Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Water and Soil Conservation

Print ISSN: 2322-2069
Online ISSN: 2322-2794

Investigating the effect of controlled tillage in black cumin (*Nigella sativa*) planting on energy consumption, physical properties and soil protection (case study: sloping lands of Hezarjarib region, Behshahr)

Mohammad Askari[*1], Hossein Moradi[2], Zhila Ghorbani[3], Karim Riahi[4]

1. Corresponding Author, Assistant Prof., Dept. of Biosystems Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. E-mail: m.askari@sanru.ac.ir
2. Associate Prof., Dept. of Horticultural Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. E-mail: h.moradi@sanru.ac.ir
3. Ph.D. Student in Rangeland Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. E-mail: engzhghorbani@gmail.com
4. Ph.D. Student of Agrotechnology-Plant Ecology, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: engmohammadaskari@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 02.10.2023
Revised: 05.06.2023
Accepted: 05.28.2023

Keywords:
Fuel consumption,
Penetrance,
Sloping fields,
Small seed,
Soil stabilization

ABSTRACT

Background and Objectives: Recently, conservation tillage (controlled) has been given much attention as a soil stabilization factor so that soil becomes less disturbed and at least 30% of the soil surface remain. This greatly helps to maintain soil structure and moisture, especially in sloping fields. The fields of the Hezarjarib Behshahr region are steep, and due to the cold and dry climate and the wind blowing most of the year, it is very important to stabilize and maintain the soil moisture and structure and prevent it from being washed away by the wind. On the other hand, the sloping lands of this region are under dryland cultivation of wheat and barley, which have little income for farmers and require alternative crops. In this regard, Black cumin (*Nigella sativa*) plant is a valuable substitute for current products. Therefore, the purpose of this study was to investigate the effect of controlled tillage to cultivate black cumin plants on energy consumption, physical properties and soil protection, as well as plant performance in the sloping lands of Hezarjarib Behshahr region.

Materials and Methods: The investigated parameters included the required draft force by tillage tool, tractor fuel consumption, and changes in the degree of soil fragmentation and permeability before and after tillage. The input variables included root cutter supplement in two levels (without and with root cutter), tillage depth in two levels (35 and 28 cm for chisel) and forward speed in two levels (low gears 1 and 2). Considering 3 replications for each treatment, a total of 24 experimental plots with 2m width and 40m length were created with the random complete block design (RCBD) method and perpendicular to the slope. Regarding the yield and yield components of black cumin, after harvest, biological yield parameters, root weight, root length, root diameter, the width of root distribution, number of follicles per plant, number of seeds per follicle, thousand seed weight, plant height, stem diameter and performance were measured per unit area.

Results: The results showed that the effect of the input variables was significant only on the required draft force by tillage tool and the tractor fuel consumption, in addition to the biological yield and the yield per unit

area of black cumin. The use of a root cutter increased the required draft force by tillage tool and tractor fuel consumption, while harmed soil permeability and crushing, seed weight, biological yield and yield per unit area of black cumin. The use of higher forward speed leads to an increase in draft force and fuel consumption, and the absence of root cutter, leads to a decrease in soil permeability and fragmentation, biological performance and yield per unit area of the black cumin at a greater depth of tillage, while at a lower depth, no significant (5%) difference can be seen between the two speeds. Increasing the depth of tillage up to the range of vertical root growth due to the negative draft of the tillage tool has reduced the draft force and fuel consumption and had a positive effect on soil permeability and crushing plus crop yield.

Conclusion: The best treatment was the used triple action tillage tool, without root cutter supplement, greater ploughing depth and forwarding with low gear 1. In this way, it will be possible to save 25% in fuel consumption due to the negative draft of the rotary plough, increase the depth of the plough and reduce the required draft force by 25%, increase the biological yield (straw) by 25% and increase the yield by 45%.

Cite this article: Askari, Mohammad, Moradi, Hossein, Ghorbani, Zhila, Riahi, Karim. 2023. Investigating the effect of controlled tillage in black cumin (*Nigella sativa*) planting on energy consumption, physical properties and soil protection (case study: sloping lands of Hezarjarib region, Behshahr). *Journal of Water and Soil Conservation*, 30 (1), 151-166.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/jwsc.2023.20743.3619
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۶۹
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۹٤

بررسی اثر خاک‌ورزی کنترل شده در کشت گیاه سیاه‌دانه بر انرژی مصرفی، خصوصیات فیزیکی و حفاظت از خاک (مطالعه موردی: اراضی شیبدار منطقه هزارجریب بهشهر)

محمد عسکری*[۱]، حسین مرادی[۲]، ژیلا قربانی[۳]، کریم ریاحی[٤]

۱. نویسنده مسئول، استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: m.askari@sanru.ac.ir

۲. دانشیار گروه مهندسی باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: h.moradi@sanru.ac.ir

۳. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی مرتع، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: engzhghorbani@gmail.com

٤. دانشجوی دکتری آگروتکنولوژی- اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده تولیدات گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: engmohammadaskari@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۰۱/۱۱/۲۱
تاریخ ویرایش: ۰۲/۰۳/۰۵
تاریخ پذیرش: ۰۲/۰۳/۰۷

واژه‌های کلیدی:
تثبیت خاک،
ریزدانه،
مزارع غیرمسطح،
مصرف سوخت،
نفوذپذیری

چکیده

سابقه و هدف: به‌تازگی، خاک‌ورزی حفاظتی (کنترل‌شده) به‌عنوان عامل تثبیت‌کننده خاک، بسیار موردتوجه قرارگرفته است تا خاک کم‌تر زیرورو شود و حداقل ۳۰ درصد پوشش سطح خاک باقی بماند. این امر به حفظ ساختار خاک و رطوبت آن به‌خصوص مزارع شیب‌دار کمک به‌سزایی می‌نماید. مزارع منطقه هزارجریب بهشهر، شیب‌دار بوده و به‌واسطه اقلیم سرد و خشک و وزش باد در اغلب مواقع سال، بحث تثبیت و حفظ رطوبت و ساختار خاک و جلوگیری از آبشویی و بادشویی آن بسیار دارای اهمیت است. از طرف دیگر، اراضی شیب‌دار منطقه هزارجریب بهشهر به‌صورت دیم تحت کشت گندم و جو هستند که عایدی کمی برای کشاورزان داشته و محصول جایگزین می‌طلبد. در این راستا، گیاه سیاه‌دانه به‌عنوان جایگزینی ارزشمند برای محصولات فعلی است. بنابراین هدف از این مطالعه، بررسی اثر خاک‌ورزی کنترل‌شده به‌منظور کشت گیاه سیاه‌دانه بر انرژی مصرفی، خصوصیات فیزیکی و حفاظت از خاک و هم‌چنین عملکرد گیاه در اراضی شیب‌دار منطقه هزارجریب بهشهر بود.

مواد و روش‌ها: پارامترهای موردبررسی شامل نیروی کششی موردنیاز ابزار خاک‌ورزی، مصرف سوخت تراکتور و تغییر میزان خردشدگی و نفوذپذیری خاک قبل و بعد از خاک‌ورزی بود. متغیرهای ورودی شامل ضمیمه ریشه بر در دو سطح (بدون و با ریشه‌بر)، عمق

خاک‌ورزی در دو سطح (۳۵ و ۲۸ سانتی‌متر برای چیزل) و سرعت پیشروی در دو سطح (دنده‌های ۱ و ۲ سنگین) بود. با در نظر گرفتن ۳ تکرار برای هر تیمار، مجموعاً ۲٤ کرت آزمایشی به عرض ۲ و طول ٤۰ متر با روش بلوک کامل تصادفی و به‌صورت عمود بر شیب ایجاد شد. در خصوص عملکرد و اجزای عملکرد سیاه‌دانه، پس از برداشت محصول، پارامترهای عملکرد بیولوژیک، وزن ریشه، طول ریشه، قطر ریشه، عرض پراکنش ریشه، تعداد فولیکول در بوته، تعداد دانه در فولیکول، وزن هزاردانه، ارتفاع بوته، قطر ساقه و عملکرد در واحد سطح اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که اثر متغیرهای ورودی تنها بر نیروی کششی موردنیاز ابزار خاک‌ورزی و مصرف سوخت تراکتور به‌اضافه عملکرد زیستی (کاه) و عملکرد در واحد سطح سیاه‌دانه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. استفاده از ریشه‌بر، موجب افزایش نیروی کششی موردنیاز ابزار خاک‌ورزی و مصرف سوخت تراکتور شد درحالی‌که اثر نامطلوبی بر نفوذپذیری و خردشدگی خاک، وزن بذر، عملکرد زیستی و عملکرد در واحد سطح سیاه‌دانه داشت. استفاده از سرعت پیشروی بالاتر منجر به افزایش نیروی کششی و مصرف سوخت شده و در حالت بدون ریشه‌بر، منجر به کاهش میزان نفوذپذیری و خردشدگی خاک، عملکرد زیستی و عملکرد در واحد سطح سیاه‌دانه در عمق بیش‌تر خاک‌ورزی شده است درحالی‌که در عمق کم‌تر تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین دو سرعت دیده نمی‌شود. افزایش عمق خاک‌ورزی تا محدوده رشد عمودی ریشه به‌واسطه کشش منفی ابزار خاک‌ورزی، موجب کاهش نیروی کششی و مصرف سوخت شده و بر نفوذپذیری و خردشدگی خاک و عملکرد محصول تأثیر مثبت داشته است.

نتیجه‌گیری: بهترین تیمار موردبررسی، ابزار خاک‌ورزی سه‌کاره مورداستفاده، بدون ضمیمه ریشه‌بر، عمق شخم بیش‌تر و پیشروی با دنده یک سنگین بود. بدین ترتیب، صرفه‌جویی ۲۵ درصدی در مصرف سوخت به علت کشش منفی رتیواتور، افزایش عمق شخم و کاهش ۲۵ درصدی نیروی کششی موردنیاز، افزایش ۲۵ درصدی عملکرد زیستی (کاه) و ٤۵ درصد افزایش عملکرد سیاه‌دانه میسر خواهد شد.

استناد: عسکری، محمد، مرادی، حسین، قربانی، ژیلا، ریاحی، کریم (۱۴۰۲). بررسی اثر خاک‌ورزی کنترل شده در کشت گیاه سیاه‌دانه بر انرژی مصرفی، خصوصیات فیزیکی و حفاظت از خاک (مطالعه موردی: اراضی شیبدار منطقه هزارجریب بهشهر). *پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، ۳۰ (۱)، ۱۶۶-۱۵۱.

DOI: 10.22069/jwsc.2023.20743.3619

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

تقریباً ٦٠ درصد انرژی موردنیاز برای تولید یک محصول در خاک‌ورزی مصرف می‌شود (۱). به تازگی، خاک‌ورزی حفاظتی (Conservation Tillage) با زیرشاخه‌های کشت مستقیم، بی خاک‌ورزی، کم‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی نواری به‌عنوان زیرمجموعه‌ای از کشاورزی حفاظتی (Conservation Agriculture) و عامل تثبیت‌کننده خاک، بسیار مورد توجه قرار گرفته است تا خاک کم‌تر زیر و رو شود و حداقل ۳۰ درصد پوشش سطح خاک باقی بماند (۲). این امر به حفظ ساختار خاک و رطوبت آن به‌خصوص مزارع شیب‌دار کمک به‌سزایی می‌نماید (۲). مزارع منطقه هزارجریب بهشهر، شیب‌دار بوده و به واسطه اقلیم سرد و خشک و وزش باد در اغلب مواقع سال، بحث تثبیت و حفظ رطوبت خاک و جلوگیری از آبشویی و بادشویی خاک آن بسیار دارای اهمیت است. کشت غالب این منطقه گندم بوده که به‌واسطه شرایط محیطی، کم‌بازده است و عایدی بالایی برای زارعین ندارد. از این رو سعی بر آن شد تا محصولات دیگری برای جایگزینی به کشاورزان معرفی گردد. از طرف دیگر گیاهان داروئی ارزش افزوده بالایی دارند اعم از این‌که محصول آن‌ها بدون فرآوری مصرف شود یا فرآوری شوند. سیاه‌دانه با نام علمی *Nigella sativa* از خانواده *Ranunculaceae*، یکی از با ارزش‌ترین این گیاهان بوده که دارای مواد دارویی فراوان از جمله ساپونینی به نام ملانیتین است. از نظر انواع مختلف رشدی به دو دسته پاکوتاه و پابلند تقسیم می‌شود که پاکوتاه‌ها مثل نوع هندی زودرس‌تر هستند اما عملکرد آن‌ها کم‌تر بوده و به‌صورت دیم هم می‌توانند کشت‌شوند. ارزش اصلی انواع سیاه‌دانه به میزان روغن قابل استحصال آن‌هاست. برای کاشت مکانیزه گیاه سیاه‌دانه تاکنون از ردیف‌کار ریزدانه کلزا استفاده شده که فواصل بین ردیف حدود۲۰ الی ۳۰ سانتی‌متر تنظیم می‌شود و بذر در عمق ۱ الی ۲ سانتی‌متری به گونه‌ای قرار می‌گیرد تا حدود ۰/۵ سانتی‌متر بر روی آن خاک ریخته شود و در هر مترمربع حدود ۲۵۰ بوته کشت شود. در کشت مکانیزه حدود ۳ الی ٤ کیلوگرم بذر در هکتار نیاز است اما در کشت سنتی (دست‌پاش) حدود ۱۱ الی ۱۵ کیلوگرم بذر نیاز است. بذرها حدود ۲ الی ۳ هفته بعد در دمای حدود ۲۰ الی ۲۱ درجه سانتی‌گراد جوانه می‌زنند که بعد از جوانه‌زنی در دمای ۱۰ الی ۲۵ درجه سانتی‌گراد رشد می‌کنند. از لحاظ زمان کاشت هم بسته به محیط در دو زمان می‌توان کشت کرد: ۱- کشت پاییزه که زمان برداشت آن خرداد تا تیر سال بعد است ۲- کشت بهاره که زمان برداشت آن مرداد و شهریور است (۳). به‌طورکلی دوره رشد گیاه سیاه‌دانه از کاشت بذر تا برداشت محصول حدود ۹۰ الی ۱۰۰ روز طول می‌کشد. مطابق آمار سازمان جهاد کشاورزی در سال ۱٤۰۰، حدود ۲۰۰۰ هکتار سیاه‌دانه با رقم هندی در کشور کشت شد که ۳۰ درصد از آن یعنی ٦۰۰ هکتار از بین رفت. بررسی‌های میدانی نشان می‌دهد، عمده کشت‌های فاقد عملکرد که با وجود هزینه‌های خاک‌ورزی بالا انجام شده بود در اراضی شیب‌دار قرار داشت. در این اراضی، کشت پاییزه ضعیف بوده و مبارزه با علف هرز نیز پاسخگو نبوده و منجر به از بین رفتن کشت و اتلاف نهاده‌های به‌کار رفته شد (٤). مطالعات بسیاری در مورد کشاورزی حفاظتی انجام شده است. در جدیدترین آن‌ها، کسام و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی توسعه سیستم‌های کشاورزی حفاظتی در سراسر دنیا پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که مقبولیت کشاورزی حفاظتی روزبه‌روز در حال گسترش است (۵). کسام (۲۰۲۱) به مطالعه اثر کشاورزی حفاظتی در میزان تولید غلات پرداخت و نتیجه گرفت که میزان تولید غلات تحت این نوع کشاورزی معادل و در مواردی

نیز بیش‌تر از کشاورزی مرسوم است (٦). کسام و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی تجربیات موفق کشاورزی حفاظتی در دنیا پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که به کمک فناوری‌های جدید و زارعین تحصیل‌کرده و توجیه‌شده می‌توان میزان محصول بیش‌تری را در این روش کشاورزی به‌دست آورد (۷). در خصوص کشت و زرع سیاه‌دانه مطالعات زیادی انجام شده است که دو مورد از مطالعات در این زمینه بدین قرار هستند: اکبری‌نیا و همکاران (۲۰۰۵) با مقایسه کشت پاییزه و بهاره رازیانه، زنیان، انیون و سیاه‌دانه در شرایط دیم و فاریاب دریافتند که ارتفاع بوته و وزن هزاردانه تمامی گیاهان تحت بررسی در شرایط فاریاب بیش‌تر از دیم بود (۸). تبد و بهزادی (۲۰۱۵) در پژوهشی با عنوان اثر تاریخ کاشت و کنترل علف‌های هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه سیاه‌دانه در شهرستان مریوان دریافتند بیش‌ترین عملکرد دانه در شرایط کنترل کامل علف‌های هرز به‌دست آمد (۳).

با توجه به موارد مطرح شده در بالا، هدف از پژوهش حاضر بررسی همه‌جانبه اثر خاک‌ورزی حفاظتی (کنترل شده) به عنوان بخشی از کشاورزی حفاظتی بر انرژی مصرفی، ویژگی‌های فیزیکی و تثبیت خاک اراضی شیبدار هم‌چنین عملکرد محصول به هنگام کشت گیاه سیاه‌دانه در منطقه هزارجریب بهشهر است.

مواد و روش‌ها

در ابتدا به معرفی متغیرهای ورودی و خروجی تحت بررسی در این پژوهش پرداخته می‌شود. متغیرهای ورودی شامل ضمیمه ریشه‌بر (بدون و با ریشه‌بر) (شکل ۱–ب)، عمق خاک‌ورزی (۳۵ و ۲۸ سانتی‌متر برای چیزل)، سرعت پیشروی (دنده‌های ۱ و ۲ سنگین تراکتور) بود. با در نظر گرفتن ۳ تکرار برای هر تیمار، مجموعاً ٢٤ کرت آزمایشی با روش بلوک کامل تصادفی (عمود بر شیب) به ابعاد ٤٠ متر طولی در ۲ متر عرضی توسط مرزبندی با استفاده از گچ پودری آماده شد (شکل ۱–ج). مزرعه موردنظر، یک قطعه زمین از روستای کیاسر بخش لرما به مساحت کلی ۳۰۰۰ مترمربع بود که با در نظر گرفتن نواحی مرزی و کناری و محل دور زدن تراکتور، متراژ خالص ۱۹۲۰ مترمربع جهت کرت‌بندی باقی ماند. در انجام آزمایش‌های مزرعه‌ای از خاک‌ورز مدل روتوچیزل پکر ساخت کارخانه تولید ادوات کشاورزی هادی جویبار که در پشت تراکتور حمل و کشیده می‌شد و رتیواتور آن با نیروی محور توانده‌ی تراکتور راه‌اندازی می‌شد، به‌منظور کشت پاییزه سیاه‌دانه استفاده شد (شکل ۱–الف). شاخه‌های چیزل در جلوی دستگاه خاک‌ورز، لایه‌های سخت زیرسطحی را می‌شکافتند سپس رتیواتور در عمق کم‌تر به خاک‌همزنی می‌پرداخت و در نهایت، غلتک، خاک سطحی را تثبیت می‌نمود. استفاده از غلتک در مزارع شیب‌دار به‌علت تثبیت خاک سطحی به‌منظور جلوگیری از بادشویی و آبشویی، بسیار مؤثر است. اندازه‌گیری نیروی کششی مورد نیاز ابزار خاک‌ورز با استفاده از روش کشش دو تراکتوری (RNAM) انجام شد (۹) (شکل ۱–ج). در این روش در مرحله اول، تراکتور کشنده (جلویی)، مجموعه تراکتور عقبی و دستگاه خاک‌ورز در حال کار متصل به آن را در حالت دنده گیربکس خلاص و محور توانده‌ی موتور گرد فعال می‌کشید و در مرحله دوم، تراکتور جلویی مجموعه پشتی را با همین شرایط اما در حالت بدون بار (ماشین خاک‌ورز خارج از خاک) می‌کشید. اختلاف داده لودسل ۳ تنی وصل شده بین دو تراکتور جلویی و عقبی در دو حالت اول و دوم، بیانگر نیروی کششی مورد نیاز ماشین خاک‌ورز بود. به علاوه، سفتی خاک مزرعه با استفاده از نفوذسنج دستی

عقربه‌ای ویکس برگ، مصرف سوخت تراکتور با استفاده از روش باک پر، بافت و ساختمان خاک با استفاده از استوانه‌های نمونه‌برداری تا عمق ۳۰ سانتی‌متر و انتقال آن‌ها به آزمایشگاه خاکشناسی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری ارزیابی شد. در خصوص اجزای عملکرد محصول سیاه‌دانه، پس از رسیدن محصول، با استفاده از پلات یک مترمربعی که در هر کرت و نقاط تصادفی انداخته شد، محصولی که در محدوده پلات قرار داشت با ریشه، برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. عملکرد بیولوژیک، وزن ریشه، طول ریشه، قطر ریشه، عرض پراکنش ریشه، تعداد فولیکول در بوته، تعداد دانه در فولیکول، وزن هزاردانه، ارتفاع بوته، قطر ساقه و عملکرد با استفاده از روش‌های استاندارد در آزمایشگاه گیاهان دارویی پژوهشکده گیاهان دارویی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، اندازه‌گیری شد. دسته‌بندی داده‌ها و رسم نمودار توسط نرم‌افزار اکسل (Excel 2016)، تجزیه و تحلیل آماری توسط نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها و اثرات متقابل در مورد پارامترهای معنی‌دار شده به روش دانکن مقایسه شد.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به تجزیه و تحلیل فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحت آزمون به همراه عناصر غذایی موجود در خاک مزرعه با همکاری ویژه آزمایشگاه خاکشناسی گروه خاکشناسی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، حاصل شد. نتایج مربوطه در جدول ۱ ارائه شده است.

نتایج مربوط به نفوذپذیری خاک (شکل ۲) نشان داد که خاک مزرعه بسیار فشرده بوده و در عمق نهایتاً ۳۰ سانتی‌متری یک سخت لایه وجود خواهد داشت یعنی شاخص مخروطی به بیش از ۲ مگا پاسکال خواهد رسید که رشد ریشه را دچار مشکل می‌نماید و استفاده از چیزل به منظور شکستن این سخت لایه لازم است (۱۰). پس از خاک‌ورزی نیز مجدداً در همان نقاط مشخص شده قبل از خاک‌ورزی، آزمون نفوذپذیری انجام شد و مشاهده شد که استفاده از چیزل در ترکیب با گاوآهن دوار و غلتک در شکستن سخت‌لایه و نرم کردن خاک زیرسطحی کاملاً موفق بوده است. این نتایج، با نتایج پژوهش‌های سالار و همکاران (۲۰۱۳) و عسکری و همکاران (۲۰۱۸) همخوانی دارد (۱۱، ۱۲).

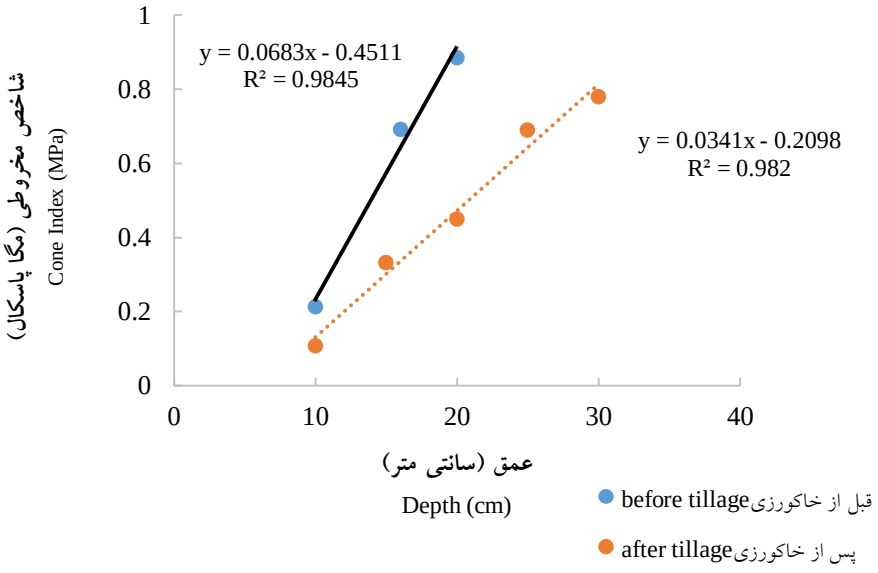
شکل ۱- (الف) دستگاه خاک‌ورز، (ب) ضمیمه ریشه‌بر و (ج) روش کشش دو تراکتوری به همراه کرت‌بندی مورد استفاده در آزمون‌های مزرعه‌ای.

Figure 1. (A) Tillage machine, (B) Root cutter and (C) RNAM method plus blocking used at field tests.

جدول ۱- نتایج مربوط به مشخصات فیزیکی، شیمیایی و مواد مغذی خاک.

Table 1. Physical, chemical and nutrients of field soil.

مقدار (Amount)	متغیر (Property)
36	درصد رس (Clay%)
18	درصد شن (Sand%)
46	درصد سیلت (Silt%)
1.092	درصد کربن آلی (OC%)
1.88	درصد ماده آلی (OM%)
7.62	اسیدیته (pH)
0.4×10^{-3}	هدایت الکتریکی (EC) (ds/m)
0.1	درصد ازت کل (TN%)
26	فسفر قابل جذب (AP) (ppm)
208	پتاسیم قابل جذب (AK) (ppm)
338	منیزم (Mg) (ppm)
13.8	آهن (Fe) (ppm)
11.6	منگنز (Mn) (ppm)
0.34	روی (Zn) (ppm)
0.96	مس (Cu) (ppm)



شکل ۲- نتایج آزمون نفوذپذیری خاک با استفاده از دستگاه نفوذسنج قبل و بعد از خاک‌ورزی.

Figure 2. The results of soil penetration tests using penetrometer before and after tillage.

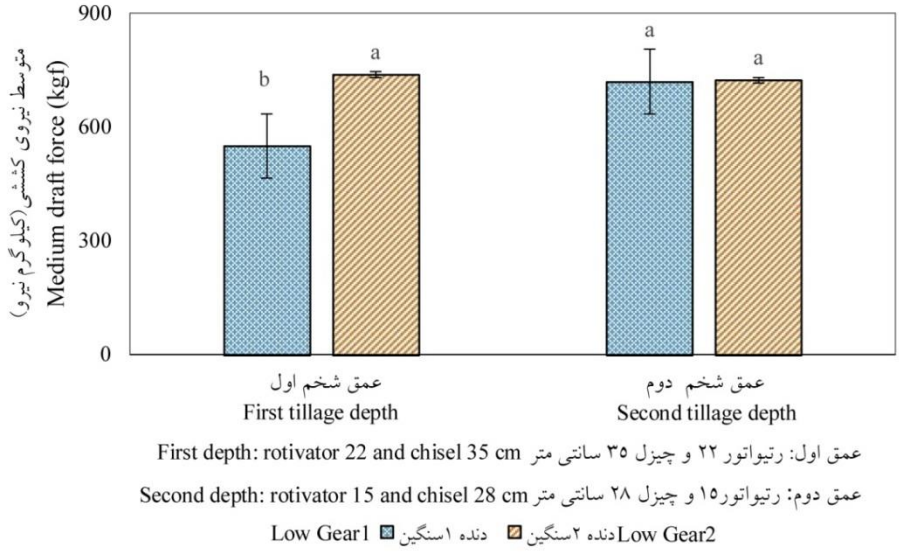
جدول ۲ اثر پارامترهای ورودی بر خروجی‌ها نشان می‌دهد که اثر پارامترهای ورودی فقط بر نیروی کششی مورد نیاز، مصرف سوخت تراکتور، عملکرد زیستی (کاه) و عملکرد سیاه‌دانه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده است و برای سایر متغیرهای تحت بررسی معنی‌دار نبوده است. از این‌رو در ادامه به مقایسه میانگین متغیرهای تحت‌تأثیر معنی‌دار پرداخته شد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر متغیرهای ورودی بر پارامترهای خروجی.

Table 2. ANOVA of the effects of input variables on the output ones.

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی (Degree of freedom)	میانگین مربعات Mean of Square												
		مصرف سوخت (Fuel consumption)	نیروی کششی (Fraft force)	ارتفاع بوته (Height of)	قطر ساقه (Stem diameter)	قطر ریشه (Root diameter)	پراکنش ریشه (Root distribution)	طول ریشه (Root length)	وزن ریشه (Root weight)	وزن هزاردانه (Weight of thousand seed)	دانه در فولیکول (Seed in follicule)	فولیکول در بوته (Fullicule)	عملکرد (Yield)	عملکرد بیولوژیک (Biological Function)
باله Wing	1	5.76	105	2.04	0.09	0.03	6.8	6.2	10.6	1.4*	0.63	2.04	187.07*	1167
عمق Depth	1	38.47	702	2.04	0.63	0.6	0.1	0.2	0.1	0.006	121.9	0.37	1.07	0.06
سرعت Speed	1	917	16750	0.04	0.12	0.3*	6.8	0.08	10.1	0.015	38.2	0.37	38.61	235
بلوک Block	2	1577.7	28811	20.5	0.4	0.1	5.9	0.9	18.3	0.23	229.4	5.3	301.04	1176
Wing× depth	1	1390.4	25392	5.04	0.001	0.03	1.3	0.3	7.4	0.28	14.2	1.04	65.64	24
Wing× speed	1	1626.6	29705	3.3	0.26	0.1	0.02	1	7.9	0.006	92.4	1.04	1.02*	387
Depth× speed	1	19.6*	358.4	5.04	0.02	0.03	3.8*	3.6	12.6*	0.01	291.9	0.04*	49.5	950*
Wing× depth ×speed	1	395.5	7222	15.04	0.033	0.3	3.2	4	12.3	0.1	135.8	15.04	103.4*	2452*
خطا Error	14	887.55	16208	7.7	0.22	0.18	2.44	2	8.8	0.17	104.06	3.04	31.3	408
ضریب تغییرات Coefficient of variance	-	17.8	17.8	7.3	22.6	17.3	27.4	14.7	17.5	21	14.6	28	15.2	15

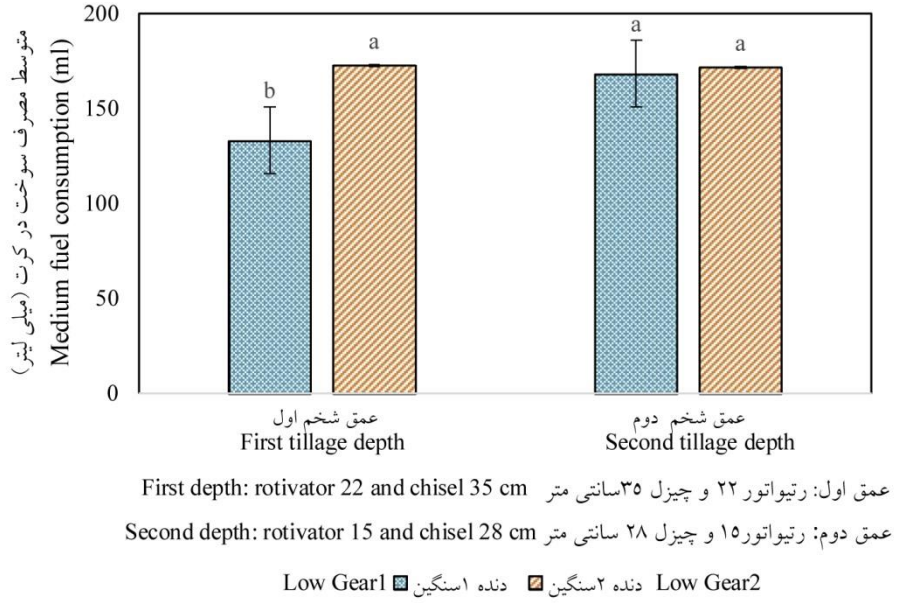
نتایج اثر متقابل تیمار خاک‌ورزی بر نیروی کششی تراکتور نشان داد که در خصوص نیروی کششی، بین دنده ۲ سنگین در هر دو عمق و دنده ۱ سنگین در عمق اول تفاوت معنی‌داری وجود ندارد اما در دنده ۱ سنگین و عمق اول شخم، تفاوت معنی‌داری با بقیه تیمارها وجود دارد. کم‌ترین نیروی کششی در دنده ۱ سنگین و عمق اول شخم (رتیواتور ۲۲ و چیزل ۳۵ سانتی‌متر) به دست آمد (شکل ۳). عمق اول از عمق دوم بیش‌تر است اما چون رتیواتور کشش منفی دارد و از پشت تراکتور را هل می‌دهد، در عمق بیش‌تر و فقط در دنده ۱ سنگین منجر به کاهش نیروی کششی تراکتور شده است. این نتیجه با نتایج پژوهش‌های بهرا و همکاران (۲۰۲۱) و سرکار و همکاران (۲۰۲۱) که به ترتیب ترکیبی از رتیواتور به همراه چیزل و زیرشکن را در سرعت‌ها و عمق‌های مختلف از بابت نیروی کششی مورد نیاز بررسی نمودند و به این نتیجه دست یافتند که در سرعت کم‌تر و عمق بیش‌تر، رتیواتور به علت کشش منفی موجب کاهش نیروی کششی مورد نیاز می‌گردد، همخوانی دارد (۱۳، ۱٤).



شکل ۳- تغییرات نیروی کششی مورد نیاز ابزار خاک‌ورز در عمق‌های شخم و سرعت‌های پیشروی متفاوت.

Figure 3. The change of draft requirement of tillage tool at different depths and forward speeds.

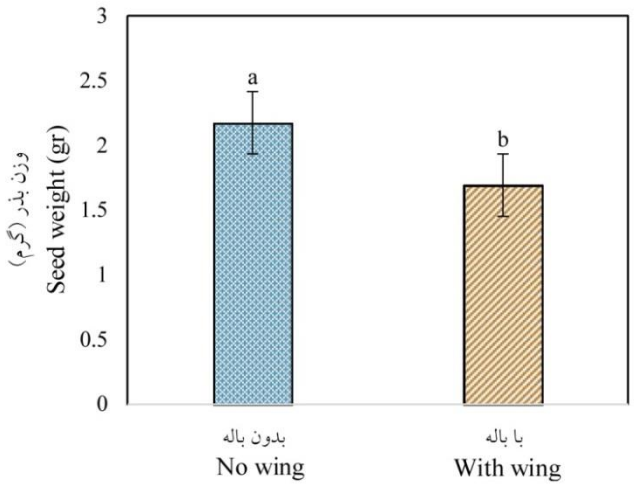
اثر متقابل تیمار خاک‌ورزی بر مصرف سوخت تراکتور: نتایج نشان داد که دقیقاً مانند نیروی کششی، در مبحث مصرف سوخت نیز بین دنده ۲ سنگین در هر دو عمق و دنده ۱ سنگین در عمق اول تفاوت معنی‌داری وجود ندارد اما در دنده ۱ سنگین و عمق اول شخم تفاوت معنی‌داری با بقیه تیمارها وجود دارد (شکل ٤). نیروی کششی اثر مستقیم بر مصرف سوخت دارد و باهم افزایش و یا کاهش خواهند یافت. کم‌ترین نیروی کششی و در نتیجه مصرف سوخت در دنده ۱ سنگین و عمق اول شخم به دست آمد. این نتیجه با نتایج به‌دست آمده در پژوهش‌های اپادیای و رحمان (۲۰۲۰) و چوداری و همکاران (۲۰۲۱) که مصرف سوخت تراکتور برای ادوات ترکیب شده با رتیواتور را کم‌تر از ابزار منفرد گزارش نمودند، همخوانی دارد (۱۵، ۱٦).



شکل ٤- تغییرات میزان مصرف سوخت تراکتور در عمق‌های شخم و سرعت‌های پیشروی متفاوت.

Figure 4. The change of tractor fuel consumption at different depths and forward speeds.

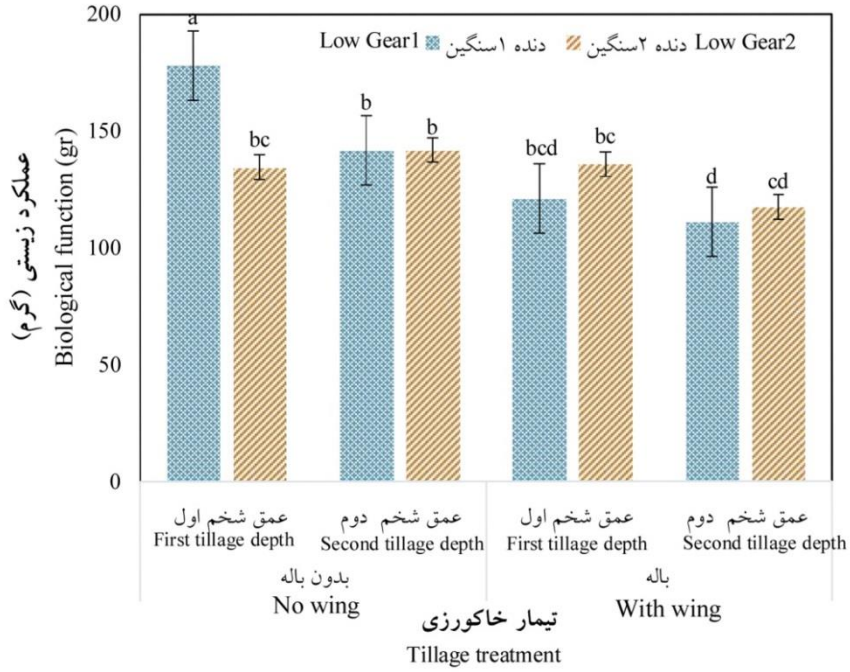
اثر به‌کارگیری ضمیمه ریشه‌بر (باله) بر وزن بذر سیاه‌دانه: نتایج نشان داد که استفاده از ریشه‌بر (باله) تأثیر منفی بر وزن بذر سیاه‌دانه داشته و حالت بدون ریشه‌بر بهتر عمل نموده است و این تفاوت کاملاً معنی‌دار است (شکل ۵). این نتیجه با نتایج پژوهش‌های هیلمان و همکاران (۱۹۹۱) و وانگ و همکاران (۲۰۲۲) که اثر اضافه نمودن ضمیمه ریشه‌بر را به ترتیب بر روی میزان محصول سورگوم و گندم زمستانه- ذرت تابستانه منفی ارزیابی نمودند، مطابقت دارد (۱۷، ۱۸). مزرعه تحت بررسی فاقد علف هرز چندساله بود اما اگر مزرعه، علف هرز داشته باشد، استفاده از ریشه‌بر به منظور قطع ریشه علف‌های هرز توصیه می‌شود (۱۹). ریشه‌بر علاوه بر قطع ریشه علف‌های هرز موجب ایجاد سطح مقطع بهم خورده (سست‌شده) بیش‌تری در زیر سطح خاک می‌گردد که برای ریشه دوانی گیاهان با ریشه افشان و پرحجم بسیار مفید خواهد بود و به رشد این نوع گیاهان کمک خواهد نمود (۱۸) اما سیاه‌دانه جزء ریزدانه‌ها بوده، عمق کاشت کمی داشته و ریشه پرحجم و افشانی ندارد بنابراین استفاده از ضمیمه ریشه‌بر مفید نخواهد بود و سست شدن خاک زیرسطحی تأثیر منفی بر استقرار گیاه و محصول خواهد گذاشت.



شکل ۵- اثر وجود و عدم وجود ضمیمه باله بر وزن بذر.

Figure 5. The effect of wing and no-wing condition on the seed weight.

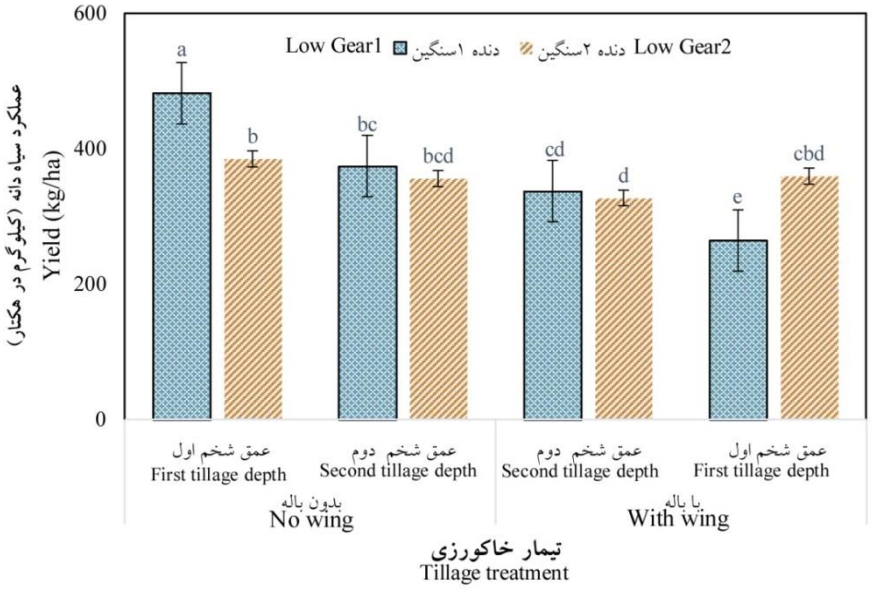
اثر متقابل تیمارهای خاک‌ورزی بر عملکرد زیستی (کاه) سیاه‌دانه: نتایج نشان داد که در مورد عملکرد زیستی حالت بدون ریشه‌بر بهتر از با ریشه‌بر بوده و در این حالت نیز، عمق شخم اول به میزان ۲۲ سانتی‌متر برای رتیواتور و ۳۵ سانتی‌متر برای چیزل (شخم عمیق‌تر)، عملکرد زیستی بهتری را فراهم نموده و کار با دنده سنگین نیز منجر به بیش‌ترین میزان عملکرد زیستی شده است (شکل ٦). استفاده از ضمیمه ریشه‌بر موجب سست شدن خاک زیرسطحی در مقطعی بزرگ‌تر نسبت به حالت بدون ریشه‌بر شده و این امر موجب عدم استقرار صحیح سیاه‌دانه و ریشه‌های کم‌عمق آن در زیر سطح خاک خواهد شد و در نهایت موجب کاهش میزان محصول (عملکرد) و عملکرد زیستی (کاه) سیاه‌دانه خواهد شد.



شکل ٦- اثر متقابل عمق، سرعت پیشروی و باله بر عملکرد زیستی.

Figure 6. The interaction effect of depth, forward speed and wing on the biological function.

اثر متقابل تیمارهای خاک‌ورزی بر عملکرد سیاه‌دانه: نتایج نشان داد که در مورد عملکرد سیاه‌دانه حالت بدون ریشه‌بر بهتر از با ریشه‌بر است. در حالت بدون ریشه‌بر، عمق شخم اول (شخم عمیق‌تر) در دنده ۱ سنگین عملکرد بهتری داشته است اما در حالت با ریشه‌بر، در دنده ۱ سنگین، عمق شخم دوم عملکرد بهتری داشته و در دنده ۲ سنگین، عمق شخم اول عملکرد بهتری از خود نشان داد (شکل ۷). همان‌گونه که در بخش‌های قبلی نیز بحث شد، استفاده از ضمیمه ریشه‌بر موجب سست‌شدگی بالای خاک زیرسطحی شده و برای سیاه‌دانه که در عمق کم کشت می‌شود و ریشه‌های افشان و پرحجمی ندارد، مناسب نخواهد بود و تأثیر منفی بر عملکرد محصول خواهد داشت.



شکل ۷- اثر متقابل عمق، سرعت پیشروی و باله بر عملکرد سیاه‌دانه.

Figure 7. The interaction effect of depth, forward speed and wing on the yield.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده استفاده از ریشه‌بر موجب افزایش نیروی کششی موردنیاز ابزار خاک‌ورزی و درنتیجه افزایش مصرف سوخت تراکتور می‌شود درحالی‌که اثر نامطلوبی بر وزن بذر، عملکرد زیستی و عملکرد سیاه‌دانه دارد. ریشه‌بر علاوه بر قطع ریشه علف‌های هرز موجب ایجاد سطح مقطع به‌هم‌خورده (سست‌شده) بیش‌تری در زیر سطح خاک می‌گردد که برای ریشه دوانی گیاهان با ریشه افشان و پرحجم بسیار مفید خواهد بود و به رشد این نوع گیاهان کمک خواهد نمود اما سیاه‌دانه جزء ریزدانه‌ها بوده، عمق کاشت کمی داشته و ریشه پرحجم و افشانی ندارد بنابراین استفاده از ضمیمه ریشه‌بر مفید نخواهد بود و سست شدن خاک زیرسطحی تأثیر منفی بر استقرار گیاه و محصول خواهد گذاشت. استفاده از سرعت پیشروی بالاتر در حالت کلی منجر به افزایش نیروی کششی موردنیاز و مصرف سوخت تراکتور شده و در حالت بدون ریشه‌بر منجر به کاهش عملکرد زیستی و عملکرد سیاه‌دانه در عمق بیش‌تر خاک‌ورزی شده است درحالی‌که در عمق کم‌تر تفاوت معنی‌داری بین دو دنده دیده نمی‌شود. پس درمی‌یابیم که برای کشت سیاه‌دانه که عمق کشت

کمی دارد و نیاز است که خاک سطح تا عمق کشت موردنیاز به‌درستی ریز شود تا ارتباط بهتری با بذر گیاه ایجاد شود، باید از سرعت پیشروی کم‌تر استفاده کنیم. در خصوص عمق شخم درمی‌یابیم علی‌رغم این‌که سیاه‌دانه به عمق کشت زیادی نیاز ندارد اما عمق شخم بیش‌تر در حالت بدون باله موجب کاهش نیروی کششی موردنیاز و درنتیجه کاهش مصرف سوخت و افزایش عملکرد زیستی و عملکرد کلی محصول شده است. درنتیجه خاک‌ورزی در عمق بیش‌تر و کشت در عمق موردنیاز پیشنهاد می‌گردد. بهترین تیمار موردبررسی، ابزار خاک‌ورزی سه‌کاره مورداستفاده، بدون ضمیمه ریشه بر، عمق شخم بیش‌تر و پیشروی با دنده یک سنگین بود. بدین‌ترتیب، صرفه‌جویی ۲۵ درصدی در مصرف سوخت به علت کشش منفی رتیواتور، افزایش عمق شخم و کاهش ۲۵ درصدی نیروی کششی موردنیاز، افزایش ۲۵ درصدی عملکرد زیستی (کاه) و ٤٥ درصد افزایش عملکرد سیاه‌دانه میسر خواهد شد. این نتایج باید در اختیار سازمان جهاد کشاورزی و زارعین مناطق شیب‌دار قرار گیرد تا موجب تصمیم‌سازی در خصوص جایگزینی گندم با این گیاه داروئی ارزشمند و سودآور گردد تا درنهایت عایدی کشاورزان مناطق شیب‌دار عمدتاً محروم را رونق بخشد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان متن حاضر نهایت سپاس و تشکر خود را از کارخانه ماشین‌های کشاورزی هادی جویبار، قرارگاه پیشرفت و آبادانی سپاه کربلا استان مازندران مستقر در منطقه هزارجریب بهشهر، پژوهشکده گیاهان دارویی و معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به‌علت مساعدت ایشان در انجام این پژوهش بیان می‌دارند.

داده‌ها و اطلاعات

این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی با عنوان "خاک‌ورزی کنترل شده به منظور کشت سیاه‌دانه در منطقه هزارجریب بهشهر" مابین دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و قرارگاه پیشرفت و آبادانی سپاه کربلا استان مازندران به شماره قرارداد ۰۰/۸۹۳۷/و تاریخ تصویب ۱٤۰۰/۰۷/۰٦ می‌باشد. این طرح در روستای لرما بخش کیاسر منطقه هزارجریب شهرستان بهشهر حد فاصل ۲٦ مهرماه ۱٤۰۰ الی ۳۰ اردیبهشت‌ماه ۱٤۰۱ انجام شده است.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافعی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: آماده‌سازی داده‌ها، انجام محاسبات، تهیه پیش‌نویس مقاله

نویسنده دوم: طرح تحقیق و روش‌شناسی، اصلاح و نهایی‌سازی مقاله، مشارکت در آنالیزها، نظارت تحقیق

نویسنده سوم: تهیه و آماده‌سازی داده‌ها

نویسنده چهارم: بازبینی مقاله، مشارکت در طرح و روش تحقیق، بازبینی مقاله.

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آن‌ها است.

حمایت مالی

این پژوهش با حمایت مالی مشترک مابین دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و قرارگاه پیشرفت و آبادانی سپاه کربلا استان مازندران به مبلغ ٤۰/۰۰۰/۰۰۰ ریال در قالب طرح تحقیقاتی با شماره قرارداد ۰۰/۸۹۳۷/و صورت گرفته است.

منابع

1. Askari, M., Komarizade, M.H., Nikbakht, A.M., Nobakht, N., and Teimourlou, R.F. 2011. A novel three-point hitch dynamometer to measure the draft requirement of mounted implements. Research in agricultural engineering, 57: 4. 128-136.
2. Askari, M., Shahgholi, Gh., and Abbaspour-Gilandeh, Y. 2019. New wings on the interaction between conventional subsoiler and paraplow tines with the soil: effects on the draft and the properties of soil. Archives of agronomy and soil science, 65: 1. 88-100.
3. Tabad, M.A., and Behzadi, A. 2015. Effect of Sowing Date and Weed Control on Yield and Yield Components of Black Cumin (Nigella sativa) in Marivan Iran. 1st national conference on herbs and herbal medicine. 28 May. (In Persian)
4. Ahmadi, K., Ebadzade, H.R., Hatami, F., Mohammadnia Afroozi, SH., Eafandiaripour, E., and Abbas Taghani, R. 2021. Agricultural Statics letter, 8574431. 156p. (In Persian)
5. Kassam, A., Derpsch, R., and Friedrich, T. 2020. Development of Conservation Agriculture systems globally. In Advances in Conservation- 2 Agriculture, Volume 1-Systems and Science; Cambridge, UK, Chapter 2, pp. 31-86.
6. Kassam, A., Friedrich, T., and Derpsch, R. 2021. Successful Experiences and Learnings from Conservation Agriculture Worldwide. In Proceedings of the 8th World Congress on Conservation Agriculture, Bern, Switzerland, 21-23June, (https://8wcca.org/wp content/ uploads/ 2021/06/20-jun-prog english.pdf).
7. Kassam, A., Friedrich, T., and Derpsch, R. 2022. Successful Experiences and Lessons from Conservation Agriculture Worldwide. Agronomy, 12, 769. (https:// doi.org/10.3390/agronomy12040769).
8. Akbarinia, A., Khosravifard, M., Rezaii, M.B., and Sharifi Ashoorabadi, E. 2005. Comparison of fall and Spring Cultivation on Seed Yield of Some Medicinal Plant under Irrigation and No-irrigation Conditions. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 21: 3. 319-334. (In Persian)
9. RNAM. 1995. RNAM test codes and procedures for farm machinery/Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, Regional Network for Agricultural Machinery. RNAM technical publications: 12. Bangkok, Thailand.
10. Godwin, R.J., Misiewicz, P.A., Smith, E.K., Millington, W.A., White, D.R., Dickin, E.T., and Chaney, K. 2017. Summary of the effects of three tillage and three traffic systems on cereal yields over a four-year rotation. 2017 ASABE Annual International Meeting. Paper No. 1701652.
11. Salar, M.R., Esehaghbeygi, A., and Hemmat, A. 2013. Soil loosening characteristics of a dual bent blade subsurface tillage implement. Soil and Tillage Research, 13: 4. 17-24.
12. Askari, M., Shahgholi, Gh., and Abbaspour-Gilandeh, Y. 2018. New wings on the interaction between conventional subsoiler and paraplow tines with the soil: effects on the draft and the properties of soil. Archives of Agronomy and Soil Science, pp. 1-12. https://doi.org/10.1080/03650340.2018. 1486030.
13. Behera, A., Raheman, H., and Thomas, E.V. 2021. A comparative study on tillage performance of rota-cultivator (a passive – active combination tillage implement) with rotavator (an active tillage implement). Soil and Tillage Research, 20: 7. 104861.
14. Sarkar, P., Upadhyay, G., and Raheman, H. 2021. Active-passive and passive-passive configurations of combined tillage implements for improved tillage and tractive performance: A review. Spanish Journal of Agricultural Research, 19: 4. e02R01. https://doi.org/ 10.5424/sjar/2021194-18387.
15. Upadhyay, G., and Raheman, H. 2020. Effect of velocity ratio on performance characteristics of an active-passive combination tillage implement. Biosystems Engineering, 19: 1. 1-12.
16. Choudhary, S., Upadhyay, G., Patel, B., and Jain, N & M. 2021. Energy requirements and tillage performance

under different active tillage treatments in sandy loam soil. Biosystems Engineering, 46: 353-364.
17. Heilman, M.D., Hickman, M.V., and Taylor, M.J. 1991. A comparison of wing-chisel tillage with conventional tillage on crop yield, resource conservation, and economics. Journal of Soil and water conservation, 46: 1. 78-80.
18. Wang, X., Zhou, H., Huang, Y., and Ji, J. 2022. Variation of subsoiling effect at wing mounting heights on soil properties and crop growth in wheat-maize cropping system. Agriculture, 12: 1684. https:// doi.org/ 10.3390/ agriculture 12101684.
19. Askari, M., Shahgholi, Gh., Abbaspour-Gilandeh, Y., and Tash-Shamsabadi, H. 2016. Effect of forward speed and tillage depth on tractor-subsoiler performance. Journal of Engineering Research in Agricultural Mechanization and Systems, 6: 5. 109-128. (In Persian)