

فرا تحلیل اثر کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی بر عملکرد گندم در شرایط دیم ایران

احمد حیدری^{*۱}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۰۷

۱- بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران

E-mail: heidari299@yahoo.com

* مسئول مکاتبه

چکیده

اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد گندم در شرایط دیم ایران در مطالعات متعددی بررسی شده است. بیشتر مطالعات انجام شده فقط یک محدوده کوچک (آزمایشات مزرعه‌ای در یک منطقه) را پوشش می‌دهند که در برخی موارد دارای نتایج ضد و نقیص می‌باشند. هدف از این تحقیق، بررسی اثر خاک‌ورزی حفاظتی (کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی) بر عملکرد گندم دیم با استفاده از مطالعات و پژوهش‌های داخلی و به‌کارگیری روش فراتحلیل است. بدین‌منظور مقاله‌ها، گزارش‌های پژوهشی و پایان‌نامه‌های دانشجویی در فاصله زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۰ با استفاده از واژه‌های کلیدی مرتبط با خاک‌ورزی در محصول گندم دیم مرور شد. پس از کنترل کیفی، ۲۹ مطالعه برای مقایسه کم‌خاک‌ورزی با خاک‌ورزی رایج و ۲۲ مطالعه برای مقایسه روش بی‌خاک‌ورزی با خاک‌ورزی رایج با استفاده از مدل تصادفی وارد فرایند فراتحلیل شدند. بر اساس نتایج به‌دست آمده، با توجه به مقدار اندازه اثر در روش کم‌خاک‌ورزی ($SMD=+0/42$) و بی‌خاک‌ورزی ($SMD=-0/43$) می‌توان نتیجه گرفت که روش کم‌خاک‌ورزی در مقایسه با روش خاک‌ورزی رایج باعث افزایش عملکرد گندم ($+1/44$ درصد) و روش بی‌خاک‌ورزی باعث کاهش عملکرد گندم ($-7/77$ درصد) شده است. پیشنهاد می‌شود در اراضی دیم، یکی از روش‌های کم‌خاک‌ورزی شامل: ۱- شخم با خاک‌ورز حفاظتی (گاواهن قلمی مجهز به غلطک)، ۲- شخم با چیزل‌پکر و ۳- شخم با گاواهن قلمی + دیسک جایگزین روش رایج خاک‌ورزی (شخم با گاواهن برگرداندار+دیسک + ماله) با رعایت تناوب گیاهی شود.

واژه‌های کلیدی: خاک‌ورزی حفاظتی، کشت مستقیم، گاواهن برگردان‌دار، گاواهن قلمی، مرور نظام‌مند

Meta-analysis of the effect of minimum tillage and no-tillage on wheat yield in Iran's rainfed conditions

Ahmad Heidari^{1*}

Received: August 6, 2023

Accepted: January 23, 2024

1- Department of Agricultural Engineering Research, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Hamedan, Iran

*Corresponding author Email: heidari299@yahoo.com

Abstract

The effect of different tillage methods on wheat yield in Iran's dryland conditions has been investigated in several studies. Most of the conducted studies only cover a small area (field experiments in one area), which in some cases have contradictory and incomplete results. The purpose of this research is to investigate the effect of conservation tillage (reduced tillage and no tillage) on dryland wheat yield using domestic studies with meta-analysis method. For this purpose, articles, research reports and student thesis between 1991 and 2021 were reviewed using key keywords related to tillage in the dryland wheat. Finally, after quality control, 29 studies were selected to compare minimum tillage method with conventional tillage and 22 studies were selected to compare no-tillage with conventional tillage using a random model. Based on the results, according to the effect size in the method of minimum tillage (SMD = +0.42) and no tillage (SMD = -0.43), it can be concluded that the minimum tillage method has increased wheat yield (+1.44%) and no-tillage method has decreased wheat yield (-7.7%) compared to conventional tillage method. It is suggested in dry lands, that one of the minimum tillage methods includes: 1- plowing with combined tiller (chisel plow equipped with roller), 2- plowing with chisel-packer and 3-plowing with chisel plow + disk should be used instead of the conventional tillage (moldboard ploughing + disc + leveler) by observing plant rotation.

Keywords: Chisel plow, Conservation tillage, Direct drilling, Moldboard plow, Systematic review

مقدمه

فرا تحلیل دارای نقاط ضعف بالقوه‌ای مانند سوگرایی انتشار^۱ و سوگرایی‌های دیگری که در مراحل جستجو، انتخاب و ترکیب مطالعات اتفاق می‌افتد است (Egger *et al.*, 1997; Nobel, 2006-a). سوگرایی انتشار تمایل گروهی از محققین، داورها و سردبیران برای ارسال و پذیرش دست نوشته‌ها بر اساس یافته‌های تحقیق است.

(Khaliliaqdam *et al.* 2018) اثر برخی عملیات زراعی شامل خاک‌ورزی، سطوح کود نیتروژن، تنش شوری بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت گندم را با روش فرا تحلیل بررسی کردند. نتایج نشان داد که تیمار بدون شخم پاییزه + شخم با ادوات ثانویه (گاوا آهن قلمی و پنجه‌غازی) نسبت به تیمار رایج (شخم با گاوا آهن برگردان دار + اکثرا دو بار دیسک عمود بر هم) در هر دو اراضی دیم و آبی باعث افت عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت شد که این کاهش در اراضی دیم مشهودتر بود.

(Heidari 2023) با روش فراتحلیل اثر خاک‌ورزی را بر عملکرد گندم آبی در ایران بررسی کرد. نتایج حاکی از تاثیر منفی روش کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی بر عملکرد گندم آبی بود. روش کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی عملکرد گندم را در مقایسه با خاک‌ورزی رایج به ترتیب ۲/۸۷ و ۸/۲ درصد کاهش داد. (Heidari 2022) با روش فراتحلیل اثر زیرشکنی را بر عملکرد سیب‌زمینی بررسی کرد. نتایج نشان داد که با توجه به مقدار اندازه اثر کل (SMD= +۰/۳۷)، زیرشکنی اثر مثبت بر افزایش عملکرد سیب‌زمینی داشته و در کل باعث افزایش ۳/۹۲ درصد در عملکرد سیب‌زمینی شده است. زیرشکنی رایج، زیرشکنی ردیفی قبل از کاشت و زیرشکنی ردیفی بعد از کاشت عملکرد سیب‌زمینی را به ترتیب ۱/۲۳، ۵/۱۸ و ۴/۷۵ درصد نسبت به تیمار کنترل (بدون زیرشکنی) افزایش داده است. (Heidari *et al.* 2022) با روش فراتحلیل اثر خاک‌ورزی حفاظتی را بر عملکرد سیب‌زمینی مطالعه کردند. آنها گزارش کردند که با توجه به مقدار اندازه اثر (SMD= +۰/۰۷) روش کم‌خاک‌ورزی اثر مثبت جزئی بر افزایش عملکرد سیب‌زمینی داشته است و در مقایسه با خاک‌ورزی رایج در کل باعث افزایش ۰/۱۳ درصدی عملکرد شده است.

با روش فراتحلیل به این سوال که چه وقت بی‌خاک‌ورزی باعث افزایش عملکرد می‌شود پاسخ داده شد. نتایج نشان داد که بی‌خاک‌ورزی به‌طور متوسط عملکرد پنجاه محصول را حدود ۵/۱ درصد کاهش داد. در غلات اثر منفی بی‌خاک‌ورزی بر عملکرد حداقل بود (۲/۶- درصد) و در برنج (۷/۵- درصد) و ذرت (۷/۶- درصد) حداکثر بود (Pittelkow *et al.*, 2015).

استفاده مداوم از خاک‌ورزی رایج (شخم با گاوا آهن برگردان دار) در اراضی زیر کشت گندم دیم منجر به افزایش فرسایش خاک و کاهش حاصلخیزی خاک شده است. فرسایش خاک در ایران یک مشکل زیست محیطی بزرگ است. (Arabkhedri *et al.* 2018) مقدار فرسایش سالیانه‌ی خاک در کشور را ۸۹۵ میلیون تن (معادل ۵/۵ تن در هکتار در سال) برآورد کردند، در حالی که میانگین سالیانه فرسایش خاک در جهان ۲/۲ تن در هکتار است. فرسایش خاک بر کیفیت خاک و عملکرد محصول تاثیرگذار است. در سیستم‌های کشاورزی رایج (که عموماً در ایران استفاده می‌شود)، اثرات فرسایش خاک بر عملکرد محصول با کاهش مقدار آبی که می‌تواند در خاک ذخیره شود و برای گیاه قابل استفاده باشد رابطه مستقیم دارد (Bakker, 2004). برای غلبه بر این مشکل، کشاورزی حفاظتی شامل: ۱- عدم دستکاری و حداقل دستکاری خاک، ۲- پوشش دائمی خاک با بقایای گیاهی، و ۳- تنوع گیاهی و رعایت اصول تناوب زراعی توصیه شده است (FAO, 2022). اثر بخشی کشاورزی حفاظتی در کنترل رواناب و فرسایش خاک اثبات شده است (Barton *et al.*, 2004; Scopel *et al.*, 2004). می‌توان انتظار داشت که این مسئله در نهایت بر عملکرد محصول اثر مثبت بگذارد. از مزایای دیگر کشاورزی حفاظتی کاهش هزینه تولید محصول و به حداکثر رساندن سود است (Dumanski *et al.*, 2006; Knowler & Bradshaw, 2007).

اجرای کشاورزی حفاظتی در ایران با چالش‌هایی مواجه است. در مناطق نیمه‌خشک (بارندگی سالیانه ۵۰۰-۳۰۰ میلی‌متر)، موفقیت کشاورزی حفاظتی بستگی به توانایی کشاورزان در حفظ بقایای گیاهی و کنترل کافی علف‌های هرز دارد (Giller *et al.*, 2009). در مناطق نیمه خشک، بقایای گیاهی یا توسط دام چرا شده یا برای فروش از مزرعه خارج می‌شوند، بارندگی‌ها نامنظم هستند و همچنین تناوب زراعی مشخصی رعایت نمی‌شود و کود کافی به دلیل قیمت بالا و عدم آگاهی کشاورزان در اختیار گیاه قرار نمی‌گیرد (Giller *et al.*, 2009).

فرا تحلیل امکان تجزیه و تحلیل کمی نتایج آزمایش‌های گزارش شده توسط دیگر نویسندگان را فراهم می‌کند (Ried, 2006; Borenstein *et al.*, 2009). همچنین فراتحلیل قدرت آماری موجود برای آزمایش فرضیه‌ها و تفاوت واکنش‌های روش‌ها را در شرایط مختلف محیطی افزایش می‌دهد (Gates, 2002; Borenstein *et al.*, 2009). همه مطالعات برای برآورد کلی اثر تیمار مشارکت دارند اگرچه نتیجه هر مطالعه‌ای به‌طور آماری معنی‌دار یا غیر معنی‌دار باشد. داده‌های مطالعاتی که دارای اندازه‌های دقیق بیشتری هستند وزن بالاتری می‌گیرند بنابراین آن‌ها تأثیر بیشتری بر برآورد کل دارند (Gates, 2002). به‌هرحال

¹ Publication bias

عملکرد گندم زمستانه را در شمال مرکزی چین و ذرت را در شمال شرقی چین افزایش داد (Wang *et al.*, 2020).

گندم در ایران به دلیل اینکه خوراک عمده مردم است مهم تلقی می‌شود. در این پروژه بر یکی از ستون‌های مدیریت پایدار (کشاورزی حفاظتی) که حفظ یا افزایش بهره‌وری بود تمرکز شد (Dumanski *et al.*, 2006). عملکرد محصول مهم است زیرا رایج-ترین عاملی است که برای توجیه و توصیه هر روش تولید توسط کشاورزان پذیرفته می‌شود (Abeyasekera, 2002). بنابراین در این تحقیق، با استفاده از روش فراتحلیل خاک‌ورزی حفاظتی (کم-خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی) با خاک‌ورزی رایج در زراعت گندم دیم مقایسه شدند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مرور منابع

مرور تمام منابع و مطالعه‌هایی که فرضیه را آزمون کرده‌اند امری ضروری است. داده‌های عملکرد گندم دیم از مطالعات و پژوهش‌های طولانی مدت تحت مدیریت‌های مختلف خاک‌ورزی در بازه زمانی ۱۳۷۰-۱۴۰۰ به‌دست آمد. پژوهش‌ها شامل مقالات علمی پژوهشی چاپ شده در مجلات معتبر، مقالات کنفرانسی، گزارش‌های پژوهشی، پایان‌نامه‌ها و ... بود، که با جستجوی برخط در پایگاه‌های داخلی و خارجی معتبر مانند پایگاه مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID)، بانک اطلاعات نشریات کشور (Magiran)، ایرانداک، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به‌دست آمد. جستجوی جامع و بر اساس واژه‌های کلیدی و ترکیب آن‌ها شامل خاک‌ورزی، کم‌خاک‌ورزی، بی‌خاک‌ورزی، شخم، کشاورزی حفاظتی، کشت مستقیم و عملکرد گندم در شرایط دیم بود.

۲-۲- فرایند غربال‌گری و انتخاب

ارزیابی دقیق هر مطالعه برای تصمیم‌گیری در مورد این‌که آن پژوهش کیفیت لازم و اطلاعات مفید را برای فراتحلیل دارد مهم است. این قسمت اهمیت زیادی در فراتحلیل دارد. هر مطالعه باید حداقل نیازهای از پیش تعیین شده‌ای داشته باشد و ارزیابی دقیقی درباره کیفیت مطالعه مورد استفاده صورت گیرد. در مورد ارزیابی مطالعه‌ها می‌توان فرم یا چک لیستی تهیه نمود و اطلاعات ثبت شده در هر مطالعه را وارد آن نمود. چنانچه این کار به خوبی صورت گیرد می‌توان در مراحل بعدی همین فرم یا چک لیست را تبدیل به پایگاه داده‌ها نمود. اگر این کار به دقت صورت نگیرد باعث خطا در نتایج خواهد شد (Soltani & Soltani, 2014). در مرحله ارزیابی پژوهش‌ها به بررسی نداشتن همگنی^۲ و دیگر اختلاط‌های^۳ مهم

با روش فراتحلیل به این سوال که آیا خاک‌ورزی سطحی بدون برگردان خاک^۱ در کشاورزی ارگانیک باعث حفظ عملکرد محصول (سبزی و صیفی، گندم، جو و چاودار) و افزایش کربن می‌شود پاسخ داده شد. نتایج نشان داد که کم کردن شدت خاک‌ورزی (کم‌خاک-ورزی) عملکرد محصول را ۷/۶ درصد نسبت به سیستم‌های خاک-ورزی با برگردان کامل خاک کاهش داد، (Cooper *et al.*, 2016). تغییر سامانه خاک‌ورزی از شخم با گاوآهن برگردان‌دار به گاوآهن قلمی بر خواص فیزیکی خاک (شاخص‌های ساختمان خاک) تأثیر نداشت. اما کاهش شدت خاک‌ورزی از گاوآهن برگردان‌دار به بی‌خاک‌ورزی باعث افزایش شاخص پایداری خاکدانه (در حالت تر) در لایه‌های کمتر از ۱۵ سانتی‌متر و کاهش جزئی در شاخص‌های چگالی ظاهری خاک و مقاومت به نفوذ در خاک در لایه زیر ۲۵ سانتی‌متری خاک شد. در مقایسه با گاوآهن برگردان-دار، بی‌خاک‌ورزی تأثیر کمی بر شاخص‌های فشردگی خاک (چگالی ظاهری و مقاومت به نفوذ در خاک) داشت اما تغییر از شخم با گاوآهن برگردان‌دار و به سامانه‌های کشت چند ساله، خواص فیزیکی خاک را در تمام عمق ۴۰ سانتی‌متر بهبود بخشید. در بین خواص فیزیکی خاک، پایداری خاکدانه بیشترین حساسیت را به خاک‌ورزی دارد. در پایان نتیجه گرفته شد که کاهش شدت خاک-ورزی باعث بهبود خواص فیزیکی خاک می‌شود (Nunes *et al.*, 2020-a). تغییر سامانه خاک‌ورزی از گاوآهن برگردان‌دار به گاوآهن قلمی بر شاخص‌های کربن آلی خاک، کربن زیست توده میکروبی، نیتروژن زیست توده میکروبی و تنفس خاک در عمق کمتر از ۱۵ سانتی‌متر تأثیر داشت. تغییر سامانه از گاوآهن برگردان‌دار به بی-خاک‌ورزی همه شاخص‌های سلامت خاک (کربن آلی خاک، کربن زیست توده میکروبی، نیتروژن زیست توده میکروبی، تنفس خاک، و پروتئین خاک) را در لایه بالایی خاک زیاد کرد. در لایه‌های پایین خاک (۲۵-۱۵ سانتی‌متر) بی‌خاک‌ورزی شاخص‌های کربن زیست توده میکروبی، نیتروژن زیست توده میکروبی و تنفس خاک را نسبت به گاوآهن برگردان‌دار بیشتر کرد (Nunes *et al.*, 2020-b). بی‌خاک‌ورزی اثری بر عملکرد، تبخیر و تعرق، و کارایی مصرف آب گندم در شمال‌غربی و شمال‌چین نداشت (Wang *et al.*, 2018). نتایج نشان داد که خاک‌ورزی حفاظتی (کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی) اثر منفی بر عملکرد محصول داشت. متوسط کاهش عملکرد در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی ۴/۵ درصد بود. بی‌خاک-ورزی به‌طور متوسط عملکرد را ۸/۵ درصد کاهش داد. کم‌خاک-ورزی بیشترین کاهش عملکرد را در ذرت و غلات زمستانه داشت. با کمال تعجب بی‌خاک‌ورزی در شرایط آب و هوایی خشک عملکرد بدتری داشت (Van den putte *et al.*, 2010). بی‌خاک‌ورزی تنها

² Heterogeneity

³ Confounder

¹ Shallow non-inversion

$$SMD = \frac{M_1 - M_2}{SD_{pooled}} \quad (۳)$$

در این رابطه، M_1 و M_2 به ترتیب میانگین عملکرد تیمار آزمایش و تیمار کنترل و SD_{pooled} ، انحراف معیار ترکیب شده (رابطه ۴) است (Cohen, 1988).

$$SD_{pooled} = \sqrt{\frac{SD_1^2 + SD_2^2}{2}} \quad (۴)$$

که در این رابطه SD_1 و SD_2 به ترتیب انحراف معیار گروه آزمایش و کنترل است.

بهترین راه برای مقایسه پژوهش‌های مختلف، استفاده از میانگین اثر آنهاست. هر چند در تخمین اندازه اثر آزمایش‌های مختلف، دقت‌های (اشتباه معیار) متفاوتی وجود دارد. بنابراین، پیش از فراتحلیل، باید به داده‌ها وزن داده شود به این ترتیب مطالعاتی که دقت آزمایشی بالاتری دارند وزن بیشتری خواهند داشت که موجب افزایش دقت اندازه اثر تخمین زده خواهد شد (Soltani & Soltani, 2014). میانگین وزن دهی از رابطه ۵ محاسبه شد.

$$WSMD_{overall} = \frac{\sum w_i \times SMD}{\sum w_i} \quad (۵)$$

وزن داده شده به هر مطالعه (w_i) با معکوس کردن واریانس محاسبه شد (رابطه ۶).

$$= \frac{1}{SD_i^2} W_i = \frac{1}{var_i} \quad (۶)$$

سطح اطمینان ۹۵ درصد از رابطه ۷ محاسبه شد.

$$95\% CI = WSMD \pm 1.96 \times \sqrt{var_{overall}} \quad (۷)$$

$$= \frac{1}{\sum w_i} var_{overall}$$

تست Q (کوکران) و تجزیه آماری I^2 (I-squared) برای تشخیص ناهمگنی مطالعات استفاده شد (Higgins et al., 2019). ناهمگنی در چهار گروه طبقه‌بندی شد، ناهمگنی زیاد (۷۵ درصد $I^2 \geq 75$), ناهمگنی متوسط (۷۴-۵۰ درصد $I^2 \geq 50$), ناهمگنی کم (۴۹-۲۵ درصد $I^2 = 25$), نداشتن ناهمگنی (۲۵ درصد $I^2 < 25$) (Higgins et al., 2019).

سوگرایی انتشار، تمایل گروهی از محققین، داورها و سردبیران برای ارسال و پذیرش دست نوشته‌ها بر اساس یافته‌های تحقیق است. بنابراین در این تحقیق از آزمون بگ (Begg & Mazumdar, 1994) و اگر (Egger et al., 1997) برای پاسخ به این سوال که آیا در مطالعه‌های استفاده شده در این تحقیق سوگرایی انتشار وجود داشته است استفاده شد. از نرم افزار STATA 14.2 برای فراتحلیل داده‌ها استفاده شد.

پرداخته شد. در این مرحله، تمام موارد درباره روش‌های اعمال تیمارها ثبت و تصمیم گرفته شد که کدام پژوهش‌ها نسبتاً مشابه^۱ هستند و می‌توان در تجزیه و تحلیل آن‌ها را وارد کرد (Gates, 2002). بدین منظور برای ارزیابی پژوهش‌ها و انتخاب مطالعه‌های مناسب برای انجام فراتحلیل، فرم استخراج داده‌ها تهیه شد و اطلاعاتی شامل نام نویسنده و سال انتشار، روش خاک‌ورزی، محل اجرای آزمایش، بافت خاک، مقدار بارش، تناوب گیاهی و مدت زمان آزمایش استخراج و ثبت شد. این عوامل تاثیر بسزایی نیز بر اندازه اثر^۲ دارند. در نهایت ۲۹ مطالعه برای مقایسه کم‌خاک‌ورزی با خاک‌ورزی رایج و ۲۲ مطالعه برای مقایسه بی‌خاک‌ورزی با خاک‌ورزی رایج انتخاب و وارد فرایند تجزیه و تحلیل آماری شدند (جدول ۱).

۲-۳- استخراج داده‌ها

داده‌های مورد نیاز برای فراتحلیل عبارت‌اند از میانگین تیمار (\bar{X}), انحراف معیار استاندارد ($SD_{\bar{X}}$) و تعداد تکرار یا حجم نمونه^۳ (n) در طرح آزمایشی. در تعدادی از پژوهش‌ها، نویسندگان داده آماری را در شکل‌های مختلف مانند خطای استاندارد ($SE_{\bar{X}}$) و ضریب تغییرات ($CV\%$) گزارش کردند. این شکل‌ها به انحراف معیار استاندارد با استفاده از روابط ۱ و ۲ تغییر پیدا کردند:

$$SD_{\bar{X}} = SE_{\bar{X}} \times \sqrt{n} \quad (۱)$$

$$SD_{\bar{X}} = \left(\frac{CV\%}{100}\right) \times \bar{X} \quad (۲)$$

عواملی مانند محل جغرافیایی، تناوب گیاهی، بافت خاک و ... می‌توانند روی اندازه اثر تاثیر بگذارند، به این دلیل در این پروژه مدل اثر تصادفی انتخاب شد (Ried, 2006).

۲-۴- تیمارهای فراتحلیل

در تجزیه و تحلیل، روش‌های خاک‌ورزی که تاثیرشان بر عملکرد گندم دیم مشخص بود تفکیک شدند. در جدول ۲ شرح کوتاهی از روش‌های مختلف خاک‌ورزی مورد استفاده آورده شده است. خاک‌ورزی رایج در مقایسه با کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی مقایسه شد. بنابراین تیمار شاهد (کنترل)، خاک‌ورزی رایج انتخاب شد.

۲-۵- تجزیه و تحلیل داده‌ها

در تجزیه تحلیل داده‌ها از متغیر تفاضل میانگین استاندارد^۴ شده (SMD) (رابطه ۳)، که از شاخص‌های مهم اندازه اثر است، در عملکرد بین تیمار کنترل و آزمایش استفاده شد (Cohen, 1988).

¹ Homogeneous

² Effect size

³ Sample size

⁴ The standardized mean difference (SMD)

⁵ I-squared

جدول ۱- مطالعات استفاده شده در فراتحلیل
Table 1. The studies used in meta-analysis

مدت زمان آزمایش (سال) Duration (year)	تناوب زراعی Crop rotation	بارش (میلی‌متر) Precipitation (mm)	بافت خاک Soil texture	محل آزمایش Experiment site	روش خاک‌ورزی Tillage method	منبع Refrence
3	نخود- گندم Chickpea- wheat	233.6	لوم رسی Clay loam	مراغه (آذربایجان شرقی) Maragheh	۱- خاک‌ورزی رایج Convventional tillge	اسکندری و همکاران، ۱۳۸۱ Eskandari <i>et al.</i> , 2002
		175.5	نامشخص Unknown	شیروان (خراسان شمالی) Shirvan	۲- کم‌خاک‌ورزی Minimum tillage	
		نامشخص Unknown	نامشخص Unknown	سرارود (کرمانشاه) Sararoud		
2	آیش- گندم Fallow- wheat	362.3	نامشخص Unknown	سنقر Songhor	۱- خاک‌ورزی رایج Convventional tillge	چقازردی و همکاران، ۱۳۹۴ Choghazardi <i>et al.</i> , 2015
		361.4	نامشخص -	کرمانشاه Kermanshah	۲- کم‌خاک‌ورزی Minimum tillage	
		436.4		سرپل ذهاب Sarpolzahab	۳- بی‌خاک‌ورزی (کشت مستقیم) No tillage (direct drilling)	
1	آیش- گندم Fallow- wheat	نامشخص Unknown	نامشخص Unknown	گرگان (گرگان) Gorgan	۱- خاک‌ورزی رایج Convventional tillge	حسینی و همکاران، ۱۳۹۴ Hoseini <i>et al.</i> , 2015
2	آیش- گندم Fallow- wheat نخود- گندم Chickpea- wheat	225	لوم رسی Silty clay loam	کیودرآهنگ (همدان) Kaboudarahang	۱- خاک‌ورزی رایج Convventional tillge	حیدری، ۱۳۹۷ Heidari, 2018
			۲- کم‌خاک‌ورزی Minimum tillage			
			۳- بی‌خاک‌ورزی (کشت مستقیم) No tillage (direct drilling)			
3	آیش- گندم Fallow- wheat	387.7	رس سیلتی Silty clay	سارال (کردستان) Saral- Kordestan	۱- خاک‌ورزی رایج Convventional tillge	روحی و همکاران، ۱۴۰۰ Roohi <i>et al.</i> , 2012
			۲- کم‌خاک‌ورزی Minimum tillage			
			۳- بی‌خاک‌ورزی (کشت مستقیم) No tillage (direct drilling)			
2	نخود- گندم Chickpea- wheat	410.7	لوم رسی Clay loam	هشترود (آذربایجان شرقی) Hashtroud	۱- خاک‌ورزی رایج Convventional tillge	روستایی و همکاران، ۱۴۰۰ Roostaei <i>et al.</i> , 2012
			۲- کم‌خاک‌ورزی Minimum tillage			
			۳- بی‌خاک‌ورزی (کشت مستقیم) No tillage (direct drilling)			
2	آفتابگردان- گندم Sunflower -Wheat	نامشخص Unknown	نامشخص Unknown	شاهرود (سمنان) Semnan	۱- خاک‌ورزی رایج Convventional tillge	زین‌العابدین شم‌آبادی، ۱۳۹۴ Shamabadi, 2015
					۲- بی‌خاک‌ورزی (کشت مستقیم) No tillage (direct drilling)	
3	آیش- گندم Fallow- wheat	350	لوم رسی Silty clay	گنبد (گرگان) Gonbad	۱- خاک‌ورزی رایج Convventional tillge	صادق‌نژاد و اسلامی، ۱۳۸۵ Sadeghnejad &
			۲- بی‌خاک‌ورزی (کشت مستقیم)			

			loam		No tillage (direct drilling)	Eslami, 2006
جدول ۱- مطالعات استفاده شده در فراتحلیل						
Table 1. The studies used in meta-analysis						
1	آیش- گندم Fallow-wheat	265	لوم رسی Clay loam	قزوین Ghazveen	۱- خاک ورزی رایج Conventional tillage ۲- کم خاک ورزی Minimum tillage ۳- بی خاک ورزی (کشت مستقیم) No tillage (direct drilling)	گرچی اناری و گودرزوند چگینی (۱۳۹۴) Gorji Anari & Goodarzvand Chegini, 2015
3	آیش- گندم Fallow-wheat	551.3	لوم Loam	باغملک (خوزستان) Baghmalak	۱- خاک ورزی رایج Conventional tillage ۲- کم خاک ورزی Minimum tillage ۳- بی خاک ورزی (کشت مستقیم) No tillage (direct drilling)	لویمی و همکاران، ۱۳۹۰ Looymi <i>et al.</i> , 2011
3	کلزا- گندم Canola-wheat	551.3	لوم Loam	باغملک (خوزستان) Baghmalak	۱- خاک ورزی رایج Conventional tillage ۲- کم خاک ورزی Minimum tillage ۳- بی خاک ورزی (کشت مستقیم) No tillage (direct drilling)	لویمی و همکاران، ۱۳۹۰ Looymi <i>et al.</i> , 2011
2	آیش- گندم Fallow-wheat	575	لوم شنی Sandy loam	سنندج (کردستان) Sanandaj	۱- خاک ورزی رایج Conventional tillage ۲- کم خاک ورزی Minimum tillage ۳- بی خاک ورزی (کشت مستقیم) No tillage (direct drilling)	محمدی و همکاران، ۱۳۸۸ Mohamadi <i>et al.</i> , 2009
2	گلرنگ- گندم Safflower-wheat	502.2	لوم رسی سیلتی Silty clay loam	گچساران (کهکیلویه و بویر احمد) Gachsaran	۱- خاک ورزی رایج Conventional tillage ۲- کم خاک ورزی Minimum tillage ۳- بی خاک ورزی (کشت مستقیم) No tillage (direct drilling)	اصغری میدانی و همکاران، ۱۳۸۸ Asghari Meidani <i>et al.</i> , 2009
3	آیش- گندم Fallow-wheat	326.7	نامشخص Unknown	قاملو (کردستان) Ghamlou	۱- خاک ورزی رایج Conventional tillage ۲- کم خاک ورزی Minimum tillage ۳- بی خاک ورزی (کشت مستقیم) No tillage (direct drilling)	حیدرپور و همکاران، ۱۳۸۸ Heidarpour <i>et al.</i> , 2009
3	آیش- گندم Fallow-wheat	529	نامشخص Unknown	گچساران (کهکیلویه و بویر احمد) Gachsaran	۱- خاک ورزی رایج Conventional tillage ۲- کم خاک ورزی Minimum tillage ۳- بی خاک ورزی (کشت مستقیم) No tillage (direct drilling)	اصغری میدانی، ۱۳۷۷ Asghari Meidani <i>et al.</i> , 1998
3	آیش- گندم Fallow-wheat	372.4	لوم رسی Clay loam	مراغه (آذربایجان شرقی) Maragheh	۱- خاک ورزی رایج Conventional tillage ۲- کم خاک ورزی Minimum tillage ۳- بی خاک ورزی (کشت مستقیم) No tillage (direct drilling)	اصغری میدانی، ۱۳۷۷ Asghari Meidani <i>et al.</i> , 1998
3	کلزا- گندم Canola-wheat	529	لوم رسی سیلتی Silty clay loam	گچساران (کهکیلویه و بویر احمد) Gachsaran	۱- خاک ورزی رایج Conventional tillage ۲- کم خاک ورزی Minimum tillage ۳- بی خاک ورزی (کشت مستقیم) No tillage (direct drilling)	رحیمزاده و همکاران، ۱۳۸۸ Rahimzadeh <i>et al.</i> , 2009
	ماشک پاییزه-	316.2	لوم رسی		۱- خاک ورزی رایج	اسکندری، ۱۳۹۴

4	گندم Autumn Vetch- wheat	Clay loam	مراغه (آذربایجان شرقی) Maragheh	Conventional tillage ۲- کم خاک‌ورزی Minimum tillage ۳- بی خاک‌ورزی (کشت مستقیم) No tillage (direct drilling)	Eskandari, 2015-b
---	-----------------------------------	-----------	------------------------------------	--	-------------------

جدول ۱- مطالعات استفاده شده در فراتحلیل

Table 1. The studies used in meta-analysis

3	آیش- گندم Fallow- wheat	300.8	لوم رسی Clay loam	مراغه (آذربایجان شرقی) Maragheh	۱- خاک‌ورزی رایج Conventional tillage ۲- کم خاک‌ورزی Minimum tillage ۳- بی خاک‌ورزی (کشت مستقیم) No tillage (direct drilling)	ولی‌زاده اصلو، ۱۳۹۴ Valizadeh Osaloo et al., 2015
3	ماشک پاییزه و بهاره- گندم Autumn and Spring Vetch- wheat	382.2 362.2	لوم رسی Clay loam	مراغه (آذربایجان شرقی) Maragheh سرارود (کرمانشاه) Sararoud	۱- خاک‌ورزی رایج Conventional tillage ۲- کم خاک‌ورزی Minimum tillage	اصغری میدانی و رنجبر، ۱۳۹۱ Asghari Meidani & Ranjbar, 2013
4	گلرنگ- گندم Safflower- wheat	335.3	لوم رسی Clay loam	مراغه (آذربایجان شرقی) Maragheh	۱- خاک‌ورزی رایج Conventional tillage ۲- کم خاک‌ورزی Minimum tillage ۳- بی خاک‌ورزی (کشت مستقیم) No tillage (direct drilling)	اسکندری، ۱۳۹۴ Eskandari, 2015-a
2	آیش- گندم Fallow- wheat	نامشخص Unknown	لوم رسی Clay loam	ارومیه (آذربایجان غربی) Urima	۱- خاک‌ورزی رایج Conventional tillage ۲- کم خاک‌ورزی Minimum tillage ۳- بی خاک‌ورزی (کشت مستقیم) No tillage (direct drilling)	تابیه‌زاد، ۱۳۸۸ Tabizad, 2009

جدول ۲- شرح کوتاه از تیمارهای مورد استفاده در ارزیابی اثر کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی بر عملکرد گندم دیم

Table 2. A brief description of the treatments used to evaluate the effect of minimum tillage and no-tillage on dryland wheat

توضیح مختصر brief explanation	روش خاک‌ورزی Tillage method
Plowing with moldboard plow+ disc+ leveler+ wheat drill	خاک‌ورزی رایج Conventional tillage
۱- شخم با خاک‌ورز مرکب حفاظتی (گاواهن قلمی مجهز به غلطک) + کاشت گندم با عمیق کار 1- plowing with combined tiller (chisel plow equipped with roller) + wheat drill	کم خاک‌ورزی Minimum tillage
۲- شخم با گاواهن چیزل‌پکر + کاشت گندم با عمیق کار 2- plowing with chisel-packer + wheat drill	
۳- شخم با گاواهن قلمی + دیسک + کاشت گندم با عمیق کار 3- plowing with chisel plow + disk+ wheat drill	
Wheat planting with direct drill	بی خاک‌ورزی (کشت مستقیم) No till (direct drilling)

۳- نتایج و بحث

۳-۱- اثر خاک ورزی حفاظتی بر عملکرد گندم دیم

نتایج تجزیه آماری پارامتر تفاضل میانگین استاندارد شده (SMD) اثر خاک ورزی حفاظتی بر عملکرد گندم دیم در شکل ۱ آورده شده است. با توجه به مقدار SMD در روش کم خاک ورزی (+۰/۴۲)، می توان نتیجه گرفت که روش کم خاک ورزی نسبت به خاک ورزی رایج باعث افزایش عملکرد گندم شده است. میانگین عملکرد گندم در روش کم خاک ورزی و رایج به ترتیب برابر ۱۶۸۰ و ۱۶۲۰ کیلوگرم در هکتار است که بعد از وزن دهی (شکل ۱) به هر یک از عملکردها، میانگین عملکرد وزنی روش کم خاک ورزی و رایج به ترتیب ۳۲/۷۴۳ و ۳۲/۲۷۹ به دست آمد. در نتیجه روش کم خاک ورزی نسبت به خاک ورزی رایج باعث افزایش ۱/۴۴ درصدی عملکرد گندم شده است. همچنین با توجه به مقدار سطح اطمینان ۹۵ درصد (۰/۹۷، ۰/۱۳-) (شکل ۱)، اثر روش کم خاک ورزی در مقایسه با خاک ورزی رایج بر عملکرد گندم معنی دار نبوده است. با توجه به ساختار گاوآهن قلمی (ساقه و تیغه ها)، این گاوآهن توانسته است گسیختگی مناسبی (با توجه به عمق نفوذ بیشتر تیغه ها) در خاک ایجاد نماید، در نتیجه بستر مناسبی برای رشد و توسعه ریشه گندم فراهم نموده است. همچنین مقدار SMD در روش بی خاک ورزی (-۰/۴۳) بدست آمد که نشان می دهد روش بی خاک ورزی در مقایسه با خاک ورزی رایج باعث کاهش عملکرد گندم شده است. میانگین عملکرد در روش بی خاک ورزی و رایج به ترتیب برابر ۱۶۷۸ و ۱۸۳۶ کیلوگرم در هکتار است که بعد از وزن دهی (شکل ۱) به هر یک از عملکردها، میانگین عملکرد وزنی روش بی خاک ورزی و رایج به ترتیب ۳۳/۸۳۰ و ۳۶/۶۸۱ به دست آمد. در نتیجه روش بی خاک ورزی نسبت به خاک ورزی رایج باعث کاهش ۷/۷۷ درصد عملکرد گندم شده است. همچنین با توجه به مقدار سطح اطمینان ۹۵ درصد (۰/۲۶، ۰/۱۱-) (شکل ۱)، اثر روش بی خاک ورزی در مقایسه با خاک ورزی رایج بر عملکرد گندم معنی دار نبوده است. در کل با توجه به نتایج (شکل ۱) با قاطعیت نمی توان نتیجه گرفت که روش کم خاک ورزی باعث افزایش عملکرد و روش بی خاک ورزی باعث کاهش عملکرد گندم دیم در مقایسه با خاک ورزی رایج می شوند. بنابراین نیاز است که پژوهش های بیشتری در این زمینه اجرا شوند.

از افزایش جزئی عملکرد گندم در روش کم خاک ورزی و کاهش آن در روش بی خاک ورزی می توان نتیجه گرفت که در اراضی دیم ایران با توجه به ساختمان خاک و حاصلخیزی آن، در حال حاضر به یک حداقل خاک ورزی نیاز است و گذر از کم خاک ورزی به بی خاک ورزی (کشت مستقیم) نیاز به زمان و تحقیقات بیشتر در این زمینه می باشد. (Eskandari et al (2002) نیز گزارش کردند که در شرایط دیم، هر چه توسعه ریشه ها بیشتر باشد باعث جذب

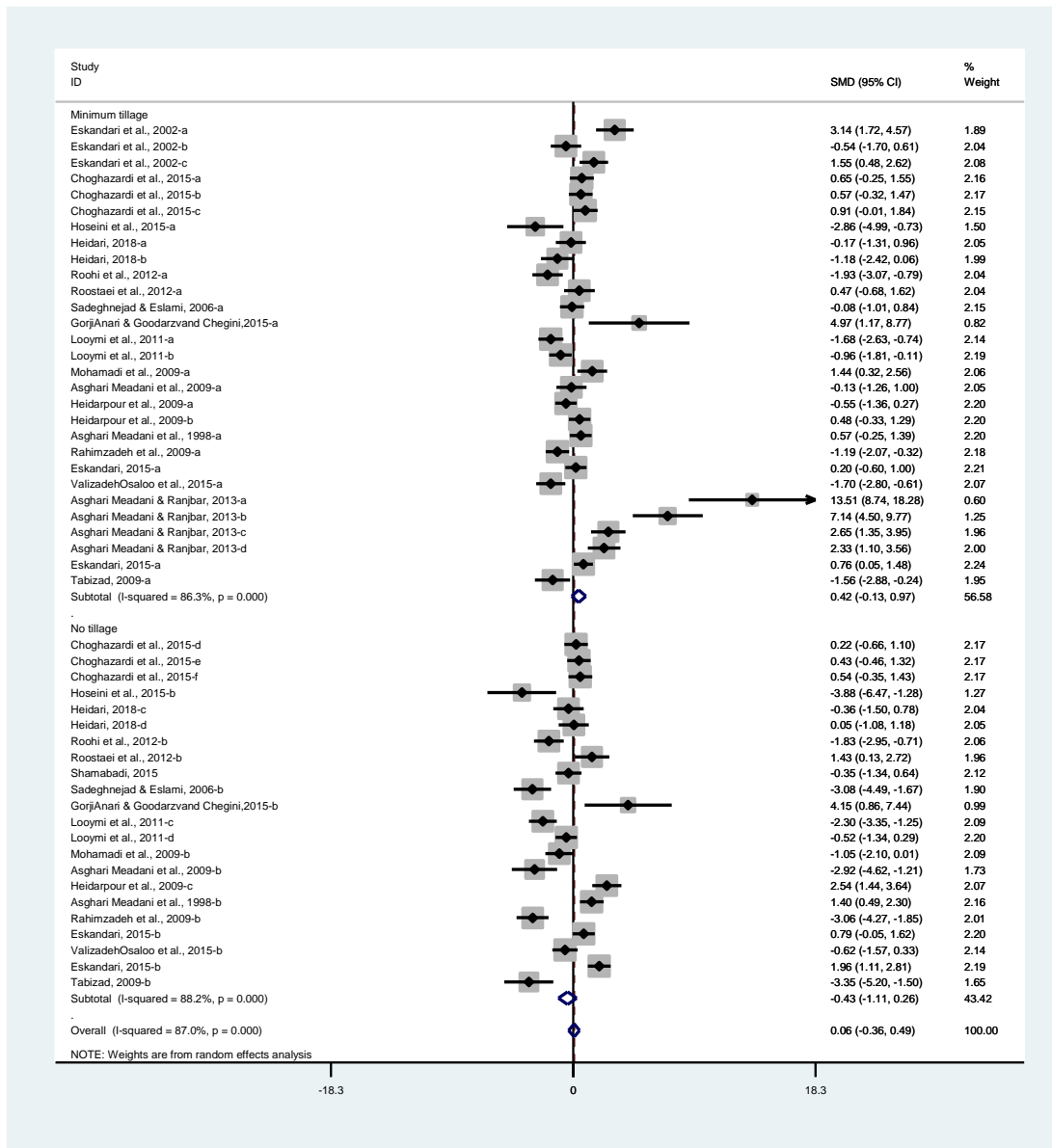
بیشتر مواد غذایی، رطوبت خاک و در نتیجه تولید محصول بیشتر می شود. از این نظر در چنین شرایطی انجام عملیات خاک ورزی (با گاوآهن قلمی) در لایه های زیرین بدون برگرداندن خاک می تواند مفید واقع شود. (Asghari Meidani et al (2022) نیز گزارش نمودند که نفوذ عمیق گاوآهن قلمی با رفع بهتر فشردگی خاک به توسعه و گسترش مناسب ریشه کمک کرده و شرایط مناسب تری را برای جذب رطوبت و مواد غذایی فراهم می آورد. عوامل یاد شده باعث می شوند تا گندم بتواند با استفاده مطلوب از شرایط محیطی در بازه زمانی مناسب با توجه به محدودیت های کشت دیم، عملکرد را در واحد سطح افزایش دهد. نتایج تحقیق دیگری نشان داد که یک حداقل خاک ورزی در مقایسه با بی خاک ورزی امکان کاشت همگن را فراهم می کند، شرایطی که منجر به عمق کاشت یکنواخت تر، تماس بهتر بذر با خاک و زهکشی بهتر آب اضافی از خاک و غیره می شود که انتظار می رود ترکیبی از این عامل ها اثر مثبت بر استقرار گیاه و عملکرد بگذارند. (Van den putte et al., 2010)

(Van den putte et al., 2010) با روش فراتحلیل اعلام کردند که بی خاک ورزی عملکرد پنجاه محصول را به طور متوسط ۸/۵ درصد کاهش داد. اجرای کوتاه مدت مدیریت بی خاک ورزی در ایران می تواند یکی از دلایل کاهش عملکرد گندم دیم در این روش خاک ورزی باشد. در خاک هایی که خاک ورزی انجام نشده باشد کشاورزان تجربه دارند که عملکرد به مدت سه سال در حدود ۱۰ درصد کاهش پیدا کرده است (Hilshey et al., 2020). بیشترین عملکرد محصول در روش بی خاک ورزی در مدیریت های بلند مدت گزارش شده است (Hilshey et al., 2020). از تفاوت های بین خاک ورزی مرسوم و خاک ورزی حفاظتی، به پایین بودن عملکرد در خاک ورزی حفاظتی در ابتدا و افزایش آن در بلند مدت اشاره شده است (Tabatabaefar et al., 2009).

با توجه به مقدار شاخص آماری ناهمگنی بین مطالعات (۰/۸۷) = I-squared، بین مطالعات یک ناهمگنی زیاد وجود دارد که می تواند به دلیل نوع خاک، تناوب گیاهی، میزان بارش و ... باشد.

۳-۲- سوگرایی انتشار

مقدار سطح احتمال در روش بگ (Begg & Mazumdar, 1994) و اگر (Egger et al., 1997) (برای تخمین سوگرایی انتشار) به ترتیب ۰/۷۵۱ و ۰/۶۴۸ بدست آمد (بیشتر از ۱۰ درصد) که می توان نتیجه گرفت که سوگرایی انتشار در مطالعات مشاهده نشده است.



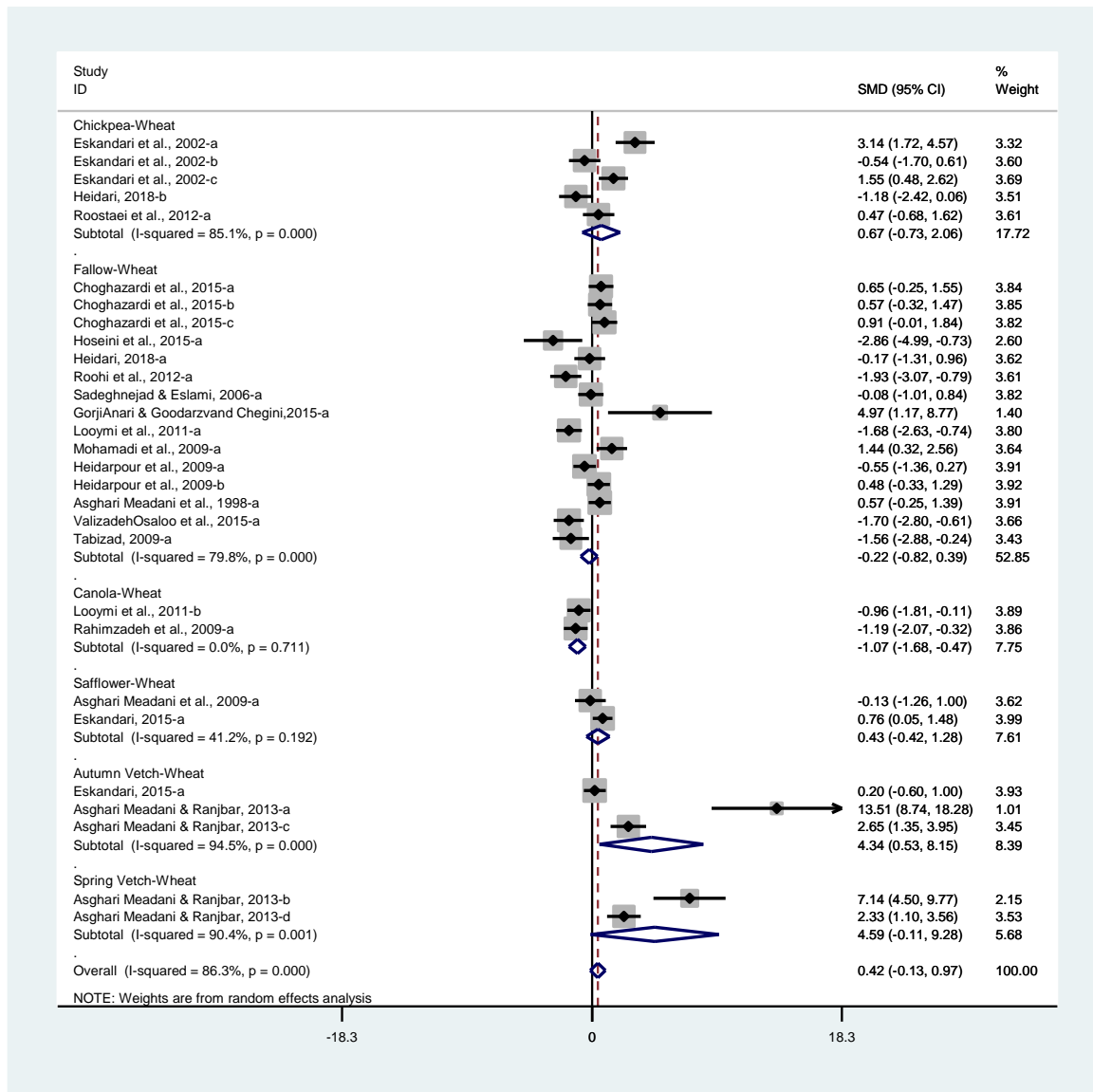
شکل ۱- نمودار انباشت اثر کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی بر عملکرد گندم دیم (SMD (اندازه اثر)، %weight (درصد وزن)، study ID (منبع)، minimum tillage (کم خاک‌ورزی)، no tillage (بی خاک‌ورزی)، subtotal (زیر گروه)، overall (کل))

Fig 1. Forest plot of the effect minimum and no-tillage tillage on dryland wheat yield

گندم روش کم خاک‌ورزی باعث کاهش جزئی عملکرد شد ولیکن این کاهش معنی‌دار نبود. تنها در تناوب کلزا - گندم، روش کم- خاک‌ورزی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد شد، که می‌تواند به علت بقایای کلزا به دلیل خشبی بودن و حجم بالای آن باشد که در کاشت بذر و در نتیجه جوانه زدن و سبز شدن آن اختلال بوجود آورده باشد.

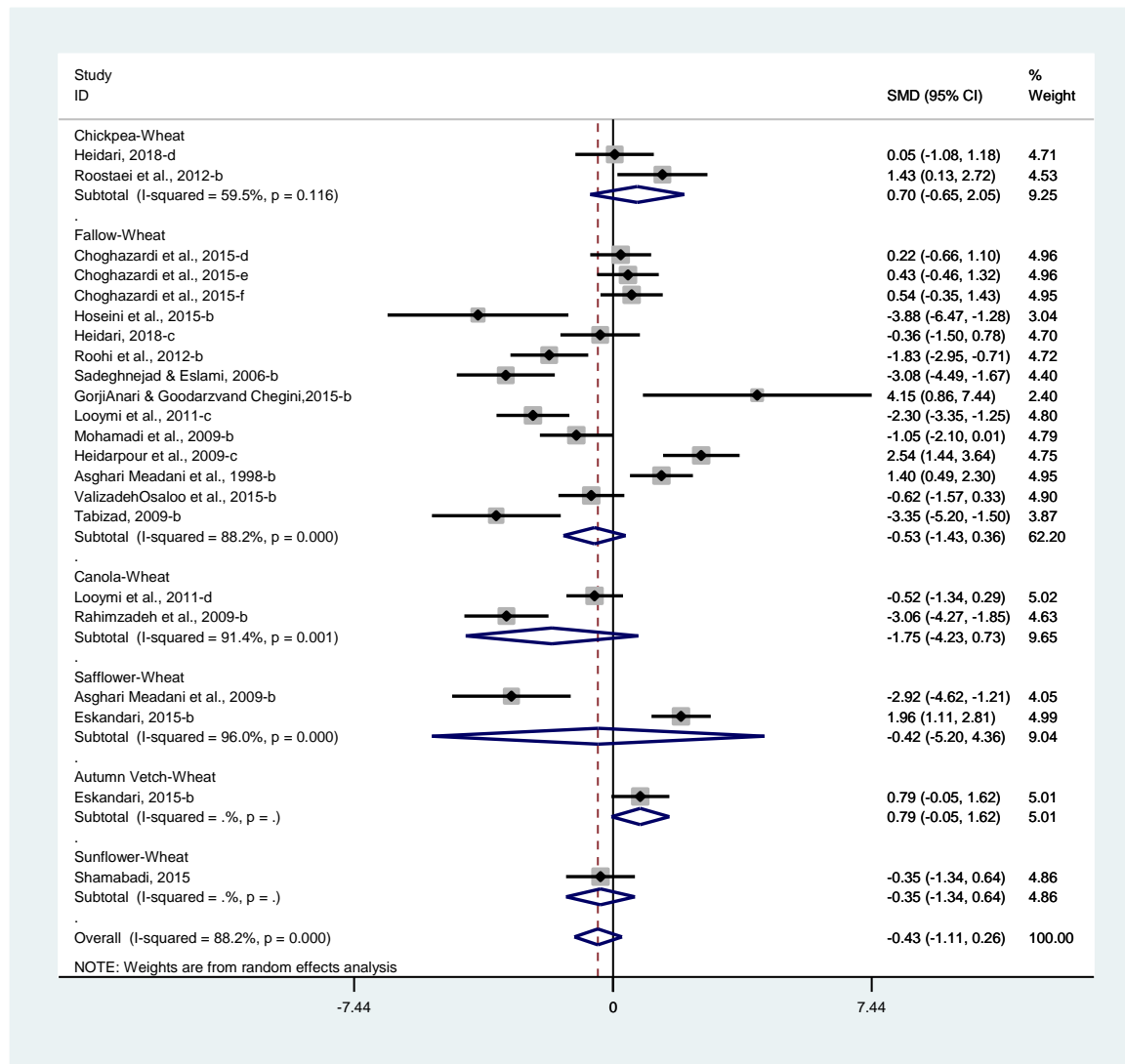
۳-۳- اثر کم خاک‌ورزی بر عملکرد گندم در تناوب‌های زراعی مختلف

اثر روش کم خاک‌ورزی در تناوب‌های زراعی مختلف بر عملکرد گندم معنی‌دار نبود (شکل ۲). در تناوب‌های نخود-گندم، گلرنگ - گندم، ماشک پاییزه و بهاره - گندم، روش کم خاک‌ورزی باعث افزایش جزئی عملکرد گندم شد (معنی‌دار نبود). در تناوب آیش -



شکل ۲- نمودار انباشت اثر کم خاک ورزی بر عملکرد گندم در تناوب‌های زراعی مختلف (wheat-potato (گندم-سیبزمینی)، corn-potato (ذرت-سیبزمینی)، bean-potato (لوبیا - سیبزمینی) corn-fallow-potato (ذرت - آیش - سیبزمینی)، barley-potato (جو- سیبزمینی)، Rye-potato (چاودار - سیبزمینی)، alfalfa-potato (یونجه - سیبزمینی))

Fig 2. Forest plot of the effect of minimum tillage on wheat yield in different crop rotations



شکل ۳- نمودار انباشت اثر بی‌خاک‌ورزی بر عملکرد گندم در تناوب‌های زراعی مختلف (wheat-potato (گندم-سیب‌زمینی)، corn-potato (ذرت-سیب‌زمینی)، bean-potato (لوبیا-سیب‌زمینی)، corn-fallow-potato (ذرت-آیش-سیب‌زمینی)، barley-potato (جو-سیب‌زمینی)، Rye-potato (چاودار-سیب‌زمینی)، alfalfa-potato (یونجه-سیب‌زمینی))

Fig 3. Forest plot of the effect of no tillage on wheat yield in different crop rotations

۴- نتیجه‌گیری

روش کم‌خاک‌ورزی در مقایسه با روش خاک‌ورزی رایج باعث افزایش جزئی عملکرد گندم (۱/۴۴ درصد) شد در حالی‌که روش بی‌خاک‌ورزی باعث کاهش عملکرد گندم به میزان ۷/۷۷ درصد شد. اثر روش کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی بر عملکرد گندم در تناوب‌های مختلف زراعی معنی‌دار نبود. روش کم‌خاک‌ورزی در تناوب‌های نخود-گندم، گلرنگ-گندم و ماشک پاییزه و بهاره-گندم و روش بی‌خاک‌ورزی در تناوب‌های نخود-گندم و ماشک پاییزه-گندم در مقایسه با خاک‌ورزی رایج، عملکرد گندم را به‌طور جزئی افزایش داد. روش کم‌خاک‌ورزی در تناوب‌های آیش-گندم و کلزا-گندم و روش بی‌خاک‌ورزی در تناوب‌های آیش-گندم، کلزا-گندم، گلرنگ-گندم، آفتابگردان-گندم نسبت به خاک‌ورزی رایج،

۴-۳- اثر بی‌خاک‌ورزی بر عملکرد گندم در

تناوب‌های زراعی مختلف

اثر روش بی‌خاک‌ورزی در تناوب‌های زراعی مختلف بر عملکرد گندم معنی‌دار نبود (شکل ۳). روش بی‌خاک‌ورزی تنها در تناوب‌های نخود-گندم، ماشک پاییزه-گندم باعث افزایش اندک گندم شد، در حالی‌که در تناوب‌های دیگر (آیش-گندم، کلزا-گندم، گلرنگ-گندم و آفتابگردان-گندم)، روش بی‌خاک‌ورزی در مقایسه با روش رایج عملکرد گندم را کاهش داد. محققین زیادی تناوب نخود-گندم را در شرایط دیم به دلیل مزایای تثبیت ازت در خاک، کاهش فرسایش بادی و آبی، بهبود ساختمان خاک و کاهش مصرف کود توصیه نموده‌اند (Heidari, 2019; Abdulahi, 2016; Haghigi Maleki, 2000).

- AsghariMeidani, J., and Ranjbar, F. (2013). *Study on effects of different tillage systems on soil physical properties and dry land wheat grain yield in forage-wheat rotation*. Final Report. Dryland Agricultural Research Institute. Maragheh. (In Persian)
- Bakker, M. M., Govers, G., Jones, R. A., and Rounsevell, M. D. A. (2007). *The effect of soil erosion on Europe's crop yields*. *Ecosystems*, 10: 1209-1219.
- Barton, A. P., Fullen, M. A., Mitchell, D. J., Hocking, T. J., Liu, L., Bo, Z.W., Zheng, Y., and Xia, Z. Y. (2004). *Effects of soil conservation measures on soil erosion rates and crop productivity on subtropical Ultisols in Yunnan Province*. *China Agricultural Ecosystem Environmental*, 104:343-357.
- Begg, C. B., and Mazumdar, M. (1994). *Operating characteristics of a rank correlation test for publication bias*. *Biometrics*, 50, 1088-1101.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., and Rothstein, H. R. (2009). *Introduction to Meta-analysis*. Wiley, London.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*, 2nd Edition. Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Cooper, J., Lombardi, R., Boardman, D., and Carliell-Marquet, C. (2011). *The future distribution and production of global phosphate rock reserves*. *Resources, Conservation & Recycling*, 57: 78-86.
- Dumanski, J., Peiretti, R., Benetis, J., McGarry, D., and Pieri, C. (2006). *The paradigm of conservation tillage*. *Proceedings of World Association of Soil and Water Conservation*, FAO, Rome, 58-64.
- Egger, M., Smith, G. D., and Phillips, A. N. (1997). *Meta-analysis: principles and procedures*. *BMJ*, 315(7121):1533-1537.
- Eskandari, I. (2015-a). *Evaluation and Selection of proper conservation tillage systems in safflower wheat rotation estimating crop residue by spectral and conventional method in dryland condition*. 13-Final Report. 1993. Dryland Agricultural Research Institute. Maragheh. (In Persian)
- Eskandari, I. (2015-b). *Evaluation of dryland wheat nitrogen requirement in conventional and conservation tillage systems in forage rotation*. Final Report. Dryland Agricultural Research Institute. Maragheh. (In Persian)
- Eskandari, I., Azimzadeh, M., and yavari, I. (2002). *Comparison of different tillage methods on wheat yield after harvesting chickpea in dryland areas*. Final report. (In Persian)
- FAO. 2022. <http://www.fao.org/ag/ca/>.
- Gates S. (2002). *Review of methodology of quantitative reviews using meta-analysis in ecology*. *Journal of Animal Ecology*, 71(4): 547-557.
- باعث کاهش جزئی عملکرد گندم شدند. در تناوب نخود - گندم و تناوب ماشک پاییزه-گندم، هم روش کم خاک ورزی و هم روش بی- خاک ورزی در مقایسه با روش رایج عملکرد گندم را به طور اندک افزایش دادند. در تناوب آیش - گندم، روش های کم خاک ورزی و بی خاک ورزی باعث کاهش جزئی عملکرد شدند. با توجه به این که روش کم خاک ورزی در مقایسه با روش خاک ورزی رایج عملکرد گندم دیم را اندکی افزایش داد و از طرفی با توجه به مزایای روش- های کم خاک ورزی در کاهش فرسایش خاک، حفظ بیشتر رطوبت خاک، کاهش مصرف سوخت، کاهش زمان انجام عملیات تهیه زمین، افزایش ظرفیت مزرعه ای مؤثر پیشنهاد می شود به جز تناوب گیاهی کلزا-گندم، روش کم خاک ورزی جایگزین روش رایج خاک- ورزی (گاو آهن برگردان دار + دیسک + ماله) با رعایت تناوب گیاهی شود. همچنین در تناوب های نخود-گندم و ماشک پاییزه-گندم به دلیل برتری روش بی خاک ورزی نسبت به خاک ورزی رایج، می توان روش بی خاک ورزی (کشت مستقیم) را جایگزین روش خاک ورزی رایج کرد. پیشنهاد می شود برای دستیابی به نتایج بهتر، مطالعات در زمینه خاک ورزی حفاظتی در دراز مدت (حداقل پنج ساله) اجرا شوند.

منابع

- Abdulahi, A. 2016. *Effect of different crop rotations on grain yield and some agronomic traits of wheat (Triticum aestivum L.) in dryland conditions of Kermanshah*. *Journal of Agroecology*, 3(8): 373-384. (In Persian)
- Abeyasekera, S., Ritchie, J.M., and Lawson-McDowall, J. (2002). *Combining ranks and scores to determine farmers' preferences for bean varieties in southern Malawi*. *Experimental Agriculture*, 38(1): 97-109.
- Arabkhedri, M., Shadfar, S., Jafari-Ardakani, A., Bayat, R., Khajavi, E., and Madian, M. H. (2018). *Improving water erosion estimates for Iran*. *Journal of Watershed Management Research*, 31(3): 13-27. (In Persian)
- AsghariMeidani, J. (1998). *Comparing the effects of several tillage methods on soil moisture storage and dryland wheat yield*. Final Report. Dryland Agricultural Research Institute. Maragheh. (In Persian)
- Asghari Meidani, J., and Heidarpour, N. (2009). *Investigating the effect of different tillage methods on the soil physical properties and the yield of dryland wheat in the safflower-wheat rotation*. Final Report. Dryland Agricultural Research Institute. Maragheh. (In Persian)
- Asghari Meidani., Karimi, E., and Mousavi, S. B. (2012). *Tillage effects on wheat yield and soil water content and bulk density in dryland wheat-fallow rotation in Maragheh*. *Journal of Water and Soil Science*, 60(16):119-129. (In Persian)

- production in Iran. *Journal of Agricultural Crops Production*, 20(1): 191-204. (In Persian)
- Knowler, D., and Bradshaw, B. 2007. *Farmers' adoption of conservation agriculture: A review and synthesis of recent research*. *Food Policy*, 32:25-48.
- Lovami, N., Akhtardanesh, P., and Rahimzadeh, R. (2011-a). *The effect of different tillage methods on the yield of rainfed wheat in rotation with rapeseed in Khuzestan*. *Journal of Agricultural Engineering*, 34(1): 43-55. (In Persian)
- Lovami, N., Safari, M., and Headarpoure, N. (2011-b). *Comparison of the effects of no-tillage, minimum tillage and conventional tillage methods on dryland wheat yield in the stony ground of the tropical region*. *Journal of Agricultural Machinery*, 1(2): 110-121. (In Persian)
- Mohammadi, K. h., Nabi Allahi, K., Aghaalikhani, M., and Khoramali, F. (2009). *Study on the effect of different tillage methods on the soil physical properties, yield and yield components of rainfed wheat*. *Journal of Plant Production*, 16(4): 77-91. (In Persian)
- Noble, J. H. (2006). *Meta-analysis: Methods, strengths, weaknesses, and political uses*. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 147(1): 7-20.
- Nunes, M. R., Karlen, D. L., and Moorman, T. B. (2020-a). *Tillage intensity effects on soil structure indicators - A US meta-analysis*. *Sustainability*, 12(5): 2071.
- Nunes, M. R., Karlen, D. L., Veum, K. S., Moorman, T. B., and Cambardella, C. A. (2020-b). *Biological soil health indicators respond to tillage intensity: A US meta-analysis*. *Geoderma*, 369, 114335.
- Pittelkow, C. M., Linquist, B. A., Lundy, M. E., Liang, X., Van Groenigen, K. J., Lee, J., and Van Kessel, C. (2015). *When does no-till yield more? A global meta-analysis*. *Field crops research*, 183, 156-168.
- Rahimzadeh, R., Loveimi, N., and Naraki, H. (2009). *Study on the effects of different tillage method on physical properties of soil and wheat yield in rapeseed - wheat rotation in warm dryland areas. Final Report. 935*. *Dryland Agricultural Research Institute*. Maragheh. (In Persian)
- Ried, K. (2006). *Interpreting and understanding meta-analysis graphs: A practical guide*. *Australian family physician*, 35(8).
- Roohi, E., Sedri, M. H., Bostani, M. K., and Khaledian, F. (2021). *Effect of different tillage methods and seed rate on quantitative and qualitative yield of wheat cultivars in a wheat - fallow rotation system in cold area of rainfed condition*. *Iranian Journal of Dryland Agriculture*, 10(1):105-131. (In Persian)
- Roostaei, M., Jafarzadeh, J., Eskandari, I., Ghahramanian, G. R., and Javidan, A. (2022). *Study on agronomic characteristics and grain yield of wheat genotypes under different tillage methods in Hashtrud region*. *Iranian Journal of Agricultural Machinery*, 1(2): 110-121. (In Persian)
- Ghaghazardi, H. R., Jahansuz, M. R., Ahmadi, A., and Gorji, M. (2016). *Effect of using different tillage methods on dryland wheat yield under cold, moderate and semi-warm climatic conditions of Kermanshah province*. *Iranian Journal of Field Crop Science*. 46(4):605-619. (In Persian)
- Giller, K.E., Witter, E., Corbeels, M., and Tittonell, P. (2009). *Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: The heretics' view*. *Field Crop Research*. 114:14-23.
- Gorji-Anari, M., and Goodarzan-Chegini, K. H. (2015). *Evaluation of economical yields of wheat (Triticum aestivum. L) in conservation tillage methods compared with conventional tillage methods in Koochin regions*. 2nd Conference of New Finding in Environment and Agricultural Ecosystems. Tehran University. (In Persian)
- Haghigi Maleki, A. *Studying the position of lentils and chickpeas in dry wheat crop rotation*. The 1st Iranian Pulses Symposium. Mashhad. Iran. (In Persian)
- Headarpour, N., Toashih, V., and Lovaimi, N. (2009). *Study on effects of different tillage systems on soil physical properties and wheat yield in fallow- wheat rotation*. Final Report. *Dryland Agricultural Research Institute*. Maragheh. (In Persian)
- Heidari, A. (2023). *Meta-Analysis of the Effect of Conservation tillage on irrigated wheat yield in Iran*. *Journal of Researches in Mechanics of Agricultural*. 11(4): 105-115. (In Persian)
- Heidari, A. (2022). *Meta-Analysis of the Effect of Subsoiling on Potato Yield*. *Agricultural Mechanization and Systems Research*. 23(80): 71-86. (In Persian)
- Heidari, A. (2019). *Effects of tillage systems and crop rotations on soil physical properties, weed population and wheat grain yield under rainfed condition*. *Iranian Journal of Dryland Agriculture*. 7(2): 109-219. (In Persian)
- Heidari, A., Bahramloo, R., and Bakhtiyari, M. R. (2022). *Meta-analysis of the effect of conservation tillage on potato yield*. *Journal of Agricultural Mechanization*. 7 (2): 19-30. (In Persian)
- Higgins, J. P., and Green, S. (2011). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. John Wiley & Sons, 4,570.
- Hilshey, B., Bench, C., and Tessieri, L. (2020). *A practical guide to no-till and cover crops in the Mid-tlantic*. <https://projects.sare.org/wp-content/uploads/No-till-and-Cover-Crop-Implimenation-Third-Edition-online.pdf>
- Hosseini, M., Mvahedi Naeini, S. A. R., Shamabadi, H. A., Darijani, A., and Kheiri Nataj Firozjahi, M. (2015). *Economic evaluation of rain-fed wheat yield in Gorgan (Iran) after different tillage methods*. *Journal of Agricultural Mechanization*, 3(1): 13-24. (In Persian)
- Khaliliaqdam, N., Hasani, R., and Mir-Mahmoodian, T. (2018). *Meta-analysis of some effective factors on wheat*

- Tabiehzad, H. (2009). *The effects of fallow management methods on water Conservation and yeild of rain fed wheat (Azare 2) in fallow- wheat rotation*. Final Report. Dryland Agricultural Research Institute. Maragheh. (In Persian)
- Valizadeh, G. R. (2015). *Study on responses of wheat different varieties at different phosphorous application rats and different tillage methods in fallow - wheat rotation*. Final Report. Dryland Agricultural Research Institute. Maragheh. (In Persian)
- Van den Putte, A., Govers, G., Diels, J., Gillijns, K., and Demuzere, M. (2010). *Assessing the effect of soil tillage on crop growth: A meta-regression analysis on European crop yields under conservation agriculture*. European journal of agronomy. 33(3):231-241.
- Wang, Y., Zhang, Y., Zhou, S., and Wang, Z. (2018). *Meta-analysis of no-tillage effect on wheat and maize water use efficiency in China*. Science of the Total Environment, 635, 1372-1382.
- Journal of Dryland Agriculture.10(2): 243-267. (In Persian)
- Sadeghnejad, H., and Eslami, K. (2006). *The comparison of wheat yield under different tillage methods*. Journal of Agricultural Sciences. 12(1): 103-111. (In Persian)
- Scopel, E., Silva, F.A.M.D., Corbeels, M., Affholder, F., and Maraux, F. (2004). *Modelling crop residue mulching effects on water use and production of maize under semi-arid and humid tropical conditions*, Agronomie. 24:383-395.
- Shamabadi, Z. (2015). *The effect of conservation tillage on fuel consumption productivity and rainfed wheat yield*. Iranian Journal of Dryland Agriculture. 4(1): 17-28. (In Persian)
- Soltani, E., and Soltani, A. (2014). *Necessity of using meta-analysis in field crops researches*. Journal of Crop Production. 7(3): 203-216. (In Persian)
- Tabatabaefar, A., Nadarloo, L., Javadi, P., and Shirkavand, H. 2009. *Conservation tillage crop protection systems*. Academic Jihad Publications of Isfahan Industrial Unit.

