

耕作方式对土壤理化性状及夏大豆产量的影响分析

苏丽丽¹, 李亚杰¹, 徐文修¹, 唐江华¹,
陈传信¹, 郝维维¹, 王娜²

(1. 新疆农业大学农学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 伊宁县农业技术推广中心, 新疆 伊宁 835100)

摘要: 为探讨不同耕作方式对土壤理化性状及夏大豆产量的影响, 评价出最适宜伊犁河谷地区滴灌条件下复播大豆农田的耕作方式, 2012—2014 年开展了冬小麦收获后土壤翻耕覆膜(TP)、翻耕(T)、旋耕(RT)和免耕(NT)四种不同耕作方式的复播大豆田间试验。结果表明, 各处理土壤容重、孔隙度、含水量、养分和产量均表现出差异性。0~60 cm 的平均容重以 NT 处理最大, 达 $1.4 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, 分别比 RT、T、TP 处理高出 2.2%、4.5%、5.3%。0~30 cm 土层的土壤总孔隙度均以 TP 处理的最高, 其平均值分别比 T、NT、RT 高出 1.4%、3.8%、5.7%。30 cm 以下各处理的土壤总孔隙度虽有减少, 但差异不显著。各处理各个生育时期土壤含水量基本均表现为 TP>T>RT>NT。SOC、全 N、全 P 含量表现为在 0~20 cm 土层以 NT 处理最高, 20~40 cm 土层以 TP 最高, T 处理次之。TP 和 T 处理显著提高 0~40 cm 土层土壤速效 N、速效 P 含量。大豆产量均表现为翻耕覆膜处理最高, 分别比 T、RT 和 NT 处理高出 15.2%、30.8% 和 31.9%。本试验条件下, 虽然免耕能够增加土壤养分含量, 但翻耕覆膜措施不仅有效改善了土壤物理环境, 而且更有利于提高复播大豆产量。

关键词: 夏大豆; 耕作方式; 土壤容重; 土壤孔隙度; 土壤含水量; 土壤养分; 产量

中图分类号: S158.2; S565.1 **文献标志码:** A

Effects of tillage methods on soil physical and chemical properties and yield of summer soybean

SU Li-li¹, LI Ya-jie¹, XU Wen-xiu¹, TANG Jiang-hua¹, CHEN Chuan-xin¹, HAO Wei-wei¹, WANG-Na²

(1. Xinjiang Agricultural University, Agriculture College, Urumqi, Xinjiang 830052, China;

2. The Extension Center of Agricultural Technology in Yining County, Yining, Xinjiang 835100, China)

Abstract: In order to explore the effects of tillage methods on soil physical and chemical properties and yield of summer soybean, and to present an optimum cropping pattern which was suited to the soybean field in Yili River Valley under drip irrigation, a soybean field experiment in which there were four different tillage methods, i. e., tillage (T), rotary tillage (RT), no-till (NT), and tillage and plough (TP), have been carried out after the harvest of winter wheat from 2012 to 2014. The results showed that there had differences in soil bulk density, soil porosity, soil moisture, soil nutrient content and yield of soybean among four treatments. Average soil bulk density in 0~60 cm was the largest in NT, up to $1.4 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, which was 2.2%, 4.5%, 5.3% higher than RT, T, TP treatment, respectively. The soil total porosity in 0~30 cm was highest in TP treatment and it was 1.4%, 3.8% and 5.7% higher than that of T, NT and RT, respectively. The total soil porosity below 30 cm was not significantly different. The soil water content at all measurement time showed a trend of TP>T>RT>NT. Soil organic carbon(SOC), total N, total P content in 0~20 cm soil layer were the highest in NT treatment, while for 20~40 cm soil layer they were highest in TP, followed by T treatment. TP and T treatments significantly increased soil available N and available P content in 0~40 cm soil layer. The yield, $1369.5 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, was the highest in TP treatment for three years, which was 15.2%, 30.8% and 31.9% higher than

收稿日期: 2016-05-13 修回日期: 2017-05-21

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31560372); 新疆农业大学研究生科研创新项目资助(XJAU2015020); 国家自然科学基金资助项目(31260312)

作者简介: 苏丽丽(1990—), 女, 河南睢县人, 硕士研究生, 研究方向为耕作制度及农业生态。E-mail: 565125471@qq.com。

通信作者: 徐文修(1962—), 女, 河北蠡县人, 教授, 博士研究生导师, 主要从事耕作制度及农业生态研究。E-mail: xjwxw@sina.com。

that of T, RT and NT treatment. Therefore, it could be concluded that no tillage increased soil nutrient content, but film mulching after tillage could significantly improve soil physical environment, and be helpful to raise soybean yield.

Keywords: summer soybean; tillage methods; soil bulk density; soil porosity; soil moisture; soil nutrient; yield

土壤耕作是农业生产中的一项重要措施,通过不同的农机具作用于土壤并改变土壤的理化性状,调节土壤中水、肥、气、热等因子,从而达到提高作物产量的目的。但是不同耕作措施对土壤理化性状及作物产量的影响存在较大的差异^[1]。土壤容重和养分含量是研究土壤和作物对机械作业响应的参数,也是衡量土壤质量的最常用指标。如果土壤容重过大、养分含量过低,会影响土壤环境的变化与作物根系在土壤中的穿插,进而对作物的生长造成影响^[2-3],因此,合理的耕作措施对改善土壤质量、增加作物产量具有重要的意义。

近年来,关于耕作方式对土壤容重和养分的影响进行了大量研究^[3-6],有研究表明,免耕可提高土壤表层氮、磷、钾含量,增加土壤容重,但下层土壤差别不大^[2]。张锡洲等^[7]研究认为,长期免耕的土壤全氮、速效氮、速效磷含量随免耕年限的增加而增加,且有在表层富集的趋势。武际^[8]等通过麦稻轮作下耕作模式对土壤理化性质和作物产量影响的研究得出,免耕提高了耕层土壤容重,降低了土壤含水率。刘武仁等^[9]研究表明,在 0~20 cm 耕层,长期免耕土壤的容重高于连年翻耕的。但也有研究认为,由于保护性耕作中大量秸秆还田,使土壤动物活动频繁,长期作用能够改善土壤硬度,从而减小表层土壤的容重^[10-12]。王改玲等^[13]研究表明,与传统耕作相比,保护性耕作能降低土壤容重,增加土壤孔隙度,提高土壤剖面水分含量和土壤贮水量。梁金凤等^[14]研究认为,深松耕作相对于免耕,降低土壤容重,增大土壤含水量,产量无显著性差异。前人研究保护性耕作对土壤容重影响已有的大量研究,结果存在较大差异,并且研究的作物也多集中在玉米、水稻、小麦^[15-18]上,但对灌溉农业,尤其是对新疆

干旱半干旱地区滴灌条件下复种的研究鲜有报道。因此本文以伊犁河谷地区冬小麦复播夏大豆为研究对象,连续 3 a 开展了不同耕作方式对土壤理化性状及夏大豆产量的影响研究,以期伊犁河谷地区耕作方式的选择提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验在新疆伊犁哈萨克自治州伊宁县农业科技示范园(81°33'E, 43°56'N)进行,该区年平均日照可达 2 800~3 000 h,年平均气温 8.9℃,年均降雨量 257 mm。全年无霜期 169~175 d。供试土壤类型为灌溉壤土,0~40 cm 有机质含量为 15.83 g·kg⁻¹,碱解氮、速效磷、速效钾含量分别为:151.29、9.07、71.09 mg·kg⁻¹,土壤 pH 值为 8.4。

1.2 试验设计

于 2012 年 7 月至 2014 年 10 月连续 3 a 进行麦后复播大豆田间试验。每年于冬小麦收获后进行相同处理设置,设翻耕覆膜(tillage plough, TP)、翻耕(tillage, T)、旋耕(rotary tillage, RT)、免耕(no-till, NT)4 个土壤耕作处理,每个处理总面积均为 100 m²(4 m×25 m),每个处理划分为同等面积的三个小区为 3 次重复。各处理的具体措施如表 1。

供试大豆品种均为黑河 43。播种方式为 30 cm 等行距人工点播,密度 52.5 万株·hm⁻¹。免耕处理三年的小麦留茬高度均为 25 cm。翻耕(覆膜)及旋耕处理均结合整地施尿素 225 kg·hm⁻²,磷酸二胺 150 kg·hm⁻²,免耕则在滴头水前沟施等量的肥料。各处理均在开花期结合灌水随水滴追施尿素 150 kg·hm⁻²,复播大豆全生育期共灌水 6~8 次,共计 4 500 m³·hm⁻²。其它田间管理措施同当地。

表 1 试验处理描述

Table 1 Experimental treatment

代码 Code	处理 Treatment	操作方法 Operation
TP	翻耕覆膜 Tillage plough	冬小麦收获后,犁翻深 30 cm,联合整地机整地,覆膜,膜宽 70 cm。 Plough over deep 30 cm, soil preparation by combined soil preparation machine, film width 70 cm, after the harvest of winter wheat.
T	翻耕 Tillage	冬小麦收获后,犁翻深 30 cm,联合整地机整地。 Plough over deep 30 cm, soil preparation by combined soil preparation machine, after the harvest of winter wheat.
RT	旋耕 Rotary tillage	冬小麦收获后,旋耕机旋耕,深度 15 cm。 Rorary cultivator rotary tillage, the depth of 15 cm, after the harvest of winter wheat.
NT	免耕 No-tillage	冬小麦收获后,土壤不扰动,留茬高度 25 cm。 The soil is not disturbed, stubble height 25 cm, after the harvest of winter wheat.

1.3 样品采集

于2014年复播大豆收获后进行土壤采样。土壤深度分0~20、20~40、40~60 cm共3个层次,每小区3个重复,同一深度的3个重复样品混合成1个样品,带回实验室自然风干,剔除石砾及植物根系、残茬等杂物,过0.25 mm和1 mm筛,用于土壤有机碳、全氮、全磷、全钾、速效氮、速效磷的测定。

1.4 测定项目及方法

1.4.1 土壤容重、孔隙度的测定 土壤容重采用环刀法,于2014年10月复播大豆收获后用体积为100 cm³的环刀,分0~10、10~20、20~30、30~40、40~60 cm 5个土壤层次采集原状土样,每个小区重复3次,密封带回实验室,烘干称质量(105℃,24 h),测定土壤容重。土壤密度为2.65 g·cm⁻³

土壤容重(g·cm⁻³) = 烘干土样重/环刀体积

土壤总孔隙度(%) = (1 - 土壤容重/土壤密度) × 100

1.4.2 土壤含水量的测定 于2014年复播大豆生长期间用烘干法测定土壤含水量。自苗期开始,平均每12 d每个小区不同层次采用“S”取样法选择三个点,每个点用土钻分层取土样,深度分别为0~10、10~20、20~40、40~60、60~80、80~100 cm,每一个土样分别放入铝盒封盖带回实验室,称湿重后放入105℃烘箱烘干,称取干重,计算土壤含水量。

1.4.3 土壤有机碳、全氮、全磷、全钾、速效氮、速效磷的测定 土壤有机碳含量的测定采用重铬酸钾-浓硫酸外加热氧化法;土壤全氮含量的测定采用奈氏比色法;土壤全磷的测定采用钼锑抗吸光度法;土壤全钾的测定采用火焰光度法;速效氮的测定采用碱解扩散法;速效磷的测定采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法。

1.4.4 产量的测定 在大豆成熟期进行各小区实收。实收前在每小区选取有代表性植株10株进行考种,调查单株有效荚数、单株粒数、单株粒重和百粒重。

1.5 数据统计分析

采用DPS 7.05、Excel 2010和SigmaPlot 12.5软件对试验数据进行统计分析,采用单因素方差分析对不同处理的变量进行LSD显著性差异分析。

2 结果与分析

2.1 不同耕作方式对土壤容重、总孔隙度的影响

土壤容重是土壤紧实度的敏感性指标,也是表征土壤质量的重要参数。由图1可知,各耕作措施0~60 cm土层的土壤容重基本表现为NT > RT > T

> TP,且0~30 cm土层各处理间差异较大,30 cm以下各处理间差异性减小。0~30 cm的平均容重以NT处理最大,达1.4 g·cm⁻³,比RT、T、TP各处理的分别高出2.2%、4.5%、5.3%。这可能是因为耕作处理对土壤作用的深度在30 cm以内,并且本试验条件为滴灌,少量多次的滴灌条件使免耕土壤紧实,增加土壤容重。而30 cm以下各处理的土壤均未受到机具的扰动,所以各处理土壤容重差异也较小。

土壤孔隙是土壤结构中非常重要的组成部分,对土壤水气传导、根系穿孔及土壤生物活动有重要影响^[19]。由图2可知,各处理的土壤总孔隙度与土壤容重呈现出相反的变化规律,均随着土层的加深呈现逐渐减少的趋势,并且各处理间基本上表现为:TP > T > RT > NT。0~30 cm土层的土壤总孔隙度均以TP处理的最高,其平均值分别比T、NT、RT高出1.4%、3.8%、5.7%。30 cm以下各处理的土壤总孔隙度明显减少,且差异不显著。由此说明,滴灌条件下土壤进行耕翻作业可增加耕作层的土壤孔隙度,为作物根系创造疏松深厚的土壤环境,从而有利于土壤的气体交换和根系的生长发育,而未实施土壤耕作措施的免耕处理的土壤孔隙度一直较小,尤其是表层土壤。

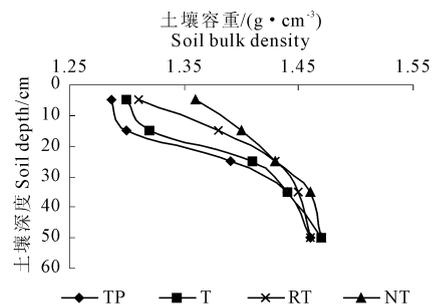


图1 不同耕作方式对土壤容重的影响

Fig.1 Effect of tillage method on soil bulk density

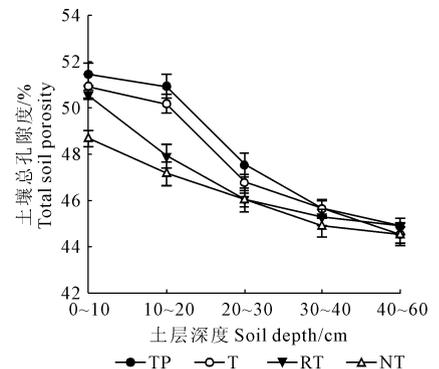


图2 不同耕作方式对土壤总孔隙度的影响

Fig.2 Effect of tillage method on total soil porosity

2.2 不同耕作方式对土壤含水量的影响

不同耕作措施对土壤扰动程度不同,进而影响土壤的蓄水保墒能力。0~100 cm 土层的土壤含水量表明(图 3),各处理各个生育时期土壤含水量基本均表现为 TP>T>RT>NT,说明在相同滴灌量条件下,翻耕和翻耕覆膜处理因土壤深翻,能够疏松土壤、增大土壤的孔隙度,更易于水分入渗,从而增加土壤中的含水量,而旋耕和免耕处理使土壤容重增加、孔隙减小,土壤变得紧密坚实,导致含水量降低。进一步分析可知,在整个测量期内,TP 处理的平均土壤含水量达 20.2%,分别比旋耕、免耕处理高出 6.32%和 9.19%,比 T 处理的高出 4.0%。说明 TP 处理因地膜覆盖,进一步阻止土壤水分的无效蒸发,大大提高土壤含水量,且地膜下土壤水分蒸发受阻后重新返还表层土壤,同时改变了水分在土壤中纵向分配比例。这也进一步证实土壤实施翻耕后,采用膜下滴灌技术土壤的蓄水保墒效果更加显著。

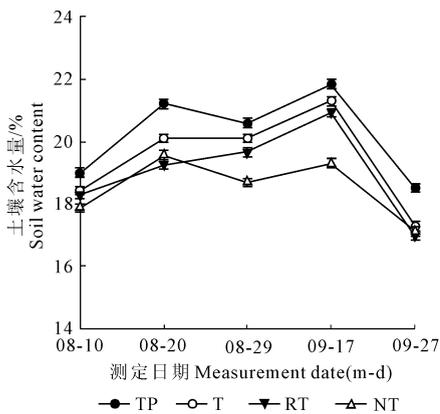


图 3 不同耕作方式对土壤含水量的影响

Fig.3 Effect of tillage method on soil water content

2.3 不同耕作方式对土壤有机碳和养分含量的影响

耕作方式不仅影响土壤的物理性质,同时对土壤的有机碳和养分含量也产生一定的影响。由表 2 可以看出,土壤剖面 0~60 cm 土层 SOC 含量均随土层的加深而降低,并且在同一层次处理间存在差异,尤其是实施土壤耕作的处理与免耕处理间存在显著性差异。在 0~20 cm 土层,SOC 含量表现为 NT 处理显著高于 RT 和翻耕处理,分别比 RT、TP、T 处理高 5.7%、7.9%、8.8%,T 和 TP 处理差异不显著。20~40 cm 土层不同耕作措施之间的 SOC 含量表现为:TP>T>RT>NT,各处理间差异不显著,但相对 0~20 cm 土层,各处理 SOC 均表现为减少趋势,NT 和 RT 处理分别对应下降了 36.8%和 30.24%,而 TP、T 处理下降了 22.4%和 25.0%,这可能是因为翻耕处理可将较多的麦秆翻入该土层,从而使该土

层的有机碳含量增加。各处理 40~60 cm 土层 SOC 含量相对上一土层明显下降,特别是 TP 处理下降显著,这可能是因为复播条件下进行覆膜使土壤温度升高,土壤含水量增大,从而加速该层次土壤有机质的矿化分解,从而使该土层的碳含量减少。

0~60 cm 土层全 N、全 P 含量与有机碳含量变化一致,均随着土层的加深而降低,且在同一层次各处理间存在差异。0~20 cm 土层土壤 N、P 含量基本均表现为 NT>RT>TP>T,NT 处理的全 N 含量达到 $3.7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全 P 含量达到 $1.9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,分别比 RT、TP、T 处理高出 6.1%、7.3%、9.3%和 2.2%、5.1%、5.7%,20~40 cm 土层土壤全 N、P 含量表现为 TP>NT>RT>T,处理间差异不显著,但较 0~20 cm 土层均有所下降,NT 处理下降幅度大于翻耕处理。这可能是因为翻耕处理可将较多的麦秆翻入该土层,从而使该土层的有机物质含量增加,并且地膜覆盖后使地温升高、含水量增加、土壤微生物的活力明显高于裸地,有利于土壤中各种有机物和养分的提高。40~60 cm 土层,N、P 含量较上一土层均有所下降,但是处理间差异不显著。说明耕作措施对土壤养分影响在 40 cm 土层以上。土壤全 K 含量在 0~60 cm 土层处理间差异均不显著。说明耕作方式对土壤全 K 影响不显著。

速效 N、速效 P 含量表现为随着土层的加深呈现逐渐减少的趋势。0~20 cm 土层速效 N、速效 P 含量均表现为 TP>T>RT>NT,TP 处理的速效 N 含量达到 $127.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效 P 含量达到 $4.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,分别比 T、RT、NT 处理高出 6.4%、14.8%、25.1%和 3.9%、19.9%、39.5%,免、旋耕与 TP 处理间差异显著。20~40 cm 土层土壤速效 N、P 含量基本均表现为 TP>T>RT>NT,免、旋耕与翻耕措施差异显著,且较 0~20 cm 土层各处理均有所下降。说明翻耕覆膜可以显著增加 0~40 cm 土层速效 N、P 含量,而免、旋耕使速效养分降低。40~60 cm 土层速效 N、P 含量处理间差异不显著。说明耕作措施对土壤速效养分影响表现在 40 cm 土层以上,对深层土壤影响较小。

2.4 不同耕作方式对夏大豆产量及产量相关因素的影响

由表 3 可以看出,耕作措施直接影响夏大豆的产量。连续 3 a 的试验结果表明,不同耕作措施的单株荚数、单株粒数、百粒重和产量均表现为 TP>T>RT>NT。其中,翻耕处理三年平均值单株荚数比旋耕、免耕处理分别多 5.0 个和 6.9 个,单株粒数分别高 10.3 粒和 15.2 粒,百粒重分别高 3.7%和

9.0%,均差异显著。三年产量均表现为耕翻处理最高,分别达到 $2\ 536.3\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (2012年)、 $2\ 699.3\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (2013年)和 $1\ 279.1\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (2014年),分别比同年的RT、NT各处理高出5.8%和19.0%(2012年)、7.0%和12.0%(2013年)和22.2%和23.2%(2014年),其中2013、2014年TP处理产量最高,分别比T、RT、NT处理高出7.4%、10.9%、16.1%(2013年)和15.2%、30.8%、31.9%(2014年),2014

年产量及百粒重出现大幅度的减小,这是因为在夏大豆鼓粒期,遭遇突然降温气候,造成大豆未能正常成熟从而导致大幅减产。由此可以看出,翻耕增产通过各产量相关因素的提高,翻耕覆膜的增幅更大,相应的其产量也最高。说明土壤耕作措施可有效地调节夏大豆产量构成因素,促进光合产物向子粒的转移,从而提高产量,尤其是翻耕覆膜处理可以有效提高夏大豆的单株荚数和单株粒数从而提高大豆产量。

表2 不同耕作方式对土壤养分含量的影响

Table 2 Effect of tillage method on soil nutrient content

处理 Treatment	土壤深度 Soil depth /cm	有机碳 Organic carbon /($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	全氮 Total nitrogen /($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	全磷 Total phosphorus /($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	全钾 Total potassium /($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	有效氮 Available nitrogen /($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	速效磷 Available phosphorus /($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
TP	0~20	12.24c	3.41ab	1.75b	6.03a	127.03a	4.52a
	20~40	9.50a	3.32a	1.69a	5.79a	91.54a	3.29a
	40~60	3.31c	3.03a	1.42a	5.37ab	35.54a	1.15c
T	0~20	12.14c	3.35b	1.76b	5.93a	119.45ab	4.35a
	20~40	9.11ab	3.26ab	1.65ab	5.50a	75.82b	3.52a
	40~60	4.73b	3.02a	1.39ab	5.45a	32.91ab	1.24bc
RT	0~20	12.50b	3.45a	1.81ab	5.97a	110.68bc	3.77b
	20~40	8.72ab	3.25ab	1.63ab	5.71a	69.38c	2.48b
	40~60	4.52b	2.89ab	1.46a	5.48a	32.83ab	1.48a
NT	0~20	13.21a	3.66a	1.85a	6.00a	101.55c	3.24c
	20~40	8.35b	3.23ab	1.68a	5.82a	68.22c	1.70c
	40~60	5.21a	2.93a	1.48a	5.41a	32.78ab	1.33ab

注:不同小写字母表示处理在0.05水平上具有显著性差异,下同。

Note: Different small letters indicate significant difference at the 0.05 level. The same as below.

表3 不同耕作方式对夏大豆产量及其相关因素的影响

Table 3 Effects of tillage methods on yield and its components of summer soybean

年份 Year	处理 Treatment	单株荚/个 Pods per plant	单株粒数/粒 Seeds per plant	百粒重/g 100-seed weight	产量/($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$) Yield
2012	T	22.03a	52.00a	15.79a	2536.34a
	RT	18.43b	45.10b	15.49a	2398.14b
	NT	17.13c	41.57c	14.24b	2124.28c
	TP	32.41a	76.69a	16.99a	2795.91a
2013	T	25.32b	60.17b	16.54ab	2602.58b
	RT	22.37c	55.64c	16.09bc	2522.27b
	NT	21.31c	52.14d	15.45b	2409.24c
	TP	31.67a	68.17a	12.64a	1369.47a
2014	T	27.16b	61.00b	12.07ab	1188.70b
	RT	24.67c	53.50c	11.26bc	1046.80c
	NT	21.33d	45.67d	11.06c	1038.21c

3 讨论

不同的耕作措施会对土壤容重、土壤孔隙度和含水量等物理性状产生不同的影响^[20]。李红、王昌

全等^[21-22]相关研究认为,田间传统翻耕作业频繁,各种大、重型农机具的使用对土壤的压实导致土壤容重增加,免耕使土壤容重减小,土壤孔隙度和含水量增加。但也有研究认为,免耕条件下土壤容重较

翻耕有所增加,特别是表层容重。王岩^[23]通过耕作方式对冀西北栗钙土土壤物理性状及苜蓿生长的影响研究表明,0~20 cm 土层容重均为免耕处理最大,并且与翻耕相比土壤硬度高,苜蓿产量显著降低;罗珠珠^[24]在黄土高原进行的保护性耕作试验研究认为,3 a 连续免耕的累积效应使土壤表层的沉实作用加强,使土壤容重增大,免耕覆盖对土壤的渗透性能有显著的改善作用。本研究表明,各耕作措施的土壤容重基本上均表现为:免耕>旋耕>翻耕>翻耕覆膜。0~30 cm 土层免耕处理容重比旋耕、翻耕、翻耕覆膜分别高出 2.19%、4.48%、5.26%,30 cm 以下土层耕作处理间差异减小。黄高宝等^[25]、吕晓东等^[18]在甘肃和四川等地对麦豆轮作和水稻、小麦田研究表明,免耕覆盖处理的土壤含水率明显高于翻耕处理,保护性耕作能够显著改善 0~200 cm 土层土壤贮水量及含水量。而本研究得出,0~100 cm 土层各处理各个生育时期土壤含水量表现为:翻耕覆膜>翻耕>旋耕>免耕,翻耕覆膜处理的平均土壤含水量达 20.23%,较旋、免耕处理的平均值高出 7.78%,比翻耕处理高 4.03%。这是因为,本试验在干旱绿洲地区的滴灌条件下进行,翻耕直接将土壤翻转,有效地打破犁底层并增加耕层厚度,较好地改善土壤的通透性,从而提高土壤蓄水能力,而免耕使土壤相对紧实,孔隙度减小,不利于土壤水分的保持和提高。此外,农田进行地膜覆盖并且采用膜下滴灌后,由于地膜的阻碍,进一步阻止了土壤水分的蒸发,提高土壤含水量,同时将附着于地膜上的水分进行重新分配,从而提高了土壤水分的利用效率。

耕作方式改变土壤结构,从而影响土壤养分含量。大量研究表明,保护性耕作显著增加 0~20 cm 土层土壤氮、磷、钾的含量^[4,22]。王改玲等^[13]研究认为长年保护性耕作能提高表层 0~10 cm 土壤有机质、碱解氮和速效钾含量,但不同耕作措施对土壤养分含量增加的程度不同。本试验结果表明,0~20 cm 土层土壤有机碳、全 N、P 含量均表现为免耕>旋耕>翻耕覆膜>翻耕,20~40 cm 土层有机碳、全 N、P 含量显著下降;土壤全 K 含量表现出随着土层的加深逐渐减少的趋势,但在 0~60 cm 土层各处理间差异均不显著,与李凤博^[5]、张大伟^[26]等在江苏省对水稻田进行的不同耕作方式试验研究结果一致。这可能是因为免、旋耕的秸秆覆盖于土壤表层,从而使表层土壤有机碳、全 N、P 含量明显升高。0~40 cm 土层速效 N、P 含量均表现为翻耕覆膜>翻耕>旋耕>免耕,而免、旋耕使速效养分降低。这与黄国勤^[27]等在水稻田进行的研究结果存在差异。这可能是因为本试验在滴灌条件下免、旋耕处理由于有

机残体连年增加,需要产生更多的微生物有机体而形成更多的生物量氮,所以对于速效氮而言,其含量有降低的趋势。随着免耕时间的延长,作物对磷的需求也明显增加,而且免耕残茬能降低地温,影响土壤磷的矿化和释放,从而影响磷的有效性,导致速效磷含量下降。

产量是衡量耕作方式好坏的最主要指标之一。有研究表明,作物产量在少耕和免耕等保护性耕作处理下高于或相当于常规耕作^[28],也有研究认为保护性耕作会使产量下降^[29]。刘爽^[30]研究表明,传统耕作和少耕可延缓叶片衰老,延长叶片功能期,有利于光合产物的形成积累和向库的输送,从而有利于子粒的充实。本试验连续 3 a 的产量结果表明,不同耕作措施的单株荚数、单株粒数、百粒重和产量均表现翻耕覆膜处理产量最高,而免耕使作物产量显著降低。这可能是因为本试验区土壤类型为灌溉壤土,免耕条件下土壤相对紧实,不利于根系的生长,限制植株生长发育,从而使大豆减产;而翻耕处理有效疏松耕作层、增加土壤的通透性、提高土壤蓄水能力,促进产量增加。

4 结 论

通过对 4 种不同土壤耕作方式对复种夏大豆农田土壤理化性状及产量的影响研究表明:免耕使 0~30 cm 土层土壤孔隙度减小,容重增加,各个生育时期土壤含水量下降,0~20 cm 土层有机碳、全氮、全磷含量增加。翻耕、翻耕覆膜处理使 20~40 cm 土层有机碳、全氮、全磷含量增加,0~40 cm 土层速效氮、速效磷含量增加。翻耕覆膜处理同时提高了 0~100 cm 土层的土壤蓄水能力,大豆产量最高,分别比翻耕、旋耕和免耕处理高 15.2%、30.8% 和 31.9%。说明在北疆绿洲灌溉条件下,翻耕和翻耕覆膜处理更有利于作物产量的提高,而免耕处理虽然利于表层有机碳含量的积累,但使土壤容重增大,不利于土壤蓄水保墒,反而使产量下降。

参 考 文 献:

- [1] 刘爽. 耕作施肥对土壤水热和养分及作物产量影响的模拟研究[D]. 长春:东北地理与农业生态研究所,2013.
- [2] 陈学文,张晓平,梁爱珍,等. 耕作方式对黑土硬度和容重的影响[J]. 应用生态学报,2012,23(2):439-444.
- [3] 刘世平,陈后庆,聂新涛,等. 稻麦两熟制不同耕作方式与秸秆还田土壤肥力的综合评价[J]. 农业工程学报,2008,24(5):51-56.
- [4] 李洪勋,吴伯志. 不同耕作措施对夏玉米土壤结构和养分的影响[J]. 玉米科学,2005,13(3):93-95.

- [J]. 湖北农业科学, 2014, 53(18): 4364-4367.
- [10] 丁海燕, 程智慧. 大蒜化感作用及其利用研究进展[J]. 中国蔬菜, 2004, (9): 11-16.
- [11] 宋卫国, 李宝聚, 刘开启. 大蒜化学成分及其抗菌活性机理研究进展[J]. 园艺学报, 2004, 31(2): 263-268.
- [12] 周艳丽, 程智慧, 孟焕文. 大蒜根系分泌物对不同受体蔬菜的化感作用[J]. 应用生态学报, 2007, 18(1): 81-86.
- [13] 缪勇, 高希武, 江俊起, 等. 甘蓝与大蒜间作对甘蓝田主要害虫及节肢动物群落的影响[J]. 华南农业大学学报, 2013, 34(3): 352-355.
- [14] 王继汉, 骆来昌, 束永安. 大麦、毛豆、扁豆、甜玉米、大蒜高效间套作[J]. 种植天地, 2010, (21): 35-35.
- [15] 郭丽琢, 张虎天, 何亚慧, 等. 根瘤菌接种对豌豆/玉米间作系统作物生长及氮素营养的影响[J]. 草业学报, 2012, 21(1): 43-49.
- [16] 雍太文, 杨文钰, 向达兵, 等. 小麦/玉米/大豆套作的产量、氮营养表现及其种间竞争力的评定[J]. 草业学报, 2012, 21(1): 50-58.
- [17] 郝丽霞, 程智慧, 孟焕文, 等. 设施番茄套作大蒜的生物和生态效应——套播时期对不同品种大蒜生长发育和产量的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(19): 5316-5326.
- [18] 张新慧. 当归连作障碍机制及其生物修复措施研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2009.
- [19] Zewde T, Fininsa C, Sakhujia P K, et al. Association of white rot (*Sclerotium cepivorum*) of garlic with environmental factors and cultural practices in the North Shewa highlands of Ethiopia[J]. Crop Protection, 2007, 26: 1566-1573.
- [20] Uomez-Rodriguez O, Zavalacta-Mejia E, GonzalEz-Hernandez V A, et al. Allelopathy and microclimatic modification of intercropping with marigold on tomato early blight disease development[J]. Field Crops Research, 2003, 83: 27-34.

(上接第 48 页)

- [5] 李凤博, 牛永志, 高文玲, 等. 耕作方式和秸秆还田对直播稻田土壤理化性质及其产量的影响[J]. 土壤通报, 2008, 39(3): 549-552.
- [6] 徐月. 不同耕作方式对土壤理化性质及小麦生长发育的影响[D]. 淄博: 山东理工大学, 2014.
- [7] 张锡洲, 李廷轩, 余海英, 等. 水旱轮作条件下长期自然免耕对土壤理化性质的影响[J]. 水土保持学报, 2006, 20(6): 145-147.
- [8] 武际, 郭熙盛, 王允青, 等. 麦稻轮作下耕作模式对土壤理化性质和作物产量的影响[J]. 农业工程学报, 2012, 28(3): 87-93.
- [9] 刘武仁, 郑金玉, 罗洋, 等. 不同耕作方式对玉米叶片冠层光合特性的影响[J]. 玉米科学, 2012, 20(6): 103-106, 111.
- [10] 戴锋平. 免耕与秸秆还田对土壤理化性质和小麦生长的影响[D]. 扬州大学, 2013.
- [11] 周兴祥, 高焕文, 刘晓峰. 华北平原一年两熟保护性耕作体系试验研究[J]. 农业工程学报, 2001, 17(6): 81-84.
- [12] 雷金银, 吴发启, 王健, 等. 保护性耕作对土壤物理特性及玉米产量的影响[J]. 农业工程学报, 2008, 24(10): 40-45.
- [13] 王改玲, 郝明德, 许继光, 等. 保护性耕作对黄土高原南部地区小麦产量及土壤理化性质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(3): 539-544.
- [14] 梁金凤, 齐庆振, 贾小红, 等. 不同耕作方式对土壤性质与玉米生长的影响研究[J]. 生态环境学报, 2010, 19(4): 945-950.
- [15] 王栋, 李辉信, 胡锋. 不同耕作方式下覆草旱作稻田土壤肥力特征[J]. 土壤学报, 2011, 48(6): 1203-1209.
- [16] 张雯, 侯立白, 张斌. 辽西易旱区不同耕作方式对土壤物理性能的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(3): 149-153.
- [17] 李新华, 朱振林, 董红云, 等. 秸秆不同还田模式对玉米田温室气体排放和碳固定的影响[J]. 农业环境科学学报, 2015, 34(11): 2228-2235.
- [18] 吕晓东, 马忠明. 不同耕作方式对春小麦田土壤水分过程的影响[J]. 核农学报, 2015, 29(11): 2184-2191.
- [19] 刘波, 吴礼树, 鲁剑巍, 等. 不同耕作方式对土壤理化性质影响研究进展[J]. 耕作与栽培, 2010, (2): 55-58, 65.
- [20] 姜桂英. 中国农田长期不同施肥的固碳潜力及预测[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013.
- [21] 李红, 杨国航. 秸秆还田对土壤蓄水保肥及作物产量的影响[J]. 中国农村水利水电, 2002, (1): 36-38.
- [22] 王昌全, 魏成明, 李廷强, 等. 不同免耕方式对作物产量和土壤理化性状的影响[J]. 四川农业大学学报, 2001, 19(2): 152-154.
- [23] 王岩, 刘玉华, 张立峰, 等. 耕作方式对冀西北栗钙土土壤物理性状及莜麦生长的影响[J]. 农业工程学报, 2014, 30(4): 109-117.
- [24] 罗珠珠, 黄高宝, 张国盛. 保护性耕作对黄土高原旱地表土容重和水分入渗的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(4): 7-11.
- [25] 黄高宝, 郭清毅, 张仁陟, 等. 保护性耕作条件下旱地农田麦-豆双序列轮作体系的水分动态及产量效应[J]. 生态学报, 2006, 26(4): 1176-1185.
- [26] 张大伟, 刘建, 王波, 等. 连续两年秸秆还田与不同耕作方式对直播稻田土壤理化性质的影响[J]. 江西农业学报, 2009, 21(8): 53-56.
- [27] 黄国勤, 杨淑娟, 王淑彬, 等. 稻田实行保护性耕作(8年)对水稻产量、土壤理化及生物学性状的影响[J]. 生态学报, 2015, 35(4): 1225-1234.
- [28] 彭文英, 彭美丽, 吴晓展. 免耕对粮食作物产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(2): 95-100.
- [29] 唐江华, 苏丽丽, 罗家祥, 等. 不同耕作方式对夏大豆干物质积累及转运特性的影响[J]. 核农学报, 2015, 29(10): 2026-2032.
- [30] 刘爽, 张兴义. 不同耕作方式对黑土农田土壤水分及利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2012, 30(1): 126-131.