

# 不同秸秆还田模式对黑土物理性质及玉米产量的影响

李 强<sup>1</sup>, 窦 森<sup>2</sup>, 焦云飞<sup>1</sup>, 彭 畅<sup>1</sup>, 张秀芝<sup>1</sup>, 高纪超<sup>1</sup>, 朱 平<sup>1</sup>, 高洪军<sup>1\*</sup>

(1. 吉林省农业科学院, 长春 130033; 2. 吉林农业大学资源与环境学院, 长春 130118)

**摘要:**通过4年田间定位试验,探究不同玉米秸秆还田模式对黑土耕层(0~40 cm)土壤物理性质以及玉米产量的影响。设置了秸秆不还田(CK)、秸秆连年覆盖还田(SCR)、1年秸秆深翻还田+1年秸秆旋耕还田(MBR/RTS)、秸秆连年深翻还田(MBR)和秸秆覆盖(条耕)+秸秆覆盖(条耕)+秸秆深翻还田(SC/SC/MB)5个处理。结果表明,与对照CK比较,SCR、SC/SC/MB和MBR 3个处理分别在0~10 cm、0~20 cm、10~30 cm土层显著降低了土壤容重、固相比例和增加了土壤孔隙度、毛管孔隙度、田间持水量以及饱和含水量。其中3个处理显著增加相应土层平均土壤孔隙度和田间持水量分别为5.53%、13.5%、4.87%和16.2%、12.3%、16.9%。SC/SC/MB和MBR 2个处理玉米产量显著高于其他处理,分别高11.0%和10.9%。总之,条耕和深翻耕作方式配合秸秆还田均能改善相应土层土壤的物理性质,提高玉米产量。

**关键词:**秸秆还田;条耕;深翻;黑土;物理性质

中图分类号:S141.4

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2022)04-0052-05

## Effects of Different Straw Returning Patterns on Physical Properties of Black Soil and Maize Yield

LI Qiang<sup>1</sup>, DOU Sen<sup>2</sup>, JIAO Yunfei<sup>1</sup>, PENG Chang<sup>1</sup>, ZHANG Xiuzhi<sup>1</sup>, GAO Jichao<sup>1</sup>, ZHU Ping<sup>1</sup>, GAO Hongjun<sup>1\*</sup>

(1. Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033; 2. College of Resource and Environmental Science, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

**Abstract:** Through a four-year field positioning experiment, the effects of different maize straw returning modes on soil physical properties and maize yield in the black soil plough layer (0–40 cm) were explored. five treatments were set up: no straw returning (CK), continuous straw mulching (SCR), one-year moldboard return + one-year rotary tillage (MBR/RTS), moldboard return (MBR) and straw mulching (strips)+straw mulching (strips)+moldboard return (SC/SC/MB). The results show that: In this study, compared with CK, SCR, SC/SC/MB and MBR treatments in 0–10, 0–20, 10–30 cm soil layers significantly reduced soil bulk density, compared with solid-phase control, and increased soil porosity, capillary porosity, field water capacity and saturated water content. Three of the treatments significantly increased the average soil porosity and field water holding capacity of the corresponding soil layers by 5.53% and 13.5%, 4.87% and 16.2%, 12.3% and 16.9%, respectively. The maize yields of SC/SC/MB and MBR treatments were significantly higher than those of other treatments, reaching 11.0% and 10.9% respectively. In conclusion, strip tillage and deep tillage combined with straw returning can improve the physical properties of the corresponding soil layers and increase the yield of maize.

**Key words:** Straw returning; Strips tillage; Deep tillage; Black soil; Physical properties.

土壤物理性质影响着土壤水气热传导与协调<sup>[1]</sup>,养分运移与贮存<sup>[2]</sup>,土壤生物多样性<sup>[3]</sup>等,进而影响作物生长和产量。黑土质地较为黏重,

土壤黏粒含量在40%以上,导致土壤紧实度大、透水通气性能差等问题<sup>[4]</sup>。另外,长期不合理耕作造成土壤容重增加、土壤含水量降低和犁底层变厚等土壤障碍问题<sup>[5]</sup>,进而加剧了土壤物理性质恶化和黑土质量退化。因此,改善土壤物理性质对东北黑土资源可持续利用具有重要意义。

玉米秸秆还田对提高土壤肥力、改善土壤物理性质具有重要的作用<sup>[6-7]</sup>。然而,不同秸秆还田模式对土壤物理性质的影响差异较大。王秋菊

收稿日期:2021-05-19

基金项目:吉林省重点研发计划(20200402103NC);吉林省重大科技专项(20200503004SF)

作者简介:李 强(1987-),男,研究实习员,主要从事土壤培肥和作物高产栽培研究。

通讯作者:高洪军,男,博士,研究员,E-mail: ghj-1975@163.com

等<sup>[8]</sup>8年定位试验表明,秸秆覆盖还田降低草甸土地温、增加土壤容重,导致土壤物理性质变差和作物生长受限。槐圣昌<sup>[9]</sup>研究表明,与秸秆覆盖还田相比,秸秆深翻还田能显著改善土壤容重、土壤紧实度和土壤含水量。王秋菊等<sup>[8]</sup>研究表明,秸秆粉碎集条深埋还田有利于土壤固相比率降低,容重下降,土壤持水力提高和总孔隙增加<sup>[10]</sup>。目前有关秸秆还田的研究主要侧重于单一耕作方式下秸秆还田对土壤养分、物理性质和作物产量的影响<sup>[8,11]</sup>,而秸秆还田结合耕作方式对土壤物理性质的影响研究较少。本研究分析了玉米秸秆还田结合耕作方式对土壤物理性质及玉米产量的影响,旨在为建立适于东北黑土区玉米秸秆还田技术模式提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验地概况

本试验地位于吉林省公主岭市朝阳坡镇东兴村,土壤类型为中层典型黑土,成土母质为第四纪黄土状沉积物。气候属于温带大陆性季风气候,年降水量450~650 mm,年均气温5.6℃,无霜期125~140 d,有效积温2 600~3 000℃·d,年蒸发量1 200~1 600 mm,年日照时间2 500~2 700 h。试验开始前0~20 cm土层土壤基本理化性质<sup>[12]</sup>:有机质20.9 g/kg、全氮1.196 g/kg、全磷0.429 g/kg、全钾22.06 g/kg、碱解氮113.8 mg/kg、速效磷23.4 mg/kg、速效钾185.5 mg/kg、pH值6.4。

### 1.2 试验设计

试验始于2016年10月,玉米秸秆还田试验设5个处理,处理1:秸秆不还田(CK);处理2:秸秆连年覆盖还田(SCR);处理3:1年秸秆深翻还田+1年秸秆旋耕还田(MBR/RTS);处理4:秸秆连年深翻还田(MBR);处理5:秸秆覆盖(条耕)+秸秆覆盖(条耕)+秸秆深翻还田(SC/SC/MB)。试验无重复,小区面积为471 m<sup>2</sup>,为了减少无重复的缺陷,采样时将每个小区均匀分成3个亚区<sup>[12]</sup>。

玉米供试品种为富民985,种植密度6.2万株/hm<sup>2</sup>;供试肥料为复合肥(26-12-12),五个处理施肥量相同,氮肥(N)220 kg/hm<sup>2</sup>、磷肥(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)105 kg/hm<sup>2</sup>、钾肥(K<sub>2</sub>O)105 kg/hm<sup>2</sup>,复合肥在春季播种前作底肥一次施用,不追肥。每年均于4月下旬播种,10月上旬收获。各处理玉米生育期间田间管理(如播种、施肥与除草等)一致,并采用机械化作业。

### 1.3 土壤样品的采集与处理

2020年10月6日,在玉米收获期,土壤物理样

品采集方法:每个处理分0~10 cm、10~20 cm、20~30 cm、30~40 cm四个土层深度进行取样,每个小区随机选取3个点。采用体积为100 cm<sup>3</sup>的环刀分层采集原状土土壤,然后使用环刀的盖子盖住两端,再用环刀布袋装好后带回实验室备用。

### 1.4 土壤样品测定方法与数据分析

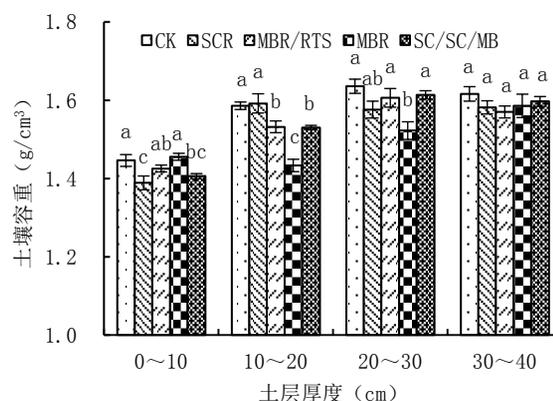
土壤容重、总孔隙度、田间持水量、饱和持水量等采用环刀法测定<sup>[13]</sup>。土壤三相采用土壤三相仪(日本大起)测定。

采用Excel 2016软件和SPSS 19.0统计分析软件进行数据统计分析,运用Origin 2019作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同秸秆还田模式对土壤容重的影响

秸秆还田和耕作方式是影响土壤容重的重要因素。由图1可知,随着0~40 cm土层剖面的加深,各处理土壤容重均增加。与秸秆不还田(CK)比较,覆(条耕)/覆(条耕)/深翻(SC/SC/MB)处理显著降低了0~10 cm、10~20 cm土层土壤容重,主要是当季条耕秸秆覆盖还田导致的;秸秆覆盖还田(SCR)仅明显降低了0~10 cm土层土壤容重,对10~40 cm土层土壤容重则没有显著影响。秸秆深翻还田(MBR)处理明显降低了10~30 cm土层土壤容重,但对30~40 cm土层土壤容重没有影响;翻-旋秸秆还田(MBR/RTS)处理较秸秆不还田(CK)降低了0~20 cm土层土壤容重,在10~20 cm土层达到差异显著水平,表明条耕、旋耕和深翻均降低了相应土层土壤容重。



注:不同小写字母表示处理间差异显著( $P<0.05$ ),下同

图1 不同秸秆还田处理剖面土壤容重的变化

### 2.2 不同秸秆还田模式对土壤三相的影响

土壤三相是衡量土壤固、液、气相比比例的重要指标。从土壤三相组成来看(图2),在0~10 cm土层,SCR和SC/SC/MB处理土壤固相比比例显著小于CK、MBR处理,2处理土壤液相和气相比比例相

应地增加,但气相比比例增加不显著。在10~20 cm、20~30 cm 土层,与CK相比,MBR处理土壤固相比比例分别降低了7.34%和7.90%;SCR和MBR/RTS 2处理土壤固相比比例未达差异显著水平;SC/SC/MB处理显著降低了10~20 cm 土壤固相比比例,但在30~40 cm 土层各相比比例差异不显著。

在30~40 cm 土层,各处理土壤固液气三相比例均差异不显著。SC/SC/MB处理当季条耕秸秆覆盖对降低0~20 cm 表层土壤固相比比例效果最好,而秸秆深翻还田对降低10~30 cm 深层土壤固相比比例效果最好。总之,条耕覆盖和深翻还田是调控土壤适宜三相比例的最重要措施之一。

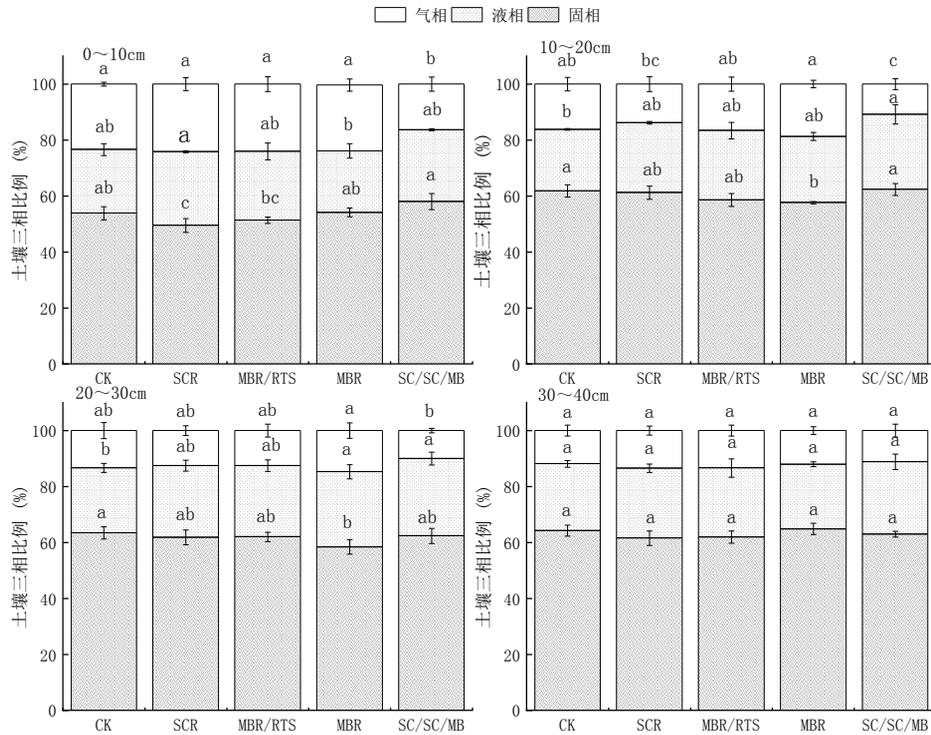


图2 不同秸秆还田处理剖面土壤三相组成的变化

### 2.3 不同秸秆还田模式对土壤孔隙度及组成的影响

由图3可知,与秸秆不还田(CK)处理相比,SCR处理显著增加了0~10 cm 土层土壤总孔隙度,增幅达5.53%,而在10~40 cm 土层,SCR处理土壤总孔隙度与CK处理差异不显著;SC/SC/MB处理显著增加了0~20 cm 土层土壤总孔隙度,增

幅为4.19%~5.54%;MBR处理较CK处理显著增加10~30 cm 土层土壤总孔隙度10.2%~14.4%,并达到差异显著水平。MBR/RTS处理当季秸秆旋耕还田较CK处理增加了0~20 cm 土层土壤总孔隙度,而在30~40 cm 土层,各处理土壤总孔隙度差异不显著。

秸秆还田和耕作方式能显著影响土壤中的孔隙组成(图4)。在0~10 cm 土层,与CK处理相比,MBR处理显著增加了土壤通气孔隙度,但降低了土壤毛管孔隙度,土壤总孔隙度并没有显著增加;SCR和SC/SC/MB 2个处理显著提高了土壤毛管孔隙度,对土壤通气孔隙度无影响。SC/SC/MB处理较CK处理分别显著增加0~10 cm 和10~20 cm 土层土壤毛管孔隙度6.37%和9.49%。MBR处理较CK处理分别显著增加了10~20 cm 和20~30 cm 土层土壤毛管孔隙度9.1%和7.4%。表明条耕覆盖、秸秆旋耕和秸秆深翻等还田方式均能显著增加相应土层的土壤毛管孔隙度,进而提升土壤保水和蓄水能力。

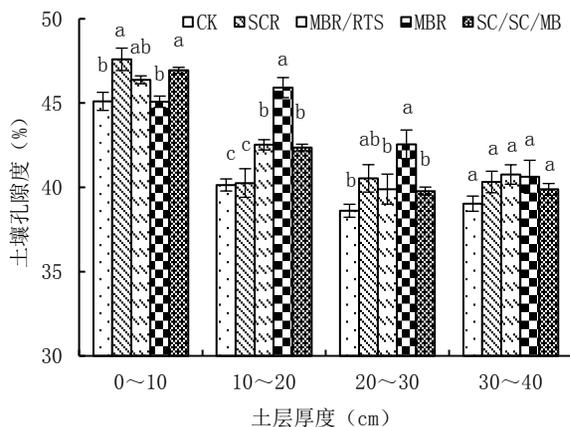


图3 不同秸秆还田处理剖面土壤孔隙度的变化

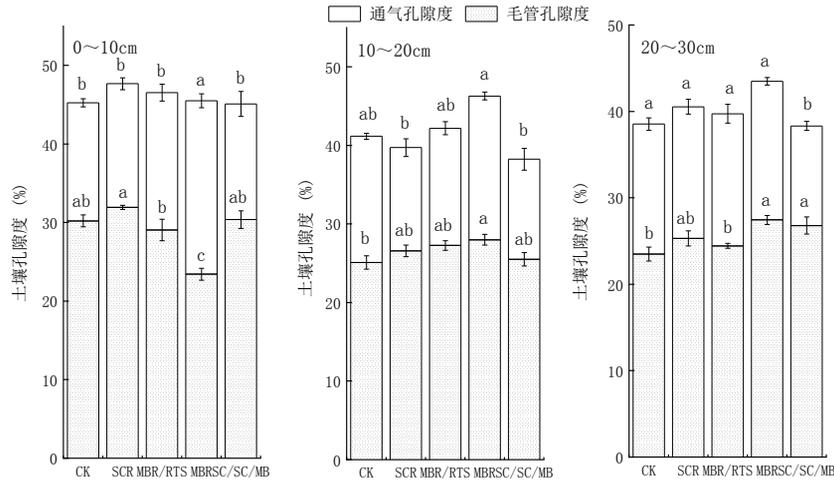


图4 不同秸秆还田处理剖面土壤孔隙度组成的变化

### 2.4 不同秸秆还田模式对土壤田间持水量和饱和含水量的影响

由图5可知,除MBR处理外,其他处理土壤田间持水量和饱和含水量均表现为随着土壤深度的增加而减小。在0~10 cm土层,与CK处理相比,SCR和SC/SC/MB 2个处理土壤田间持水量分别增加13.5%和13.7%、土壤饱和含水量分别增加8.50%和8.22%,而MBR处理土壤饱和含水量显著降低了9.68%,田间持水量降低了6.96%。在10~20 cm和

20~30 cm土层,SC/SC/MB和MBR 2个处理土壤田间持水量、饱和含水量高于CK处理,且较其分别增加10~20 cm土层土壤田间持水量20.3%和17.0%。在30~40 cm土层,MBR/RTS、MBR和SC/SC/MB 3个处理土壤田间持水量均显著高于CK,而3个处理间差异不显著,MBR/RTS和SC/SC/MB 2个处理和饱和含水量显著高于CK,而出CK处理外,其他处理间差异不显著。表明条耕、旋耕和深翻还田均可显著提高相应土层土壤田间持水量和饱和含水量。

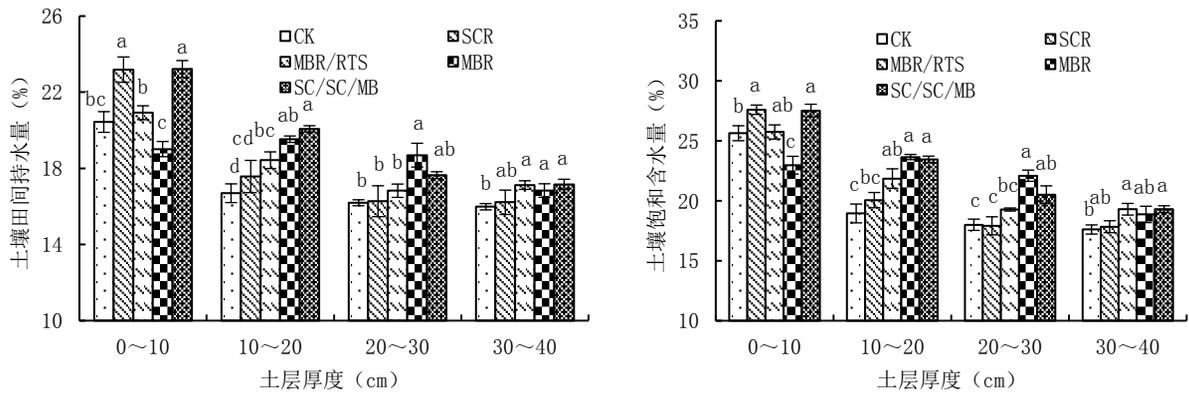


图5 不同秸秆还田处理剖面土壤田间持水量和饱和含水量的变化

### 2.5 不同秸秆还田模式对玉米产量的影响

由图6可知,与对照(CK)相比,SCR和MBR/RTS玉米产量分别增加4.5%和7.6%;SC/SC/MB处理玉米产量增加最高,达到11.0%,但和MBR处理相比玉米产量差异不显著。总之,不同秸秆还田处理下玉米产量由高到低依次为SC/SC/MB>MBR>MBR/RTS>SCR>CK,表明覆盖条耕和秸秆深翻是实现玉米稳产与增产的有效途径。

## 3 讨论与结论

秸秆还田和耕作方式对土壤物理性状影响显

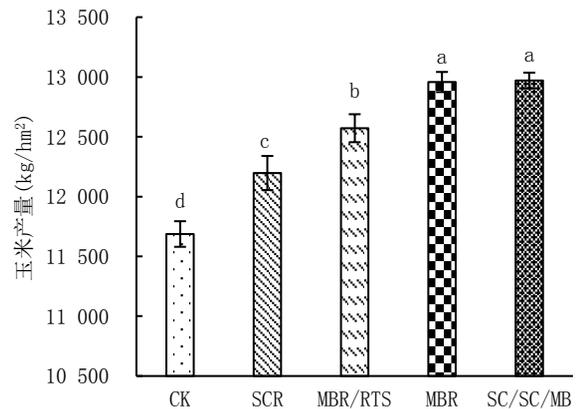


图6 不同秸秆还田处理对玉米产量的影响

著,进而影响作物的生长<sup>[14]</sup>,土壤容重是反映土壤物理性质的重要指标,它影响着土壤的孔隙大小分布以及土壤水分的入渗能力<sup>[15]</sup>。本研究中,与秸秆不还田(CK)比较,秸秆覆盖还田仅明显降低了0~10 cm 土层土壤容重;覆(条耕)/覆(条耕)/深翻处理显著降低了0~10、10~20 cm 土层土壤容重;深翻-旋耕秸秆还田处理降低了0~20 cm 土层土壤容重;秸秆深翻还田处理明显降低了10~30 cm 土层土壤容重;表明条耕、旋耕和深翻配合秸秆还田均降低了相应土层土壤容重,这与邹文秀等<sup>[6]</sup>研究结果一致。王秋菊等<sup>[10]</sup>研究表明,秸秆深翻还田可以降低30~40 cm 土层土壤容重。秸秆还田能够有效改善土壤三相比,降低相应土层土壤容重<sup>[16]</sup>。本研究发现,与秸秆不还田处理比较,秸秆深翻还田处理显著降低了10~30 cm 土层土壤固相比比例,降低7.34%~7.90%,而秸秆覆盖还田显著减低了0~10 cm 土层土壤固相比比例。表明秸秆还田配合耕作措施不仅能改善土壤容重,而且对土壤固、液、气三相比例具有调节作用。

土壤孔隙度影响着作物根系生长、土壤微生物活动、保水保肥性能和水气热的协调,是反映土壤合理结构的关键指标<sup>[17]</sup>。耕作方式和秸秆还田是改善土壤孔隙结构的重要措施<sup>[18]</sup>。苏丽丽等<sup>[9]</sup>研究表明,耕翻处理较传统旋耕能显著增加20~30 cm 土层土壤总孔隙度,邹文秀等<sup>[6]</sup>研究发现,秸秆还田配合土壤翻耕处理较秸秆不还田处理明显增加了相应土层土壤总孔隙度、通气孔隙度和毛管孔隙度,这和本研究的结果相似。与秸秆不还田(CK)处理相比,秸秆覆盖还田、覆(条耕)/覆(条耕)/深翻和秸秆深翻还田3处理分别显著增加了0~10 cm、0~20 cm、10~30 cm 土层土壤总孔隙度。秸秆覆盖还田、覆(条耕)/覆(条耕)/深翻和秸秆深翻还田3个处理较CK处理分别显著提高了0~10 cm、0~20 cm、10~30 cm 土层土壤毛管空隙度。而孔凡磊等<sup>[11]</sup>研究发现,旋耕和翻耕分别提高了0~10 cm、0~20 cm 土壤总孔隙度,这主要是由于不同耕作措施对土壤耕作的深度不同,影响了土壤孔隙度和通气孔隙度的差异;另一方面,秸秆还田对土壤起到“稀释作用”,降低单位体积土壤质量,增加了土壤大团聚体数量,进而增加了土壤孔隙度。

本研究中,秸秆覆盖还田和覆(条耕)/覆(条耕)/深翻2个处理较CK处理显著增加了0~10 cm 土层土壤田间持水量和土壤饱和含水量。而在10~20 cm 和20~30 cm 土层,覆(条耕)/覆(条耕)/

深翻和秸秆深翻还田2个处理土壤田间持水量、饱和含水量显著高于其他处理,在30~40 cm 土层,各处理土壤田间持水量和饱和含水量之间无显著差异,这和邹文秀等<sup>[6]</sup>研究结果一致,通过秸秆深翻还田,能够有效地增加20 cm 以下土层土壤田间持水量和饱和持水量。韩晓增等<sup>[20]</sup>研究表明,秸秆还田配合深耕翻可以增加耕层厚度,提高田间持水量和饱和持水量,能够对降雨量较大的降水进行贮存,有效避免和防治田间径流的产生,对于缓解作物生育期内降雨分布不均而引起的季节性干旱具有重要作用。

本研究中,覆(条耕)/覆(条耕)/深翻和秸秆深翻还田2个处理玉米产量显著高于其他处理,其中苗带条耕解决了收获机压陷苗带导致免耕播种质量差的问题,同时改善了土壤结构,形成了适宜玉米生长发育的苗床;深翻还田不仅打破了犁底层,还构建了合理的肥沃全耕层结构,促进了玉米生长发育,提高了玉米产量。总之,从土壤物理性质、玉米产量和经济效益分析,覆(条耕)/覆(条耕)/深翻秸秆还田模式和秸秆连年深翻还田模式较好,尤其是覆(条耕)/覆(条耕)/深翻秸秆还田模式投入成本较低,是一种适宜在吉林省典型黑土区推广应用的秸秆还田技术模式。

#### 参考文献:

- [1] 赵丽丽,李陆生,蔡焕杰,等. 有机物料还田对土壤导水导气性的综合影响[J]. 中国农业科学, 2019, 52(6): 1045-1057.
- [2] 梁海,陈宝成,韩惠芳,等. 深松35 cm可改善潮棕壤理化性质并提高小麦和玉米产量[J]. 植物营养与肥料学报, 2019, 25(11): 1879-1886.
- [3] 丛萍,王婧,董建新,等. 秸秆还田对黑土亚表层微生物群落结构的影响特征及原因分析[J]. 农业工程学报, 2020, 36(1): 109-118.
- [4] 邹文秀,韩晓增,陆欣春,等. 不同土地利用方式对黑土剖面土壤物理性质的影响[J]. 水土保持学报, 2015, 29(5): 187-193, 199.
- [5] 韩晓增,邹文秀,王凤仙,等. 黑土肥沃耕层构建效应[J]. 应用生态学报, 2009, 20(12): 2996-3002.
- [6] 邹文秀,韩晓增,严君,等. 耕翻和秸秆还田深度对东北黑土物理性质的影响[J]. 农业工程学报, 2020, 36(15): 9-18.
- [7] 梁尧,蔡红光,闫孝贡,等. 玉米秸秆不同还田方式对黑土肥力特征的影响[J]. 玉米科学, 2016, 24(6): 107-113.
- [8] 王秋菊,张敬涛,盖志佳,等. 长期免耕秸秆覆盖对寒地草甸土土壤物理性质的影响[J]. 应用生态学报, 2018, 29(9): 2943-2948.
- [9] 槐圣昌. 耕作方式与秸秆还田对东北黑土物理性质和玉米根系生长的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2020.
- [10] 王秋菊,刘峰,焦峰,等. 秸秆粉碎集条深埋机械还田对土壤物理性质的影响[J]. 农业工程学报, (下转第69页)

- 概况初报[J]. 东北农业科学, 2016, 41(6): 75-78.
- [ 4 ] 陈小姝, 杨富军, 曲明静, 等. 吉林花生有害生物种类调查及发生危害[J]. 花生学报, 2017, 46(2): 68-72.
- [ 5 ] 许欣然, 张新友, 汤丰收, 等. 花生网斑病原菌分离及生物学特性研究[J]. 河南农业科学, 2014, 43(12): 91-95.
- [ 6 ] Albert K, Culbreath, Timothy B, et al. Effect of DMI and QoI fungicides mixed with the SDHI fungicide penthiopyrad on late leaf spot of peanut[J]. Crop Protection, 2020, 137: 1-7.
- [ 7 ] 晏立英, 宋亚辉, 倪皖莉, 等. 三种杀菌剂在不同生态区对花生叶斑病的防治效果[J]. 中国油料作物学报, 2016, 38(5): 644-648.
- [ 8 ] 常 虹, 陈 妍, 郭振升, 等. 豫东平原花生品种抗病性田间鉴定[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2017, 38(4): 89-93.
- [ 9 ] 路兴涛, 张成玲, 张田田, 等. 不同花生品种对花生褐斑病和网斑病抗病性鉴定[J]. 花生学报, 2013, 42(3): 52-55.
- [ 10 ] 袁虹霞, 孙炳剑, 李洪连, 等. 花生品种(系)对叶斑病的抗性鉴定[J]. 河南农业科学, 2004(12): 35-38.
- [ 11 ] 傅俊范, 杨凤艳, 周如军, 等. 辽宁花生病虫发生危害及种类鉴定[J]. 植物保护, 2013, 39(1): 144-147.
- [ 12 ] 傅俊范, 王大洲, 周如军, 等. 辽宁花生网斑病发生危害及流行动态研究[J]. 中国油料作物学报, 2013, 35(1): 80-83.
- [ 13 ] 牛海龙, 李玉发, 何中国, 等. 吉林省花生产业发展需求报告[J]. 东北农业科学, 2019, 44(3): 11-13.
- [ 14 ] 傅俊范, 崔建潮, 周如军, 等. 辽宁花生主栽品种(系)对褐斑病和网斑病抗性鉴定[J]. 植物保护, 2015, 41(1): 171-173.
- [ 15 ] 张 伟, 矫岩林, 栾炳辉, 等. 不同花生品种(系)对叶斑病抗病性的初步研究[J]. 湖北农业科学, 2018, 57(12): 61-64.
- [ 16 ] 韩锁义, 张新友, 朱 军, 等. 花生叶斑病研究进展[J]. 植物保护, 2016, 42(2): 14-18.
- [ 17 ] 夏友霖. 花生晚斑病抗性遗传特性研究[D]. 成都: 四川农业大学, 2014.
- [ 18 ] 崔建潮, 周如军, 傅俊范, 等. 花生褐斑病和网斑病田间混发流行过程及其产量损失研究[J]. 植物病理学报, 2016, 46(2): 265-272.
- [ 19 ] 周如军, 崔建潮, 傅俊范, 等. 花生褐斑病菌和网斑病菌混合侵染对侵染概率和潜育期的影响[J]. 中国农业科学, 2015, 48(21): 4264-4271.
- [ 20 ] 栾文琪, 韩守萍. 花生种质资源抗花生叶斑病筛选鉴定研究[J]. 花生科技, 1989(2): 25-27.
- [ 21 ] Chiteka Z A, Gorbet D W, Shokes F M, et al. Components of Resistance to Late Leafspot in Peanut I Levels and Variability - Implications for Selection 1[J]. Peanut Science, 1988, 15(1): 25-30.
- [ 22 ] 林 英, 谢瑾卉, 刘欣宇, 等. 不同花生品种对花生褐斑病的抗性评价[J]. 辽宁农业科学, 2018(4): 33-36.
- [ 23 ] Richard Isa Bwala, Chigoziri, Ekhuemelo, et al. Influence of Variety and Sowing Date on Incidence of Cercospora Leaf Spots Disease of Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) in Makurdi, Benue State of Nigeria[J]. Asian Journal of Research in Crop Science, 2019, 2(4): 1-10.
- [ 24 ] Tingting Chen, Jialei Zhang, Yong Chen, et al. Detection of peanut leaf spots disease using canopy hyperspectral reflectance[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2019, 156: 677-683.

(责任编辑: 刘洪霞)

(上接第 56 页) 2019, 35(17): 43-49.

- [ 11 ] 孔凡磊, 陈 阜, 张海林, 等. 轮耕对土壤物理性状和冬小麦产量的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(8): 150-155.
- [ 12 ] 高洪军, 彭 畅, 朱 末, 等. 不同轮耕模式对黑土土壤微生物群落结构的影响[J]. 玉米科学, 2021, 29(5): 104-112.
- [ 13 ] 赵其国. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科技出版社, 1981: 21-26.
- [ 14 ] 劳秀荣, 吴子一, 高燕春. 长期秸秆还田改土培肥效应的研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(2): 49-52.
- [ 15 ] 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.
- [ 16 ] 韩晓增, 邹文秀, 王凤仙, 等. 黑土肥沃耕层构建效应[J]. 应用生态学报, 2009, 20(12): 2996-3002.
- [ 17 ] Hill R L, Horton R, Cruse R M. Tillage effects on soil water retention and pore size distribution of two Mollisols[J]. Soil Science Society of America Journal, 1985, 49: 1264-1270.
- [ 18 ] 王秋菊, 高中超, 常本超, 等. 有机物料深耕还田改善石灰性黑钙土物理性状[J]. 农业工程学报, 2015, 31(10): 161-166.
- [ 19 ] 苏丽丽, 李亚杰, 徐文修, 等. 耕作方式对土壤理化性状及夏大豆产量的影响分析[J]. 干旱地区农业研究, 2017, 35(3): 43-48, 58.
- [ 20 ] 韩晓增, 邹文秀, 陆欣春, 等. 旱作土壤耕层及其肥力培育途径[J]. 土壤与作物, 2015, 4(4): 145-150.

(责任编辑: 刘洪霞)