ارزیابی اثر سیستم‌های مختلف خاکورزی و کاربرد بقایا بر میزان رطوبت و فشردگی خاک در کشت نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.)

منوچهر گرشاسبی طهنه*[1]، شیوا خالص‌رو[2]، غلامرضا حیدری[3]، عبدالوهاب عبداللهی[4]

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 میزان رطوبت و فشردگی خاک در کشت 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) در نظر گرفته شد. صفات مورد مطالعه شامل میزان رطوبت و فشردگی خاک بود. نتایج نشان داد که اثر بقایا، سیستم خاکورزی بر رطوبت خاک در مرحله گل‌دهی در هر دو عمق مختلف در سطح 1 درصد آماری معنی‌دار و اثر متقابل آنها در عمق 20-0 سانتی‌متری در سطح 5 درصد و در عمق 40-20 سانتی‌متری در سطح 1 درصد معنی‌دار بود. همچنین، بر اساس نتایج فشردگی خاک در اعماق مختلف تحت تأثیر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 1 درصد ارزیابی شد. اما، اثر بقایا و اثر متقابل بقایا و سیستم خاک‌ورزی اثر معنی‌داری بر فشردگی خاک نداشت. تیمار توام عدم خاک‌ورزی و کاربرد یک تن بقایا موجب حفظ رطوبت خاک شد. میزان بقایا تأثیر معنی‌داری بر فشردگی خاک نداشت اما سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی اثر معنی‌داری بر فشردگی خاک داشتند به طوری که با تغییر عمق خاک میزان فشردگی تغییر کرد. در نهایت می‌توان گفت تیمار توام عدم خاک‌ورزی و کاربرد یک تن بقایا نسبت به سایر تیمارها ویژگی‌های مثبت بیشتری داشت.

واژه‌های کلیدی: خاکورزی حفاظتی،رطوبت خاک، فشردگی خاک، ، نخود

مقدمه

خاک یکی از مهم‌ترین منابع تولید محصولات کشاورزی است و عملیات خاک‌ورزی مناسب از عوامل مؤثر در افزایش عملکرد محصول ازنظر اقتصادی می‌باشد. روش‌های مختلف خاک‌ورزی می‌تواند بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، استقرار گیاه، رشد ریشه و اندام‌های هوایی گیاه و در نهایت عملکرد محصول تأثیر بگذارد. عملیات خاک‌ورزی سنتی با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار در مناطق دیم، افزون‌بر آسیب رساندن به ساختمان خاک، ممکن است موجب کاهش عملکرد محصول نیز شود (Hemmat and Eskandari, 2004). خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک کشور ایران از نظر ذخیره رطوبت و میزان مواد آلی فقیر هستند. در این مناطق نه تنها برگشت مواد آلی گیاهان به خاک اندک است، بلکه با کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی، عدم استفاده از کودهای آلی و درنتیجه کاهش بیوماس میکروبی، از حاصلخیزی مناسبی نیز برخوردار نیستند. از سوی دیگر عملیات مدیریتی نامناسب سبب شده است که ماده آلی خاک به شدت کاهش پیدا کند و این امر بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک تأثیر منفی می‌گذارد و خطر فرسایش خاک را افزایش می‌دهد. ماده آلی در بیش از 60 درصد از خاک‌های ایران، کمتر از 1 درصد و در بخش قابل‌توجهی از آن کمتر از 0/5 درصد است، در چنین شرایطی برای بهبود حاصلخیزی خاک‌های کشاورزی افزودن مواد آلی به آن‌ها ضروری می‌باشد (Rousta, 2009). در خاک‌های زراعی مناطق دیم، سالیانه مقادیر قابل‌توجهی از مواد غذایی خاک به صورت محصول و کاه و کلش از زمین خارج می‌شود و یا زارعین کلش باقیمانده را به‌منظور آماده ساختن زمین برای کشت بعدی به بهانه مبارزه با آفات و بیماری‌ها می‌سوزانند. به این ترتیب از برگشت مقدار زیادی مواد آلی به خاک ممانعت به عمل آمده، درنتیجه منابع تأمین انرژی و مواد غذایی به‌ویژه مواد آلی در خاک دچار نقصان می‌شود و درنهایت حاصلخیزی خاک کاهش می‌یابد (Helm, 2005). خاک‌ورزی حفاظتی مجموعه‌ای از یک سری عملیات زراعی است که مشخصاً برای حفاظت منابع آب و خاک، تأمین درآمد اقتصادی کشاورز، کاهش تخریب خاک و محیط‌زیست و حفظ منابع پایه ابداع و طرح‌ریزی شده است. در سیستم خاک‌ورزی حفاظتی اعم از بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهشی، مقداری از بقایای کشت پیشین روی سطح خاک حفظ می‌شود، لذا افزون بر افزایش مواد آلی خاک و حفظ بیشتر رطوبت خاک و افزایش حاصلخیزی، فرسایش خاک نیز کاهش می‌یابد (Forrestal *et al.*, 2014). رطوبت ذخیره شده در خاک توسط بقایای گیاهی با بهره‌گیری از سیستم‌های خاک‌ورزی کاهشی و یا بدون خاک‌ورزی، می‌تواند در مراحل جوانه‌زنی، دوره اولیه رشد گیاه و استقرار گیاه اهمیت زیادی داشته باشد (Mays, 2009).

نخود سومین گیاه مهم خانواده حبوبات بعد از لوبیا و سویا است (FAO, 2016). این گیاه در جنوب آسیا، خاورمیانه و شرق آفریقا به‌طور گسترده‌ای کشت و کار می‌شود؛ که به دلیل داشتن مقادیر زیادی پروتئین (حدود 18 تا 30 درصد وزن خشک دانه) اهمیت زیادی در تغذیه انسان‌ها دارد. به‌علاوه به دلیل تثبیت ازت اتمسفری حاصلخیزی خاک را افزایش می‌دهد و موجب پایداری سیستم‌های تولید می‌گردد (Guler et al., 2001). عمده مناطق تولید این گیاه در نقاط خشک و نیمه‌خشک قرار دارد و حدود 90 درصد از نخود دنیا در شرایط دیم تولید می‌شود (Kumar and Aboo, 2001). ایران نیز به‌عنوان یکی از مهم‌ترین کشورهای تولیدکننده نخود، با تولید سالانه بین 177 تا 494 هزار تن پس از کشورهای هند و استرالیا هشتمین کشور تولید کننده این محصول است (FAO, 2016).

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 میزان رطوبت و فشردگی خاک تحت کشت نخود زراعی انجام گرفت.

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 (فرنیا و همکاران، 1394). بذر مذکور از مرکز تحقیقات کشاورزی استان کرمانشاه تهیه گردید. هرکرت آزمایشی (5×9)، شامل 9 ردیف کاشت با فاصله‌ی 52/5 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 درصد رطوبت وزنی خاک و میزان فشردگی خاک بود. جهت تعیین درصد رطوبت وزنی خاک در زمان گل‌دهی و برداشت محصول از اعماق 20-0 و 40-20 سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری صورت گرفت و وزن تر نمونه خاک اندازه‌گیری و پس از قرار دادن در آون 105 درجه سانتی‌گراد به مدت 48 ساعت، وزن خشک نیز توزین گردید. اختلاف حاصل به درصد وزنی تبدیل گردید (فطری و همکاران، 1395). فشردگی خاک با دستگاه فروسنج مخروطی[1] در مرحله گل‌دهی در چهار عمق 0-10، 11-20، 21-30 و 31-40 سانتی‌متری خاک اندازه‌گیری شد (شکل 1).

[1] پنترولوگر

شکل 1- دستگاه فروسنج مخروطی

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)	8/6	203/8	48/1	25/6	54/4	96/2	161/3	54/6	0/3
حداکثر دما (درجه‌ی سلسیوس)	34/6	27/5	17/3	17/6	18/1	21	21/3	31/7	35/8
متوسط دما (درجه‌ی سلسیوس)	20/1	11	4/7	4/7	4/2	9/8	10/2	16/5	21/9
حداقل دما (درجه‌ی سلسیوس)	5/3	-0/4	-8/2	-6/5	-8/6	-2/3	-1/7	1/7	6/1
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
7/9	0/04	4/3	190	9	45	45	Clay

نتایج و بحث

رطوبت خاک

در جدول 3 نتایج تجزیه واریانس اثر میزان بقایا و سیستم خاک‌ورزی بر رطوبت خاک در دو عمق 20 و 40 سانتی‌متری و در دو مرحله گل‌دهی و مرحله برداشت ارائه شده است. نتایج نشان داد که اثر بقایا، سیستم خاک‌ورزی بر رطوبت خاک در مرحله گل‌دهی در هر دو عمق مختلف در سطح 1 درصد آماری معنی‌دار و اثر متقابل آنها در عمق 20-0 سانتی‌متری در سطح 5 درصد و در عمق 40-20 سانتی‌متری در سطح 1 درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین (جدول 4) نشان می‌دهد در مرحله گل‌دهی در عمق 20 سانتی‌متری و 40 سانتی‌متری بیشترین میزان رطوبت در تیمار یک تن بقایا در هکتار و سیستم بدون خاک‌ورزی به دست آمد که مقدار آن به ترتیب 18/23 و 33/43 درصد بود. تجزیه واریانس اثر بقایا و سیستم خاک‌ورزی بر رطوبت خاک در مرحله برداشت نشان داد که اثر بقایا در سطح 5 درصد ($p\leq0/05$) و اثر خاک‌ورزی و اثر متقابل در سطح 1 درصد ($p\leq0/01$) معنی‌دار بود. در مرحله برداشت همانند مرحله گل‌دهی، بیشترین رطوبت خاک در تیمار یک تن بقایا در هکتار و سیستم بدون‌خاک‌ورزی به‌دست آمد. مقایسه میانگین داده‌ها به ازای تیمارهای مختلف میزان بقایا و سیستم خاک‌ورزی نشان داد که هر چه شدت خاک‌ورزی بیشتر باشد رطوبت ذخیره شده در خاک کمتر است به‌طوری که رطوبت سیستم بدون‌خاک‌ورزی نسبت به سیستم خاک‌ورزی کاهشی و خاک‌ورزی مرسوم بیشتر بود. وجود بقایای گیاهی باعث جذب آب وکاهش تبخیر شده و باعث حفظ رطوبت خاک می‌گردد. اما، به‌نظر می‌رسد وجود بیش از حد بقایا سبب جذب بخشی از آب بارندگی شده و مانع از جذب آن توسط خاک می‌شود. سپس آب ذخیره شده در بقایا تبخیر شده و از دسترس خاک خارج می‌گردد (اسکندری، 1382). به همین دلیل در شرایطی که بقایا زیاد بود کاهش رطوبت خاک مشاهده گردید. با افزایش شدت خاک‌ورزی میزان رطوبت خاک در هر مرحله و هرعمقی از خاک کاهش یافت. نبود بقایای گیاهی در مزرعه باعث افت شدید رطوبت خاک گردید و با افزودن بقایا تا یک تن در هکتار مقدار رطوبت افزایش یافت. اما، با افزایش بقایا به بیش از یک تن در هکتار میزان رطوبت خاک مجدداً کم شد که در مقایسه با حالت بدون بقایا مقدار رطوبت بیشتر بود. بر اساس نتایج سایر محققین نیز میزان ذخیره رطوبت در تیمار بدون خاک‌ورزی بیشتر از سیستم‌های خاک‌ورزی کاهشی و خاک‌ورزی مرسوم است (Gozubuyuk *et al*., 2014; López-Garrido *et al*., 2014 و بحرپور و همکاران، 1395). سایر پژوهشگران نیز وجود بقایا در سطح خاک را یکی از عوامل افزایش رطوبت در خاک گزارش نمودند (مهین خواه و همکاران 1394؛ Meena *et al*., 2015؛ Guedes Filho *et al*., 2013).

جدول 3-تجزیهٔ واریانس اثربقایا و عملیات خاک‌ورزی بر رطوبت خاک

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		رطوبت خاک			
		مرحله گل دهی		مرحله برداشت	
		عمق 0-20	عمق 20-40	عمق 0-20	عمق 20-40
تکرار	2	0/065^{ns}	0/046^{ns}	0/043^{ns}	0/056^{ns}
بقایا	2	46/230**	76/76**	3/134*	1/735*
خطای اول	4	0/020	0/08	0/19	0/098
خاک‌ورزی	2	3/113**	45/786**	3/325**	8/113**
خطای دوم	4	0/098	0/007	0/054	0/043
بقایا×خاک‌ورزی	4	0/426*	2/674**	1/184**	1/642**
خطای سوم	8	0/095	0/195	0/178	0/163
ضریب تغییرات٪		1/94	1/58	4/87	3/02

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 1 و 5 درصد و ^{ns} غیر معنی‌دار.

جدول 4- مقایسه میانگین رطوبت خاک تحت تاثیر میزان بقایا و عملیات خاک‌ورزی

میزان بقایا	سیستم خاک‌ورزی	رطوبت (٪)			
		مرحله گل دهی		مرحله برداشت	
		عمق 0-20	عمق 20-40	عمق 0-20	عمق 20-40
R0	NT	14/13^{F}	25/94^{F}	8/233^{D}	12/70^{E}
	RT	13/47^{G}	24/57^{G}	7/833^{E}	12/07^{F}
	CT	12/73^{H}	23/13^{H}	7/100^{F}	11/00^{G}
R1	NT	18/23^{A}	33/43^{A}	10/53^{A}	16/10^{A}
	RT	17/70^{B}	28/97^{C}	9/100^{B}	14/03^{C}
	CT	17/73^{B}	28/10^{D}	8/567^{C}	13/23^{D}
R2	NT	16/90^{C}	31/90^{B}	9/200^{B}	14/40^{B}
	RT	16/17^{D}	28/50^{D}	8/633^{C}	13/37^{D}
	CT	15/60^{E}	27/10^{E}	8/733^{C}	13/47^{D}

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی دارند.

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

فشردگی خاک

در جدول 5 اثر بقایا و سیستم‌های خاک‌ورزی و همچنین، اثر متقابل آن‌ها بر فشردگی خاک ارائه شده است. مقدار میانگین فشردگی خاک در سه عمق مختلف اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل شد. نتایج نشان داد که فشردگی خاک در اعماق مختلف تحت تأثیر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 1 درصد بود. اما، اثر بقایا و اثر متقابل بقایا و سیستم خاک‌ورزی اثر معنی‌داری بر فشردگی خاک نداشت که با نتایج تحقیق Botta *et al*., (2009) و Gozubuyuk *et al*., (2014) همخوانی داشت.

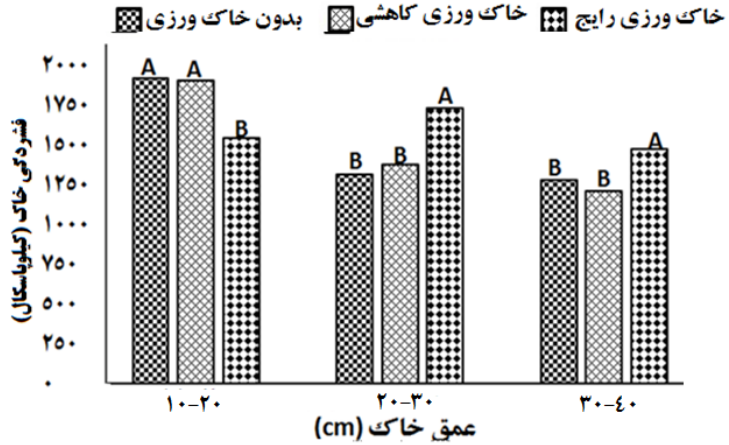
جدول 5- تجزیهٔ واریانس فشردگی خاک در عمق‌های مختلف خاک

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات فشردگی خاک		
		عمق 20-10	عمق 30-20	عمق 40-30
تکرار	2	65048^{ns}	94885^{ns}	67890^{ns}
بقایا	2	71470^{ns}	67340^{ns}	54234^{ns}
خطای اول	4	21980	17980	11673
خاک‌ورزی	2	540637**	390437**	251171**
خطای دوم	4	23140	21198	13890
بقایا×خاک‌ورزی	4	31860^{ns}	32890^{ns}	32904^{ns}
خطای سوم	8	32762	23403	14809
ضریب تغییرات٪		10/10	9/96	9/04

**و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 1 و 5 درصد و ^{ns} غیر معنی‌دار

نتایج مقایسه میانگین‌ها در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی در شکل 2 نشان داده شده است. لازم به ذکر است که مقایسه میانگین در هر عمق به طور جداگانه انجام شده است. اختلاف مقدار فشردگی خاک در عمق 20-10 سانتی‌متری را می‌توان به دلیل اثر انواع ادوات خاک‌ورزی دانست زیرا عملیات خاک‌ورزی به هر گونه‌ای با ایجاد تغییرات در ساختمان خاک و سست نمودن آن موجب کاهش فشردگی خاک می‌شود. در سیستم‌های بدون‌خاک‌ورزی به دلیل عدم انجام عملیات خاک‌ورزی ذرات خاک در لایه‌های سطحی ، میانگین فشردگی خاک به طور معنی‌داری افزایش پیدا می‌کند اما در عمق‌های بین 30-20 سانتی‌متری به دلیل وجود ریشه و بقایای گیاهی و افزایش تخلخل مقدار فشردگی خاک دارای روند نزولی بود و حداقل میزان آن به مقدار 1310 kPa ثبت شده است. بیشترین فشردگی خاک در عمق 20-10 سانتی‌متری در تیمار بدون خاک‌ورزی مشاهده شد. در عمق‌های 40-10 سانتی‌متری به علت کاهش تأثیر ابزار خاک‌ورز و تغییر کمتر خاک، مقدار فشردگی خاک افزایش یافت و حداکثر آن در عمق 20-10 سانتی‌متری به میزان 1894 kPa به دست آمد که Chen *et al*., (2004) و Fernández *et al*., (2009) در تحقیقات خود چنین نتایجی را گزارش کرده بودند. با توجه به نتایج گزارش شده توسط سایر محققین، سیستم بدون‌خاک‌ورزی به علت کاهش میزان خلل و فرج خاک و هم‌چنین افزایش وزن مخصوص ظاهری دارای

فشردگی بیشتری نسبت به سایر سیستم‌های خاک‌ورزی است (Liu *et al*., 2005; Fasinmirin *et al*., 2011). در سیستم خاک‌ورزی مرسوم به دلیل استفاده از گاو آهن برگرداندار در عمق 20-10 سانتی‌متری به دلیل برگرداندن کامل خاک و تغییر وضعیت خاک میزان فشردگی خاک نسبت به سایر تیمارهای خاک‌ورزی کمتر بود که در عمق 40-20 سانتی‌متری به دلیل نیروی عمودی گاوآهن بر کف شیار شخم مقدار فشردگی خاک نسبت به سایر سیستم‌های خاک‌ورزی بیشتر بود که مقدار حداکثر آن در عمق 30-20 سانتی‌متر 1894 kPa بود. به طور کلی عملیات خاک‌ورزی سبب کاهش فشردگی خاک می‌شود (Topa *et al*., 2011). نتایج مربوط به اثر سطوح مختلف بقایا بر فشردگی خاک نشان می‌دهد سطح بقایا تأثیر معنی‌داری بر فشردگی خاک ندارد و این مشخصه از خاک کاملاً از سطح بقایا مستقل است. صفری و همکاران (1392) در تحقیقی گزارش نمودند که اگر بقایای محصول در سطح مزرعه پوسیده شده باشد بر شاخص مخروطی و تراکم خاک اثر گذار بوده و سبب کاهش تراکم خاک در عمق بین 20-10 سانتی‌متری می‌شود اما در این تحقیق چون بقایا چند ماه در سطح مزرعه بوده و هنوز تجزیه و پوسیده نشده‌اند لذا هیچ‌گونه تأثیر معنی‌داری بر فشردگی خاک نداشت.



شکل 2- تأثیر سطوح مختلف خاکورزی بر فشردگی خاک

(مقایسه میانگین در هر عمق به‌طور جداگانه انجام شده است)

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این مطالعه، با افزایش شدت خاک‌ورزی، رطوبت ذخیره شده در خاک کاهش یافت به‌طوری که رطوبت سیستم بدون‌خاک‌ورزی نسبت به سیستم خاک‌ورزی کاهشی و خاک‌ورزی مرسوم بیشتر بود و با افزایش شدت خاک‌ورزی، میزان رطوبت خاک در هر مرحله و هر عمقی از خاک کاهش یافت. نبود بقایای گیاهی در سطح مزرعه باعث افت شدید رطوبت خاک شد و با افزودن بقایا تا یک تن در هکتار مقدار رطوبت افزایش یافت. اما، با افزایش بقایا به بیش از یک تن در هکتار میزان رطوبت خاک کاهش یافت. بنابراین، بر اساس نتایج این آزمایش بهترین تیمار برای داشتن بالاترین سطح رطوبت ذخیره شده در خاک تیمار یک تن بقایا و بدون خاک‌ورزی است.

فشـــردگی خاک در اعماق مختلف تحت تأثیر ســـیســـتم‌های مختلف خاک‌ورزی قرار گرفت. اما، ســـطح بقایا تأثیر معنی‌داری بر فشردگی خاک نداشت و این مشخصه از خاک کاملاً از مقادیر بقایای استفاده شده در آزمایش مستقل بود. در روش خاک‌ورزی رایج، استفاده از گاوآهن برگردان‌دار سبب ایجاد یک لایه‌ی سخت در عمق 20 سانتی‌متری خاک شد. اما، روش بدون خاک‌ورزی در عمق 30-10 سانتی‌متری خاک کمترین فشردگی در خاک را ایجاد کرد.

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

اسکندری، ا. 1382. اثر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی و کاشت بر رطوبت خاک و عملکرد نخود در شرایط دیم. نهال و بذر، جلد 19، شماره 4، صفحات 511-497.

بحرپور، و.، روحانی، ع.، عباسپورفرد، م. ح.، ظریف نشاط، س. و آق خانی، م. ح. 1395. اثر خاک‌ورزی و مدیریت بقایا بر برخی خصوصیات خاک، نشریه مکانیزاسیون کشاورزی، دوره 3، شماره 2، صفحات 109-97.

صفری، ا.، آسودار، م.ا.، قاسمی نژاد، م. و ابدالی مشهدی، ع. ر. 1392. تأثیر حفظ بقایا، سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی و کاشت بر خصوصیات فیزیکی خاک و عملکرد گندم. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، جلد 23، شماره 2، صفحات 59-49.

فرنیا، ا. و مرادی، ش. 1394. بررسی واکنش ارقام نخود دیم به زمان کاشت در شرایط کرمانشاه. تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی، جلد 2،شماره 1، صفحات 64-47.

مهین خواه، م. 1394. تأثیر سطوح مختلف بقایا، روش‌های خاک‌ورزی و وزن چرخ فشار دهنده بر عملکرد نخود دیم. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی ورامین، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ورامین، صفحه 12.

Botta, G., Tolo´ n-Becerra, N., and Bellora Tourn, F. (2009). Seedbed compaction produced by traffic on four tillage regimes in the rolling Pampas of Argentina, *Soil and Tillage Research*. 105(1): 128–134.

Chen, Y., Tessier, S., and Irvine, B. (2004). Drill and crop performances as affected by different drill configurations for no-till seeding, *Soil and Tillage Research*. 77(2): 147-155.

FAOSTAT.http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD

Forrestal, P., Meisinger, J., and Kratochvil, R. (2014). Winter wheat starter nitrogen management: a preplant soil nitrate test and site- specific nitrogen loss potential, *Soil Science Society of America Journal*. 78(3): 1021-1034.

Fasinmirin, J.T., and Reichert, J. M. (2011). Conservation tillage for cassava (*Manihot Esculenta Crantz*) production in the tropics, *Soil and Tillage Research*. 113(1): 1-10.

Guedes Filho, O., Blanco-Canqui, H., and Da Silva, A.P. (2013). Least limiting water range of the soil seedbed for long-term tillage and cropping systems in the central Great Plains, USA. Geoderma, 207: 99-110.

Gozubuyuk, Z., Sahin, U., Ozturk, I., Celik, A., and Adiguzel, M.C. (2014). Tillage effects on certain physical and hydraulic properties of a loamy soil under a crop rotation in a semi-arid region with a cool climate. Catena, 118:195-205.

Guler, M., Sait 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.

Helm, V. (2005). Conservation tillage: corn, grain sorghum, and wheat in Dallas County, Texas, *Soil and Tillage Research*. 23: 356-366.

Hemmat, A., and Eskandari, I. (2004). Dryland winter wheat response to conservation tillage in a continuous cropping system in northwestern Iran, *Soil and Tillage Research*. 86(1): 99-109.

Kumar, J., and Abbo, S. (2001). Genetics of flowering time in chickpea and its bearing on productivity in semi arid invironment. *Advances in Agronomy*. 72: 107-138.

López-Garrido, R., Madejón, E., León-Camacho, M., Girón, I., Moreno, F., and Murillo, J. M. (2014). Reduced tillage as an alternative to no-tillage under Mediterranean conditions: A case study, *Soil and tillage Research*. 140: 40-47.

Liu, S., Zhang, H., Dai, Q., Huo, Z., Xu, Z., and Ruan, H. (2005). Effects of no-tillage plus inter-planting and remaining straw on the field on cropland eco-environment and wheat growth, The *journal of applied ecology*. 16(2): 393-396.

Mays, L. (2009). Integrated urban water management: arid and semi-arid regions: UNESCO-IHP. CRC press, 228 P.

Meena, J.R., Behera, U.K., Chakraborty, D., and Sharma, A.R. (2015). Tillage and residue management effect on soil properties, crop performance and energy relations in greengram (*Vigna radiata* L.) under maize-based cropping systems, *International Soil and Water Conservation Research*. 3(4): 261-272.

Rousta, M.J. (2009). Effect of tillage practices on organic matter content and aggregate stability, *Soil and Water Research*. 23: 61-67.

Topa, D., Ailincăi, C., and Jităreanu, G. (2011). Soil compaction influence on winter wheat yield and soil physical properties, *Lucrări Ştiinţifice-Seria Agronomie*. 54(2): 306-310.