بررسی اقتصادی عملکرد گندم دیم در گرگان با استفاده از روش‌های مختلف خاک‌ورزی

مهدی حسینی[۱*] سید علیرضا موحدی نائینی[۱]، حسینعلی شمس‌آبادی[۲]، علی دریجانی[۳] و مجید خیری نتاج فیروزجاه[۴]

تاریخ دریافت: ۹۳/۳/۴ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۱۵

۱- گروه آموزشی خاک دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- گروه آموزشی مهندسی بیوسیستم دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳- دانشگاه پیام نور کرمان
۴- گروه آموزشی اقتصاد کشاورزی دانشگاه تبریز
*مسئول مکاتبه mehdi.h.2009@gmail.com

چکیده

دست‌یابی به بیش‌ترین عملکرد محصول گندم دیم با ارائه روش خاک‌ورزی بهینه با رویکرد افزایش درآمد کشاورز و کاهش هزینه تولید از اهداف این مطالعه بشمار می‌رود. به همین منظور پژوهشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۵ تیمار خاک‌ورزی در ۴ تکرار، طی سال زراعی ۸۹- ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان اجرا گردید. پنج روش آماده سازی زمین با ماشین‌های خاک‌ورزی مختلف شامل: ۱) گاوآهن برگردان‌دار سوارشونده به همراه یک بار عملیات دیسک ۲) رتیواتور ۳) دیسک (به تنهایی) ۴) چیزل (به تنهایی) و ۵) روش بدون خاک‌ورزی در نظر گرفته شد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهند که نظام بدون خاک‌ورزی برای خاک‌های محل آزمایش مناسب نمی‌باشد و باعث کاهش عملکرد و درآمد کشاورز می‌شود. میزان عملکرد دانه و کاه در کرت های بدون خاک ورزی به ترتیب ۱۳۰۵/۶ و ۳۰۷۲/۱ کیلوگرم در هکتار برآورد گردید، درآمد حاصل از دانه و کاه و کل سود حاصل از نظام بدون خاک‌ورزی به ترتیب ۴۷۰۰۱۶۰، ۳۰۷۲۱۰۰ و ۷۷۷۲۲۶۰ ریال در هکتار بود. با توجه به عملکرد و هزینه‌های شخم در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی، مقدار سود خالص حاصل از خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار بیش از سایر روش‌های خاک-ورزی است. هزینه‌های شخم در شدّت‌های بالای خاک‌ورزی در مقایسه با شدّت‌های پایین، به‌دلیل مصرف بیشتر سوخت افزایش می‌یابد. همچنین، در خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار با شدت بالا (شدت بالای خاک‌ورزی)، میزان درآمد حاصل از تولید کل ۱۲۶۷۱۰۲۰ ریال و هزینه شخم ۶۰۰ هزار ریال در هکتار بود، لذا سود حاصل به ازای هر هکتار معادل ۱۲۰۷۱۰۲۰ ریال می‌باشد میزان مصرف بذر و کود و هزینه مربوط به آنها برای تمام تیمارهای خاک‌ورزی یکسان بود. افزایش شدت عملیات خاک‌ورزی و یا خاک ورزی پس از کشت، موجب کاهش نیاز کود پتاسیمی می‌شود که با توجه به سیاست‌های اخیر دولت برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی ضرورتی اجتناب‌ناپذیر محسوب می‌شود و موجب کاهش هزینه های کشاورزی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: خاک‌ورزی، درآمد، گندم دیم

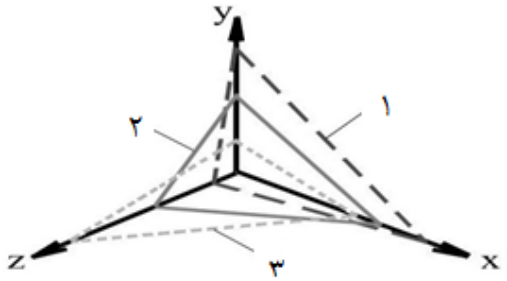
۱- مقدمه

گندم یکی از محصولات پرمصرف، مهم و استراتژیک به عنوان مادهٔ غذایی است که ۶۶/۵ درصد از سهم غلات تولیدی را به خود اختصاص داده است (امین، ۱۳۷۷). در ایران نیز در استان گلستان با داشتن آب و هوای معتدل مدیترانه‌ای سالانه در حدود ۴۰۰ هزار هکتار از اراضی زراعی زیر کشت گندم می‌رود و در نتیجه این استان از قطب‌های تولید گندم محسوب می شود. حاصلخیزی خاک، شرایط آب و هوایی، خرید دولت با قیمت مناسب، کاهش سطح کشت پنبه، کشت مناسب پاییزه و کاهش نیاز آبی با باران‌های پاییزه و زمستان و سهولت کاشت، داشت و برداشت، رغبت کشاورزان را برای افزایش سطح زیر کشت محصول استراتژیک گندم در این استان افزایش داده است (سالنامه آماری استان گلستان، ۱۳۹۱). بطوری که گندم حدود نیمی از سطح زیر کشت محصولات زراعی ایران را داراست (کشاورز و همکاران، ۱۳۸۰). به طور کلی، عملیات خاک‌ورزی می‌تواند براساس ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک؛ انرژی و مصرف سوخت و همچنین عملکرد دانه محصولات کشاورزی تعیین شود. علاوه بر موارد یاد شده، پایداری خاکدانه، جذب سطحی، دانه‌بندی ذرات خاک، مقدار رطوبت خاک، جرم مخصوص ظاهری، تخلخل، مقاومت به نفوذ و توزیع اندازه ذرات خاک تحت تاثیر روش‌های

مختلف خاک‌ورزی است (لیپیک و همکاران، ۲۰۰۶ ؛ فابریزی و همکاران، ۲۰۰۵).

شمس‌آبادی و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی اثر سه روش خاک-ورزی و تراکم بذر ذرت شیرین در طی ۲ سال در کشور مالزی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که حدود ۳۰ و ۱۳ درصد افزایش عملکرد محصول، به ترتیب در روش‌های خاک‌ورزی با گاوآهن‌های برگردان‌دار و بشقابی نسبت به رتیواتور (شاهد) حاصل شده است. علاوه بر این، گزارش کردند با وجود هزینه انرژی مصرفی، سوخت و زمان بیشتر در دو روش یاد شده نسبت به شاهد (رتیواتور)، منفعتی معادل ۱۰۰۰ دلار آمریکا در هکتار در خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار در مقایسه با رتیواتور (شاهد) بدست آمد. عملیات بدون خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار فواید زیادی همچون حفظ رطوبت خاک، کاهش نیروی کارگری، صرفه‌جویی در زمان و مصرف سوخت، کاهش استهلاک و فرسایش قطعات را موجب می‌شود (آنگر و مک کالا، ۱۹۸۰). براون و همکاران (۱۹۸۹) گزارش کردند که عملکرد ذرت در سیستم بدون خاک‌ورزی نسبت به خاک-ورزی با گاوآهن برگردانـدار و شخم با دیسک کمتر می باشد. مکیساک و همکاران (۱۹۹۰) دریافتند که در یک خاک با زهکشی ضعیف، عملکرد ذرت در روش بدون خاک‌ورزی نسبت به سایر روش-های خاک‌ورزی کمتر می‌باشد. اثرات منفی نظام بدون خاک‌ورزی در رشد و عملکرد ذرت به دلیل جوانه زنی کند و ناهمگون و تأخیر در رشد می‌باشد و درآمد اقتصادی برای تولید ذرت فقط تحت تأثیر عملکرد دانه نبوده، بلکه تحت تأثیر هزینه دانه، علف‌کش، کود، ماشین آلات کشاورزی و نیروی کارگری نیز بوده است. اگرچه مقدار تولید محصول، هزینه سوخت، نیروی کارگری و ماشین‌آلات کشاورزی در نظام بدون خاک‌ورزی پایین‌تر بوده، اما هزینه علف-کش‌ها و مدیریت‌های تشدیدی به منظور حفظ یا افزایش عملکرد در نظام بدون خاک‌ورزی بیشتر بوده است (مهدی و همکاران، ۲۰۰۴). دوفی و هانتورن (۱۹۸۴) بیان کردند که از نظر درآمد اقتصادی بین دو نظام بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی با گاوآهن برگردانـدار هیچ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. اگرچه ساگلام و همکاران (۲۰۰۹) اظهار نمودند که میزان مصرف سوخت در خاک‌ورزی متداول (شخم با گاوآهن برگرداندار) نسبت به حداقل خاک‌ورزی (دیسک) بیشتر بود.

درگزارش میشل و همکاران (۱۹۸۵) آمده است که میزان انرژی لازم برای تولید چغندرقند، لوبیا و ذرت آبی در روش خاک‌ورزی با گاوآهن چیزل نسبت به روش های مرسوم کمتر بود و همچنین زمان لازم برای عملیات قبل از کاشت نیز در گاو آهن چیزل کوتاه‌تر بود. نتایج بوناری و همکاران (۱۹۹۵) نشان می‌دهند که مصرف سوخت، انرژی مورد نیاز و هزینه در شرایط کم‌خاک‌ورزی ۵۵٪ کاهش می‌یابد، درحالی که عملکرد دانه و محصول تفاوتی نداشتند. اسدی و همت (۱۳۷۷) نیز اثرات شیوه‌های مختلف خاک‌ورزی در تولید محصول گندم آبی و پارامترهای عملکردی آنها را مقایسه کردند و به این نتیجه رسیدند که در منطقه اصفهان و در یک خاک با بافت لومی رسی استفاده از گاوآهن چیزل برای شخمی به عمق ۱۵سانتیمتر به علت برابر بودن سوخت مصرفی تراکتور و یکسان بودن عملکرد محصول تنها به دلیل افزایش۴۴ درصدی ظرفیت عملیات در مقایسه با شخم با گاوآهن برگرداندار می‌تواند به عنوان یک روش جایگزین عملیات خاک‌ورزی مرسوم پیشنهاد گردد. موریس و همکاران (۲۰۱۰) رابطه بین سیستم‌های خاک‌ورزی و شاخص‌های مختلف عملکرد را در شکل ۱ نشان داده و به این نتیجه رسیدند که در طی هر دوره زمانی، استفاده از حداقل خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی به سرعت در حال گسترش است.



شکل ۱- رابطه بین شاخص‌های عملکرد (x، y و z) و سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی (۱، ۲ و ۳)
x: کیفیت و عملکرد محصول، y: هزینه‌های سیستم‌های خاک‌ورزی، z: مزایا و امتیازات خاک، محیط و تنوع زیستی
۱- خاک‌ورزی متداول ۲- حداقل خاک‌ورزی ۳- نظام بدون خاک-ورزی

درپش و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند که نظام بدون خاک‌ورزی در زمینی به مساحت ۱۱۱ میلیون هکتار به کار رفته است و طی ۱۰ سال اخیر افزایش سالیانه در استفاده از نظام بدون خاک‌ورزی به ۶ میلیون هکتار در سال رسیده است. نظام بدون خاک‌ورزی به طور وسیعی در آمریکا (۲۶/۵ میلیون هکتار)، برزیل (۲۵/۵ میلیون هکتار)، آرژانتین (۱۹/۷ میلیون هکتار)، کانادا (۱۳/۵ میلیون هکتار) استرلیا (۱۲ میلیون هکتار) به کار برده شده است. در سال‌های اخیر در اروپا (اکثراً در اسپانیا و فرانسه)، بیش از یک میلیون هکتار با نظام بدون خاک‌ورزی کشت می‌شود (درپش و همکاران، ۲۰۱۰ و لینکه، ۲۰۰۶). هزینه بالای انرژی کشاورزان را مجبور کرده است که روش-های خاک‌ورزی اقتصادی‌تری پیدا کنند (بایهان و همکاران، ۲۰۰۶).

وایس و بارچ (۱۹۹۹) بیان کردند که سیستم خاک‌ورزی متداول مبتنی بر شدت بالای به هم ریختگی و برگرداندن خاک با استفاده از گاوآهن برگرداندار است. ولی خاک‌ورزی حفاظتی مانند خاک‌ورزی با گاوآهن چیزل که تا حد خیلی کمی خاک را بر هم می‌زنند و یک سطح ناهموار بوجود می‌آورد، حدود ۳۰ درصد بقایای گیاهی را در سطح خاک حفظ کرده و موجب حفظ ساختمان طبیعی خاک و جلوگیری از فرسایش آن می‌شود. در برخی از استان های کشور

مانند گلستان پتاسیم فراوانی در خاک موجود است، ولی بدلیل کندی انتشار پتاسیم، قابلیت استفاده آن برای داشتن تولید بالا کافی نیست (امینی، ۱۳۸۵ و سبطی، ۱۳۸۶). خاک‌ورزی از طریق اصلاح تهویه، دما و رطوبت خاک، کاهش مقاومت مکانیکی خاک و همچنین از طریق موقعیت دسترسی پتاسیم به کار رفته شده در خاک بر فراهمی جذب پتاسیم تأثیر می‌گذارد (کریشنا، ۲۰۰۶). در محل آزمایش قابلیت استفاده پتاسیم تحت تأثیر دو عامل سطح ویژه و وضعیت دانه‌بندی خاک می‌باشد (علاءالدین، ۱۳۸۹).

دریجانی و همکاران (۱۳۸۷) در پژوهشی با ارائه و برآورد تابع زیست- اقتصادی عملکرد گندم دیم، اقدام به برآورد هزینه ناشی از خشکسالی در مزارع گندم دیم استان گلستان نمودند. براساس یافته‌ها، کاهش یک درصدی رطوبت خاک موجب کاهش عملکرد محصول گندم (۱۳۰ کیلوگرم در هکتار) شد. کاهش رطوبت خاک موجب افزایش مقاومت مکانیکی خاک شده بود. بنابراین با کاهش رطوبت خاک اهمیت خاک‌ورزی در کاهش مقاومت مکانیکی خاک و افزایش عملکرد افزایش می‌یابد (موحدی نائینی و همکاران، ۱۳۹۲). دریجانی و همکاران (۱۳۸۷) در مجموع، ارزش اُفت عملکرد ناشی از خشکسالی را معادل ۳۱۲ هزار ریال در هکتار و ۶۵ میلیارد ریال برای کل استان ارزیابی نمودند. آنها ایجاد مرکز شبیه‌سازی و پایش و پالایش اقتصادی آثار خشکسالی بر بخش کشاورزی و استفاده از الگوی تولید محصول کم‌نهاده (به‌ویژه آب) را برای کاهش آثار خشکسالی بخش کشاورزی استان گلستان پیشنهاد نمودند. در این مقاله سعی شده است ماشین‌های مختلف خاک‌ورزی را از دیدگاه فنی (شدت خاک‌ورزی و اثر آن بر عملکرد) و اقتصادی (مقایسه سود خالص تولید گندم با روش های مختلف خاک‌ورزی) در طی یک دوره رشد گندم دیم مورد بررسی و ارزیابی قرار دهیم.

۲- مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۵ تیمار و ۴ تکرار، طی سال زراعی ۸۹- ۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان واقع در ۱۰ کیلومتری غرب گرگان (جنب روستای سیدمیران) اجرا گردید. پنج روش خاک‌ورزی شامل: ۱) شخم با گاوآهن برگردان‌دار سوار (عمق ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر) به همراه یک بار دیسک‌زنی، ۲) رتیواتور زنی (عمق ۱۷-۱۲ سانتی‌متر)، ۳) دیسک‌زنی (عمق ۱۰-۸ سانتی‌متر)، ۴) چیزل‌زنی (عمق ۳۰-۲۵ سانتی‌متر) و ۵) نظام بدون خاک‌ورزی در نظر گرفته شد. روش رایج کشت در منطقه استفاده از گاوآهن برگرداندار و دیسک است. وزارت کشاورزی برای افزایش تثبیت کربن از هوا در خاک در حال تحقیق برای استفاده و ترویج نظام بدون خاک‌ورزی است و سایر روش‌های خاک‌ورزی که در این تحقیق انتخاب شدند از نظر شدت بین این دو نظام خاک‌ورزی قرار دارند. طول هر کرت آزمایش ۵ متر و عرض آن هم ۵ متر در نظر گرفته شد. در تاریخ ۱۳۸۸/۹/۲۹ گندم رقم N-۸۰۱۹ در کرت‌های آزمایشی کشت گردید. برای کشت گندم در منطقه از غلتک برای خرد کردن کلوخه‌ها استفاده نمی‌شود و با وجود ناهمواری استفاده از ماشین بذرکار رایج نیست. ناهمواری به وجود آمده در اثر استفاده از ماشین بذرکار موجب می شود که بسیاری از بذرها روی زمین قرار بگیرند و هیچگاه سبز نشوند. با احتساب فاصله ۲ سانتیمتر برای فاصله بذرها روی خطوط کشت و ۲۰ سانتیمتر بین خطوط کشت و با استفاده از وزن هزاردانه بذر مصرفی، میزان مصرف برای یک هکتار ۲۶۸/۵ کیلوگرم محاسبه شد. کود پایه مصرفی در مورد تیمارها ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار دی‌آمونیوم فسفات و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به‌صورت پخش سطحی قبل از کشت به خاک اضافه شد. همچنین ۶۰ کیلوگرم در هکتار اوره به‌صورت کودسرک بدون مخلوط کردن با خاک در یک مرحله قبل از ساقه رفتن مصرف شد. میزان مصرف کود در این تحقیق از نتایج تحقیقات قبلی در مصرف کود در محل آزمایش اتخاذ شده است (طالبی زاده، ۱۳۸۸). با مصرف ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار کود دی آمونیوم فسفات (قبل از کاشت) و ۶۰ کیلوگرم کود اوره (زمان ساقه‌دهی) در این تحقیق نیاز ازت گیاه تأمین شد. مکانیزم افزایش جذب کافی پتاسیم در محل آزمایش از طرق استفاده از کود پتاسیم و یا افزایش شدت خاک‌ورزی ممکن است. با افزایش جذب پتاسیم کارایی مصرف ازت نیز افزایش می‌یابد (خوراشاهی و همکاران، ۱۳۹۰ و امینی و موحدی نائینی، ۲۰۱۳) و بدون تسهیل جذب و یا مصرف کود پتاسیم، مصرف ازت تأثیر قابل توجهی در عملکرد ندارد (سبطی و همکاران، ۱۳۸۸؛ وفاخواه، ۱۳۸۹ و خوراشاهی، ۱۳۹۱). چون در این تحقیق نیاز گیاه با مصرف کود کافی نیتروژن تأمین شد، میزان ازت عنصری بررسی نشد. در فواصل بین بلوک‌ها و کرت‌ها برای ایجاد حاشیه‌ها کشت صورت گرفت. بذور پیش از کشت به قارچ‌کُش کربوکسی‌تیرام آغشته شدند و کشت به‌صورت دیم انجام گردید. در هنگام شخم میزان مصرف سوخت برای هر روش خاک‌ورزی اندازه‌گیری شد. در پایان فصل رشد، ۱۵ عدد بوته از هر کرت برداشت شد و پس از جدا کردن دانه‌ها از کاه و کلش و خشک کردن در آون و انجام آسیاب، مقدار فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در دانه و کاه و کلش تعیین شد (روش بکار رفته توسط علی‌احیایی و بهبانی‌زاده، ۱۳۷۲). به منظور تعیین عملکرد دانه و کاه از سطح ۱/۵×۱/۵ متر در قسمت مرکزی کرت نمونه‌برداری شد. دانه‌ها پس از جدا شدن از محصول، در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و عملکرد دانه در واحد سطح تعیین شد. برای طرح حاضر سطوح عواملی نظیر آب و نیتروژن برای همه تیمارها یکسان بود. برای تحلیل داده‌ها و برآورد توابع زیست- اقتصادی عملکرد دانه و کاه گندم از نرم‌افزار SAS بهره گرفته شد (سس، ۱۹۹۹). به منظور محاسبه هزینه کشاورزی در اراضی گندم دیم، از برآورد تابع زیست- اقتصادی عملکرد گندم استفاده شد تا افزایش عملکرد محصول به ازای افزایش کود پتاسه و شدّت خاک-

ورزی برای کل نمونه محاسبه شود. سپس با توجه به این اطلاعات، هزینه کود پتاسه و خاک‌ورزی در هر هکتار از اراضی برآورد گردید. در مطالعه حاضر، بررسی اقتصادی جذب پتاسیم و عملکرد گیاه که تابعی از شدت خاک‌ورزی است، مطالعه شد. مقدار درآمدهای کل مربوط به عملکرد دانه و کاه، سود خالص تولید، مقدار بذری که تبدیل به بوته شد (کیلوگرم در هکتار) و میزان تلفات حاصل از بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار) به صورت زیر محاسبه شد (لازم به ذکر هست که مقدار درآمد کل عملکرد دانه و کاه و سود خالص مربوط به سال ۱۳۹۲ بوده و قیمت هر کیلو گندم و کاه در سال ۱۳۹۲ به ترتیب ۳۶۰۰ و ۱۰۰۰ ریال بوده است):

(۳۶۰۰ ریال) قیمت هر کیلوگرم دانه گندم × عملکرد دانه = درآمد کل مربوط به عملکرد دانه

(۱۰۰۰ ریال) قیمت هر کیلوگرم کاه × عملکرد کاه = درآمد کل مربوط به عملکرد کاه

هزینه شخم (ریال در هکتار) - (درآمد کل مربوط به عملکرد کاه (ریال) + درآمد کل مربوط به عملکرد دانه (ریال)) = سود خالص تولید (ریال)

تراکم بوته (تعداد در هکتار) × وزن تک دانه (۰/۰۳۳۲ گرم) = مقدار بذری که تبدیل به بوته شد (کیلوگرم در هکتار)

مقدار بذری که تبدیل به بوته شد - مقدار بذر کاشته شده (۲۶۸/۵ کیلوگرم در هکتار) = میزان تلفات حاصل از بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار)

۳- نتایج و بحث

جدول ۱ نشان می‌دهد که میزان جذب عناصر غذایی توسط دانه و کاه از جمله پتاسیم در تیمار خاک‌ورزی با گاوآهن برگرداندار نسبت به سایر روش‌های خاک‌ورزی افزایش یافته است. خارج از مقایسات آماری، روند افزایش شدت خاک‌ورزی از کم به زیاد به ترتیب بدون خاک‌ورزی، چیزل، دیسک، روتیواتور و گاوآهن برگرداندار بود. در واقع هر چه شدت خاک‌ورزی افزایش بیابد، میزان جذب عناصر غذایی توسط گیاه و در نتیجه میزان عملکرد دانه و کاه نیز افزایش پیدا می کند. در خاک های منطقه مورد آزمایش (گرگان)، با سطح ویژه بالا و تغذیه کافی ازت، مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد گندم، پتاسیم خاک است. رس غالب خاک‌های رسی منطقه گلستان ایلایت است. ایلایت یک کانی حامل پتاسیم معمول در خاک‌ها و یک منبع مهم پتاسیم برای رشد محصول است. بدلیل سرعت کم انتشار پتاسیم در خاک‌های با سطح ویژه بالا، برای تولید عملکرد بیشتر باید از کود پتاسه استفاده شود. تحقیقات قبلی با گندم بیانگر محدودیت عملکرد این گیاه در اثر کمبود پتاسیم بوده است (امینی، ۱۳۸۵؛ سبطی، ۱۳۸۶؛ وفاخواه و همکاران، ۱۳۸۹ و طالبی زاده، ۱۳۸۸). دراین نوع خاک‌ها، سرعت حرکت پتاسیم در محلول خاک کم است و این موضوع منجر به کاهش عملکرد گیاهان زراعی از جمله گندم می‌شود. برخی روش‌های خاک‌ورزی در این تحقیق با تأثیر بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک مانند مقاومت مکانیکی در برابر رشد ریشه، موجب افزایش رشد ریشه، جذب عناصر غذایی از جمله پتاسیم و افزایش عملکرد گندم شدند. با وجود مصرف بالای کود پتاسه (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم با محتوای خالص ۹۰ کیلوگرم پتاسیم) و فسفاته (۳۵۰ کیلوگرم در هکتار دی‌آمونیوم‌فسفات با محتوای خالص ۴۸ کیلوگرم فسفر)، فقط مقدار کمی پتاسیم و فسفر توسط گیاه جذب شد. برای مثال با گاوآهن برگرداندار که بیشترین عملکرد و جذب پتاسیم و فسفر را داشت، مقدار جذب پتاسیم و فسفر توسط گیاه به ترتیب ۵۶/۱۳ و ۱۱/۰۲کیلوگرم در هکتار بود، که بیشتر پتاسیم توسط کانی ایلایت جذب و تثبیت می‌شود و فسفر بصورت فسفات‌های کلسیمی رسوب می کند و کشاورز هزینه زیادی را برای کود پرداخت کرده و دچار ضرر و زیان می‌شود. چنانچه بهای هر ۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم و دی آمونیوم فسفات به‌ترتیب ۵۳۰ هزار و ۳۲۰ هزار ریال باشد، کشاورز به میزان ۲۴۹۳۳۰۰ ریال در زمین یک هکتاری ضرر می‌کند. در واقع با افزایش شدت خاک‌ورزی میزان تلفات و ضرر حاصل از کود پتاسه نسبت به کود فسفره کمتر می شد. با افزایش شدت خاک‌ورزی می‌توان ضرر یاد شده را کاهش و جذب فسفر و پتاسیم و در نتیجه عملکرد گندم را افزایش داد. با توجه به این که خطر پراکندگی ذرات در اثر افزایش شدت خاک‌ورزی در زمین‌های مسطح و یا شیب کم وجود ندارد، اگر شدت خاک‌ورزی و یا عمق آن بیشتر از عمق متعارف شخم با گاوآهن برگرداندار (۲۰ سانتیمتر) افزایش یابد، عمق و توسعه ریشه نیز افزایش یافته و در نتیجه مقدار جذب عناصر غذایی از جمله پتاسیم و در نهایت میزان عملکرد افزایش می‌یابد و میزان ضرر ناشی از کود کاهش و سود حاصل از تولید افزایش می یابد؛ هر چند که این مطلب نیاز به بررسی بیشتری دارد.

جدول ۲ نشان می‌دهد که میزان منیزیم و پتاسیم موجود در دانه، مهمترین عامل مؤثر در عملکرد دانه شناسایی شد. از سوی دیگر، عامل مؤثر بر عملکرد کاه، میزان پتاسیم موجود در کاه می‌باشد و تأثیر سایر عناصر غذایی بر عملکرد کاه به‌لحاظ آماری در سطح ۵ و ۱ درصد معنی‌دار نبود. در جدول ۲ ارتباط بین عناصر غذایی برداشت شده توسط گیاه و عملکرد دانه و کاه بررسی شد و به این نتیجه رسیدیم که پتاسیم برداشت شده توسط گیاه تاثیر معنی-داری بر روی عملکرد دانه و کاه داشته است. یعنی با افزایش جذب پتاسیم توسط گیاه میزان عملکرد دانه و کاه به طور معنی‌داری افزایش یافت. معادله ۱ و ۲ ارتباط بین عملکرد دانه و کاه را با عناصر غذایی موجود در دانه و کاه نشان می‌دهد. مقدار R^2 برای عملکرد دانه و کاه به ترتیب ۹۷ و ۸۶ درصد بود؛ همچنین $Adj\text{-}R^2$ برای عملکرد دانه و کاه به ترتیب ۹۶ و ۸۲ بود. فرم‌های تابعی مختلفی به لحاظ متغیرهای مستقل زیست- اقتصادی برآورد گردیده و الگوی نهایی براساس آزمون‌های نیکویی برازش و تصریح الگو شناسایی شد. نتایج الگوی نهایی برازش‌شده نشان داد با افزایش شدت خاک‌ورزی، میزان جذب عناصر غذایی بجز فسفر در دانه افزایش می‌یابد.

جدول ۱- مقایسه میانگین برداشت عناصر فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم بوسیله دانه و کاه و کلش گندم در مرحله برداشت (کیلوگرم در هکتار)

تیمار	دانه				کاه			
	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم
برگردان	۶/۴۵۹^{a}	۱۰/۵۲۱^{a}	۱/۴۵۱^{a}	۳/۳۰۱^{a}	۴/۵۶۱^{a}	۴۵/۶۱^{a}	۵/۵۲^{a}	۶/۷۷۹^{a}
روتیواتور	۵/۷۱۴^{a}	۸/۵۰۹^{ab}	۱/۲۹۳^{ab}	۳/۲۶۳^{a}	۴/۹۹۸^{a}	۳۳/۴۲۸^{abc}	۳/۷۶^{ab}	۶/۴۹۳^{a}
دیسک	۴/۶۰۴^{a}	۶/۸۰۸^{ab}	۰/۹۲۹^{ab}	۲/۵۶۱^{ab}	۳/۹۵۷^{a}	۳۴/۸۷۵^{ab}	۳/۱۴^{ab}	۴/۸۵۷^{ab}
چیزل	۴/۲۰۳^{a}	۵/۵۵۱^{ab}	۰/۸۵۷^{b}	۲/۳۵۵^{ab}	۴/۰۹۸^{a}	۱۸/۳۰۶^{bc}	۳/۱۳^{ab}	۴/۷۳۹^{ab}
بدون خاکورزی	۴/۰۶۷^{a}	۴/۵۱۴^{b}	۰/۷^{b}	۲/۰۵۹^{b}	۳/۲۷۳^{a}	۱۴/۰۴۱^{c}	۲/۵۱^{b}	۴/۱۲۶^{b}

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر مبنای آزمون LSD در سطح ۵ درصد می باشد

در واقع هر چه شدّت خاک‌ورزی افزایش بیابد، میزان جذب عناصر غذایی نیز افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر، مقدار عملکرد دانه با افزایش میزان جذب منیزیم و پتاسیم افزایش یافته و عملکرد کاه با افزایش میزان جذب پتاسیم افزایش می یابد. بنظر می‌رسد چنانچه از ادوات خاک‌ورزی استفاده شود که عمق شخم را نسبت به روش‌های خاک‌ورزی استفاده شده در این طرح بیشتر کند در نتیجه موجب افزایش رشد و توسعه ریشه گیاه شده که افزایش حجم ریشه منتهی به افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه می‌شود. با توجه به اجرای طرح تحوّل اقتصادی و هدفمندی یارانه‌ها، هزینه‌های عوامل تولید افزایش یافته است (قاسمیان و همکاران،۱۳۹۰). در این خصوص، دولت می‌بایست مابه‌التفاوت قیمت تمام‌شده را متقبّل شود و یا از طریق بهره‌گیری از پدیده صرفه‌های ناشی از مقیاس، عملیات خاک-ورزی در مقیاس وسیع و یکپارچه انجام شود تا ضمن دستیابی به عملکرد بالا، بهای تمام‌شده محصول از طریق کاهش هزینه‌ها (عمدتاً هزینه‌های مربوط به شخم) تعدیل گردد. ساراسکیس و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که با افزایش سطح زیرکشت هزینه شخم و کاشت با تمام روش‌های خاک‌ورزی کاهش می‌یابد و همچنین افزایش سطح اراضی با کاهش تعداد دور زدن تراکتور در مصرف سوخت، هزینه تعمیرات و زمان صرفه جویی می‌شود. عملکرد دانه و کاه گندم دیم، بیشتر متأثر از میزان پتاسیم جذب شده توسط گیاه (برحسب کیلوگرم در هکتار) بوده است. عملکرد محصول در مقابل دو نوع شخم با گاوآهن برگرداندار + دیسک و دیسک به تنهایی از نظر آماری با هم تفاوت نداشتند. میزان عملکرد در روش خاک‌ورزی با گاوآهن برگرداندار + دیسک، بیشتر از دیسک به تنهایی بود. از آنجایی که عمق‌کار عملیات خاک‌ورزی با دیسک نسبت به گاوآهن برگرداندار کمتر بود، رشد و توسعه ریشه کمتر شده، در نتیجه منجر به کاهش عملکرد دانه و کاه گندم شده است. لازمه اینکه کشاورز با کاهش شدت خاک‌ورزی، عملکردی معادل یا بیشتر از گاوآهن برگرداندار داشته باشد، باید کود پتاسه بیشتری استفاده کند که هزینه زیادتری به کشاورز تحمیل می‌کند. یا اینکه بجای افزودن مقدار زیاد کود در خاک، از ماشین کاشت عمیق‌کار استفاده کند. زیرا این ماشین بذور را در عمق بیشتر و در داخل شیار همراه با تثبیت بذر کاشته، در نتیجه رشد و توسعه ریشه، سطح تماس ریشه با خاک و جذب عناصر غذایی توسط گیاه افزایش یافته و عملکرد محصول را تحت تأثیر مثبت قرار می‌دهد. همچنین می‌توان با استفاده از بیوتکنولوژی و تکنیک‌های به‌نژادی، ارقام اصلاح شده‌ای از گندم را بکار برد که با ریشه‌های گسترده و منشعب تولید شده، و با مقدار مصرف کود رایج در منطقه (۳۵۰ کیلوگرم دی‌آمونیوم‌فسفات و ۲۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار) و شاید کمتر، و با شدت خاک-ورزی کمتر عملکرد بالاتری نسبت به تیمار گاوآهن برگردان‌دار + دیسک (حداکثر عملکرد در تحقیق حاضر) حاصل نمود. هزینه شخم، درآمد حاصل از عملکرد و سود خالص برای تیمارهای مختلف خاک ورزی در جدول ۳ آورده شده است. قابل ذکر هست که قیمت هر کیلو دانه گندم و هر کیلو کاه در سال ۱۳۹۲ به ترتیب ۳۶۰۰ و ۱۰۰۰ ریال بوده است. از آنجایی که میزان مصرف بذر، کود و هزینه مربوط به آنها برای تمام تیمارهای خاک‌ورزی یکسان بود، اشاره‌ای به آنها نشده است. بالاترین هزینه شخم بعد از تیمار رتیواتور، مربوط به گاوآهن برگرداندار بود، و از طرف دیگر بالاترین مقدار تولید و سود خالص نیز مربوط به گاوآهن برگرداندار + دیسک بود. کمترین میزان هزینه شخم مربوط به چیزل بوده است و برای نظام بدون خاک‌ورزی هزینه‌ای نشد. این نتایج موافق با نتایج ساراسکیس و همکاران (۲۰۱۲) بود. خاتک و همکاران (۲۰۰۷) و شمس‌آبادی و همکاران (۲۰۱۱) دریافتند که خاک‌ورزی با گاوآهن برگرداندار بالاترین درآمد ناخالص و سود خالص را نسبت به خاک‌ورزی‌های کم‌عمق دارا است. جدول ۳ همچنین نشان می‌دهد که با افزایش شدت خاک‌ورزی، میزان هزینه‌های شخم و همچنین سود خالص افزایش یافت. در عملکرد دانه، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین گاوآهن برگرداندار و بدون خاک‌ورزی دیده شد. عملکرد دانه در گاوآهن برگرداندار نسبت به بدون خاک‌ورزی بیشتر بود که این نتایج موافق با میس و همکاران (۱۹۹۱) و شمس‌آبادی و همکاران (۲۰۱۱) بود. اما میزان هزینه شخم با گاوآهن برگرداندار نسبت به خاک‌ورزی با گاوآهن چیزل، دیسک و نظام بدون خاک‌ورزی بیشتر بود. در واقع یک کشاورز با پرداخت هزینه بیشتری در شخم با گاوآهن برگرداندار + دیسک باعث افزایش جذب عناصر غذایی از جمله پتاسیم در دانه و کاه می‌شود که منجر به افزایش تولید و سود خالص برای کشاورز خواهد شد.

جدول ۲- نتایج برآورد توابع زیست - اقتصادی عملکرد دانه و کاه گندم

متغیرها	عملکرد دانه				عملکرد کاه			
	انحراف معیار	ضریب	آماره t	سطح معنی‌داری	انحراف معیار	ضریب	آماره t	سطح معنی‌داری
فسفر	۱/۷۷	-۲۱/۸۷	-۰/۸۹	۰/۳۸۹	۲/۲۶	۸۹/۵۵	۱/۳۲	۰/۲۰۷
پتاسیم	۳/۳۲	۴۱/۷۳	۳/۴۱	۰/۰۰۳۸	۱۶/۷۵	۴۲/۳۵	۳/۰۶	۰/۰۰۷۹
کلسیم	۰/۴۱	۲۰۶/۹۷	۲/۰۵	۰/۰۷	۱/۸۸	۲۹/۸	۰/۳۱	۰/۷۶۱
منیزیم	۰/۷۷	۴۱۰/۴۱	۴/۴۱	۰/۰۰۰۵	۱/۸۷	۱۶۷/۵	۱/۸	۰/۰۹۲
ضریب ثابت		۲۱۵/۸	۲/۵۲	۰/۰۲۳۵		۱۴۶۱/۹۵	۳/۷۵	۰/۰۰۱۹

واحد فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم بر حسب کیلوگرم برداشت عناصر از خاک توسط دانه و کاه بر هکتار می‌باشد.

$$۲۱۵/۸Mg + ۴۱۰/۴۱Ca + ۲۰۶/۹۷P + ۲۱/۸۷K - ۴۱/۷۳Y_{(grain)} \quad (۱)$$

$$۱۴۶۱/۹۵Mg + ۱۶۷/۵Ca + ۲۹/۸P + ۸۹/۵۵ + K۴۲/۳۵ \quad Y_{(straw)} \quad (۲)$$

Y(grain): عملکرد دانه، Y(straw) : عملکرد کاه، k : پتاسیم موجود در دانه و کاه، P : فسفر موجود در دانه و کاه، Ca : کلسیم موجود در دانه و کاه، Mg : منیزیم موجود در دانه و کاه

جدول ۳- بررسی اقتصادی عملکرد دانه و کاه در روش‌های مختلف خاک‌ورزی

تیمار	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد کاه (کیلوگرم در هکتار)	هزینه‌های شخم (ریال در هکتار)	درآمد کل مربوط به عملکرد دانه (ریال)	درآمد کل مربوط به عملکرد کاه (ریال)	سود خالص تولید (ریال)
برگردان‌دار	۲۱۶۶/۲^{a}	۴۸۷۲/۷^{a}	۶۰۰۰۰۰	۷۷۹۸۳۲۰	۴۸۷۲۷۰۰	۱۲۰۷۱۰۲۰
روتیواتور	۱۹۵۸/۴^{ab}	۴۶۴۶/۰^{a}	۷۰۰۰۰۰	۷۰۵۰۲۴۰	۴۶۴۶۰۰۰	۱۰۹۹۶۲۴۰
دیسک	۱۶۵۳/۷^{abc}	۴۳۱۹/۷^{ab}	۴۰۰۰۰۰	۵۹۵۳۳۲۰	۴۳۱۹۷۰۰	۹۸۷۳۰۲۰
چیزل	۱۵۰۵/۴^{c}	۳۵۲۴/۲^{ab}	۳۵۰۰۰۰	۵۴۱۹۴۴۰	۳۵۲۴۲۰۰	۸۵۹۳۶۴۰
بدون خاکورزی	۱۳۰۵/۶^{c}	۳۰۷۲/۱^{b}	-	۴۷۰۰۱۶۰	۳۰۷۲۱۰۰	۷۷۷۲۲۶۰

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر مبنای آزمون LSD در سطح ۵ درصد می باشند.

بیشترین و کمترین بذور سبز شده (بوته) مربوط به گاوآهن برگرداندار و بدون خاک‌ورزی بود و اختلاف معنی‌داری هم بین آنها وجود داشت (جدول ۴). این نتیجه حاکی است که روش‌های مختلف خاک‌ورزی جوانه زنی بذر و خروج گیاهچه از خاک را به شدت تحت تأثیر قرار می دهند. با توجه به تعداد بوته و وزن تک دانه گندم که برابر با ۰/۰۳۳۲ گرم بود، میزان تلفات بذر در گاوآهن برگرداندار و بدون خاک‌ورزی به ترتیب، کمترین و بیشترین مقدار شد. یعنی، میزان ضرری که کشاورز در اثر استفاده از نظام بدون خاک‌ورزی نسبت به گاوآهن برگرداندار متحمل شد ۱۶۳۳۸۰ ریال بود. مصرف سوخت گازوییل نیز با گاوآهن برگرداندار نسبت به دیگر روش‌های خاک‌ورزی بیشتر بود (جدول ۴). ساراسکیس و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که میزان مصرف سوخت در خاک‌ورزی شدید نسبت به شدت‌های پایین خاک‌ورزی و نظام بدون خاک‌ورزی بیشتر بود و با افزایش سطح زیرکشت راندمان مصرف سوخت با تمام روش‌های خاک‌ورزی افزایش یافت. شدت خاک‌ورزی بر رشد علف‌های هرز نیز اثر داشت و میزان رشد علف‌های هرز با گاوآهن برگرداندار، رتیواتور، دیسک، چیزل و بدون خاک‌ورزی به ترتیب خیلی کم، خیلی کم، کم، زیاد و خیلی زیاد بود. با توجه به مطالب یاد شده، با کاهش شدت خاک‌ورزی رشد علف‌های هرز و در نتیجه میزان مصرف آفت کش‌ها و علف‌کش‌ها افزایش پیدا کرد. در واقع علف‌های هرز برای جذب عناصر غذایی و نور با گندم در مراحل حساس رشد رقابت می‌کنند، و همین موضوع باعث کاهش رشد و عملکرد گندم می‌شود. گاوآهن برگرداندار میزان رشد علف‌های هرز را به حداقل رسانده و هزینه حاصل از مصرف آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌ها را نیز کاهش داده بود. دیوید و دونالد (۲۰۰۹) بیان کردند که کنترل علف‌های هرز در نظام بدون خاک‌ورزی با مصرف بیشتر آفت کش‌ها نسبت به تیمارهای خاک‌ورزی رایج انجام شد. هزینه بالای آفت‌کش‌ها در نظام بدون خاک‌ورزی موجب کاهش درآمد می‌شود (مارتین و همکاران، ۱۹۹۱). کراس و بلک (۱۹۹۵) گزارش کردند که نظام بدون خاک‌ورزی همراه با کاهش هزینه سوخت و کارگری بوده و همچنین موجب افزایش هزینه استفاده از آفت‌کش‌ها و کاهش عملکرد محصول بوده است.

جدول ۴- میزان ضرر حاصل از تلفات بذر مصرفی (ریال) و هزینه گازوییل مصرفی در دو قیمت آزاد و سهمیه ای در هر هکتار

تیمار	تعداد بوته سبز شده (تعداد در هکتار)	مقدار بذری که تبدیل به بوته شد (کیلوگرم در هکتار)	میزان تلفات حاصل از بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار)	میزان ضرر حاصل از تلفات بذر مصرفی (ریال)	میزان مصرف گازوییل (لیتر در هکتار)	قیمت آزاد گازوییل (۳۵۰۰ ریال)	قیمت سهمیه‌ای گازوییل (۱۵۰۰ ریال)
برگرداندار	۲۳۴۰۰۰۰ a	۷۷/۶۹	۱۹۰/۸۱	۱۱۴۴۸۶۰	۱۷	۵۹۵۰۰	۲۵۵۰۰
روتیواتور	۲۳۳۰۰۰۰ a	۷۷/۳۶	۱۹۱/۱۴	۱۱۴۶۸۴۰	۱۵	۵۲۵۰۰	۲۲۵۰۰
دیسک	۱۹۱۰۰۰۰ ab	۶۳/۴۱	۲۰۵/۰۹	۱۲۳۰۵۴۰	۱۰	۳۵۰۰۰	۱۵۰۰۰
چیزل	۱۵۸۰۰۰۰ b	۵۲/۴۶	۲۱۶/۰۴	۱۲۹۶۲۴۰	۱۴	۴۹۰۰۰	۲۱۰۰۰
بدون خاکورزی	۱۵۲۰۰۰۰ b	۵۰/۴۶	۲۱۸/۰۴	۱۳۰۸۲۴۰	-	-	-

سیستم بدون خاک‌ورزی در بعضی از فصول و مناطق مانند مناطق خشک و نیمه خشک از اهمیت اقتصادی زیادی برخوردار است و باعث افزایش عملکرد نیز می‌شود. برای مثال دائو و نگوئن (۱۹۸۴)، بلیدو و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کردند که عملکرد دانه در نظام بدون خاک‌ورزی در سال‌های خشک از خاک‌ورزی با گاو آهن برگردان‌دار بیشتر است؛ چون باعث ذخیره رطوبت بیشتری می‌شود. لوپز و آرو (۱۹۹۷) گزارش کردند که عملکرد محصول تحت مدیریت بدون خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی‌های متداول در سال‌های با بارندگی زیاد، پایین‌تر است. ولی در سال‌های خشک معکوس می-باشد. بلیدو و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کردند در حالتی که رطوبت خاک عامل محدود کننده رشد گیاه است، عملکرد دانه همیشه در خاک‌ورزی حفاظتی و بدون خاک‌ورزی مساوی و یا بیشتر از شخم با گاوآهن برگردان‌دار است. سیستم بدون خاک‌ورزی در ناحیه خشک مرکزی ایران منجر به عملکرد محصول بالاتری نسبت به خاک‌ورزی رایج در منطقه شده است (همت و خواشوئی، ۱۹۹۷و میرلوحی و همکاران، ۲۰۰۰). زیرا در این وضعیت عامل محدودکننده عملکرد گندم، کمبود رطوبت است. در این شرایط هر چه خاک کمتر بهم بخورد، مقدار رطوبت زیادتری را در خود حفظ می‌کند و باعث افزایش عملکرد می‌شود. در واقع در این شرایط، با کاهش هزینه مربوط به شخم باعث افزایش عملکرد و درآمد برای کشاورز می‌شود. اما در این وضعیت کشاورز برای افزایش عملکرد و درآمد بیشتر نیازمند صرف هزینه برای کاشت بذر، استفاده از ماشین‌آلاتی که بذر را مستقیم در عمق مورد نظر قرار داده و رطوبت و کود موردنیاز گیاه را نیز فراهم آورد، ضروری است. اما در منطقه مورد آزمایش به دلیل سطح ویژه بالای خاک، مقاومت مکانیکی خاک از مقدار بارش محدودکننده‌تر است (موحدی نائینی و همکاران، ۱۳۹۲). در این تحقیق نیز افزایش خاک‌ورزی عملکرد را نسبت به نظام بدون خاک-ورزی افزایش داد. جدول ۵ نشان می‌دهد که میزان افزایش عملکرد دانه و کاه در گاوآهن برگردان‌دار به ترتیب ۶۵/۹۱ و ۵۸/۶۱ درصد نسبت به نظام بدون خاک‌ورزی افزایش یافت و افزایش جذب پتاسیم توسط دانه و کاه در گاوآهن برگرداندار به ترتیب ۱۳۳/۲۶ و ۲۲۴/۸۵ درصد بود. کمترین افزایش عملکرد دانه و کاه و جذب پتاسیم توسط دانه و کاه نسبت به نظام بدون خاک‌ورزی مربوط به حداقل خاک-ورزی (چیزل) بود. در نتیجه دو روش خاک‌ورزی (چیزل و دیسک) با توجه به مقادیر هزینه و تولید در یک خاک با قدرت تثبیت پتاسیم بالا برای تولید و عملکرد بیشتر مناسب نمی‌باشد. بنابراین توصیه می‌شود از گاوآهن برگردان‌دار و یا از ادواتی که عمق و شدت آنها از گاوآهن برگردان‌دار بیشتر است استفاده شود، تا عملکرد گندم افزایش یابد. به طور کلی انتخاب روش خاک‌ورزی مناسب (بهینه) برای یک خاک سیلتی رسی لوم بایستی براساس حفظ انرژی، کنترل فرسایش، کاهش مقاومت مکانیکی، حفظ رطوبت و افزایش عملکرد باشد.

جدول ۵- افزایش عملکرد دانه وکاه گندم و جذب پتاسیم در روش‌های مختلف خاک ورزی نسبت به نظام بدون خاک ورزی

تیمار	افزایش عملکرد دانه در تیمارهای خاک ورزی نسبت به نظام بدون خاک ورزی (درصد)	افزایش پتاسیم دانه در تیمارهای خاک ورزی نسبت به نظام بدون خاک ورزی (درصد)	افزایش عملکرد کاه در تیمارهای خاک ورزی نسبت به نظام بدون خاک ورزی (درصد)	افزایش پتاسیم کاه در تیمارهای خاک ورزی نسبت به نظام بدون خاک ورزی (درصد)
برگردان‌دار	۶۵/۹۱	۱۳۳/۲۶	۵۸/۶۱	۲۲۴/۸۵
روتیواتور	۵۰	۸۸/۵	۵۱/۲۳	۱۳۸/۱
دیسک	۲۶/۶۶	۵۰/۸۲	۴۰/۶۱	۱۴۸/۳۶
چیزل	۱۵/۳	۲۲/۹۷	۱۴/۷۲	۳۰/۳۷

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به اجرای طرح هدفمندی یارانه‌ها و به‌تبع آن افزایش هزینه نهاده‌ها و بهای تمام شده محصولات، ضرورت حمایت بیشتر دولت از بخش کشاورزی در راستای بهینه سازی تولید، جبران هزینه‌های تحمیلی و تأمین امنیت غذایی، بیش از پیش نمایان است. مسأله دیگر در خصوص تعرفه نهاده‌های وارداتی است و بایستی این نهاده‌ها راحت‌تر و ارزان‌تر و با کیفیت بالاتری در اختیار کشاورزان قرار گیرد. با توجه به ناکافی بودن کود پتاسه تولید داخل می‌توان با افزایش شدت خاک‌ورزی مصرف کود پتاسه را کاهش و عملکرد بالاتری نسبت به کاربرد کود پتاسه داخلی بدست آورد.

همچنین می‌توان رقابت‌پذیری کارخانه‌های تولیدکننده داخلی کود پتاسه را با اعمال سیاست‌های حمایتی هدفمند افزایش داد تا تولید محصولات باکیفیت داخلی افزایش یافته و تراز بازرگانی بهبود یابد. خاک ورزی با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار در خاک مورد مطالعه با افزایش تراکم ریشه، سطح تماس ریشه با خاک و نیز با بهبود وضعیت و درجه دانه‌بندی موجب افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه و افزایش عملکرد گندم گردید که در نهایت افزایش درآمد را به دنبال داشت. همچنین مقدار تلفات بذر و میزان ضرر حاصل از آن در خاک‌ورزی با گاوآهن برگرداندار نسبت به دیگر روش‌های خاک‌ورزی کمتر بود. میزان مصرف سوخت در خاک‌ورزی با گاوآهن برگرداندار نسبت به دیگر روش‌های خاک‌ورزی بیشتر بود. در واقع در یک خاک با سطح ویژه بالا، با مصرف سوخت بیشتر و افزایش شدت خاک‌ورزی، عملکرد دانه و کاه گندم افزایش می‌یابد. با توجه به افزایش سریع مقاومت مکانیکی خاک پس از عملیات خاک‌ورزی و در طول فصل رشد، به‌دلیل سطح ویژه بالای خاک، به‌نظر می‌رسد افزایش شدّت خاک‌ورزی اولیه و یا عملیات خاک‌ورزی اضافه پس از کشت گندم و قبل از توسعه زیاد ریشه‌ها، موجب کاهش مقاومت مکانیکی خاک، افزایش رشد ریشه و عملکرد گردد. در این منطقه، سال‌هایی که به‌دلیل تأخیر بارندگی پاییزه، کشت گندم به تعویق می‌افتد با تعویق عملیات خاک‌ورزی و نزدیک شدن زمان خاک‌ورزی به مرحله خوشه‌دهی گندم، عملکرد خوبی از گندم حاصل می‌شود؛ زیرا زمان لازم برای افزایش مقاومت مکانیکی خاک کاهش می‌یابد. این عملیات خاک‌ورزی اضافه پس از کشت با توسعه ریشه‌ها، موجب کاهش نیاز کودی گیاه (پتاسیم) می‌شود که با توجه به سیاست‌های اخیر دولت برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی ضرورتی اجتناب‌ناپذیر محسوب می‌شود. محل آزمایش در نوار پر باران استان گرگان و در فاصله کمی از جنگل واقع است. با دور شدن از محل آزمایش به سمت شمال میزان بارندگی بشدت کاهش می‌یابد. بنابراین انتظار می‌رود که با کاهش بارندگی و رطوبت خاک معضل افزایش مقاومت مکانیکی خاک و تاثیر خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان دار با شدت بیشتری افزایش یابد. حتی در محل نسبتاً پر باران آزمایش در مقایسه با مناطق شمال استان گلستان، کاهش مقاومت مکانیکی خاک با آبیاری در محل آزمایش با استفاده از آبیاری موجب افزایش عملکرد گندم شد (موحدی نائینی و همکاران، ۱۳۹۲).

منابع مورد استفاده

اسدی، ا و ع. همت. ۱۳۷۷. **اثرات شیوه‌های مختلف خاک‌ورزی روی محصول گندم آبی و مقایسه پارامترهای عملکردی آنها**، گزارش پژوهشی نهائی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، موئسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، نشریه شماره ۱۰۶.

امینی، س. ۱۳۸۵. **مقایسه تأثیر مواد زائد کارخانه کاغذسازی بر حاصلخیزی خاک و رشد گندم**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

امین، ح. ۱۳۷۷. **یافته‌های تحقیقاتی گندم در استان فارس. نشریه تحقیقی ترویجی مرکز تحقیقات کشاورزی فارس**، سازمان کشاورزی استان فارس.

خوراشاهی، م. ۱۳۹۱. **تاثیر تیمارهای زئولیت و بازدارنده‌های نیتریفیکاسیون بر جذب پتاسیم و عملکرد گندم دیم در یک خاک با سطح ویژه بالا و وضعیت دانه‌بندی نامناسب در استان گلستان**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۳۹۱.

خوراشاهی، م.، س. ع. ر. موحدی نائینی، ک. مشایخی، و ا. زینلی. ۱۳۹۰. **اثر سطوح مختلف کود پتاسیم بر غلظت پتاسیم و عملکرد گندم دیم در یک خاک با سطح ویژه زیاد**، همایش ملی کشاورزی پایدار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین.

دریجانی، ع.، س. ص. حسینی و م. قربانی. ۱۳۸۷. **برآورد ارزش خسارت ناشی از خشکسالی بر تولید گندم دیم در استان گلستان**، فصلنامه علمی پژوهشی اقتصاد کشاورزی و توسعه، وزارت جهاد کشاورزی، مشهد، شماره ۶۴ : ۹۵-۸۳.

سالنامه آماری استان گلستان، مرکز آمار ایران، ۱۳۹۱.

سبطی، م. ۱۳۸۶. **رشد جمعیت میکروبی و ازتوباکتر با اضافه کردن ورمی کمپوست به خاک و تأثیر جمعیت میکروبی بر رشد و عملکرد گیاه گندم**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

سبطی، م.، س.ع.ر. موحدی نائینی، ر. قربانی نصرآبادی، ق. ع. روشنی، ق. شهریاری و م. موحدی. ۱۳۸۸. **تعیین عصاره‌گیر مناسب پتاسیم در یک خاک لسی با رس غالب ایلایت و تاثیر ازتوباکتر و ورمی کمپوست بر غلظت و میزان پتاسیم قابل جذب و عملکرد گندم دیم**، مجله پژوهش های تولید گیاهی، گرگان، ۴: ۵۹-۷۶.

طالبی‌زاده، ع. ۱۳۸۸. **بررسی کاربرد کودهای فسفره با مبانی کلسیم، آمونیوم و پتاسیم و تأثیر بر جذب پتاسیم توسط گندم زمستانه دیم در خاک لسی تثبیت کننده پتاسیم با رس غالب میکای هوازده**، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

علاءالدین، م. ز. ۱۳۸۹. **پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مؤثر بر پتاسیم قابل جذب در برخی از خاک های استان‌های گلستان و تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان**، ۱۳۸۹.

علی‌احیایی، م. و ع. ا. بهبانی‌زاده. ۱۳۷۲. **شرح روش‌های شیمیایی خاک**، جلد اول، نشریه شماره ۸۹۳، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران.

قاسمیان، س. د.، ع. دریجانی، س. ص. حسینی و س. ع. ر. بی‌نظیرماکو. ۱۳۹۰. **بررسی اثر حذف یارانه حامل انرژی (سوخت، حمل و نقل) بر قیمت کود شیمیایی و سموم و اثرات آن بر پایداری خاک استان گلستان (مطالعه موردی گندم)**، لوح فشرده مجموعه مقالات نخستین همایش منطقه‌ای دانش‌محوری در مدیریت کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان.

کشاورز، ع.، ع. ر. جلالی، م. ر. دهقانی، ع. حمیدنژاد، م. صدری، ب. حیدری، و ا. محسنین. ۱۳۸۰. **طرح افزایش عملکرد و تولید گندم آبی و دیم کشور**، وزارت جهاد کشاورزی، تهران.

موحدی نائینی، س. ع. ر.، م. ر. باقری، م. ح. قربانی و ر. ریاحی. ۱۳۹۲. **اثر روش های مختلف آبیاری بر روی جذب پتاسیم توسط گندم در خاک با سطح ویژه بالا**، طرح تحقیقاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

وفاخواه، م.، س. ع. ر. موحدی نائینی، و ا. زینلی. ۱۳۸۹. **تعیین عصاره گیر مناسب پتاسیم و ضرایب همبستگی آنها با میزان عملکرد گندم در خاک لسی با رس غالب ایلایت**، دومین همایش ملی کشاورزی و توسعه پایدار، فرصت ها و چالش های پیش رو، دانشگاه آزاد اسلامی شیراز.

وفاخواه، م. ۱۳۸۹. **تأثیر کلسیم بر رهاسازی پتاسیم در محیط ریشه و جذب توسط گندم در خاک های با رس ایلیت و سطح ویژه بالا**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد شیمی و حاصلخیزی خاک، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۳۸۹.

Amini. S and S. A. R. Movahedi Naeini. 2013. **Effects of Paper Mill Sludge Application on Physical Properties of an Illitic Loess Slowly Swelling Soil With High Specific Surface Area And Wheat Yield In a Temperate Climate,** Journal of Agricultural Science, vol. 5, pp. 295-313.

Bayhan. Y, B. Kayisoglu, E. Gonulol, H. Yalcin and N. Sungur. 2006. **Possiblities of direct drilling and reducedtillage in second crop silage corn.** Soil and Tillage Research, vol.88, pp. 1-20.

Bellido. L. L., M. Fuents, J. E., Castillo, F. J. Lopez. and E. J. Fernandez. 1996. **Long term tillage, crop rotation and nitrogen fertilizer effect on wheat yield under rainfedmediteranean condition,** Agron. J, vol. 88, pp. 783-791.

Bonari E., M. Mazzoncini and A. Peruzzi. 1995. **Effect of conservation and minimum tillage on winteroilseed rape in a sand soil,** Soil and Tillage Research, vol. 33, pp. 91-108.

Brown, H. J., R. M. Cruse and T. Colvin. 1989. **Tillage system effectson crop growth and production costs for a corn–soybeanrotation,** J. Prod. Agric, vol. 2, pp. 273–279.

Dao. T. H. and H. T. Nguyen. 1984. **Growth respone of cultivation to conservation tillage in a continuous wheat cropping system,** Agron. J, vol. 81, pp. 923-929.

David, W. and C. Donald. 2009. **Economic Performance of Alternative Tillage Systems in the Northern Corn Belt,** Agron. J, vol. 101, pp.296–304.

Derpsch, R. T., A. Friedrich, T. Kassam and L. Hongwen. 2010. **Current status of adoption of no-till farming inthe world and some of its main benefits,** International Journal of Agricultural and BiologicalEngineering, vol. 1, pp. 1 – 25.

Duffy, M. and M. Hanthorn. 1984. **Returns to corn and soybeantillage practices,** USDA–ERS Agricultural Economics Report,US Government Printing Office, Washington DC, No. 508.

Fabrizzi, K. P., F. O. Gacia, J. L. Costa and L. I. Picone. 2005. **Soil water dynamic, physical properties and corn and wheat responses to minimum and no-tillage systems in the southern Pampas of Argentina,** Soil and Tillage Research, vol. 81 pp. 57-69.

Hemmat, A and A. Khashoei. 1997. **Effects of direct-drilling, noninversion,and conventional tillage systems on yield of irrigated winter wheat.** Iran J. Agric. Sci, vol. 28, pp. 19-34.

Khattak, M., A. Mughal, L. Mughal, S. Alamkhan and M. Zubairkhan. 2007. **Economic evaluation of deep and shallow tillage practices under maize fallow rotation,** Sarhad. J. Agric, vol. 2, pp. 365-370.

Krause, M. A. and J. R. Black. 1995. **Optimal Adoption Strategies for No-Till Technology in Michigan,** Review of Agricultural Economics, vol. 17, pp. 299-310.

Krishna, K. R. 2002. **Soil fertility and crop production,** Science publisher, Inc. Endified.New Hampshir, 2002.

Linke. C. 2006. **Entwicklung der Direktsaat.** Landtechnik, vol. 61, pp. 312 – 313.

Lipiec J., J. Kus, A. Nosalewicz and M. Turski. 2006. **Tillage system effects on stability and sorptivity of soil aggregates,** Int. Agrophysics, vol. 20, pp. 189-193.

Lopez, M. V and J. L. Arrue. 1997. **Growth, yield and water use efficiency of winter barley in response to conservation tillage in a semi-arid region of Spain,** Soil Tillage and Research, vol. 44, pp. 35–54.

Mahdi, M. A. Kaisi and Y. Xinhua. 2004. **Stepwise time response of corn yield and economic return to no tillage,** Soil and Tillage Research, vol. 78, pp. 91–101.

Martin, M. A, Schreiber. M. M, Riepe. J. R and J. R. Bahr. 1991. **The economicsof alternative tillage systems, crop rotations, and herbicide use on threerepresentative east-central corn belt farms,** Weed Sci, vol. 39, pp. 299–307.

McIsaac. G. F., J. C. Siemens, J. W. Hummel and A. T. Tyearrell. 1990. **Economic comparisons of six corn and soybean tillage systems,two soybean spacings on three farm sizes,** Appl. Eng. Agric, vol. 6, pp. 557–564.

Meese. B. G, P. R. Carter, E. S. Oplinger and J. W. Pendleton. 1991. **Corn/soybean rotation effect as influenced by tillage, nitrogen,and hybrid/cultivar,** J. Prod.Agric, vol. 4, pp. 74–80.

Michel. J. A., K. J. Formstorm and J. Borrelli. 1985. **Energy requirementes of two tillage systems for irrigated sugar beets,drybeens and corn,** Trans of the ASAE, vol. 28, pp.1731-1735,

Mirlohi. A. F, Hajabbasi. M. A and Ghanaati. E., 2000. **Tillage effects of yield of six maize genotypes,** J. Agric. and Wat.Rev. Sci. and Tech, vol. 4, pp. 78-87.

Morris. N. L., P. C. H. Miller., J. H. Orson and R. J. Froud-Williams. 2010. **The adoption of non-inversiontillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and theenvironment – a review,** Soil and Tillage Research, vol. 108, pp. 1 – 15.

Saglam. C., Y. Bayhan, E. Gonulol and P. Ulger. 2009. **Economic aspect of soil tillage systems in canola farming,** Bulgarian Journal of Agricultural Science, vol. 15, pp. 237-242.

Sarauskis. E., S. Buragiene, K. Romaneckas and A. Sakalauskas. 2012. **Working time, fuel consumption and economic analysis of different tillage and sowing systems in Lithuania,** Jelgava, vol. 24, pp. 52-59, 2012.

SAS Institute, **SAS Software, version 8.1,** SAS Institute. Cary, NC, USA, 1999.

Shamsabadi. H., A. Desa, Y. Azmi and O. Jamarei. 2011. **Effect of different tillage systems and planting densities on soil physical properties and yield components of sweet corn (*ZEA MAYS* L.),** Thesis of Ph. D Program. UPM.192.

Unger. P and T. M. McCalla. 1980. **Conservation tillage systems,** Adv. Agron, vol. 33, pp. 1–58.

Weise. G. and E. H. Baurach. 1999. **Tillage Machinery, InCIGR Handbook of Agricultural Engineering,** pp: 184-217.

Economic Evaluation of Rain-fed Wheat Yield in Gorgan (Iran) after Different Tillage Methods

M. Hosseini[1*], S.A.R. Movahedi Naeini[1], H.A. Shamsabadi[2], A. Darijani[3] and M. Kheiri Nataj Firozjahi[4]

Received: 25 May 2014 Accepted: 5 Mar 2015
[1]Department of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
[2]Department of Biosystems Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
[3]University of the Kerman Payam Nor
[4]Department of Agricultural Economics, University of Tabriz, Iran
[*]Corresponding author: mehdi.h.2009@gmail.com

Abstract

The main objective of this study was to obtain the highest rain-fed wheat yield in front of optimum tillage method. In this regards, different tillage methods were applied in order to increase the income and reduce the production costs. Therefore, an experiment was carried out on the research farm of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, in 2009-2010. The statistical analyses of the experiment were carried out based on randomised complete block design at four replications. The plots attributed to five tillage methods namely: a) mounted moldboard plough with three bottoms followed by disc harrow; b) rotavator, alone; c) disc harrow, alone; d) chisel plough, alone and e) no-till. Wheat seed was planted in these plots under the afore-mentioned tillage methods. The results showed that no-till method was not suitable for rain-fed wheat yield; because it led to a considerable yield reduction. Grain and straw yields in no-till plots was 1305.6 and 3072.1 kg/ha, respectively. The income obtained from grain and straw in no-till method and as well the total income was 4,700,160, 3,072,100 and 7,772,260 Rials/ha, respectively. With considering of the yield and tillage fees in these methods, the net benefit in moldboard plough followed by disc harrow was greater than other tillage methods. The ploughing cost at this intensive tillage was greater than others due to more fuel consumption. Moreover, the income in the moldboard ploughed plots followed by disc harrow was 12,671,020 Rials/ha and ploughing cost was 600,000 Rials/ha. Therefore, the net benefit was 12,071,020 Rials/ha. Seed and fertilizer consumption and their costs in these various tillage methods were similar. The results also showed that increase of the intensity of tillage operation, and/or soil disturbance between the rows after planting led to reduction in potassium fertilizer requirement.

Keywords: Income, Rain-fed wheat, Tillage