



## Study on Tillage Systems and Residue Management Application on Yield and Yield Components of Wheat (*Triticum aestivum* L.) in Mashhad Condition

E. Ebrahimian<sup>1</sup>, A. Koocheki<sup>1,2\*</sup>, M. Nassiri Mahallati<sup>2</sup>, S. Khorramdel<sup>3</sup>, and A. Beheshti<sup>4</sup>

Received: 22-11-2014  
Revised: 25-01-2015  
Accepted: 05-04-2015  
Available Online: 13-12-2022

### How to cite this article:

Ebrahimian, E., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Khorramdel, S., and Beheshti, A., 2022. Study on tillage systems and residue management application on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) in Mashhad condition. Journal of Agroecology 14(3): 415-427.  
DOI: [10.22067/jag.v1i1.41560](https://doi.org/10.22067/jag.v1i1.41560)

### Introduction

The continuation of agricultural operations, based on conventional ploughing along with the removal or burning of plant residues, can lead to soil degradation and erosion. The increase in environmental pollution and the exploitation of new technologies in the direction of sustainable agriculture should be taken into account seriously. Along with conservation tillage, maintaining or adding plant residues, especially wheat mulch, on the soil surface can also be emphasized. Increased yield, stimulated soil microbial activity, improved soil structure and reduced water erosion are among the beneficial consequences of wheat residues on the soil. Determining the effects of crop residue and tillage systems on productivity is essential for sustainable land management. Therefore, the current experiment was carried out to investigate the effect of different tillage systems and wheat residue levels on growth indicators, yield, and yield components of wheat.

### Materials and Methods

In order to study the effect of tillage systems and residue management on yield and yield components of wheat, a field study was conducted as a split block experiment in a randomized complete block design with three replications. The experiment was implemented at the experimental site of the Ferdowsi University of Mashhad, Iran, in the 2013 growing season to evaluate the impact of tillage systems and wheat residue application on growth parameters, yield, and yield components of wheat. For this purpose, four different tillage systems (disk, mouldboard plough + disk, sweep plough + disk, and chisel plough + disk) as were employed vertical factors in combination with five different crop residue applications (0, 25, 50, 75, and 100% wheat residue) as horizontal factors. The number of ears per plant, seed number per ear and plant, 1000 seed weight, grain, and biological yields of wheat were determined. Experimental data were analysed considering the analysis of variance using SAS 9.3. In order to determine the statistical differences between treatments, the least significant difference (LSD) was performed at the  $p \leq 0.05$ .

### Results and Discussion

According to the results, the highest leaf area index and crop growth rate of wheat were observed in 167 and 151 days after sowing. These times were equal to the beginning of seed filling. The chisel plough + disk tillage system

1- PhD. Student of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, International Campus, Mashhad, Iran

2- Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

3- Assistant Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

4- Associate Professor, Research Center for Agriculture and Natural Resources, Mashhad, Iran.

\* Corresponding author: [akooch@ferdowsi.um.ac.ir](mailto:akooch@ferdowsi.um.ac.ir)

increased the leaf area index and crop growth rate by 14 and 21%, respectively, compared with the mouldboard plough + disk tillage system. In addition, the lowest and the highest ear number per plant and seed yield were observed when disk and chisel plough + disk tillage systems were applied, respectively. In general, the chisel system creates relatively deep furrows in the soil, but unlike the mouldboard plough, it does not cause overturning. As a result, at the same time as a decrease in the loss of moisture and nutrients, slight changes in the soil structure are caused. The results showed that by increasing wheat residues up to 75%, the leaf area index and plant growth rate considerably increased. For example, at the level of 75%, these traits were registered up to 35 and 60%, respectively, more than the control treatment. Moreover, ear number per plant and seed yield significantly increased with increasing crop residue application. In a general statement, providing as much organic matter and nutrients as possible is considered one of the main benefits of applying wheat residues on the soil surface. Hence, an increase in the leaf area index, growth rate, and seed yield of wheat following the application of straw residues may be due to the gradual decay of plant residues during the growing season and, subsequently, the availability of nutrients required for plant growth.

### **Conclusion**

Application of wheat residue and reduced tillage (based on disk and chisel plough) as an ecological approach can be recommended in arid and semi-arid regions of Iran to increase wheat yield and promote sustainable production.

**Keywords:** Chisel plough, Leaf area index, Mouldboard plough.



## مقاله پژوهشی

# بررسی عملکرد و اجزای عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت تأثیر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی و سطوح بقایا در شرایط آب و هوایی مشهد

الناز ابراهیمیان<sup>۱</sup>، علیرضا کوچکی<sup>۲\*</sup>، مهدی نصیری محلاتی<sup>۲</sup>، سرور خرم‌دل<sup>۳</sup> و علیرضا بهشتی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۳۹۳/۱۱/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۱/۱۶

ابراهیمیان، ا.، کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، خرم‌دل، س.، و بهشتی، ع.، ۱۴۰۱. بررسی عملکرد و اجزای عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت تأثیر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی و سطوح بقایا در شرایط آب و هوایی مشهد. بوم‌شناسی کشاورزی ۱۴(۳): ۴۲۷-۴۱۵.

## چکیده

به‌منظور بررسی شاخص‌های رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم گاسکوژن (*Triticum aestivum* L.) تحت تأثیر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی و سطوح بقایای گیاهی، آزمایشی به‌صورت اسپلیت بلوک بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳ انجام شد. در این آزمایش نوع مدیریت خاک‌ورزی در چهار سطح (دیسک، گاواهن برگردان‌دار + دیسک، گاواهن پنجه‌غازی + دیسک، گاواهن قلمی + دیسک) به‌عنوان فاکتور عمودی و مدیریت بقایای گندم در پنج سطح (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد عملکرد کاه گندم) به‌عنوان فاکتور افقی در نظر گرفته شدند. در این آزمایش صفاتی مانند تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله و در بوته، وزن دانه در سنبله و در بوته، وزن هزار دانه و نیز عملکرد دانه و بیولوژیک گندم تعیین شد. نتایج نشان داد که حداکثر شاخص سطح برگ و سرعت رشد گندم به‌ترتیب در ۱۶۷ و ۱۵۱ روز پس از کاشت اتفاق افتاد که تقریباً منطبق با شروع پر شدن دانه بود. در این مرحله، شاخص سطح برگ و سرعت رشد گندم در نتیجه اجرای شخم با گاواهن قلمی + دیسک، به‌ترتیب تا ۱۴ و ۲۱ درصد بیش از گاواهن برگردان + دیسک بود. کمترین بیشترین تعداد سنبله در بوته و عملکرد دانه به‌طور معنی‌دار در نتیجه استفاده از دیسک و گاواهن قلمی + دیسک مشاهده شد. همچنین با افزایش سطوح کاربرد بقایای گندم تعداد سنبله در بوته و عملکرد دانه گندم به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. طبق نتایج آزمایش، می‌توان در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور، کاربرد بقایای گندم همراه با خاک‌ورزی کاهش یافته توسط گاواهن قلمی را به‌عنوان رهیافت‌های اکولوژیک جهت افزایش عملکرد و تولید پایدار گندم پیشنهاد نمود.

**واژه‌های کلیدی:** شاخص سطح برگ، شخم حفاظتی، گاواهن برگردان‌دار، گاواهن قلمی.

۱- دانشجوی دکتری، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، پردیس بین‌الملل دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

۲- استاد، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشکده فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۳- استادیار، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۴- دانشیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، ایران.

(Email: [kooch@um.ac.ir](mailto:kooch@um.ac.ir))

\*- نویسنده مسئول:

## مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) یکی از محصولات استراتژیک در کشور بوده که حدود ۱۱۸۹ کیلو کالری در روز، انرژی مورد نیاز هر فرد ایرانی را تأمین می‌کند. مصرف سرانه گندم در ایران بالغ بر ۱۵۲/۳۰ کیلوگرم در سال گزارش شده است (FAO, 2011). در سال ۱۳۹۰، سطح زیر کشت گندم در کشور حدود ۶/۴ میلیون هکتار برآورد شده که ۳۹ درصد آن به‌صورت آبی می‌باشد. در این سال، میزان تولید گندم در کشور نیز ۱۲/۳ میلیون تن بوده که ۶۹ درصد آن حاصل کشت آبی است. سطح زیر کشت و تولید گندم آبی در استان خراسان رضوی نیز به‌ترتیب ۲۴۵ هزار هکتار و ۶۱۰ هزار تن برآورد شده است (Jahade Keshavarzi, 2011).

اجرای مداوم عملیات زراعی که اساس آن شخم رایج همراه با حذف بقایای گیاهی یا سوزاندن آن‌ها می‌باشد، سبب تخریب و فرسایش خاک می‌شود (Foroughifar & Poor-Kasmani, 2002; Nassiri Mahallati et al., 2008). در واکنش به افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی، فرسایش خاک و نگرانی‌های عمومی در ارتباط با افزایش بروز آلودگی‌های زیست محیطی، نیاز به به‌کارگیری فناوری‌های جدید در راستای دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار ضروری می‌باشد (Koocheki & Boroumand Rezazadeh, 2009; Limon-Ortega et al., 2008).

انتخاب روش خاک‌ورزی و نوع ادوات مورد استفاده، تأثیر فراوانی بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک دارد (Schillinger, 2005; Tripathi et al., 2007). از سوی دیگر، خاک‌ورزی بیش از حد، حذف بقایای گیاهی و به‌ویژه سوزاندن آن‌ها، ضمن تسریع فرسایش، با کاهش باروری و تخریب خاک می‌تواند عملکرد و ثبات اکوسیستم‌های زراعی را در دراز مدت تحت تأثیر قرار دهد (Srinivasan et al., 2012). بنابراین، اجرای عملیاتی مانند بازگرداندن و حفظ بقایای گیاهی (Aoyama et al., 1999; Blair et al., 2006) و به‌ویژه استفاده از شخم حفاظتی (Gale & Cambardella, 2000) می‌تواند در کاهش مشکلات ذکر شده نقش مهمی ایفا نمایند.

خاک‌ورزی حفاظتی مبتنی بر دو اصل کاهش فرسایش و حفظ بقایای گیاهان زراعی در سطح خاک می‌باشد (Nassiri Mahallati et al., 2008; Koocheki & Boroumand Rezazadeh, 2009).

که این دو اصل با پوشش سطح خاک تا حد امکان توسط بقایای گیاهی، عدم تخریب و فشردگی‌سازی خاک و همچنین ایجاد تنوع زیستی با استفاده از تناوب زراعی تحقق می‌یابد (Hobbs et al., 2008). کاهش فرسایش و رواناب سطحی، افزایش پایداری خاکدانه‌ها و کاهش تشکیل سله، نفوذپذیری و بهبود محتوی رطوبتی خاک، از جمله فواید استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی می‌باشد (Farooq et al., 2011). اریتر و همکاران (Ortiz et al., 2008) بیان نمودند که مزایای سیستم بدون شخم بیشتر تحت تأثیر نگهداری بقایا در سطح خاک می‌باشد و درصد کمی از آن وابسته به عدم خاک‌ورزی است. در راستای اجرای خاک‌ورزی حفاظتی، گاو آهن قلمی و پنجه‌غازی از جمله ادوات مهم و مؤثری بوده که علاوه بر حفظ هر چه بیشتر بقایای گیاهی و ذخیره رطوبتی در خاک، نیاز به نیروی کششی کمتری در مقایسه با ادوات شخم رایج به‌ویژه گاو آهن برگردان دارند (Azim zadeh et al., 2002; Mohammadi Et al., 2009).

در کنار اجرای خاک‌ورزی حفاظتی، حفظ و یا افزودن بقایای گیاهی به‌ویژه کاه و کلش گندم در سطح خاک نیز می‌تواند نقش مؤثری در افزایش حاصلخیزی خاک داشته باشد (Rezvani Moghaddam et al., 2013). در کنار افزایش عملکرد، تحریک فعالیت میکروبی خاک، بهبود ساختمان خاک، افزایش نفوذپذیری و کاهش فرسایش آبی (De Gryze et al., 2005; Monzon et al., 2006; Bastian et al., 2009) از جمله اثرات مفید کاربرد بقایای گندم در سطح خاک می‌باشند. در مطالعه‌ای پنج ساله به‌منظور ارزیابی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی (حداقل خاک‌ورزی با حفظ بقایای گیاهی، حداقل خاک‌ورزی بدون وجود بقایای گیاهی و خاک‌ورزی رایج) بر کیفیت و عملکرد گندم گزارش شد که کاهش خاک‌ورزی با حفظ بقایای گندم در سطح خاک، سرعت رشد، عملکرد و کیفیت محصول را بهبود می‌بخشد (Ghuman & Sur, 2001).

این آزمایش با هدف بررسی تأثیر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی و سطوح بقایای گندم بر شاخص‌های رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد گندم انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت اسپلیت بلوک (بلوک‌های خرد شده) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی

۱۳۹۳-۹۳ انجام شد. قبل از اجرای آزمایش جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه برداری از عمق ۰-۳۰ سانتی متر خاک محل اجرای آزمایش انجام گرفت (جدول ۱).

دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد (واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با طول و عرض جغرافیایی به ترتیب برابر با ۲۸°۵۹' شرقی، ۱۵°۳۶' شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) در سال زراعی

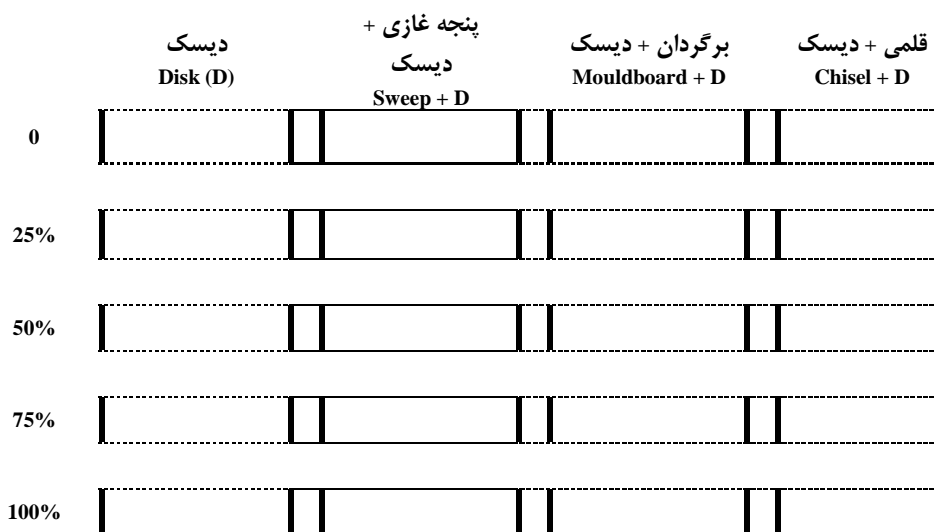
جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Some of physical and chemical properties of field soil in experiment

بافت Texture	نیتروژن قابل جذب Available N (mg.kg <sup>-1</sup> )	فسفر قابل جذب Available P (mg.kg <sup>-1</sup> )	پتاسیم قابل جذب Available K (m.kg <sup>-1</sup> )	کربن آلی OC (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m <sup>-1</sup> )
لومی-سیلتی Silty-loam	17.41	8.43	142.31	0.43	8.24	1.09

ورزی حفاظتی بر پایه دو نوبت دیسک) به عنوان فاکتور عمودی و مدیریت بقایای گندم در پنج سطح (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد عملکرد کاه گندم) به عنوان فاکتور افقی در نظر گرفته شدند (شکل ۱).

در این آزمایش نوع مدیریت خاک ورزی در چهار سطح (شامل خاک ورزی رایج بر پایه شخم با گاواهن برگردان دار + دو نوبت دیسک، دو نظام خاک ورزی متوسط بر پایه گاواهن پنجه غازی + دو نوبت دیسک و گاواهن قلمی + دو نوبت دیسک و یک نظام خاک-



شکل ۱- شمایی از نقشه تیمارهای مورد مطالعه بر حسب سطوح بقایا (صفر تا ۱۰۰ درصد) و بر اساس طرح اسپلیت بلوک در آزمایش  
Fig. 1- A sample from experimental treatments according to residue levels (0-100%) based on split block design

فرعی، یک متر فاصله بین کرت‌های اصلی و یک متر فاصله بین تکرارها به عنوان راهرو در نظر گرفته شد. عملیات کاشت گندم پاییزه (رقم گاسکوژن) در ۲۵ آبان ماه روی شش ردیف سه متری با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی متر و تراکم ثابت ۴۰۰ بوته در مترمربع انجام شد (Koocheki et al., 2014). آبیاری از زمان کاشت تا رسیدگی گیاه به روش جوی پشته انجام شد. در طی دوره رشد گیاه در زمستان، آبیاری بر اساس عرف منطقه و بر حسب نیاز (با توجه به میزان

در سال اول آزمایش، میزان بقایای گندم بر اساس تولید کاه و کلش منطقه تعیین و سپس مقادیر مورد نظر بقایای گیاهی بر اساس تیمارها در ۳۱ اردیبهشت ماه به خاک افزوده شد. بقایای گیاهی پس از اعمال خاک ورزی به خاک اضافه و سپس با لایه ۰-۳۰ سانتی-متری خاک مخلوط گردید. ابعاد هر یک از کرت‌های فرعی ۳ × ۳ متر انتخاب شد. به منظور جلوگیری از اختلاط اثر تیمارها، یک ردیف نکاشت بین کرت‌های

## نتایج و بحث

### شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول

همان‌طور که در شکل‌های ۲ و ۳ ملاحظه می‌شود، حداکثر شاخص سطح برگ و سرعت رشد گندم به ترتیب در ۱۶۷ و ۱۵۱ روز پس از کاشت اتفاق افتاد که تقریباً منطبق با شروع پر شدن دانه در گندم بود. بر اساس نتایج به‌دست آمده، تا ۱۳۶ روز پس از کاشت، تفاوتی بین سطوح بقایا و نیز روش‌های خاک‌ورزی از نظر شاخص سطح برگ در گندم مشاهده نشد. دلیل این امر می‌تواند به دلیل نیاز پایین گندم به عناصر غذایی در کنار دمای پایین محیط باشد که منجر به کاهش سرعت رشد گیاه می‌گردد. در این ارتباط، صادقی و کاظمینی (Sadeghi & Kazemeini, 2011) نیز اظهار داشتند که در مراحل ابتدایی رشد، بین تیمارهای مربوط به سطوح بقایای گندم و کود نیتروژن، تفاوت معنی‌داری از نظر شاخص سطح برگ در جو وجود نداشت. این محققین دلیل این امر را رشد کم بوته‌ها و نیاز پایین گیاه به عناصر غذایی دانستند.

در مرحله شروع پر شدن دانه، کمترین و بیشترین شاخص سطح برگ به ترتیب در نتیجه خاک‌ورزی با دیسک و گاو آهن قلمی + دیسک (به ترتیب با ۲/۱ و ۲/۹۱) مشاهده شد. همچنین در این مرحله، حداکثر سرعت رشد گندم در نتیجه اجرای شخم با گاو آهن قلمی + دیسک (۲۷/۸ گرم در مترمربع) به‌دست آمد (شکل ۲ الف). از سوی دیگر، در این مرحله، شاخص سطح برگ و سرعت رشد گندم در نتیجه اجرای شخم با گاو آهن قلمی + دیسک، به ترتیب تا ۱۴ و ۲۱ درصد بیش از برگردان + دیسک بود (شکل ۲ الف و ۳ الف).

از جمله مزایای خاک‌ورزی حفاظتی می‌توان به افزایش پایداری خاک‌دانه‌ها، افزایش نفوذپذیری، بهبود محتوی رطوبتی خاک، فراهمی مواد آلی و عناصر غذایی اشاره نمود (Hobbs et al., 2008; Thierfelder & Wall, 2010; Farooq et al., 2011). به نظر می‌رسد بر هم کنش این عوامل در نهایت، می‌تواند بهبود رشد ریشه و در نتیجه تولید هر چه بیشتر ماده خشک در گندم را فراهم نماید.

به‌طور کلی، گاوآهن قلمی، خاک را به‌طور عمیقی شکاف داده اما بر خلاف گاوآهن برگردان، خاک را زیر و رو نمی‌کند. از این رو ضمن کاهش تلفات رطوبت و عناصر غذایی، تغییرات اندکی در ساختمان خاک ایجاد می‌کند (Azim zadeh et al., 2002; Mazaheri & Majnoni Hoseini, 2007). بر این اساس، بالاتر بودن شاخص سطح برگ و سرعت رشد گندم در نتیجه استفاده از گاو آهن قلمی در مقایسه با برگردان ممکن است تحت تأثیر عوامل ذکر شده باشد.

بارندگی) انجام گرفت. در طی دوره رشد فعال نیز آبیاری تا زمان رسیدگی گیاه به‌صورت هفتگی انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز بر اساس وجین دستی این گیاهان انجام گرفت. در طول اجرای مراحل آزمایش نیز از هیچ‌گونه کود شیمیایی، علف‌کش و یا آفت‌کش شیمیایی استفاده نشد.

نیمی از ابعاد هر کرت به نمونه برداری تخریبی در طی دوره رشد (تعیین شاخص‌های رشدی) و نیمه دوم به اندازه‌گیری‌های آخر فصل (تعیین عملکرد و اجزای عملکرد) اختصاص داده شد. به‌منظور تعیین وزن خشک و سطح برگ بوته، نمونه‌برداری‌ها از شروع پنجه‌زنی (اواخر اسفند ماه) به‌صورت هر دو هفته یک بار از سطح چهار ردیف وسط هر کرت با حذف اثرات حاشیه‌ای و به‌طور تصادفی از سطح پنج بوته انجام شد. برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها به‌مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد درون آون قرار داده شدند. جهت تعیین سطح برگ نیز از دستگاه Li-Cor استفاده شد.

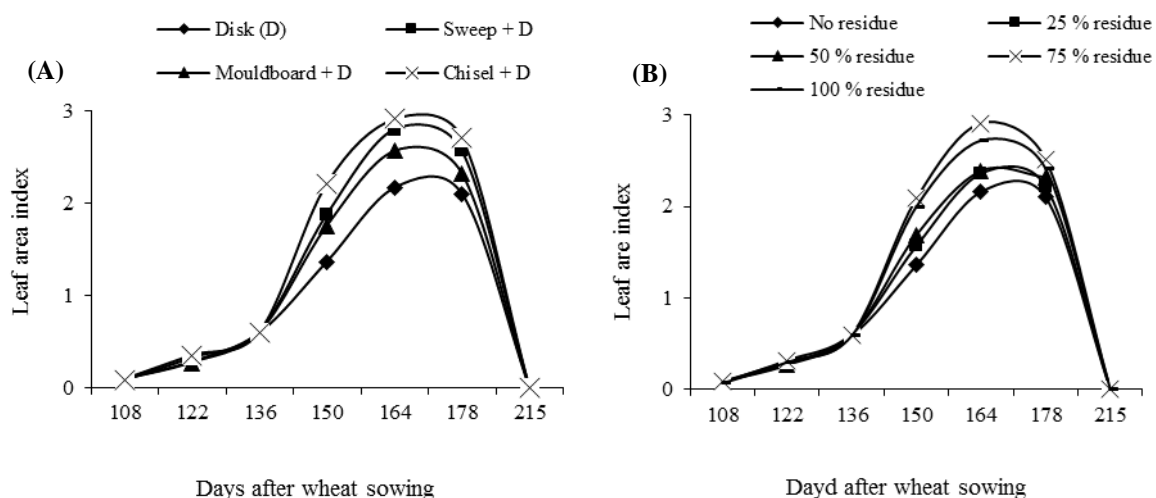
پس از تعیین سطح برگ و وزن خشک در بوته، سرعت رشد محصول بر اساس معادله ۱ محاسبه شد (Koocheki & Sarmadnia, 1999):

$$CGR = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1} \quad \text{معادله (۱)}$$

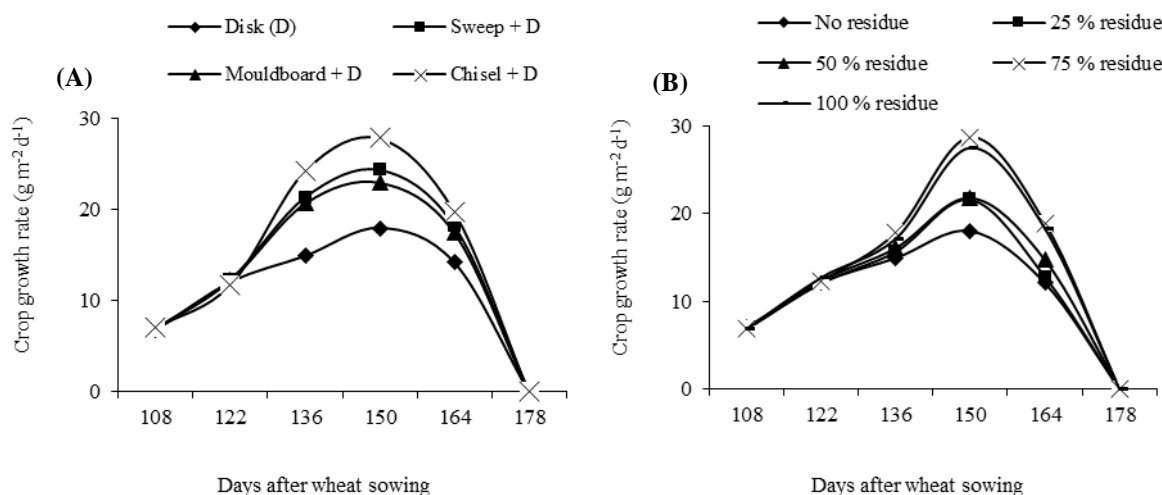
که در این معادله، CGR: سرعت رشد محصول (گرم بر مترمربع در روز)،  $T_1$ : زمان نمونه‌گیری اول،  $T_2$ : زمان نمونه‌گیری دوم،  $W_1$ : وزن خشک گیاه در نمونه‌گیری اول و  $W_2$ : وزن خشک گیاه در نمونه‌گیری دوم می‌باشد.

همزمان با زرد شدن سنبله‌ها و عملیات برداشت در ۳۰ خرداد ماه، با رعایت اثر حاشیه و بر اساس انتخاب تصادفی پنج بوته، اجزای عملکرد گندم شامل تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله و در بوته، وزن دانه در سنبله و در بوته و وزن هزار دانه تعیین شد. همچنین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت نیز در نیمه دوم هر کرت و با رعایت اثر حاشیه اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.3 و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گرفت. میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.



شکل ۲- اثرات سیستم‌های خاک ورزی (الف) و سطوح بقایای گندم (ب) بر شاخص سطح برگ گندم  
 Fig. 2- Effects of tillage management (A) and levels of wheat residue (B) on leaf area index of wheat



شکل ۳- اثرات سیستم‌های خاک ورزی (الف) و سطوح بقایای گندم (ب) بر سرعت رشد گندم  
 Fig. 3- Effects of tillage management (A) and levels of wheat residue (B) on the crop growth rate of wheat

(al., 2011) از این رو، افزایش شاخص سطح برگ و سرعت رشد گندم تحت تأثیر کاربرد بقایا می‌تواند ناشی از فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز رشد گیاه به دلیل پوسیده شدن تدریجی بقایای گیاهی در طی فصل رشد باشد. در این ارتباط صادقی و کاظمینی (Sadeghi & Kazemeini, 2011) نیز افزایش شاخص سطح برگ و تولید ماده خشک در گیاه جو (*Hordeum vulgare*) را در نتیجه کاربرد بقایای گندم مشاهده کردند.

نتایج نشان داد که با افزایش کاربرد بقایای گندم تا سطح ۷۵ درصد، حداکثر شاخص سطح برگ و سرعت رشد گندم رو به افزایش گذاشت. به‌عنوان نمونه، حداکثر شاخص سطح برگ و سرعت رشد گندم در سطح ۷۵ درصد کاربرد بقایا به‌ترتیب تا ۳۵ و ۶۰ درصد بیش از شاهد (عدم کاربرد بقایا) بود (شکل‌های ۲ ب و ۳ ب). با این وجود، با افزایش سطح کاربرد بقایا از ۷۵ به ۱۰۰ درصد، حداکثر شاخص سطح برگ و سرعت رشد گندم اندکی کاهش یافت.

فراهمی هر چه بیشتر ماده آلی و عناصر غذایی از مهم‌ترین فواید استفاده از بقایای گندم در سطح خاک می‌باشد (Azadshahraki et

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص های مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد گندم تحت تأثیر روش های خاک ورزی و سطوح بقایا  
Table 2- Variance analysis (mean of squares) of yield and yield components of wheat affected by tillage and levels of straw

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	تعداد سنبله در بوته No. of ear per plant	تعداد دانه در سنبله Seed no. per ear	تعداد دانه در بوته Seed no. per plant	وزن دانه در سنبله Seed weight per ear	وزن دانه در بوته Seed weight per plant	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	9.01 ns	327.64 ns	59247.72 *	0.23 ns	11.72 ns	11.19 ns	4902260.09 **	11014633.00 *	44.45 ns
خاک ورزی Tillage (T)	3	50.00 **	380.46 ns	820600.58 **	0.62 ns	1377.33 **	27.03 ns	7059136.77 **	9250185.49 *	108.28 *
خطای ۱ Error 1	6	1.89	683.17	32114.36	0.33	27.42	11.51	705071.86	918236.65	16.49
سطوح بقایا Levels of residue (S)	4	27.39 **	528.10 ns	340649.23 **	0.95 ns	903.84 **	56.55 **	7721684.62 **	20316187.89 **	50.85
خطای ۱ Error 1	8	2.24	630.49	27038.49	0.85	34.01	14.95	6572044.99	3194684.43	73.71
T × S	12	4.80 ns	548.39 ns	13140.15 ns	0.35 ns	43.17 *	41.94 *	1630197.87 ns	755072.45 ns	7.49
خطای ۳ Error 3	24	3.06	445.18	19300.16	0.59	16.89	11.51	240952.05	2287146.70	31.56
ضریب تغییرات CV (%)	-	13.76	16.01	8.49	17.99	7.69	11.22	14.03	9.94	14.88

\*, \*\* and ns: significant at the 0.05 and 0.01 levels of probability and no significant, respectively.  
\* , \*\* و ns: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و عدم اختلاف معنی دار.



جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات خاکورزی و سطوح کاربرد بقایای گندم بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

Table 3- Mean comparisons for Effects of tillage and levels of residue on yield and yield components of wheat

تیمارهای آزمایشی Experimental treatments	تعداد سنبله در بوته No. of ear per plant	تعداد دانه در بوته Seed no. per plant	وزن دانه در بوته Seed weight per plant (g)	شاخص برداشت Harvest index (%)
خاکورزی Tillage				
دیسک Disk (D)	10.93	1398.53	42.94	34.23
پنجه غازی + D Sweep + D	12.83	1578.20	52.19	38.98
برگردان + D Mouldboard + D	11.87	1610.27	52.47	37.42
قلمی + D Chisel + D	15.18	1958.07	66.20	40.52
LSD= 0.05	1.318	104.700	3.097	4.234
سطوح بقایا Levels of residue (%)				
0	10.29	1399.33	40.63	36.78
25	12.71	1559.92	50.68	37.41
50	13.75	1675.58	55.23	35.56
75	14.19	1852.33	64.27	41.06
100	12.58	1694.17	56.44	38.12
LSD= 0.05	1.473	117.060	3.463	4.281

گندم در نتیجه اجرای شخم با گاو آهن قلمی به طور معنی داری بیش از گاو آهن برگردان دار (تا ۲۸ درصد) بود (جدول ۳). از پینار و کی (Ozpınar & Cay, 2006) بیان نمودند که نظام خاکورزی کاهش یافته می تواند با افزایش محتوی ماده آلی و نیتروژن کل باعث بهبود خصوصیات کیفی مانند فراهمی عناصر غذایی در خاک شود.

بهبود ساختمان و ارتقاء ثبات خاکدانه ها در شرایط بهره گیری از نظام خاکورزی حفاظتی توسط فاروق و همکاران (Farooq et al., 2011) نیز گزارش شده است. از این رو می توان اظهار داشت که افزایش تولید ماده خشک و بهبود رشد زایشی گندم تحت تأثیر نظام خاکورزی کاهش یافته، ناشی از بهبود محتوی ماده آلی خاک و جذب هر چه بیشتر عناصر غذایی از خاک می باشد. در این راستا، محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2009) نیز برتری معنی دار استفاده از گاو آهن قلمی در مقایسه با برگردان را از نظر تعداد سنبله در بوته گندم مشاهده نمودند.

طبق نتایج آزمایش، با افزایش کاربرد بقایای گندم تا سطح ۷۵ درصد، تعداد سنبله در بوته گندم به طور معنی داری رو به افزایش گذاشت (جدول ۳). با این وجود در سطح کاربرد ۱۰۰ درصد بقایای گندم، این شاخص اندکی کاهش یافت (جدول ۳).

مصرف نیتروژن در خاک توسط ریزجانداران در طی تجزیه بقایای گیاهی با نسبت کربن به نیتروژن بالا از جمله عواملی است که ممکن است سبب کاهش میزان نیتروژن مورد نیاز برای گیاه شود (Foroughifar & Poor-Kasmani, 2002; Ruffo & Bollero, 2003). با این وجود، به دلیل آنکه بقایای گیاهی در تابستان و پیش از کاشت گندم اعمال شد، می توان نتیجه گیری نمود که افزایش تولید ماده خشک تحت تأثیر کاربرد بقایای گیاهی، عمدتاً به دلیل پوسیدگی کامل بقایا توسط ریزجانداران، آزاد شدن تدریجی عناصر موجود در بقایا و همچنین آزاد شدن مجدد نیتروژن از پیکره ریزجانداران می باشد.

### تعداد سنبله در بوته

طبق نتایج تجزیه واریانس، تعداد سنبله در بوته به طور معنی دار تحت تأثیر اثر خاکورزی و سطوح بقایا قرار گرفت. با این وجود اثر متقابل خاکورزی و سطوح بقایا بر شاخص ذکر شده معنی دار نبود (جدول ۲).

در بین روش های خاکورزی، کمترین و بیشترین تعداد سنبله در بوته (به ترتیب ۱۰/۹ و ۱۵/۲ سنبله) به طور معنی دار در نتیجه استفاده از دیسک (۱۰/۹) سنبله در بوته و گاو آهن قلمی + دیسک (۱۵/۲) سنبله در بوته مشاهده شد (جدول ۳). همچنین تعداد سنبله در بوته

## تعداد دانه در سنبله و در بوته

طبق نتایج آزمایش، تعداد دانه در سنبله گندم تحت تأثیر اثرات ساده یا متقابل خاک‌ورزی و سطوح بقایا قرار نگرفت (جدول ۲). به نظر می‌رسد تعداد دانه در سنبله گندم از جمله شاخص‌هایی است که در ارتباط با شرایط محیطی نبوده و بیشتر وابسته به خصوصیات ژنوتیپی در این رقم می‌باشد.

با وجود عدم تأثیر تیمارهای خاک‌ورزی و بقایا بر تعداد دانه در سنبله، اثر خاک‌ورزی و بقایا بر تعداد دانه در بوته گندم معنی‌دار بود (جدول ۳). مشابه شاخص تعداد سنبله در بوته، بیشترین تأثیر در افزایش معنی‌دار تعداد دانه در بوته گندم در نتیجه اجرای گاوآهن قلمی + دیسک مشاهده شد؛ به طوری که اجرای شخم توسط گاوآهن قلمی + دیسک در مقایسه با گاوآهن برگردان + دیسک و نیز دیسک به تنهایی، تعداد دانه در بوته گندم را به ترتیب ۲۲ و ۴۰ افزایش داد (جدول ۴). به دلیل همبستگی مثبت بین تعداد سنبله در بوته و تعداد دانه در بوته، مجموعه عوامل به زراعی که بتواند منجر به افزایش تعداد سنبله در بوته شود، می‌تواند در نهایت، افزایش هر چه بیشتر تعداد دانه در بوته گندم را امکان‌پذیر کند.

اثر ساده یا متقابل خاک‌ورزی و سطوح بقایا قرار نگرفت (جدول ۲). همان‌طور که پیشتر ذکر گردید، تعداد یا وزن دانه در سنبله ممکن است بیشتر وابسته به خصوصیات ژنتیکی در گندم باشد.

طبق نتایج جدول ۲، اثر متقابل خاک‌ورزی و سطوح بقایا، تأثیر معنی‌داری بر وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه گندم داشت. در هر یک از سطوح خاک‌ورزی، بیشترین وزن دانه در بوته در سطح ۷۵ درصد کاربرد بقایا مشاهده گردید. همچنین در بین تیمارهای آزمایش، بیشترین وزن دانه در بوته (۷۹/۹۸ گرم) در سطح ۷۵ درصد کاربرد بقایا همراه با شخم قلمی + دیسک به دست آمد (جدول ۴). از سوی دیگر، در شرایط عدم کاربرد بقایا نیز استفاده از گاوآهن قلمی + دیسک در مقایسه با برگردان + دیسک منجر به افزایش وزن دانه در بوته گندم تا ۳۱ درصد شد (جدول ۴). علاوه بر این، بیشترین وزن هزار دانه گندم نیز در سطح ۷۵ درصد کاربرد بقایا همراه با شخم قلمی + دیسک (۳۶/۰۴ گرم) به دست آمد (جدول ۴). در این ارتباط محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2009) نیز افزایش وزن هزار دانه گندم را در نتیجه استفاده از گاوآهن قلمی در مقایسه با برگردان گزارش نمودند.

## وزن دانه در سنبله، وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه

مشابه تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله گندم نیز تحت تأثیر

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل خاک‌ورزی و سطوح بقایا بر وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه گندم

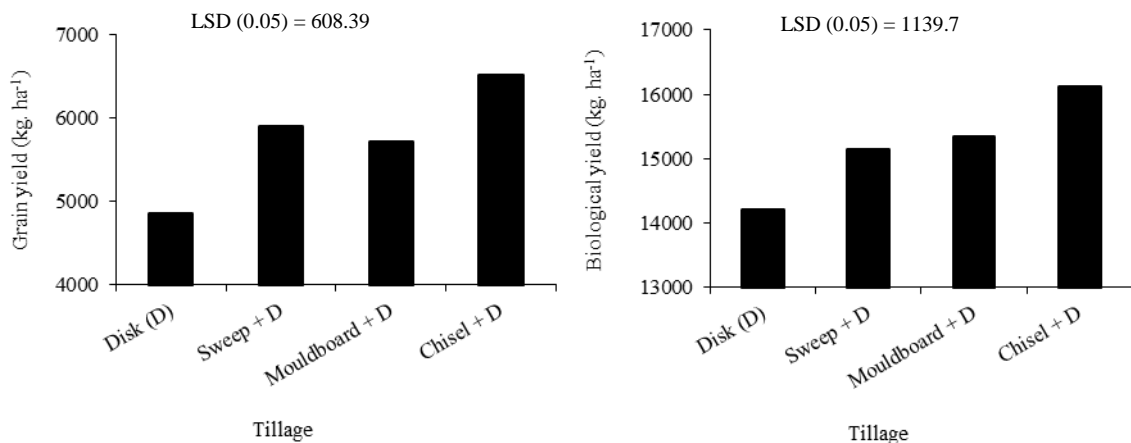
Table 4- Interaction effect of tillage and levels of residue on seed weight per plant and 1000-seed weight of wheat

روش خاک‌ورزی	سطوح بقایا	وزن دانه در بوته	وزن هزار دانه
Tillage method	Levels of residue (%)	Seed weight per plant (g)	1000-seed weight (g)
دیسک Disk (D)	0	35.58	29.71
	25	36.20	28.22
	50	43.29	29.96
	75	54.08	33.16
	100	45.56	31.77
پنجه غازی + Sweep + D	0	35.08	26.29
	25	54.43	34.43
	50	55.43	34.96
	75	61.99	34.19
	100	55.00	34.45
برگردان + Mouldboard + D	0	39.80	28.71
	25	51.24	34.96
	50	58.33	34.98
	75	61.03	35.01
	100	51.94	31.09
دیسک + Chisel + D	0	52.05	30.85
	25	60.82	31.95
	50	64.87	33.86
	75	79.98	36.04
	100	73.26	35.56
LSD ( 0.05)		3.212	2.658

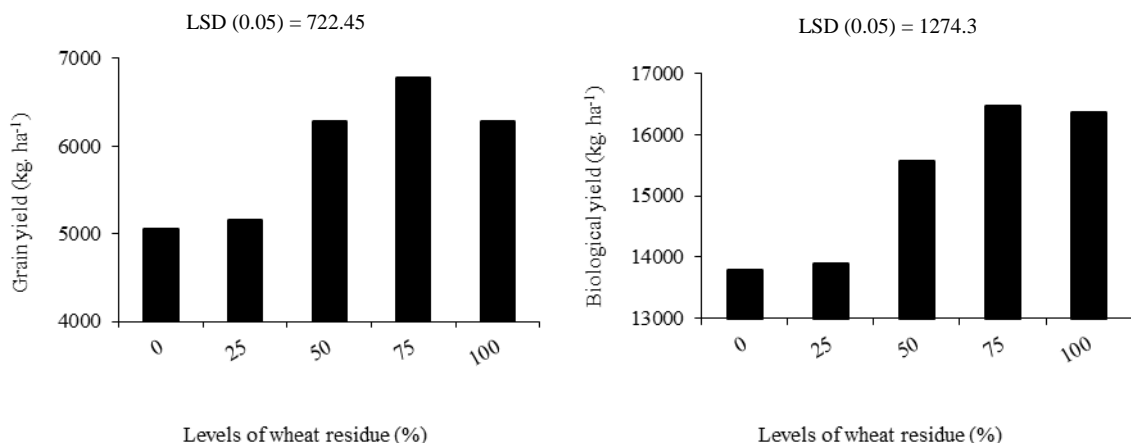
**عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت**

طبق نتایج ارائه شده در جدول ۲، عملکرد دانه و بیولوژیک گندم به طور معنی دار تحت تأثیر اثر خاک‌ورزی و سطوح بقایا قرار گرفت. در بین روش‌های خاک‌ورزی، بیشترین و کمترین افزایش در عملکرد دانه گندم به ترتیب در نتیجه استفاده از گاو آهن قلمی + دیسک و نیز دیسک به تنهایی به دست آمد (شکل ۴). همچنین با وجود عدم تفاوت معنی دار بین استفاده از گاو آهن برگردان و پنجه غازی، کاربرد گاو آهن قلمی در مقایسه با برگردان منجر به افزایش معنی دار عملکرد دانه گندم تا ۱۵ درصد شد (شکل ۴).

در طی دوره رشد زایشی گندم، بذرها به عنوان مخزن گیاه شناخته می‌شوند (Kafi et al., 2001). از سوی دیگر، همان‌طور که ذکر گردید حفظ و یا کاربرد بقایای گیاهی گندم می‌تواند ضمن بهبود ساختمان خاک، در نهایت با تحریک جامعه ریزجانداران عناصر غذایی بیشتری را در طی فصل رشد در اختیار گیاه قرار دهد (Salehi et al., 2011). فراهمی عناصر غذایی نیز می‌تواند با تحریک رشد ریشه و سایر اندام‌های گیاه، در نهایت در یک دوره زمانی مشخص، تخصیص هر چه بیشتر عناصر به اندام‌های زایشی را امکان پذیر کند.



شکل ۴- اثر تیمارهای خاک‌ورزی بر عملکرد دانه و بیولوژیک گندم  
 Fig. 4- Effect of tillage treatments on grain and biological yields of wheat



شکل ۵- اثر سطوح بقایای گندم بر عملکرد دانه و بیولوژیک گندم  
 Fig. 5- Effect of levels of wheat residue on grain and biological yields of wheat

آمد (شکل ۴ و جدول ۳). در این ارتباط، محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2009) نیز با مشاهده عملکرد دانه بالاتر

مشابه عملکرد دانه، بیشترین عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت گندم در نتیجه استفاده از گاو آهن قلمی + دیسک به دست

داری از نظر شاخص‌های ذکر شده مشاهده نشد (شکل ۵). همان‌طور که پیشتر به آن اشاره شد، کاربرد بقایای گیاهی می‌تواند با آزاد سازی تدریجی عناصر غذایی، بهبود رشد و عملکرد گندم را امکان پذیر کند.

### نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، می‌توان اظهار داشت اجرای خاک‌ورزی کاهش یافته با گاوآهن قلمی می‌تواند نقش مؤثری در بهبود شاخص‌های رشدی و عملکرد گندم داشته باشد. از سوی دیگر، نتایج نشان داد که مدیریت صحیح بقایای گندم، نقش مؤثری در افزایش عملکرد گندم ایفا می‌کند. از این رو می‌توان در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور، کاربرد بقایای گندم همراه با خاک‌ورزی کاهش یافته را به‌عنوان رهیافت-های اکولوژیک جهت افزایش هر چه بیشتر عملکرد و تولید پایدار گندم پیشنهاد نمود.

گندم در شرایط استفاده از گاوآهن قلمی نسبت به گاوآهن برگردان و نظام بدون خاک‌ورزی، فشردگی خاک و فراهم نبودن شرایط مناسب برای رشد ریشه را عامل اصلی پایین بودن عملکرد دانه گندم در نظام بدون خاک‌ورزی دانستند. این محققین همچنین برتری گاوآهن قلمی نسبت به گاوآهن برگردان را ناشی از کاهش فرسایش، بهبود خصوصیات فیزیکی خاک مانند فشردگی و وزن مخصوص ظاهری و همچنین نیاز به نیروی کشش کمتر دانستند. در این راستا، شمس‌آبادی و رافعی (Shams Abadi & Rafiee, 2007) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند.

مشابه وزن دانه در بوته، با افزایش سطوح کاربرد بقایای گندم، عملکرد دانه و بیولوژیک گندم به‌طوری معنی‌داری رو به افزایش گذاشت؛ به‌طوری‌که بیشترین افزایش در شاخص‌های ذکر شده در سطح ۷۵ درصد کاربرد بقایای گندم به‌دست آمد (شکل ۵). با این وجود، بین سطوح ۷۵ و ۱۰۰ درصد کاربرد بقایای گندم تفاوت معنی-

### References

- Aoyama, M., Angers, D.A., and N'Dayegamiye, A., 1999. Particulate and mineral-associated organic matter in water-stable aggregates as affected by mineral fertilizer and manure application. *Canadian Journal of Soil Sciences* 79: 295–302. <https://doi.org/10.4141/S98-049>
- Azadshahraki, F., Naghavi, H., and Najafinejad, H., 2011. Effect of tillage method and wheat residual management on some soil properties and grain corn yield in Kerman, Iran. *Journal of New Agricultural Sciences* 6: 1-9. (In Persian with English Summary)
- Azim zadeh, S.M., Koocheki, A., and Bala, M., 2002. Effect of different tillage methods on bulk density, porosity, soil moisture content and yield of wheat under dryland conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences* 3: 209-224. (In Persian with English Summary)
- Bastian, F., Bouziri, L., Nicolardot, B., and Ranjard, L., 2009. Impact of wheat straw decomposition on successional patterns of soil microbial community structure. *Soil Biology and Biochemistry* 41: 262–275. doi: 10.1016/j.soilbio.2008.10.024
- Blair, N., Faulkner, R.D., Till, A.R., and Poulton, P.R., 2006. Long-term management impacts on soil C, N and physical fertility. Part I: broadbalk experiment. *Soil and Tillage Research* 91: 30–38. <https://doi.org/10.1016/j.still.2005.11.002>
- Gryze, S., Six, J., Brits, C., and Merckx, R., 2005. A quantification of short-term macro aggregate dynamics: Influences of wheat residue input and texture. *Soil Biology and Biochemistry* 37: 55-66. doi: 10.1016/j.soilbio.2004.07.024
- Farooq, M., Flower, K.C., Jabran, K., Wahid, A., and Siddique, K.H.M., 2011. Crop yield and weed management in rainfed conservation agriculture. *Soil and Tillage Research* 117: 172-183. doi: 10.1016/j.still.2011.10.001
- Foroughifar, H., and Poor-Kasmani, M.E., 2002. *Soil Science and Management*. Ferdowsi University of Mashhad Press, Iran. (In Persian)
- Gale, W.J., and Cambardella, C.A., 2000. Carbon dynamics of surface residue- and root-derived organic matter under simulated no-till. *Soil Science Society of American Journal* 64: 190–195. doi: 10.2136/sssaj2000.641190x
- Ghuman, B.S., and Sur, H.S. 2001. Tillage and residue management effects on soil properties in a direct drill tillage system. *Soil and Tillage Research* 42: 209-219. doi: 10.1016/S0167-1987(00)00147-1
- Hobbs, P.R., Sayre, K., and Gupta, R., 2008. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 363: 543-555. doi: 10.1098/rstb.2007.2169
- Kafi, M., Kamkar, B., and Mahdavi Damghani, A., 2001. Seed Biology and the yield of grain crops. Ferdowsi

- University of Mashhad Press, Iran. (In Persian)
- Koocheki, A., and Boroumand Rezazadeh, Z., 2009. Soil Tillage in Agroecosystems. Ferdowsi University of Mashhad Press, Iran. pp. 438 (In Persian)
- Koocheki, A., and Sarmadnia, G., 1999. Physiology of Crop Plant. Jahade Daneshgahi of Mashhad Press, Iran. pp. 400 (In Persian)
- Koocheki, A., Fallahpour, F., Khorramdel, S., and Jafari, L., 2014. Intercropping wheat (*Triticum aestivum* L.) with canola (*Brassica napus* L.) and their effects on yield, yield components, weed density and diversity. Journal of Agroecology 6: 11-20. (In Persian with English Summary)
- Limon-Ortega, A., Govaerts, B., and Sayre, K.D., 2008. Straw management, crop rotation, and nitrogen source effect on wheat grain yield and nitrogen use efficiency. European Journal of Agronomy 29: 21–28. doi: [10.1016/j.eja.2008.01.008](https://doi.org/10.1016/j.eja.2008.01.008)
- Mazaheri, D., and Majnon Hoseini, N., 2007. Fundamental of Agronomy. Tehran University Press, Tehran, Iran. pp. 412 (In Persian)
- Mohammadi, K., Nabi Allahi, K., Agha Alikhani, M., and Khormali, 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: 77-91. (In Persian with English Summary)
- Monzon, J.P., Sadras, V.O., and Andrade, F.H., 2006. Fallow soil evaporation and water storage as affected by stubble in sub-humid (Argentina) and semi-arid (Australia) environments. Field Crops Research 98: 83–90. doi: [10.1016/j.fcr.2005.12.010](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.12.010)
- Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Beheshti, A., 2008. Agroecology Ferdowsi University of Mashhad Press, Iran. pp. 470 (In Persian)
- Ortiz, R., Sayre, K.D., Govaerts, B., Gupta, R., Subbarao, G.V., Ban, T., Hodson, D., Dixon, J.M., Ortiz-Monasterio, J.I., and Reynolds, M., 2008. Climate change: Can we beat the heat? Agriculture, Ecosystems and Environment 126: 46-58. doi: [10.1016/j.agee.2008.01.019](https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.01.019)
- Ozpinar, S., and Cay, A., 2006. Effect of different tillage systems on the quality and crop productivity of a clay-loam soil in semi-arid North-Western Turkey. Soil and Tillage Research 88: 95–106. doi: [10.1016/j.still.2005.04.009](https://doi.org/10.1016/j.still.2005.04.009)
- Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A., Molafilabi, A., and Seyyedi, S.M., 2013. The effects of different levels of applied wheat straw in different dates on saffron (*Crocus sativus* L.) daughter corms and flower initiation criteria in the second year. Saffron Agronomy and Technology 1: 55-70. (In Persian with English Summary)
- Ruffo, M.L., and Bollero, G.A., 2003. Residue decomposition and prediction of carbon and nitrogen release rates based on biochemical fraction using principle – component regression. Agronomy Journal 95: 1034-1040. doi: [10.2134/agronj2003.1034](https://doi.org/10.2134/agronj2003.1034)
- Sadeghi, H., and Kazemeini, S.A., 2011. An investigation on physiological characteristics of two barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars and soil moisture content as affected by straw management and nitrogen rates under dryland conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 9: 544-556. (In Persian with English Summary)
- Salehi, F., Bahrani, M.J., Kazemini, S.A., Pakniyat, H., and Karimian, N.A., 2011. Effects of wheat residue and nitrogen fertilizer rate on some soil properties in common Bean cultivation. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 25: 209-218. (In Persian with English Summary)
- Schillinger, W.F., 2005. Tillage method and sowing rate relations for dryland spring wheat, barley, and oat. Crop Science 45: 2636-2643. doi: [10.2135/cropsci2005.04-0016](https://doi.org/10.2135/cropsci2005.04-0016)
- Shams Abadi, H.A., and Rafiee, S., 2007. Study on the effect of tillage practices and different seed densities on yield of rainfed wheat. Journal Agricultural Science and Natural Resource 13: 95-102. (In Persian with English Summary)
- Srinivasan, V., Maheswarappa, H.P., and Lal, R., 2012. Long-term effects of topsoil depth and amendments on particulate and non-particulate carbon fractions in a Miamian soil of Central Ohio. Soil and Tillage Research 121: 10–17. doi: [10.1016/j.still.2012.01.014](https://doi.org/10.1016/j.still.2012.01.014)
- Thierfelder, C., and Wall, P.C., 2010. Rotation in conservation agriculture systems of Zambia: Effects on soil quality and water relations. Experimental Agriculture 46: 309-325. doi: [10.1017/S001447971000030X](https://doi.org/10.1017/S001447971000030X)
- Tripathi, R.P., Sharma, P., and Singh, S., 2007. Influence of tillage and crop residue on soil physical properties and yields of rice and wheat under shallow water table conditions. Soil and Tillage Research 92: 221-227. doi: [10.1016/j.still.2006.03.008](https://doi.org/10.1016/j.still.2006.03.008)