**تأثیر سیستم­های مختلف خاکورزی و کاربرد بقایا بر صفات مورفولوژی**

**نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.)**

منوچهر گرشاسبی طهنه\*1، شیوا خالص­رو2،  غلامرضا حیدری3، عبدالوهاب عبداللهی4

1- دانش­آموخته کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

2- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

3- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

4- استادیار و معاون مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم- سرارود، کرمانشاه، ایران

چکیده

به­منظور بررسی اثر سیستم­های مختلف خاکورزی و حفظ بقایا بر صفات مورفولوژی نخود زراعی، آزمایشی در بخش هلشی شهرستان کرمانشاه به‌صورت کرت­های نواری خرد شده با دو فاکتور بقایای گیاهی و سیستم­های مختلف خاک­ورزی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل کاربرد بقایا (صفر، 1 و 2 تن در هکتار) و سیستم­های مختلف خاکورزی (بدون خاک­ورزی، خاک­ورزی کاهشی و خاک­ورزی مرسوم) بودند. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، ارتفاع اولین غلاف، تعداد شاخه­های جانبی و طول ریشه بود. بر اساس نتایج، اثر بقایا و سیستم­های خاک­ورزی و نیز اثرات متقابل آن­ها بر صفات ارتفاع بوته و طول ریشه اثر معنی­دری داشت. اما ارتفاع اولین غلاف و تعداد شاخه­های جانبی تحت تأثیر تیمارهای مورد مطالعه قرار نگرفتند. با این حال کاهش عملیات خاک­ورزی موجب افزایش مقادیر این صفات گردید. بیشترین ارتفاع بوته (33/61 سانتی­متر) در شرایط بدون خاک­ورزی و یک تن بقایا در هکتار و کمترین میزان آن (47 سانتی­متر) در شرایط خاک­ورزی مرسوم و بدون بقایا به­دست آمد. همچنین، بیشترین طول ریشه در تیمارهای خاک­ورزی مرسوم با یک تن و دو تن بقایا در هکتار (60/18 و 37/18 سانتی­متر) مشاهده شد. بیشترین تعداد شاخه­های فرعی نیز از تیمار بدون بقایا و بی­خاک‌ورزی به­دست آمد. درنهایت می­توان عنوان نمود که در تیمار توأم عدم خاک­ورزی و کاربرد یک تن بقایا نسبت به سایر تیمارها اثرات مثبت بیشتری مشاهده شد.

*واژه­های کلیدی:* بقایای گیاهی، خاک­ورزی حفاظتی، کشاورزی پایدار، نخود

مقدمه

رشد روزافزون جمعیت و به دنبال آن نیاز به تولید مواد غذایی بیشتر و نیز محدودیت منابع آب و خاک، مدیریت بهینه­ی منابع پایه­ی کشاورزی را امری اجتناب ناپذیر کرده است. رسالت مهم بخش کشاورزی علاوه بر تأمین نیازها و ارتقای امنیت غذایی، حفاظت پایدار منابع پایه به‌منظور دستیابی به کشاورزی نیز می­باشد (Tabaraee & Hassannejad, 2009). کشاورزی مدرن دستاوردهای بزرگی در زمینه­ی افزایش مواد غذایی، افزایش بهره­وری منابع تولید و بهبود سطح زندگی داشته است. نقش کشاورزی مدرن در تأمین رفاه و امنیت غذایی جوامع قابل انکار نیست اما، به دلیل اتکای بی­رویه به نهاده­های خارجی به­ویژه کودها و سموم شیمیایی، ماشین آلات کشاورزی و بهره­برداری بی­رویه، اثرات مخربی به محیط زیست وارد ساخته است (سواری و همکاران، 1394). به‌طور کلی این باور وجود دارد که کشاورزی متعارف یک ساختار خاک مناسب برای آماده­سازی زمین جهت کشت و نمو گیاه، کنترل تکثیر علف­های هرز و افزایش مواد معدنی از ماده­ی ارگانیک خاک فراهم می‌کند. اما، ناگزیر فشردگی و تراکم خاک، شوری خاک، کاهش ذخیره­ی رطوبت خاک، تسریع فرآیند فرسایش آبی و بادی خاک، کاهش ماده­ی آلی و نیز مواد مغذی خاک را به دنبال خواهد داشت. کشاورزی حفاظتی به مجموعه­ای از تکنیک­ها شامل نگهداری بقایای گیاهی در سطح خاک، تناوب زراعی، کاربرد کود سبز، کنترل عبور و مرور وسایل و ماشین آلات کشاورزی و استفاده از بسترها یا پشته­های عریض گفته می‌شود (Alvarez & Steinbach, 2009). انتظار می­رود که این سیستم خاکورزی به افزایش مواد آلی خاک، کاهش فرسایش در اراضی دیم، نگهداری بیشتر رطوبت خاک، کاهش علف­های هرز، کاهش تردد ماشین­آلات، کاهش مصرف سوخت، احیا اراضی کم­بازده و تعدیل دمای خاک در مزرعه گردد (Chassot et al., 2011).

حبوبات یکی از منابع مهم غذایی سرشار از پروتئین بوده که برای تغذیه­ی انسان و دام مصرف می­شوند. دانه­ی حبوبات با دارا بودن 32-18 درصد پروتئین، در رژیم غذایی مردم جهان اهمیت بسیاری دارد. حبوبات ویژگی دیگری نیز دارند و در اکوسیستم­های کشاورزی جهان و در تناوب با سایر گیاهان زراعی با تثبیت نیتروژن جوی از طریق همزیستی با باکتری­های ریزوبیوم، بخش عمده­ای از نیتروژن مورد نیاز گیاهان زراعی را فراهم می­سازند و با غنی­سازی خاک به­ویژه در مناطق کم­بازده موجب افزایش تولیدات کشاورزی می­گردند. حبوبات با داشتن ریشه­ی عمیق خود به شخم بیولوژیکی خاک کمک کرده و از رطوبت خاک با کارایی بیشتری نسبت به سایر گیاهان زراعی استفاده می­نمایند (Guler et al., 2001).

Arnon (2012) در تحقیقی که در مرکز بین­المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک انجام داد به این نتیجه رسید که تأثیر سیستم خاک­ورزی بر عملکرد گندم معنی­دار بوده و سیستم خاک­ورزی کاهشی بیشترین تأثیر را بر افزایش عملکرد گندم گذاشته است. Tullberg (2010) در مطالعه­ای بیان کرد که خاک­ورزی حفاظتی علاوه بر صرفه­جویی در انرژی، به زمان کمتری برای انجام عملیات نیاز دارد و معمولاً در این سیستم، عملکرد محصول نیز کاهش معنی­داری پیدا نمی­کند.

نخود به­عنوان یکی از مهم­ترین حبوبات در ایران با سطح زیر کشت 5000 هزار هکتار و تولید سالیانه 177 تا 497 هزار تن با عملکرد متوسطی معادل 409 کیلوگرم در هکتار می­باشد که حدود 64 درصد از سطح زیر کشت حبوبات را به خود اختصاص داده است و در بین گیاهان زراعی در کشور از نظر سطح زیر کشت رتبه­ی سوم را دارا می­باشد (FAO, 2017). با توجه به اهمیت حفظ منابع تولید به­ویژه خاک در طول مراحل تولید محصول و جلوگیری از فرسایش بی­رویه­ی آن، و با نظر به اهمیت موفقیت­آمیز بودن به­کارگیری سامانه­­های خاکورزی حفاظتی در زراعت دیم در جهان و دیگر نقاط ایران، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر روش­های مختلف خاکورزی و میزان بقایای گندم بر صفات مورفولوژی نخود زراعی انجام شد.

**مواد و روش**

مطالعه­ی حاضر در سال زراعی 97-1396 به­صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در بخش هلشی شهرستان کرمانشاه به­طول 682152 شمالی، عرض 378021 شرقی انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل کاربرد بقایای گیاهی در سه سطح (صفر، 1 و 2 تن در هکتار) و سیستم­های خاکورزی در سه­سطح (بدون خاکورزی، خاکورزی کاهشی و خاکورزی مرسوم) بود. آزمایش در زمینی که سال قبل زیر کشت گندم بوده انجام گرفت. به­منظور تعیین میزان عناصر خاک محل اجرای آزمایش، شش نمونه خاک از عمق 30-0 سانتی­متری با روش استاندارد تهیه و پس از مخلوط کردن آن­ها، نمونه­ی مرکب به آزمایشگاه ارسال شد که نتایج آن در جدول 2 ارائه شده است. در این تحقیق از نخود رقم آزاد استفاده شد که به­صورت دیم کشت گردید. این رقم مناسب برای کشت پاییزه، متحمل به برق زدگی، پرمحصول، تیپ بوته ایستاده و مناسب برداشت مکانیزه است. بذر مذکور از مرکز تحقیقات کشاورزی استان کرمانشاه تهیه گردید. هرکرت آزمایشی (5×9)، شامل 9 ردیف کاشت با فاصله­ی 5/52 سانتی­متر در نظر گرفته شد. کرت­های بی­خاکورزی که بدون هر گونه عملیات خاکورزی انجام شده و کشت نخود با دستگاه کشت مستقیم انجام گرفت. کرت­های خاکورزی کاهشی شامل یک مرحله شخم حفاظتی توسط گاوآهن مرکب بود و بذرو با خطی­کار عمیق­کار کشت­گستر کشت شدند. کرت­های خاکورزی متداول شامل یک مرحله شخم با گاوآهن برگردان­دار و یک مرحله دیسک که در صورت لزوم تا دو مرحله تکرار شده و پس از آن با دستگاه عمیق­کار گشت­گستر عملیات کاشت صورت پذیرفت. در این تحقیق از هیچ نوع کودی استفاده نشد. وجین علف‌های هرز به­صورت دستی انجام گرفت. فشردگی خاک با دستگاه فروسنج مخروطی در مرحله­ی گلدهی در چهار عمق (10-0، 20-11، 30-21، 40-31 سانتی‌متری) خاک اندازه­گیری شد. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، ارتفاع اولین غلاف، تعداد شاخه­های جانبی و طول ریشه بود. برای محاسبه­ی ارتفاع گیاه، در مرحله­ی برداشت از هر کرت 10 بوته به­طور تصادفی انتخاب و سپس ارتفاع آن­ها اندازه‌گیری گردید. سپس میانگین ارتفاع آن­ها به­عنوان ارتفاع بوته در هر کرت ثبت شد. همچنین، در مرحله­ی رسیدگی محصول از هر کرت به­صورت تصادفی 10 بوته انتخاب شد و ارتفاع اولین غلاف و نیز تعداد شاخه­های فرعی اندازه­گیری شد. برای اندازه‌گیری طول ریشه، ریشه­های گیاه با دقت و بدون حذف گره­ها از خاک بیرون آورده شده و طول آن­ها اندازه‌گیری شد. بعد از جمع­آوری داده­های خام، آزمون نرمال بودن داده­ها بر اساس روش کولموگروف‌اسمیرنوف انجام گرفت و سپس تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم­افزار MSTAT-C انجام گرفت. مقایسه میانگین داده‌های مربوط به هر صفت با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. اطلاعات هواشناسی و خصوصیات خاک محل اجرای طرح به‌ترتیب در جداول 1 و 2 ارائه شده است.

جدول 1- اطلاعات هواشناسی محل اجرای طرح در سال زراعی 1397-1396

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| پارامتر | مهر | آبان | آذر | دی | بهمن | اسفند | فروردین | اردیبهشت | خرداد |
| بارندگی (میلی­متر)  حداکثر دما (درجه­ی سلسیوس)  متوسط دما (درجه­­ی سلسیوس) | 6/8  6/34  1/20 | 8/203  5/27  11 | 1/48  3/17  7/4 | 6/25  6/17  7/4 | 4/54  1/18  2/4 | 2/96  21  8/9 | 3/161  3/21  2/10 | 6/54  7/31  5/16 | 3/0  8/35  9/21 |
| حداقل دما (درجه­­ی سلسیوس) | 3/5 | 4/0- | 2/8- | 5/6- | 6/8- | 3/2- | 7/1- | 7/1 | 1/6 |
| رطوبت (درصد) | 27 | 66 | 65 | 59 | 58 | 54 | 59 | 57 | 31 |

جدول 2- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| اسیدیته  (pH) | نیتروژن  (%) | فسفر  (ppm) | پتاسیم  (ppm) | شن  (%) | سیلت  (%) | رس  (%) | بافت خاک |
| 9/7 | 04/0 | 3/4 | 190 | 9 | 45 | 45 | Clay |

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس حاکی از معنی­دار بودن اثر میزان بقایا و سیستم خاک‌ورزی بر صفت ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد بود. همچنین، اثر متقابل بقایا و سیستم خاک‌ورزی در سطح احتمال 5 درصد بر صفت مذکور معنی­دار بود. همچنین، نتایج نشان داد که اثر بقایا و سیستم خاکورزی و نیز اثر متقابل آن­ها بر ارتفاع اولین غلاف اثر معنی­داری نداشت (جدول 3).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، تعداد شاخه­های فرعی تحت تأثیر میزان بقایا و سیستم خاک‌ورزی و همچنین، اثر متقابل آن­ها قرار نگرفت. معنی­دار بودن اثرات میزان بقایا و عملیات خاکورزی و اثر متقابل این دو بر صفت طول ریشه­ی بوته از دیگر نتایج به­دست آمده در این مطالعه بود (جدول 3).

جدول 3- مقایسه میانگین اثرات میزان بقایا و عملیات خاک­ورزی بر ویژگی­های مورفولوژی نخود

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | |
| ارتفاع بوته | ارتفاع اولین غلاف | تعداد شاخه­های فرعی | طول ریشه |
| تکرار  بقایا  خطای اول  خاک­ورزی  خطای دوم  بقایا×خاک­ورزی  خطای سوم  ضریب تغییرات% | 2  2  4  2  4  4  8 | ns 2086/0  \*\*54/54  112/0  \*\*376/241  984/1  \*358/7  12/1  04/2 | ns 543/0  ns 190/0  078/1  ns 090/0  21/2  ns 107/0  498/0  59/2 | ns 64/1  ns 218/1  532/1  ns 64/1  785/0  ns 536/0  564/1  63/11 | ns 0159/0  \*\*363/33  008/0  \*\* 623/21  127/0  \*\* 119/4  14/0  47/2 |

\*\* و \* به­ترتیب معنی­دار در سطح احتمال 1 و 5 درصد و ns غیر معنی­دار

جدول 4- مقایسه میانگین اثرات میزان بقایا و عملیات خاک­ورزی بر ویژگی­های مورفولوژی نخود

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| میزان بقایا | سیستم خاک­­ورزی | ارتفاع بوته | ارتفاع اولین غلاف | تعداد شاخه­های فرعی | طول ریشه |
|  | NT | b 67/55 | a 07/27 | a 67/12 | d 70/12 |
| R0 | RT | de 33/48 | a 23/27 | a 67/10 | d 93/12 |
|  | CT | e 47 | a 17/27 | a 67/11 | d 10/13 |
|  | NT | a 33/61 | a 40/27 | a 33/11 | c 14 |
| R1 | RT | c 33/53 | a 13/27 | a 33/12 | b 16/27 |
|  | CT | d 50 | a 03/27 | a 12 | a 60/18 |
|  | NT | b 56 | a 30/27 | a 11 | c 07/14 |
| R2 | RT | de 67/48 | a 70/27 | a 33/11 | b 17/16 |
|  | CT | e 33/47 | a 27/27 | a 12 | a 37/18 |

در هر ستون میانگین­های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی­دار می­باشند.

R0: بدون بقایا، R1: یک تن بقایا در هکتار، R2: دو تن بقایا در هکتار، NT: بدون خاک­ورزی، RT: خاک­ورزی کاهشی، CT: خاک‌ورزی مرسوم

صفات مورفولوژی

ارتفاع بوته

مقایسه میانگین اثرات میزان بقایا و سیستم­های خاک‌ورزی نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (33/61 سانتی­متر) در شرایط بدون خاک­ورزی و یک تن بقایا در هکتار و کمترین میزان آن (47 سانتی­متر) در شرایط خاک­ورزی مرسوم و بدون بقایا به­دست آمد (جدول 4). در شرایط یکسان وجود بقایا، ارتفاع بوته در سطح مزرعه با افزایش شدت خاک‌ورزی کاهش پیدا کرده است و اثر نوع خاک­ورزی بر ارتفاع بوته در دو حالت بدون بقایا و دو تن بقایا در هکتار کاملاً یکسان بود.

با افزایش شدت خاک­ورزی، حجم زیادی از خاک به هم خورده و در معرض هوا قرار می­گیرد که باعث می­شود میزان تبخیر آب موجود در خاک افزایش پیدا کند و آب قابل دسترس برای محصول کاهش پیدا کند. این موضوع رشد محصول را تحت تأثیر قرار داده و سبب کاهش رشد محصول می‌گردد. از طرفی در مزرعه­ی بدون بقایا چون خورشید به­طور مستقیم به خاک می­تاید، لذا گرمای بیشتری را به خاک داده و باعث افزایش تبخیر آب موجود در خاک در مقایسه با حالتی که سطح خاک پوشیده است، می­گردد. اما وقتی پوشش بقایا در خاک بیشتر از حالت مشخصی باشد، حجم زیادی از آب بارندگی توسط بقایای خاک جذب شده و مانع از نفوذ آن به داخل خاک می­شود و آب ذخیره شده در این بقایا به سرعت تبخیر شده و از دسترس خاک خارج می­گردد. بر این اساس به­نظر می­رسد با افزایش میزان بقایا از یک به دو تن در هکتار، ارتفاع نخود کاهش پیدا کرد. بنابراین، می­توان نتیجه گرفت که وجود دو تن بقایا در خاک سرعت تبخیر آب را افزایش داده و سبب کاهش ارتفاع بوته می­شود (Tullberg, 2010).

ارتفاع اولین غلاف

بر اساس نتایج مقایسه میانگین ارتفاع اولین غلاف در تیمارهای مختلف نشان داد که اختلاف معنی­داری بین اثرگذاری این تیمارها مشاهده نشد (جدول 4). ارتفاع اولین غلاف جزء صفات ژنتیکی محصول بوده و شرایط کشت و وضعیت تغذیه محصول اثری روی آن ندارد و بر این اساس، در تحقیق حاضر این صفت تحت تأثیر تیمارهای مختلف معنی­دار نشد. به­عبارت دیگر واکنش پذیری این صفت در نخود ناشی از ژنتیک رقم کشت شده است.

تعداد شاخه­های فرعی

بیشترین تعداد شاخه­های فرعی از تیمار بدون بقایا و بی­خاک‌ورزی به­دست آمد (جدول 4). که ممکن است به دلیل پوشش مناسب زمین و جذب حداکثر نور در مراحل اولیه­ی رشد باشد و همچنین، افزایش دسترسی گیاه به آب در سیستم­های بدون خاک‌ورزی باشد (Sparrow et al., 2006).

طول ریشه

بر اساس نتایج مقایسات میانگین بیشترین طول ریشه در تیمارهای خاک­ورزی مرسوم با یک تن و دو تن بقایا در هکتار (60/18 و 37/18 سانتی­متر) به­دست آمد (جدول 4). به­نظر می­رسد با افزایش شدت خاکورزی و به­هم زدن خاک، شرایط برای توسعه­ی ریشه فراهم می­شود. به­طوری­که در شرایط یکسان میزان بقایا در مزرعه، طول ریشه با افزایش شدت خاک­ورزی افزایش می­یابد. در حالت بدون بقایا اختلاف معنی­داری بین حالت­های مختلف خاکورزی مشاهده نشد. اما، طول ریشه در خاک­ورزی مرسوم نسبت به بدون خاک­ورزی و خاک­ورزی کاهشی افزایش یافت. در تیمارهای بدون خاک­ورزی و خاک­ورزی کاهشی به دلیل سفت بودن بافت خاک، توسعه­ی ریشه مشکل بوده و همچنین، به دلیل کاهش عمق نفوذ ریشه طول ریشه کاهش یافت. این موضوع توسط محققین دیگری از جمله Mu et al (2016) و Pittellkow et al (2015) نیز بیان شده است.

وجود بقایا در خاک عاملی برای حفظ رطوبت است که در شرایطی که خاک سست است، وجود رطوبت سبب توسعه­ی بیشتر ریشه شده و طول ریشه افزایش می­یابد. اما، در شرایط یکسان خاک­ورزی در حالت بدون بقایای گیاهی سرعت تبخیر بالا بوده و توسعه­ی ریشه بسیار کمتر است (Mu et al., 2016).

نتیجه­گیری

بر اساس نتایج این آزمایش، با افزایش شدت خاک­ورزی و به هم زدن خاک، شرایط برای توسعه­ی ریشه فراهم شد. به­طوری­که در شرایط یکسان میزان بقایا در سطح مزرعه، طول ریشه با افزایش خاک­ورزی افزایش یافت. اثر تیمارهای مورد مطالعه بر برخی صفات مورفولوژی نخود معنی­دار نبود. با این حال کاهش عملیات خاک­ورزی موجب افزایش مقادیر این صفات گردید. احتمالاً کوتاه بودن طول دوره­ی آزمایش یکی از علل غیرمعنی­دار بودن این صفات باشد.

پیشنهادها

با توجه به نتایج این تحقیق و لزوم شناخت بهتر اثرات متقابل سیستم­های خاک­ورزی و مدیریت بقایا موارد زیر به‌عنوان چشم­انداز در تحقیقات آتی پیشنهاد می­گردد:

بررسی اثر حفظ بقایا بر رشد نخود در آزمایش­های چندساله

بررسی اثر آللوپاتی بقایای گندم بر رشد گیاه نخود

بررسی تأثیر آبیاری و بارندگی­های فصلی بر کارایی استفاده از سیستم­های مختلف خاک­ورزی و مدیریت بقایا

منابع

Arnon, I. (2012). Agriculture in Dry Lands: Principles and Practice, *Elsevier Science Publishers. Amsterdam, The Netherland*, 992 P.

Alvarez, R. and Steinbach, H.S. (2009). A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas, *Soil and Tillage Research*. 104(1): 1-15.

Chassot, A., Stamp, P. and Richner, W. (2011). Root distribution and morphology of maize seedling as affected by tillage and fertilizer placement, *Plant and Soil*. 231(1): 123-135.

Fao. (2017). www.fao.org/ fileadmin/ templates/wsfs /.../How to Feed the World in 2050.pdf.

Guler, M., Adak, M. and ulkan, H. (2001). Determining relationships among yield and some yield components using path coefficient analysis in chickpea, *European Journal of Agronomy*. 14(2): 161-166.

Mu, X., Zhao, Y., Liu, K., Ji, B., Guo, H., Xue, Z. and Li, C. (2016). Responses of soil properties, root growth and crop yield to tillage and crop residue management in a wheat–maize cropping system on the North China Plain, *European journal of agronomy*. 78: 32-43.

Pittelkow, C.M., Linquist, B.A., Lundy, M.E., Liang, X., Groenigen, K.J.V., Lee, J., Gestel, N.V., Six, J., Venterea, R.T. and Kessel, C.V. (2015). When does no-till yield more? A global meta-analysis, *Field Crops Research*. 183: 156–168.

Sparrow, S. D., Lewis, C. E. and Knight, C. W. (2006). Soil quality response to tillage and crop residue removal under subarctic conditions, *Soil & Tillage Research.* 91: 15-21.

Tullberg, J. (2010).Tillage, traffic and sustainability-a challenge for ISTRO, *Soil and Tillage Research*. 111 (1):26–32.

Tabaraee, M. and Hassannejad, M. (2009). Factors affecting the acceptance of agricultural extension programs with regards to process of agricultural developmentCase study: Wheat farmers in Mashhad, *Journal of Economics and* *Agricultural Development*. 23(1), 59-86. (In Farsi).