده از چنگه، یا دو بار کولتیواتورزنی روی ردیف می‌تواند علف‌های هرز را به خوبی کنترل کند. دبورا (۲۰۰۴)، پنج نوع کولتیواتور را به منظور مقایسه کارایی و کنترل علف‌های هرز ذرت مورد بررسی قرار داد. سه نوع کولتیواتور شامل تیغه‌های دندانه میخی، دوار و انگشتی بودند. این کولیتواتورها با کولتیواتوری که تیغه‌های فنری آن روی ردیف‌های کاشت محصول

[1] Robocrop

کار می‌کردند، مقایسه گردید. نتایج حاکی از کاهش تعداد علف‌های هرز در تیمار استفاده از کولتیواتور توام بود. فرل و همکاران (۲۰۰۷)، در مورد کنترل علف‌های هرز سویا در ایالت فلوریدا طی انجام آزمایشی دریافتند که استفاده از علف‌کش به طور صحیح، در ابتدای رشد گیاه سویا موثر بوده و پس از آن به انجام عملیات مکانیکی نیاز است. آن‌ها گزارش نمودند که برای کنترل مطلوب علف‌های هرز، باید تیغه‌های کولتیواتور را طوری طراحی نمود که عملیات کنترل، علاوه بر درون جوی، بر روی ردیف‌ها و در عمق کافی روی ردیف، تا حدی که به ریشه‌ها آسیب نرسد، انجام پذیرد. وید و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقی گزارش نمودند که به وسیله آبیاری قبل از شخم و رویش علف‌های هرز و سپس عملیات خاک‌ورزی می‌توان مقداری از علف‌های هرز را کنترل نمود. آن‌ها بعد از این مرحله به وسیله عملیات مکانیکی و توسط تیغه‌های چنگه‌ای شکل، علف‌های هرز درون جوی و به وسیله تیغه‌های انگشتی علف‌های هرز روی ردیف‌ها را کنترل نمودند. نتایج تحقیق، کارآیی روش مکانیکی کنترل علف‌های هرز بین ردیف و روی ردیف و اعمال مدیریت فوق نسبت به روش شیمیایی را نشان داد. به‌آئین و همکاران (۲۰۱۸)، در آزمایشی به مقایسه انواع مختلف کولتیواتورهای هلالی، غلتان و پنجه‌غازی و ترکیب استفاده از آن‌ها در گیاه پنبه پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که استفاده از یک کولتیواتور خاص و حتی ترکیب استفاده از آن‌ها در زمان‌های جداگانه کارایی چندانی ندارد. آن‌ها پیشنهاد نمودند که ترکیب تیغه‌های کولتیواتور باید در یک ماشین به صورت توام (درون جوی و روی ردیف‌ها)، مورد استفاده قرار گیرد. در حال حاضر در کاشت پنبه، فقط کنترل علف‌های هرز بین ردیف‌های کاشت (درون جوی‌های آبیاری) به صورت مکانیکی انجام می‌شود و برای کنترل علف‌های هرز درون ردیف‌ها، از کنترل شیمیایی و سپس وجین دستی با کارگر استفاده می‌شود. انجام جداگانه کنترل علف‌های هرز به صورت بیان شده، نیاز به مصرف توان، زمان عملیاتی زیاد و هزینه دارد (کاربالیدو و همکاران، ۲۰۱۳). هدف از انجام این تحقیق، ساخت و ارزیابی یک ماشین کولتیواتور درون ردیفی برای کنترل مکانیکی توام علف‌های هرز روی ردیف و بین ردیف‌ها (درون جوی‌ها)، و مقایسه آن با روش‌های رایج کنترل مکانیکی (درون جوی) و شیمیایی علف‌های هرز در گیاه پنبه بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در اراضی زراعی ایستگاه تحقیقات حسن آباد شهرستان داراب انجام و جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، خاک مزرعه به آزمایشگاه خاک و آب ارسال و مقدار کود لازم براساس توصیه از منابع اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به ترتیب ۳۵۰، ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار تامین گردید. 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 p.p.m.	پتاسیم قابل جذب p.p.m.	سیلت (٪)	رس (٪)	شن (٪)	بافت خاک
۰-۱۵	۰/۵۲	۸/۰	۰/۵۲	۳/۷	۱۸۶	۴۲/۸	۱۹/۱	۳۶/۵	لومی
۰-۳۰	۰/۵۵	۸/۱	۰/۵۲	۳/۳	۱۸۲	۴۱/۲	۲۰/۱	۳۷/۹	لومی

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل ۸ تیمار و ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از:

۱- کولتیواتور درون ردیفی + علف‌کش تریفلورالین قبل از کاشت (T_1) ۲- کولتیواتور پنجه‌غازی + علف‌کش تریفلورالین قبل از کاشت (T_2) ۳- کولتیواتور درون ردیفی + علف‌کش تریفلورالین بعد از کاشت (T_3) ۴- کولتیواتور پنجه‌غازی + علف‌کش تریفلورالین بعد از کاشت (T_4) ۵- کولتیواتور درون ردیفی (T_5)

۶- علف‌کش انووک به میزان ۱۵ گرم بر هکتار (T_6)
۷- کنترل تمام فصل علف‌های هرز (شاهد) (T_7)
۸- عدم کنترل علف‌های هرز(شاهد) (T_8)

در این تحقیق، طول هر کرت آزمایش ۲۰ متر و تعداد ردیف‌ها ۴ خط کاشت به فاصله ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها ۲۰ سانتی‌متر بود. فاصله بین تیمارها، ۲ متر و فاصله بین تکرارها با توجه به نیاز تامین فضا جهت حرکت تراکتور، ۶ متر در نظر گرفته شد. عملیات کاشت پنبه با بذر گلستان و به مقدار ۲۰ کیلوگرم بر هکتار با ردیف‌کار پنوماتیک انجام شد. میزان مصرف علف‌کش تریفلورالین و انووک به ترتیب ۲/۵ لیتر بر هکتار و ۱۵ گرم بر هکتار در نظر گرفته شد. توزیع کود پس از توصیه آزمایشگاه خاک و آب در مورد کلیه کودها قبل از کاشت و توزیع کود ازت، پس از کاشت در دو نوبت ۶ برگی و مرحله غنچه‌زایی به صورت سرک به زمین اضافه گردید.

ماشین کولتیواتور مورد استفاده در زمین‌های کشاورزی و با نام کولتیواتور ردیفی،[1] دارای یک نوع تیغه و به طور عموم پنجه‌غازی بوده و در عملیات مکانیکی وجین بین ردیف‌ها، سله‌شکنی و خاک‌دادن پای بوته کاربرد دارد. در ماشین کولتیواتور درون ردیفی، علاوه بر کنترل علف‌های هرز بین ردیف‌ها (درون جوی‌های آبیاری)، علف‌های هرز درون ردیف نیز کنترل می‌شود. لازم به یادآوری است که این کولتیواتور، سایر مزایای کولتیواتور مرسوم را دارا می‌باشد.

ساخت ماشین کولتیواتور درون ردیفی: کولتیواتور درون ردیفی، دارای چهار نوع تیغه، ساخت شرکت تراشکده بوده که سه نوع آن (دوار، فنری وکاردی) برای کنترل علف‌های هرز درون ردیف و یک نوع آن (پنجه‌غازی)، برای کنترل علف‌های هرز بین ردیف‌ها (درون جوی‌ها) و ترمیم جوی و پشته‌ها استفاده می‌شود. ماشین مورد نظر، از یک شاسی با ابعاد ۲/۴۰ × ۲/۴۰ مترمربع با چرخ‌های قابل تنظیم به قطر ۲۵ سانتی‌متر که روی شاسی قرار دارد، تشکیل شده است. تیغه پنجه غازی با طول بال ۲۵ و ضخامت ۰/۵ سانتی‌متر بوده و زاویه دو بال تیغه‌های آن ۹۰ درجه می‌باشد. شاسی، طوری در نظر گرفته شده است که چهار ردیف تیغه دوار، فنری، کاردی و پنجه‌غازی به صورت چهار ردیف جداگانه روی شاسی قرار گیرند. تنظیم بازوهای روی شاسی و متصل به تیغه‌ها، به منظور کنترل عمق ماشین در هنگام عملیات کولتیواتورزنی، با بالا و پایین بردن بازوها و ثابت نمودن آن‌ها توسط پیچ صورت پذیرفت. عمق کار تیغه پنجه‌غازی، ۱۰-۸ و سه نوع تیغه دیگر ۵-۳ سانتی‌متر بود. سرعت پیشروی ماشین کولتیواتور درون ردیفی، ۶ کیلومتر بر ساعت در نظر گرفته شد.

عملکرد سه نوع تیغه برای کنترل علف‌های هرز درون ردیف عبارت بودند از:

تیغه دوار[2]: تیغه دیسک مانند دندانه‌داری به قطر ۳۲ سانتی‌متر، دارای ۱۰ دندانه به طول ۱۳، عرض ۱/۵ و ضخامت ۱۴ سانتی‌متر و زاویه ۱۵۰درجه نوک تیغه در هنگام برخورد به خاک است. این تیغه، جلوی همه تیغه‌ها قرار گرفته و خاک را از کنار بوته‌ها کنار زده و علاوه بر سست نمودن خاک، تعدادی از علف-های هرز نیز توسط این تیغه از بین می‌رود. همچنین این تیغه در به هم ریختگی و تهویه خاک نیز موثر است.

تیغه فنری[3]: این تیغه به طول ۱۰۰ سانتی‌متر و زاویه ۱۵۰ درجه در ۱۳ سانتی‌متری ابتدای تیغه و ضخامت ۱/۲ سانتی‌متر برای دایره فنر است و به صورت فنرهای پیچیده شده توسط فولاد ساخته شده که حالت انعطاف‌پذیر داشته و در موقع حرکت روی خاک، باعث می‌شود که علف‌های هرزی که روی زمین به حالت خوابیده قرار گرفته‌اند، بلند شده و به وسیله تیغه بعدی قطع شوند.

تیغه کاردی[4]: این تیغه‌های انحنادار، به طول ۲۵ و ضخامت ۰/۵ سانتی‌متر و زاویه ۱۶۵ درجه نسبت به بازوی قرارگیری ساخته شده و با لبه تیز خود،

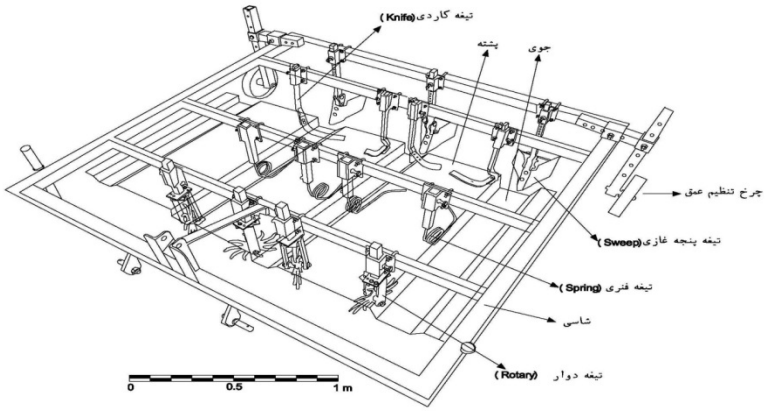
[1] Row crop cultivator

[2] Rotary
[3] Spring
[4] Knife

علف‌های هرزی را که به صورت ایستاده یا خوابیده قرار گرفته‌اند، قطع می‌نماید.

با توجه به اینکه پس از عملیات توسط کولتیواتور درون ردیفی، ردیف‌های پنبه شکل اولیه خود را از دست می‌دهند، از تیغه‌های پنجه‌غازی پس از تیغه‌های کاردی، درون جوی‌ها استفاده شده که خاک را از درون جوی، بر روی ردیف‌ها هدایت می‌نماید. این عمل علاوه بر کنترل علف‌های هرز درون جوی، در شکل‌دهی مجدد ردیف‌های کاشت و خاک‌دهی پای بوته‌ها موثر است.

شکل ۱- ماشین کولتیواتور درون ردیفی



شکل ۲- اجزاء کولتیواتور درون ردیفی

پارامترهای قابل اندازه‌گیری عبارت بود از:

شاخص کنترل علف‌های هرز: ابتدا پس از کاشت و قبل از انجام تیمار کولتیواتور، نسبت به شمارش تعداد علف‌های هرز در داخل هر جوی (فارو) در مورد کولتیواتور پنجه‌غازی و درون جوی و روی ردیف در مورد کولتیواتور درون ردیفی اقدام گردید. عمده علف‌های هرز مزرعه آزمایش تاج خروس[1] و خرفه[2] بود. برای این منظور از یک کادر ۰/۲۵ مترمربع (۰/۵ m × ۰/۵ m)، با چهار مرتبه کادراندازی در داخل هر کرت اقدام شد. سپس با اعمال تیمارهای کولتیواتور و شمارش مجدد تعداد علف‌های هرز باقی‌مانده (قطع نشده)، بلافاصله پس از عملیات کولتیواتورزنی، این شاخص طبق فرمول زیر محاسبه گردید.

$$F = \frac{N_P - N_E}{N_P} \times 100 \qquad (۱)$$

F = شاخص کنترل علف‌های هرز

[1] *Amaranthus lividus* L.
[2] *Portulaca oleracea* L.

N_P = تعداد علف‌های هرز داخل شیار در مورد کولتیواتور پنجه‌غازی و درون شیار و ردیف در مورد کولتیواتور درون ردیفی قبل از عملیات کولتیواتورزنی

N_E = تعداد علف‌های هرز باقی‌مانده در داخل شیار در مورد کولتیواتور ردیفی و درون جوی و ردیف در مورد کولتیواتور درون ردیفی بعد از عملیات کولتیواتورزنی (رمسان و همکاران، ۲۰۰۷).

شاخص خاک‌دهی پای بوته: به منظور ارزیابی کولتیواتورها جهت خاک‌دهی پای بوته‌های پنبه، ابتدا قبل از عملیات کولتیواتورزنی در ۳۰ نقطه هر کرت، عمق کف شیار تا محل پشته ردیف بوسیله خط کش اندازه‌گیری و میانگین این اعداد ثبت شد (عمق d_1). پس از عملیات کولتیواتورزنی نیز عمل فوق تکرار گردید (عمق d_2).

$$\text{درصد خاک‌دهی پای بوته} = \frac{d_2 - d_1}{d_1} \times ۱۰۰ \qquad (۲)$$

d_1 = میانگین عمق کف شیار تا پشته ردیف قبل از عملیات کولتیواتورزنی

d_2 = میانگین عمق کف شیار تا پشته ردیف بعد از عملیات کولتیواتورزنی

عملکرد و اجزاء عملکرد محصول: در پایان فصل، پس از حذف دو متر از بالا و پائین هر کرت، عملکرد وش و اجزاء عملکرد شامل تعداد غوزه در بوته و وزن غوزه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری اجزاء عملکرد، ۳۰ بوته از هر کرت انتخاب و میانگین تعداد غوزه در بوته و وزن هر غوزه با ترازوی دیجیتالی تعیین گردید.

ارزیابی اقتصادی: برای پیشنهاد اقتصادی‌ترین تیمار، که معیار مهمی برای کشاورز است، لازم است تا بهترین تیمار که بالاترین منفعت اقتصادی را دارد معرفی شود. جهت تحلیل اقتصادی تیمارها عوامل ایجادکننده تفاوت در هزینه و درآمد تیمارها شناسایی و مقادیر مرتبط با هریک اندازه‌گیری شد. عوامل ایجاد کننده تفاوت در هزینه‌ها شامل استفاده یا عدم استفاده از کولتیواتورها، استفاده یا عدم استفاده از علفکش‌ها و تعداد کارگر مورد نیاز برای کنترل دستی علف‌های هرز در کلیه تکرارها یادداشت‌برداری گردید. هزینه استفاده از کولتیواتور در هر هکتار و دستمزد نیروی کار مطابق با عرف منطقه در نظر گرفته شد. به منظور برآورد درآمد ناخالص، میزان عملکرد در هر یک از کرت‌ها اندازه‌گیری و درآمد هرکرت مطابق با قیمت رسمی پنبه محاسبه شد. پارامترهای اقتصادی شامل درآمد ناخالص، هزینه عملیات و سود ناخالص در هر تیمار محاسبه و تیماری که از نظر آماری بالاترین منفعت اقتصادی را داشت، معرفی شد. با استفاده از داده‌های آزمایش و با استفاده از روش تحلیل نهایی سود ناخالص نرخ بازده اقتصادی سرمایه‌گذاری هر یک از روش‌ها در کنترل علف‌های هرز در مقایسه با روش دیگر به دست آمد. در این روش تیمارهای آزمایش براساس میانگین سود ناخالص و از کمترین تا بیشترین مقدار هزینه ردیف و بر اساس آن منحنی سود ناخالص رسم شد (دیلان و هارداکر، ۲۰۱۹). با استفاده از این روش گزینه‌های غالب از گزینه غیر غالب تفکیک گردید. گزینه غیرغالب، گزینه‌ای است که نسبت به گزینه بالاتر خود دارای هزینه متغیر بیشتر یا برابر باشد. در مرحله بعد با استفاده از رابطه ۳، نرخ بازده نهایی سرمایه‌گذاری هر تیمار در مقایسه با تیمار قبل از آن محاسبه شد.

$$MRR = \frac{\Delta B_{ij}}{\Delta C_{ij}} \qquad (۳)$$

مقایسه نرخ بازده به دست آمده در هر مرحله با هزینه فرصت سرمایه‌گذاری سالانه، که معمولاً معادل با نرخ سود بانکی سپرده‌های یک ساله در نظر گرفته می‌شود، بیانگر حد نهایی سرمایه‌گذاری در مبارزه با علف‌های هرز با استفاده از تیمارهای این آزمایش است. یکی از شرط‌های پذیرش فن‌آوری‌های نوین توسط کشاورزان، پایین‌بودن ریسک آن است. در این تحقیق به منظور تحلیل ریسک پذیرش تیمارهای غالب از روش تحلیل حداقل بازدهی استفاده شد. با استفاده از این روش می‌توان ریسک نسبی صدمات احتمالی ناشی از تیمارها را ارزیابی کرد. اگر گزینه پیشنهادی به کشاورزان بر پایه تحلیل نهایی سود ناخالص با ریسک بیشتری نسبت به سایر تیمارها مواجه نباشد، درصد اطمینان به توصیه پیشنهادی

بیشتر خواهد بود. در این روش از اطلاعات سود ناخالص کلیه کرت‌های آزمایش استفاده و میانگین پایین‌ترین سود ناخالص کرت‌های هر تیمار، مبنای محاسبه بازده نهایی قرار گرفت. چنانچه تیمار پیشنهادی در حالت قبل در این شرایط نیز به عنوان تیمار برتر انتخاب گردد، می‌توان با اطمینان بالا آن را معرفی کرد؛ در غیراین‌صورت باید با مقایسه آن با سایر تیمارهای غالب، تیمار برتر را معرفی نمود.

نتایج و بحث

بررسی شاخص کنترل علف‌های هرز: کنترل علف‌های هرز به وسیله کولتیواتور، یکی از عملکردهای مهم این ماشین به شمار می‌رود. جدول ۲، درصد کنترل علف‌های هرز با استفاده از کولتیواتور درون ردیفی (با و بدون استفاده از علف‌کش) و پنجه‌غازی به همراه استفاده از علف‌کش را در مزرعه پنبه مورد آزمایش نشان می‌دهد.

جدول ۲ - مقایسه میانگین شاخص کنترل علف‌های هرز

پارامتر / تیمار	شاخص کنترل علف‌های هرز (درصد)
کولتیواتور درون ردیفی + تریفلورالین قبل از کاشت (T_1)	۹۲/۷۸±۳/۶۳ab
کولتیواتور پنجه‌غازی + تریفلورالین قبل از کاشت (T_2)	۸۶/۵۰±۵/۷۲ bc
کولتیواتور درون ردیفی + تریفلورالین بعد از کاشت (T_3)	۹۱/۸۰±۴/۷۷ ab
کولتیواتور پنجه‌غازی + تریفلورالین بعد از کاشت (T_4)	۷۹/۷۲±۸/۱۷ cd
کولتیواتور درون ردیفی (T_5)	۷۵/۸۳±۳/۰۸ cd
علف‌کش انووک (T_6)	۶۴/۵۰±۱۳/۶۲ e
کنترل تمام فصل علف‌های هرز (شاهد) (T_7)	۱۰۰±۰/۰۰ a
عدم کنترل علف‌های هرز (شاهد) (T_8)	۰±۰/۰۰ f

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

تیمارهای کنترل تمام فصل علف‌های هرز، کولتیواتور درون ردیفی + تریفلورالین قبل از کشت و استفاده از کولتیواتور درون ردیفی + تریفلورالین بعد از کشت به ترتیب با مقادیر ۱۰۰ ، ۹۲/۷۸ و ۹۱/۸۰ درصد، علف‌های هرز را کنترل نموده و از نظر آماری در یک کلاس قرار گرفته‌اند. مقایسه تیمارهایی که در آن‌ها علف‌کش تریفلورالین قبل از کاشت استفاده شده و نوع کولتیواتورهای آن‌ها با هم متفاوت است (T_1 و T_2)، نشان دهنده کنترل بیشتر علف‌های هرز توسط کولتیواتور درون ردیفی نسبت به کولتیواتور پنجه‌غازی است. کولتیواتور درون ردیفی با تیغه‌های خاص خود قادر است علف‌های هرز روی ردیف را تا نزدیکی گیاه اصلی از بین ببرد. این در حالی است که کولتیواتور پنجه‌غازی فقط درون جوی‌های آبیاری حرکت کرده و علف‌های هرز درون جوی‌ها را از بین می‌برد. نتایج تحقیقات سایر محققان نیز نشان داد که کنترل مکانیکی علف‌های هرز روی ردیف‌های کاشت به همراه علف‌های هرز درون جوی‌های آبیاری در گیاهانی مثل پنبه، ذرت و نخود موثرتر از کنترل علف‌های هرز به وسیله کولتیواتورهای مرسوم است (چندل و همکاران، ۲۰۲۱ و علی، ۲۰۱۳ b,c).

کارایی کولتیواتور درون ردیفی نسبت به کولتیواتور پنجه‌غازی در تیمارهای سوم و چهارم (T_3 و T_4) که از علف‌کش تریفلورالین بعد از کشت استفاده شده نیز قابل مشاهده است. موارد ذکر شده را می‌توان به استفاده از انواع تیغه‌ها در کولتیواتور درون ردیفی نیز مرتبط دانست. افضلی‌نیا و همکاران (۲۰۰۸)، طی آزمایشی در مورد انواع کولتیواتور در زراعت چغندرقند گزارش کردند که هیچ کدام از انواع کولتیواتورها به تنهایی نمی‌تواند تمام اهداف مورد نظر در استفاده از این ماشین را محقق سازد. بنابراین بایستی از ترکیبی از کولتیواتورها استفاده نمود. نتایج گزارش اخیر، استفاده از کولتیواتور درون ردیفی را که ترکیبی از تیغه‌ها را در خود دارد، تایید می‌کند. کاهش کنترل

علف‌های هرز در استفاده از کولتیواتور پنجه‌غازی و استفاده از علف‌کش تریفلورالین بعد از کاشت (۷۹/۷۲ درصد)، را می‌توان به نوع کاربرد این نوع علف‌کش، بعد از کاشت برشمرد. علف‌کش تریفلورالین در کنترل علف‌های هرز محصول پنبه به صورت پیش کاشت و مخلوط با خاک استفاده می‌شود. این علف‌کش در مقابل نور تجزیه شده و اگر بلافاصله بعد از کاشت با خاک مخلوط نشود، اثر خود را از دست می‌دهد. لازم به یادآوری است که این علف‌کش در صورت استفاده صحیح و کاشت بلافاصله بذر بعد از سمپاشی، تا هفته چهارم پس از کاشت در کنترل علف‌های هرز مؤثر است. پس از هفته چهارم در صورت وجود علف‌هرز بایستی به وسیله وجین دستی یا استفاده از انواع مختلف کولتیواتور علف‌های هرز کنترل شود (به آئین و همکاران، ۲۰۱۸).

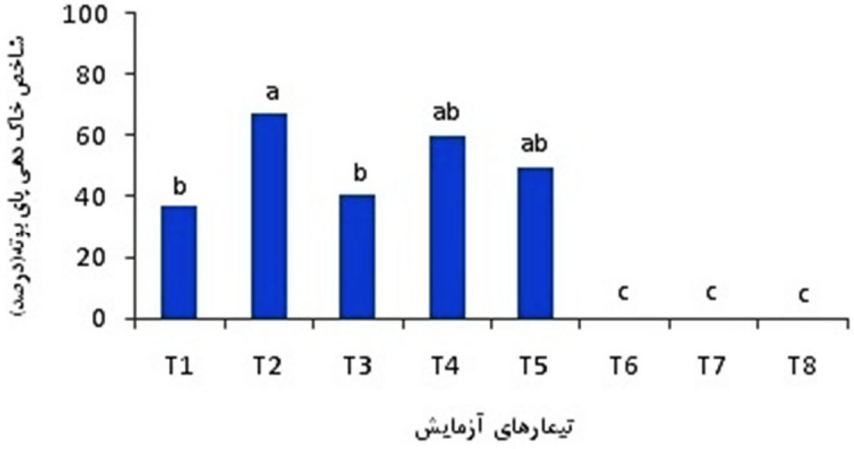
با توجه به کمبود ماشین‌های کاشت در مزارع عموم کشاورزان، فاصله یک تا دو روز بین انجام سمپاشی و کاشت پنبه به وسیله ردیف‌کار وقفه افتاده و بنابراین در این پروژه فرض بر این بود که انجام عملیات سمپاشی به وسیله علف‌کش تریفلورالین بعد از آبیاری دوم که رطوبت خاک نیز کافی است، انجام شود. مقایسه تیمارهای کولتیواتور پنجه‌غازی به همراه استفاده از علف‌کش تریفلورالین بعد از کاشت و استفاده از کولتیواتور درون ردیفی به تنهایی (T_4 و T_5)، در کنترل علف‌های هرز با ۷۹/۷۲ و ۷۵/۸۳ درصد و عدم اختلاف معنی‌دار را می‌توان به کنترل بهتر علف‌های هرز با کولتیواتور درون ردیفی و اثر کم استفاده از علف‌کش تریفلورالین بعد از کاشت مرتبط دانست. مقایسه دو تیمار T_1 و T_3 نیز نشان می‌دهد که اثر کولتیواتور درون ردیفی در کنترل علف‌های هرز قابل توجه می‌باشد. در دو تیمار یاد شده، استفاده از علف‌کش تریفلورالین قبل و بعد از کاشت به همراه استفاده از کولتیواتور درون ردیفی تفاوت اندکی را در کنترل علف‌های هرز نشان می‌دهد (۹۲/۷۸ و ۹۱/۸۰ درصد و عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد). ترکیب توام تیغه‌های غلتان و دندانه‌ای در کنترل علف‌های هرز روی ردیف‌های کاشت محصولات ردیفی توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (پاناکسی و همکاران، ۲۰۱۷). همچنین مقایسه دو تیمار استفاده از کولتیواتور پنجه‌غازی و استفاده از علف‌کش تریفلورالین، قبل و بعد از کاشت (T_2 و T_4)، نیز نشان می‌دهد که استفاده از علف‌کش قبل از کاشت با ۸۶/۵۰ درصد کنترل علف‌های هرز، اثر بیشتری نسبت به استفاده از علف‌کش بعد از کاشت با ۷۹/۷۲ درصد کنترل علف‌های هرز دارد.

شکل۳- مقایسه کنترل علف‌های هرز درکولتیواتور درون ردیفی با کولتیواتور پنجه‌غازی همراه با علف‌کش تریفلورالین

مقایسه دو تیمار استفاده از کولتیواتور درون ردیفی به تنهایی و تیمار استفاده از کولتیواتور پنجه‌غازی با علف‌کش تریفلورالین قبل از کاشت (T_5 و T_2)، به ترتیب با ۷۵/۸۳ و ۸۶/۵۰ درصد و عدم اختلاف معنی‌دار در کنترل علف‌های هرز، نشان می‌دهد که کولتیواتور درون ردیفی با توجه به کنترل

علف‌های هرز درون جوی و ردیف، می‌تواند کارایی مناسبی نسبت به کولتیواتور پنجه‌غازی به همراه استفاده از علف‌کش داشته باشد. کنترل موثرتر علف‌های هرز درون جوی و پشته‌های محصولات ردیفی با کولتیواتورهای درون ردیفی توسط تعدادی از محققان تایید شده است (پاناکسی، ۲۰۱۷؛ پاناکسی و تی، ۲۰۱۴؛ فرل و همکاران، ۲۰۰۷). کنترل علف‌های هرز در کولتیواتور درون ردیفی، درصد بیشتری (۷۵/۸۳ درصد کنترل علف‌های هرز) را نسبت به استفاده از علف‌کش انووک به تنهایی (۶۴/۵۰ درصد کنترل علف‌های هرز)، به خود اختصاص داده است. تحقیقات نشان داد در صورتی که یکی از روش‌های مکانیکی و شیمیایی به تنهایی در کنترل علف‌های هرز استفاده شود، روش مکانیکی موثرتر است (مالارکودی، ۲۰۱۷). نتایج بیان شده با نتایج تحقیق حاضر در کاربرد کولتیواتور درون ردیفی (T_5) و کنترل شیمیایی به وسیله علف‌کش انووک (T_6) مطابقت دارد. با توجه به این که علف‌کش انووک در مرحله ۵ تا ۷ برگی گیاه پنبه استفاده می‌شود، کارایی کاربرد کولتیواتور درون ردیفی نسبت به این علف‌کش قابل تایید است. کاربرد علف‌کش انووک در مقایسه با تیمارهایی که در آن‌ها از هر دو نوع کولتیواتور مختلف استفاده شده، نشان می‌دهد که در کنترل علف‌های هرز گیاه پنبه استفاده صرف از مبارزه مکانیکی و شیمیایی به تنهایی مؤثر نبوده و باید از مبارزه تلفیقی استفاده نمود. نتایج تحقیقات سایر محققان در مورد پنبه نیز کنترل تلفیقی مکانیکی و شیمیایی علف‌های هرز را تایید نموده است (علی، b,c ۲۰۱۳). با توجه به اینکه هزینه وجین دستی علف‌های هرز به وسیله کارگر، مقدار زیادی از هزینه‌های تولید را شامل می‌شود (کاربالیدو و همکاران، ۲۰۱۳)، استفاده از کولتیواتورهایی که بتواند کارایی کنترل علف‌های هرز را بالا برده و در نهایت به افزایش محصول منجر شود، ضروری به نظر می‌رسد. مورد اخیر از مقایسه تیمارهای کنترل تمام فصل علف‌های هرز (T_7)، و کولتیواتور درون ردیفی به همراه استفاده از علف‌کش تریفلورالین قبل از کاشت (T_1)، و عدم اختلاف معنی-دار این دو تیمار مشهود است.

بررسی شاخص خاک دهی پای بوته: خاک‌دهی پای بوته در محصولات ردیفی باعث افزایش رشد گیاه و عملکرد محصول می‌شود. در شکل ۴ مقایسه میانگین‌های این شاخص نشان داده شده است.



شکل ۴ - مقایسه میانگین شاخص خاک‌دهی پای بوته

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

شاخص خاک‌دهی پای بوته فقط در تیمارهای استفاده از کولتیواتور محاسبه شد و مقدار این شاخص در سایر تیمارها صفر بود. بررسی این شاخص نشان داد که بیشترین میزان خاک‌دهی پای بوته مربوط به استفاده از کولتیواتور پنجه‌غازی در تیمارهای T_2 و T_4 با مقادیر ۶۷/۴ و ۶۰/۳ می‌باشد . این شاخص در

ارتباط با تیمارهایی که در آن‌ها از کولتیواتور درون ردیفی استفاده شده بود (تیمارهای T_1 و T_3)، مقدار کمتری را به خود اختصاص داد؛ هر چند که اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد در استفاده از کولتیواتور درون ردیفی و پنجه‌غازی در بعضی از تیمارها مشاهده نگردید. کولتیواتور پنجه‌غازی پس از کنترل علف‌های هرز، مقداری خاک در پای بوته‌ها می‌دهد. در ارتباط با کولتیواتور درون ردیفی، تیغه‌های دوار باعث سست‌شدن، به هم ریختگی و از بین رفتن شکل ردیف‌ها شده و مقداری از خاک روی ردیف‌ها به دلایل ذکر شده، درون جوی‌ها می‌ریزد. تیغه آخر این ماشین که از نوع پنجه‌غازی می‌باشد، درون جوی حرکت کرده و علاوه بر کنترل علف‌های هرز درون جوی، با کندن خاک‌های معمول درون جوی، مقداری از خاک‌های ریخته شده از روی ردیف‌ها به درون جوی را نیز به روی ردیف‌ها هدایت کرده و باعث شکل‌دهی مجدد ردیف‌ها می گردد. بنابراین تیغه‌های پنجه‌غازی کولتیواتور درون ردیفی باید حجم بیشتری از خاک را جابجا کرده که به بیش باری این تیغه‌ها منجر می‌شود. از طرف دیگر، خاکی که توسط تیغه‌های جلویی کولتیواتور درون ردیفی به درون جوی‌ها ریخته می‌شود، سست بوده و مقداری از آن پس از عملیات تیغه پنجه‌غازی در کولتیواتور درون ردیفی که درون جوی حرکت می‌کند، دوباره به درون جوی باز می‌گردد. دلایل فوق از علل کمتر شدن این شاخص در کولتیواتور درون ردیفی نسبت به کولتیواتور پنجه‌غازی به شمار می‌رود. نکته دیگر این که در مقایسه تیمارهایی که کولتیواتور درون ردیفی در آن‌ها استفاده شده، تیمار استفاده تنها از کولتیواتور درون ردیفی (T_5)، با ۴۹/۵ درصد، خاک‌دهی بیشتری نسبت به استفاده از این کولتیواتور به همراه استفاده از علف‌کش (تیمارهای T_1 و T_3) دارد. این مورد از آنجا ناشی می‌شود که در تیمارهای استفاده از کولتیواتور درون ردیفی به همراه علف‌کش، تردد تراکتور جهت انجام عملیات سمپاشی باعث گردیده که خاک نسبت به تیمار عدم سمپاشی مقداری فشرده‌تر شود. بنابراین تیغه‌های پنجه‌غازی انتهای کولتیواتور درون ردیفی در زمان عملیات کولتیواتورزنی در درون جوی، با مقاومت بیشتری از طرف خاک مواجه شده و کندن خاک مشکل‌تر می‌شود. از این رو میزان خاک‌دهی پای بوته در تیمار استفاده از کولتیواتور درون ردیفی به تنهایی نسبت به تیمارهای استفاده از کولتیواتور درون ردیفی به همراه استفاده از علف‌کش تریفلورالین بیشتر است. فشردگی سطحی خاک از ۱ تا ۴ مگاپاسکال، در اثر یک بار عبور تراکتور و سایر ادوات، توسط به آئین و همکاران (۲۰۲۱) گزارش شده است.

جدول ۳ - مقایسه میانگین عملکرد و اجزاء عملکرد محصول

پارامتر / تیمار	تعداد غوزه در بوته	وزن غوزه (گرم)	عملکرد (کیلوگرم برهکتار)
کولتیواتور درون ردیفی + تریفلورالین قبل از کاشت (T_1)	۱۵/۵۳±۳/۸۹ a	۶/۶۸±۰/۴۹ a	۲۲۴۷/۸±۵۰۴/۹۰ a
کولتیواتور پنجه‌غازی + تریفلورالین قبل از کاشت (T_2)	۱۳/۲۸±۳/۹۰ ab	۵/۹۵±۰/۳۴ ab	۱۷۲۵/۱±۵۳۷/۳۰ ab
کولتیواتور درون ردیفی + تریفلورالین بعد از کاشت (T_3)	۱۱/۴۳±۲/۷۱ bcd	۶/۰۳±۰/۵۴ ab	۱۸۶۶/۲±۵۴۱/۵۷ ab
کولتیواتور پنجه‌غازی + تریفلورالین بعد از کاشت (T_4)	۷/۷۷±۱/۲۱ d	۶/۲۳±۰/۵۹ ab	۱۲۷۹/۳±۲۰۹/۲۶ b
کولتیواتور درون ردیفی (T_5)	۹/۱۷±۱/۷۴ cd	۶/۰۸±۰/۳۷ ab	۱۲۷۴/۷±۱۳۶/۴۴ b
علف‌کش انووک (T_6)	۱۱/۹۵±۲/۲۲ abc	۶/۴۷±۰/۴۴ ab	۱۶۹۹/۱±۲۴۹/۱۲ ab
کنترل تمام فصل علف‌های هرز (شاهد) (T_7)	۱۰/۲۳±۱/۶۶ bcd	۶/۶۲±۰/۳۵ ab	۱۵۵۱/۸±۲۳۹/۳۸ ab
عدم کنترل علف‌های هرز (شاهد) (T_8)	۱۰/۳۸±۲/۲۶ bcd	۵/۶۸±۰/۳۴ b	۱۱۵۹/۱±۳۱۹/۲۴ b

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

عملکرد و اجزاء عملکرد محصول: مقایسه میانگین عملکرد و اجزاء عملکرد محصول در جدول ۳ نشان داده شده است. مقایسه میانگین تعداد غوزه در بوته در دو تیمار T_1 و T_3 با ۱۵/۵۳ و ۱۱/۴۳ عدد و نیز تیمارهای T_2 و T_4 با ۱۳/۲۸ و ۷/۷۷ عدد، با نوع کولتیواتور مشابه و تفاوت در زمان استفاده از علف‌کش تریفلورالین، قبل و بعد از کاشت، نشان می‌دهد که در کنترل تلفیقی (مکانیکی و شیمیایی) علف‌های هرز پنبه، استفاده از علف‌کش تریفلورالین قبل از کاشت بر استفاده از این علف‌کش، بعد از کاشت ارجحیت دارد. میانگین تعداد غوزه در استفاده از کولتیواتور درون ردیفی و کولتیواتور پنجه‌غازی به همراه استفاده از علف‌کش قبل از کاشت به ترتیب ۱۵/۵۳ و ۱۳/۲۸ عدد بوده که کولتیواتور درون ردیفی مقدار بیشتری را به خود اختصاص داده است. تعداد غوزه در دو کولتیواتور یاد شده و استفاده از علف‌کش بعد از کاشت نیز نشان‌دهنده تعداد غوزه بیشتر در استفاده از کولتیواتور درون ردیفی نسبت کولتیواتور پنجه‌غازی است (۱۱/۴۳ غوزه در تیمار T_3 نسبت به ۷/۷۷ غوزه در تیمار T_4). تعداد غوزه بیشتر در استفاده از کولتیواتور درون ردیفی نسبت به کولتیواتور پنجه‌غازی، به دلیل استفاده از این کولتیواتور در درون ردیف‌ها و مزایای آن بوده و با کنترل علف‌های هرز در مورد این دو ماشین در ارتباط است (جدول ۲). مقایسه تیمارهایی که در آن‌ها از کولتیواتور درون ردیفی به همراه علف‌کش استفاده شده (T_1 و T_3) و تیمار استفاده از کولتیواتور درون ردیفی بدون استفاده از علف‌کش (T_5) در تولید تعداد غوزه، بیانگر کنترل موثر علف‌های هرز پنبه در مبارزه تلفیقی است. تعدادی از محققان، کنترل موثر علف‌های هرز در کنترل تلفیقی و مبارزه با علف‌های هرز درون ردیف را با تعداد غوزه در بوته و وزن غوزه مرتبط دانسته‌اند (للا و همکاران، ۲۰۱۶؛ سلیمان و همکاران،۲۰۱۳؛ محمد و همکاران، ۲۰۱۳؛ علی و همکاران، ۲۰۱۳؛ پرابهو و همکاران، ۲۰۱۲). داده‌های به دست آمده در کنترل علف‌های هرز در این تحقیق نیز، با نتایج تحقیقات اخیر منطبق است (جدول ۲). دو تیمار کنترل تمام فصل علف‌های هرز (T_7) و عدم کنترل علف‌های هرز (T_8)، از نظر تعداد غوزه تقریباً یکسان و اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر نشان نمی‌دهند. عدم اختلاف معنی‌دار تیمار عدم کنترل علف‌های هرز با بعضی از تیمارها از نظر تعداد غوزه، به دلیل این است که گیاه پنبه در ابتدا با علف‌های هرز از نظر رشد رویشی در رقابت بوده و به دلیل کمبود مواد غذایی، سریع به رشد زایشی رفته و بنابراین تعداد غوزه‌های آن در بوته زیاد ولی وزن غوزه‌های تولیدی آن با میانگین ۵/۶۸ گرم، از سایر تیمارها کمتر است (جدول ۴). صفت وزن غوزه در یک رقم خاص تقریباً ثابت است. اختلاف اندک وزن غوزه در کنترل تمام فصل علف‌های هرز (۶/۶۲ گرم) با تیمارهای استفاده از انواع کولتیواتور را می‌توان در مزایای دیگر استفاده از انواع کولتیواتورها مانند خاک‌دهی پای بوته و تهویه خاک جستجو کرد (جدول ۴). در کنترل تمام فصل علف‌های هرز با کارگر، تمام علف‌های هرز ریشه‌کن شده، ولی در این نوع کنترل علف‌های هرز، خاک‌دهی پای بوته وجود ندارد. کاهش وزن غوزه در تیمار عدم کنترل علف‌های هرز (۵/۶۸ گرم)، به دلیل رقابت علف‌های هرز با گیاه اصلی می‌باشد. حداکثر عملکرد با ۲۲۴۷/۸ کیلوگرم بر هکتار در تیمار استفاده از کولتیواتور درون ردیفی به همراه علف‌کش تریفلورالین قبل از کاشت (T_1)، به دست آمد. اختلاف معنی‌دار عملکرد این تیمار با تیمار استفاده از کولتیواتور درون ردیفی به تنهایی (T_5) و عملکرد ۱۲۷۴/۷ کیلوگرم بر هکتار، مزایای مبارزه تلفیقی در کنترل علف‌های هرز را نمایان می‌سازد. البته در این مورد، باید به نوع ساختار گیاه نیز توجه شود. به‌آئین و طلعتی (۲۰۱۱)، در آزمایشی روی کنترل علف‌های هرز ذرت، کارایی مبارزه مکانیکی با کولتیواتور درون ردیفی به تنهایی را نسبت به استفاده از علف‌کش‌های آترازین و لاسو و کولتیواتور پنجه-غازی گزارش نمودند. دلیل کارایی کنترل مکانیکی بدون استفاده از علف‌کش، سایه‌اندازی و حجم کنوپی گیاه ذرت و کنترل همزمان علف‌های هرز درون ردیف و جوی‌ها بیان گردید. بختیاری و همکاران (۲۰۱۴) نیز، مناسب‌ترین روش برای کنترل علف‌های هرز

سیب‌زمینی را با توجه به ساختار گیاه، مبارزه تلفیقی (سمپاشی به همراه استفاده از کولتیواتور با تیغه‌های چاقویی سرنیزه‌ای) بیان نمودند که نتایج تحقیق حاضر در رابطه با ساختار گیاه پنبه و استفاده از نوع خاصی از کولتیواتور و مبارزه تلفیقی را تایید می‌کند. همچنین در آزمایش دیگری توسط به‌آئین و همکاران (۲۰۰۹)، استفاده از سمپاشی نواری روی ردیف کاشت ذرت به همراه کولتیواتور پنجه‌غازی درون جوی‌ها، به عنوان راه حلی برای کاهش مصرف علف‌کش در نظر گرفته شد که این گزارش نیز نوع گیاه را در انتخاب مبارزه مکانیکی به تنهایی یا مبارزه تلفیقی تایید می‌کند. عملکرد وش در مقایسه تیمارهای T_1 (۲۲۴۷/۸ کیلوگرم بر هکتار) با T_2 (۱۷۲۵/۱ کیلوگرم بر هکتار) و نیز T_3 (۱۸۶۶/۲ کیلوگرم بر هکتار) با T_4 (۱۲۷۹/۳ کیلوگرم بر هکتار)، کارایی استفاده از کولتیواتور درون ردیفی را نسبت به استفاده از کولتیواتور پنجه‌غازی نشان داد. مقایسه عملکرد وش در تیمارهای کولتیواتور درون ردیفی، کولتیواتور پنجه‌غازی به همراه علف‌کش تریفلورالین (T_1، T_2 و T_3)، با تیمار علف‌کش انووک (T_6)، بیانگر این نکته است که در گیاه پنبه، روش کنترل تلفیقی علف‌های هرز، موثرترین روش مبارزه بوده که مزایای خاک‌دهی پای بوته و تهویه خاک را نیز به همراه دارد (جدول ۴). نتایج تحقیقات سایر محققان، افزایش عملکرد پنبه در مبارزه تلفیقی و کنترل علف‌های هرز درون ردیف کاشت را تایید کرده است که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد (آلبا و همکاران، ۲۰۲۰؛ غاردی و همکاران، ۲۰۱۸؛ ملارکودی، ۲۰۱۷، چاندل و همکاران، ۲۰۱۵، علی و همکاران، b ۲۰۱۳).

نتایج محاسبات اقتصادی: جهت تحلیل اقتصادی تیمارها، ابتدا عوامل ایجادکننده تفاوت در هزینه تیمارها شناسایی و مقادیر مرتبط با هریک اندازه‌گیری شد. به جز استفاده از کولتیواتور، علف‌کش و سمپاشی و تعداد کارگر مورد استفاده برای عملیات وجین، سایر عملیات و نیز مصرف انواع نهاده‌ها یکسان بود. هزینه صرف شده برای عملیات کولتیواتور در هر دو نوع کولتیواتور یکسان در نظر گرفته شد. هزینه نیروی‌کار در عملیات وجین طبق عرف منطقه (هر روز نفر ۱۸۰ هزار تومان) و هزینه علفکش‌های مصرفی بر اساس قیمت سم‌فروشی‌ها (هر لیتر تریفلورالین ۲۹۰ هزار و هر گرم انووک ۹۱۵۰۰ تومان) در محاسبات منظور شد. با استفاده از داده‌های به‌دست آمده از آزمایش و قیمت‌های رایج در منطقه، هزینه‌های غیرمشترک تیمارهای آزمایش نیز محاسبه گردید (جدول ۴). نتایج نشان داد که تیمار کنترل تمام فصل علف‌های هرز با استفاده از نیروی‌کار (T_7)، بیشترین هزینه را دارد.

جدول ۴- هزینه‌های غیرمشترک تیمارهای آزمایش

هزینه هر تیمار (هزار ریال – هکتار)	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8
هزینه کولتیواتور	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۳۱۰۰	۰	۰	۰
هزینه علف‌کش	۷۲۵۰	۷۲۵۰	۷۲۵۰	۷۲۵۰	۰	۱۳۷۲۸	۰	۰
هزینه سمپاشی	۱۷۵۰	۱۷۵۰	۱۷۵۰	۱۷۵۰	۰	۱۷۵۰	۰	۰
هزینه کارگر وجین	۰	۶۳۰۰	۰	۶۳۰۰	۰	۰	۹۰۰۰	۰
جمع هزینه‌ها	۱۲۱۰۰	۷۵۱۰۰	۱۲۱۰۰	۷۵۱۰۰	۳۱۰۰	۱۵۴۷۸	۹۰۰۰	۰

برای به دست آوردن درآمد ناخالص هر تیمار، ابتدا عملکرد حاصل از هر کرت آزمایشی به مقیاس کیلوگرم بر هکتار تبدیل شد. با ضرب عملکرد در قیمت تضمینی پنبه، میانگین درآمد ناخالص هر تیمار به‌دست آمد (جدول ۵). نتایج نشان داد که بیشترین درآمد ناخالص مربوط به تیمار T_1 (کولتیواتور درون ردیفی + تریفلورالین قبل از کاشت) است.

جدول ۵- درآمد ناخالص تیمارهای آزمایش

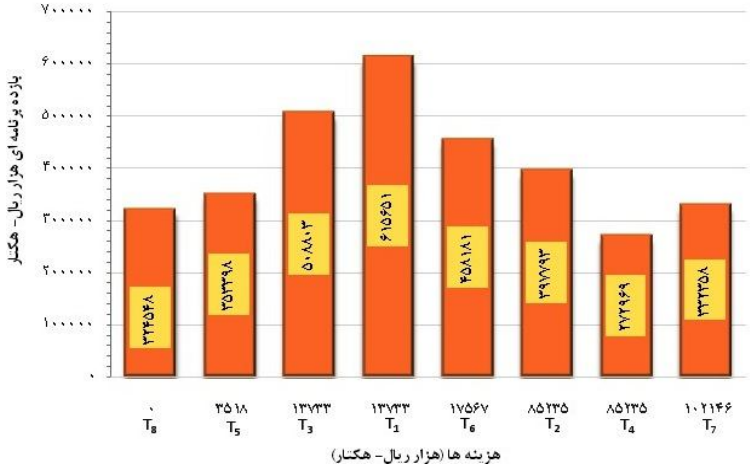
پارامتر اندازه‌گیری شده	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8
عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)	۲۲۴۷/۸	۱۷۲۵/۱	۱۸۶۶/۲	۱۲۷۹/۳	۱۲۷۴/۷	۱۶۹۹/۱	۱۵۵۱/۸	۱۱۵۹/۱
قیمت پنبه (ریال/کیلوگرم)	۲۸۰۰۰۰	۲۸۰۰۰۰	۲۸۰۰۰۰	۲۸۰۰۰۰	۲۸۰۰۰۰	۲۸۰۰۰۰	۲۸۰۰۰۰	۲۸۰۰۰۰
درآمد ناخالص(هزارریال/هکتار)	۶۲۹۳۸۴	۴۸۳۰۲۸	۵۲۲۵۳۶	۳۵۸۲۰۴	۳۵۶۹۱۶	۴۷۵۷۴۸	۴۳۴۵۰۴	۳۲۴۵۴۸

با کسر هزینه‌های متغیر از درآمد ناخالص، بازده برنامه‌ای (سود ناخالص) هر تیمار به دست آمد (جدول ۶). در برآورد هزینه متغیر، سود سرمایه در گردش عملیات انجام شده بر مبنای نرخ سود ۱۸ درصد سالیانه و برای ۹ ماه محاسبه و به هزینه عملیات اضافه گردید. نتایج نشان داد که تیمار T_1 (کولتیواتور درون ردیفی + تریفلورالین قبل از کاشت)، بیشترین بازده برنامه‌ای را دارد و بر اساس داده‌های به دست آمده در این آزمایش، اولویت اول برای معرفی به کشاورزان است.

جدول ۶- بازده برنامه‌ای تیمارهای آزمایش (هزار ریال ــ هکتار)

پارامترهای اندازه‌گیری شده	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8
میانگین درآمد ناخالص	۶۲۹۳۸۴	۴۸۳۰۲۸	۵۲۲۵۳۶	۳۵۸۲۰۴	۳۵۶۹۱۶	۴۷۵۷۴۸	۴۳۴۵۰۴	۳۲۴۵۴۸
جمع هزینه‌ها	۱۳۷۳۳	۸۵۲۳۵	۱۳۷۳۳	۸۵۲۳۵	۳۵۱۸	۱۷۵۶۷	۱۰۲۱۴۶	۰
بازده برنامه‌ای	۶۱۵۶۵۱	۳۹۷۷۹۳	۵۰۸۸۰۳	۲۷۲۹۶۹	۳۵۳۳۹۸	۴۵۸۱۸۱	۳۳۲۳۵۸	۳۲۴۵۴۸
اولویت‌بندی تیمارها	۱	۴	۲	۸	۵	۳	۶	۷

برای تعیین تیمارهای غالب، منحنی سود ناخالص رسم شد. این نمودار نشان داد که تیمارهای T_6، T_2، T_4 و T_7 غیر غالب می‌باشند؛ زیرا با هزینه متغیر بیشتر، بازده برنامه‌ای کمتری دارند. از بین چهار تیمار غالب نیز تیمار T_1 (کولتیواتور درون ردیفی+ تریفلورالین قبل از کاشت)، به دلیل بیشترین بازده برنامه‌ای برترین تیمار می‌باشد.



شکل ۵- منحنی سود ناخالص تیمارهای آزمایش

برای به‌دست آوردن نرخ بازده نهایی سرمایه‌گذاری در افزایش هزینه‌های متغیر، تیمارهای غالب T_8، T_5، T_3 و T_1 با هم مقایسه شدند.

مقایسه تیمارهای T_8 و T_5 : $MRR = \frac{\Delta B_{ij}}{\Delta C_{ij}} = \frac{۳۵۳۳۹۸ - ۳۲۴۵۴۸}{۳۵۱۸ - ۰} = ۸/۲۰$

مقایسه تیمارهای T_3 و T_5 : $MRR = \frac{\Delta B_{ij}}{\Delta C_{ij}} = \frac{۵۰۸۸۰۳ - ۳۵۳۳۹۸}{۱۳۷۳۳ - ۳۵۱۸} = ۱۵/۲۱$

مقایسه تیمارهای T_1 و T_3 : $MRR = \frac{\Delta B_{ij}}{\Delta C_{ij}} = \frac{۶۱۵۶۵۱ - ۵۰۸۸۰۳}{۱۳۷۳۳ - ۱۳۷۳۳} = ۱/۲۱$

تحلیل نهایی بازده سرمایه‌گذاری نشان داد که با فرض یکسان بودن هزینه استفاده از انواع کولتیواتور، در مقایسه تیمار T_5 با تیمار T_8 ، افزایش هزینه متغیر، بازدهی بیش از ۸۰۰ درصد دارد و در مقایسه تیمار T_3 با تیمار T_5، افزایش هزینه متغیر، بازدهی بیش از ۱۵۰۰ درصد دارد. براساس نتایج، اجرای تیمارهای با هزینه بیشتر کاملا اقتصادی است. مقایسه تیمار T_3 با تیمار T_1 نشان داد که با توجه به یکسان بودن هزینه‌ها، تیمار استفاده از کولتیواتور درون ردیفی + تریفلورالین قبل از کاشت (T_1)، در مقایسه با کولتیواتور درون ردیفی + تریفلورالین بعد از کاشت (T_3)، به عنوان دو گزینه غالب، نرخ بازدهی بالاتر از یک دارد و استفاده از آن اقتصادی است؛ زیرا بدون اضافه کردن هزینه متغیر، بازده برنامه‌ای به مقدار ۲۱ درصد افزایش یافته است. نتیجه تحلیل حداقل بازدهی تیمارها جهت تحلیل ریسک نتایج آزمایش نیز نشان داد که تیمار T_1 در این حالت نیز بالاترین بازده برنامه‌ای را دارد. بنابراین با اطمینان خاطر می‌توان این تیمار را به بهره برداران توصیه کرد. بر اساس نتایج آزمایش، استفاده از کولتیواتور درون ردیفی در مقایسه با کولتیواتور پنجه‌غازی، در حدود ۶۷ درصد بازده برنامه‌ای بیشتر به دست می‌آید. چنانچه بهره‌برداران در استفاده از کولتیواتور درون ردیفی مبلغ ۵۲۰ هزار تومان به ازای هر هکتار پرداخت نمایند، در میزان بازدهی حاصل شده در مقایسه با بکارگیری کولتیواتور پنجه‌غازی، در نقطه سربه‌سر قرار دارند.

نتیجه‌گیری

کنترل علف‌های هرز و عملکرد پنبه تحت تاثیر نوع کولتیواتور در مبارزه مکانیکی و زمان کاربرد علف‌کش در مبارزه شیمیایی است. نتایج این تحقیق نشان داد که کنترل تلفیقی علف‌های هرز در پنبه، روشی موثر می‌باشد. استفاده از کولتیواتور درون ردیفی، روشی جدید در کنترل علف‌های هرز مزارع پنبه نسبت به روش استفاده از کولتیواتور پنجه‌غازی (روش مرسوم) در هر دو زمینه فنی و اقتصادی است. استفاده از کولتیواتور درون ردیفی به همراه علف‌کش تریفلورالین قبل از کاشت (علف‌کش رایج مورد استفاده در مزارع پنبه)، بالاترین عملکرد محصول (۲۲۴۷/۸ کیلوگرم بر هکتار) و کنترل علف‌های هرز (۹۲/۷۸ درصد) را به دنبال داشته و از نظر اقتصادی ۶۷ درصد بازدهی را به خود اختصاص داده است.

منابع

1. Afzalinia, S., Niroomand-jahromi, M., and Mohammadi, D. 2008. The effect of row crop cultivator types on sugar beet yield and quality. Journal of Agricultural Engineering Research. 9(2): 57-68.
2. Alba, O.S., Syrovy, L.D., Duddu, H.S.N., and Shirtliffe, S.J. 2020. Increased seeding rate and multiple methods of mechanical weed control reduce weed biomass in a poorly competitive organic crop. Field Crop Research. 245: 107648.
3. Ali, A., Streibig, J., and Andreasen, C. 2013a. Yield loss prediction models based on early estimation of weed pressure. Crop Protection. 53: 125-131.

4. Ali, H., Abid, S.A., Ahmad,S., Sarwar, N., Arooj, M., Mahmmod, A., and Shahzad, A.N. 2013b. Integrated weed management in cotton cultivated in the alternate-furrow planting system. Journal of food, Agriculture and Environment. 11(3, 4): 1664-1669.
5. Ali, H., Abid, S.A., Ahmad, S., Sarwar, N., Arooj, M., Mahmmod, A., and Shahzad, A.N. 2013c. Impact of integrated weed management on flat-sown cotton (*Gossypium Hirstum* L.). The Journal of Animal & Plant Science. 23(4): 1185-1192.
6. Ascard, J., Fogelberg, F. 2002. Mechanical intra-row weed control in organic onion production. In: Proceedings 5th EWRS Workshop on Physical Weed Control, Pisa, Italy, p 125. Available on-line at: http://www.ewrs.org/pwc/doc/2002_Pisa.
7. Bakhtiari, M.R., and Jahedi, A. 2014. Investigating combination of chemical and mechanical weed control methods in potato farms. Pp. 4236-4245. *In*: Proceedings 8th National Congress of Agricultural Machine Engineering (Biosystems) and Mechanization, 29-31 Jan., Mashhad, Iran. (in Persian with English abstract)
8. Behaeen, M.A., Shahrokhnia, M.A, Bazrafshan, M, Zare, E., and Zare, M. 2021. Construction and evaluation of a soil surface compactor system and attached to row crop cultivator in order to increase water productivity in sugar beet. Final report of Agricultural Engineering Research Institute, No. 60527. (in Persian with English abstract)
9. Behaeen, M.A., Fereidoonpur, M., and Hekmat, M.H. 2018. Evaluation of in-row cultivator and comparison with conventional cultivator on weed control and yield in cotton field. Iranian Journal of Cotton Research. 5(2): 91-108. (in Persian with English abstract)
10. Behaeen, M.A., and Talati, M.H. 2011. Improvement and evaluation of row cultivator to in-row cultivator and comparison with conventional methods in weed control on corn farm. Final report of Agricultural Engineering Research Institute, No. 85/1525. (in Persian with English abstract)
11. Behaeen, M.A., Shaker, M., Shiravanian, A.R., and Jokar, L. 2009. Comparison and evaluation of two types of strip sprayers with broadcast spraying on corn crop. Final report of Agricultural Engineering Research Institute, No. 87/1565. (in Persian with English abstract)
12. Blaise, D., and Ravindran, C.D. 2003. Influence of tillage and residue management on growth and yield of cotton grown on a vertisol over 5 years in a semi-arid region of India. Soil and Tillage Research. 70(2): 163-173.
13. Carballido, J., Rodriguez, a., Aguera, J., and Perez-Ruiz. 2013. Field sprayer for inter- and intra-row weed control: performance and labor saving. Spanish Journal of Agricultural Research. 11(3): 642-651.
14. Chandel, N.S., Chandel, A.K., Raul, A.K., Solanke, K.R., and Mehta, C.R. 2021. An integrated inter- and intra-row weeding systems for row crops. Crop Protection. 145: 105-114.
15. Chandel, N.S., Tripathi, H., and Tewari, V.K. 2015. Evaluation and adoption scope of rotary power weeder for weed management in vegetable crops. International Journal of Bio-resource and stress management. 6(4): 513-516.
16. Datta, A., Ullah, H., Tursun, N., Pornprom, T., Knezevic, Z., and Chauhan, B.S. 2017. Managing weeds using crop competition in soybean [*Glycine Max* (L.) Merr.]. Crop Protection. 95: 60-68.
17. Deborah, S. 2004. Evaluation of in-row weed cultivators in organic soybeans and corn. Final Project Report, Ohio State University.
18. Dylan, J.L., and Hardaker, B.J. 2019. Farm management research for small farmer development. Translated by Amir Hossein Chizari, Islamic Azad University Press, Garmsar branch, 288 p.

19. Gharde, Y., Singh, P.K., Dubey, R.P., and Gupta, P.K. 2018. Assessment of yield and economic losses in Agricultural due to weed in India. Crop Protection. 107: 12-18.
20. Fennimore, S.A., Smith, R.F., Tourte, L., LeStrange, M., and Rachuy, J.S. 2014. Evaluation and economics of a rotating cultivator in Bok Choy, celery, lettuce, and Radicchio. Weed Technology. 28, 176-188.
21. Ferrel, J.A., MacDonald, G.E. and Brecke, B.J. 2007. Weed management in soybeans. Florida Cooperative Extension Service, 1-11, accessed, November 2007. http://edis.ifas.ufl Available.
22. Fogelberg, F., and Dock Gustavsson, A.M. 1999. Mechanical damage to annual weeds and carrots by in-row brush weeding. Weed Research. 39: 469-479.
23. Leela Rani, P., Yakadri, M., and Ramprakash, T. 2016. Effect of integrated weed management practices on growth and yield of bt-cotton in Telangana State, India. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 5(2): 17-25.
24. Lichtenhahn, M., Koller, M., Dierauer, H., and Baumann, D. 2005. Weed control in Organic Vegetable Cultivation. Available at:. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Frick, Switzerland, p. 12 http://www.organicagcentre.ca/ Docs/FiBL_WeedCtrl_Vegetables.pdf.
25. Malarkodi, N. 2017. Integrated weed managementeffect on weeds and seed cotton yield. International Journal of Environment, Agriculture and biotechnology. 2(2): 597-606.
26. Mario, A.R., Robert, G.W., and Alex, R.M. 2002. Effect of in-row cultivation, herbicides, and dry bean canopy on weed seedling emergence. Weed Science. 50(3): 370-377.
27. Melander, B.O., Jabran, K., Notaris, C.D., Znova, L., Green, O., and Olsen, J.E. 2018. Inter-row hoeing for weed control in organic spring cereals- influence of inter-row spacing and nitrogen rate. European Journal of Agronomy. 101: 49-56.
28. Melander, B., Lattanzi, B., and Pannacci, E. 2015. Intelligent versus non-intelligent mechanical intra-row weed control in transplanted onion and cabbage. Crop Protection. 72, 1-8.
29. Melander, B., Holts, N., Rasmussen, I.A., and Hansen, P.K. 2012. Direct control of perennial weeds between crops-implications for organic farming. Crop Protection. 40, 36-42.
30. Muhammad, A.N., Muhammad, I., Muhammad, A., Asif, T., and Khuram, M. 2013. Effect of different weed control practices and sowing methods on weeds and yield of cotton. Pakistan Journal of Botany. 45(4): 1321-1328.
31. Pannacci, E., Lattanzi, B., and Tei, F. 2017. Non-chemical weed management strategies in minor crops: A review. Crop Protection, 96: 44-58.
32. Pannacci, E., Tei, F. 2014. Effects of mechanical and chemical methods on weed control, weed seed rain and crop yield in maize, sunflower and soybean. Crop Protection. 64, 51-59.
33. Perez-Ruiz, M., Slaughter, D.S., Fathallah, F.A., Gilver, C.J., Miller, B.J. 2014. Co-robotic intera-row weed control system. Biosystems Engineering. 126: 45-55.
34. Peruzzi, A., Ginanni, M., Mazzoncini, M., Raffaelli, M., Fontanelli, M., Di Ciolo, S., Verna, P., Casaccia, D., and Recinelli, E. 2005. La gestione fisica delle infestanti su carota biologica e su altre colture tipiche dell'altopiano del Fucino (a cura di Peruzzi A). Stamperia Editoriale Pisana, Agnano Pisano, Italy, p. 143.
35. Prabhu, G. Halepyati, A.S., Pujari, B.T., and Desai, B.K. 2012. Weed management in bt cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under irrigation. Karnataka Journal of Agricultural Sciences. 25(2): 183-186.
36. Raja, R., Nguyen, T.T., Slaughter, D.C., and Fennimore, S.A. 2020. Real-time weed-crop classification and localosation technique for robotic weed control in lettuce. Biosystems Engineering. 192: 257-274.

37. 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.
38. Sathishkumar, A., Srinivasan, G., Subramanain, E., and Rajesh, P. 2020. Weed management in cotton:A review. Agricultural reviews. 10.18805/ag.R.2080: 1-10.
39. Shrinivasa, D.J., and Kumar, S. 2017. Devlopment and evaluation of mechanical weeder for finger millet crop. International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology. 10(2): 217-221.
40. Soliman, I.E., Khaffagy, A.E., Azza E., Ghalwash, A.M., and Amal, S.A.E. 2013. Effect of some weed control packages on seed cotton yield and fiber properties of some cotton genotypes (*Gossypium barbadense*, L.) and its associated weeds. Egyptian Journal of Agricultural Research. 92(2): 605-625.
41. Tewari, V.K., Kumar, A.A., Nare, B., Parkash, S., and Tyagi, A. 2014. Microcontroller based roller contact type herbicide applicator for weed control under row crops. Computer and Electronics in Agriculture. 104: 40-45.
42. Tillett, N.D., Hague, T., Grundy, A.C., and Dedousis, A.P. 2008. Mechanical within-row weed control for transplanted crops using computer vision. Biosystems. Engineering. 99, 171-178.
43. Weide, R.Y., Bleeker, P.O., Achten, V.I.J.M., Lotz, L.P.A., Fogelberg, f., and Melander, B., 2008. Innovation in mechanical weed control in crop rows. Weed Reearch. 48: 215-224.