

# 秸秆全量还田条耕种植模式对春玉米出苗质量与产量的影响

曹庆军<sup>1</sup>, 杨粉团<sup>1</sup>, 孔凡丽<sup>1</sup>, 崔正果<sup>1</sup>, 刘亚军<sup>2</sup>, 崔英<sup>2</sup>, 王影<sup>2</sup>, 程延河<sup>2</sup>,  
李会之<sup>2</sup>, 赵丽娟<sup>2</sup>, 王艳丽<sup>2</sup>, 王贵满<sup>2</sup>, 李刚<sup>1\*</sup>, 宋春玲<sup>3\*</sup>

(1. 吉林省农业科学院/农业部东北作物生理生态与耕作重点实验室, 长春 130033; 2. 梨树县农业技术推广总站, 吉林四平 136500; 3. 吉林省梅河口市李炉乡农业技术推广站, 吉林梅河口 135001)

**摘要:**耕作方式是秸秆还田条件下影响玉米出苗质量与产量的重要因素。采用田间随机区组试验的方法,研究了秸秆全量覆盖还田免耕种植(SC)、秸秆全量还田条旋耕种植(ST)以及普通农户模式(秸秆不还田,CK)三种种植方式对吉林省风沙土和黑土两种土壤类型下播种期土壤温度、水分以及出苗质量和产量的影响。结果表明,土壤温度和水分变化显著地受耕作方式、土壤类型以及土层深度影响。与CK相比,SC处理显著降低两种类型播种期土壤温度1~3℃;而ST处理能提高风沙土0~20 cm土层地温1~1.9℃,二者对黑土影响较小。此外,SC与ST处理对播种期风沙土0~20 cm耕层土壤以及30~40 cm深层土壤水分有显著影响,而二者只对黑土0~20 cm耕层土壤水分有显著的影响;SC与ST处理均能显著提高玉米的保苗密度与幼苗生物量;两种类型土壤下,SC处理在风沙土上增产优势明显,而ST处理在黑土上增产优势更显著。

**关键词:**土壤类型;秸秆还田;耕作方式;吉林省;黑土;风沙土

中图分类号:S513

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2020)03-0006-06

## Total Straw Return with Strip-tillage Practices and Its Effect on Seeding Characters and Yield of Spring Maize

CAO Qingjun<sup>1</sup>, YANG Fentuan<sup>1</sup>, KONG Fanli<sup>1</sup>, CUI Zhengguo<sup>1</sup>, LIU Yajun<sup>2</sup>, CUI Ying<sup>2</sup>, WANG Ying<sup>2</sup>,  
CHENG Yanhe<sup>2</sup>, LI Huizhi<sup>2</sup>, ZHAO Lijuan<sup>2</sup>, WANG Yanli<sup>2</sup>, WANG Guiman<sup>2</sup>, LI Gang<sup>1\*</sup>, SONG Chunling<sup>3\*</sup>

(1. Jilin Academy of Agricultural Sciences / Key Laboratory of Northeast Crop Physiology Ecology and Cultivation, Ministry of Agriculture in People's Republic of China, Changchun 130033; 2. Lishu Agricultural Technical Extension Station, Lishu 136500; 3. Agricultural Technology Extension Station of Liluxiang, Meihekou 135001, China)

**Abstract:** Tillage practice methods integrated straw returning are important factor affecting maize seeding characters and yield. A randomized block field experiment was conducted to studied the effect of total amount straw coverage combined with no-till (SC), total straw returning combined with strip-tillage method (ST) and ordinary farmers practice effect (straw remove, as CK) on soil temperature, soil moisture, and seeding emergence characters and production quality under sand soil and black soil in Jilin Province. The results showed that the soil temperature and soil water content were significantly affected by tillage practice methods, soil types and soil depths layer. Compared with CK, SC treatment significantly reduced the soil temperature by 1~3℃ across both soil on sowing time, ST improved the soil temperature in the 0~20 cm soil layer by 1~1.9℃, while had no significant effect on black soil. In addition, SC and ST treatments have a significant impact on the soil moisture in topsoil of 0~20 cm depth and deep layer of 30~40 cm in wind-sand soil during the sowing period, while they only have a significant impact on the soil moisture in 0~20 cm topsoil of black soil. Both SC and ST treatments significantly increased effective seedling density and seedling biomass, and SC treatment showed more obvious yield advantages in wind-sand soil, while ST was

收稿日期:2019-10-30

基金项目:粮食丰产科技工程重大专项(2018YFD0300202);吉林省科研院所引进高层次科技创新人才资助计划项目(91993802)

作者简介:曹庆军(1986-),男,助理研究员,博士,主要从事作物栽培与质量安全方面的研究。

通讯作者:李刚,男,博士,研究员,E-mail: laoli201@126.com

宋春玲,女,高级农艺师,E-mail: 845486895@163.com

much better in black soil.

**Key words:** Soil type; Straw return; Tillage methods; Jilin Province; Blank soil; Sand soil

吉林省位于世界“黄金玉米带”上,是我国春玉米的主要产区,被称作我国粮食生产的“稳压器”“压舱石”<sup>[1-2]</sup>,在保障国家粮食安全生产中具有不可替代的作用。但是由于近二三十年来长期的玉米连作,以及对环境承载、资源可持续发展的理论认识不足,导致肥沃的黑土出现犁底层上移<sup>[3]</sup>、耕层下降,有机质含量骤降,土壤退化等现象<sup>[1,4]</sup>,使肥沃的黑土出现“变瘦、变薄、变硬”的不可逆退化<sup>[5]</sup>,对耕地资源可持续利用以及国家粮食安全带来严重潜在威胁。因此,要实现“中国人要把饭碗端在自己手里,而且要装自己的粮食”这一目标,开展保护性耕作刻不容缓。

玉米秸秆中富含N、P、K等大量矿质元素以及Si等微量元素,是十分宝贵的自然资源<sup>[6]</sup>。采用少耕、免耕等保护性耕作种植是实现土地资源可持续利用的重要途径<sup>[7]</sup>。实践证明,秸秆还田不仅对提高土壤水分状况,改良土壤紧实度等<sup>[8]</sup>土壤物理性状具有重要作用,而且对于改善土壤

养分平衡,特别是氮素利用效率<sup>[9]</sup>、调节土壤pH值<sup>[10]</sup>等土壤化学性质,以及影响土壤微生物和土壤动物的群落结构均有重要的作用<sup>[11]</sup>。然而,在吉林省玉米秸秆还田推广的过程中,受秸秆量大,腐解速度慢、影响春季播种等因素困扰,导致秸秆全量覆盖免耕还田以及深翻还田应用效果还不尽如人意。因此,开展吉林省秸秆全量还田少、免耕保护性耕作研究对于秸秆还田的深入应用以及《东北黑土地保护性耕作行动计划》的实施具有重要的意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点与材料

试验于2019年在吉林省梨树县林海镇夏窑堡村以及万发镇惠民植保农民专业合作社进行,土壤基本理化性状如表1所示。试验所用玉米品种为杂交种富民58。

表1 试验点土壤理化性状

试验地点	土壤类型	有机质(g/kg)	速效氮(mg/kg)	速效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)	pH
林海镇	风沙土	7.75	95.61	12.26	115.86	7.72
万发镇	黑土	20.79	131.6	33.61	89.17	6.16

### 1.2 试验设计

试验处理设置秸秆全量覆盖还田免耕种植(SC)、秸秆全量还田条带旋耕种植(ST)以及农户普通种植方式(秸秆不还田,CK)3个处理。具体

操作流程如图1所示。小区采用随机区组实验设计,每个小区20行,行距60 cm,株距25 cm,3次重复,4月30日播种;施肥、除草以及病虫害防控同正常生产田。

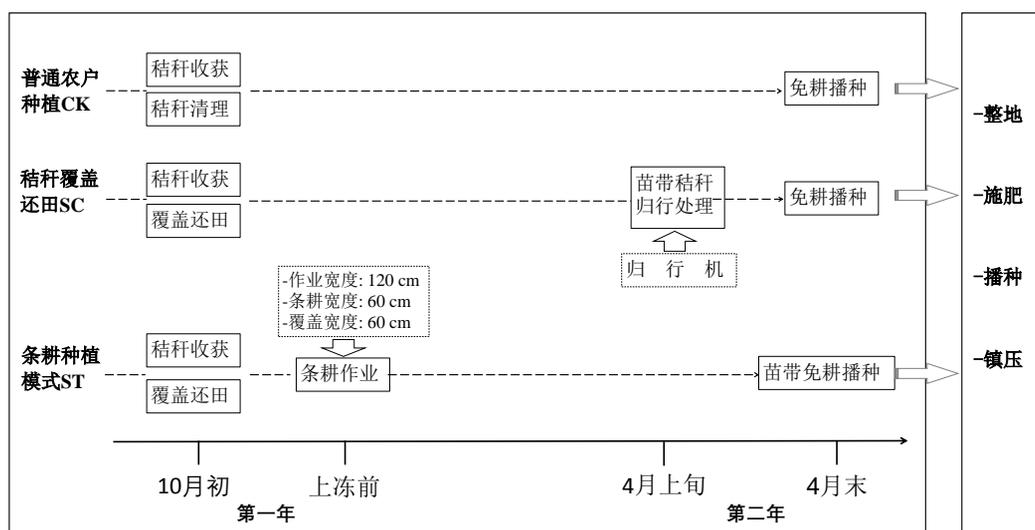


图1 试验处理及操作流程

### 1.3 测定指标与方法

#### 1.3.1 土壤温度和土壤水分测定

在玉米播种前的4月25日(播种前5 d)、4月30日(播种日期)分别调查不同土层深度土壤温度和水分的变化。其中,土壤温度利用地温计测定5、10、15、20 cm;利用烘干法测定0~10、10~20、20~30、30~40 cm土层土壤含水量(%),3次重复。

#### 1.3.2 保苗密度和幼苗生物量测定

分别在玉米生长的3展叶期与5展叶期调查群体保苗密度和幼苗生物量。每个处理随机选取4个样点,记录30延长米内的生长正常株数,根据行距计算实际保苗密度。幼苗生物量每个处理选取4个样点,每个样点取2株,结果以烘干重表示。

#### 1.3.3 产量及农艺性状调查

在玉米生理成熟后,每个小区选择20 m<sup>2</sup>,调查面积内有效穗数、穗鲜重、空株数,取标准穗10穗风干后考察穗长、穗粗、百粒重等农艺性状,并计算籽粒产量(14%标准水)。

### 1.4 数据处理

利用Microsoft 2016进行数据的整理,利用统计软件SPSS 24.0进行双因素方差分析(Two-way ANOVA),Sigmaplot 14.0进行作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同耕作方式对土壤温度的影响

由表2可知,土壤温度显著受土层深度以及耕作方式的影响,且随着土层深度的增加土壤温度下降明显。在风沙土上,从播种前5 d调查结果来看,5 cm土壤深度SC处理显著低于ST与CK,而ST与CK无显著差异( $P>0.05$ );在10、15、20 cm土层深度,ST与CK处理差异不明显,但SC在10、15、20 cm深度土壤温度分别比CK显著低1.6℃、2.3℃、1.8℃( $P<0.05$ );在播种期,SC处理在5、10、15、20 cm土层比CK低2.9℃、2.3℃、2.4℃、3℃;ST处理在5、10 cm深度土层比CK分别高1.0℃、1.9℃,而在15、20 cm深度无显著差异( $P>0.05$ )。

在黑土上,从播种前5 d调查结果可知,SC处理在5、10、15、20 cm深度土壤温度比CK分别低3.0℃、1.3℃、1.0℃、1.0℃,ST处理比CK相应低2.0℃、1.0℃、1.0℃、1.0℃;在播种期,在5、10、15、20 cm土层深度,SC处理比CK分别降低1.8℃、1.2℃、2.0℃、3.0℃,ST处理比CK在5、10、15 cm深度土层分别低1.0℃、0.5℃、1.0℃。以上研究结果表明,无论是黑土上还是风沙土,在同一土层深度SC处理地温均低于CK,而ST处理在表层土壤风沙土上高于CK,黑土上略低于CK。

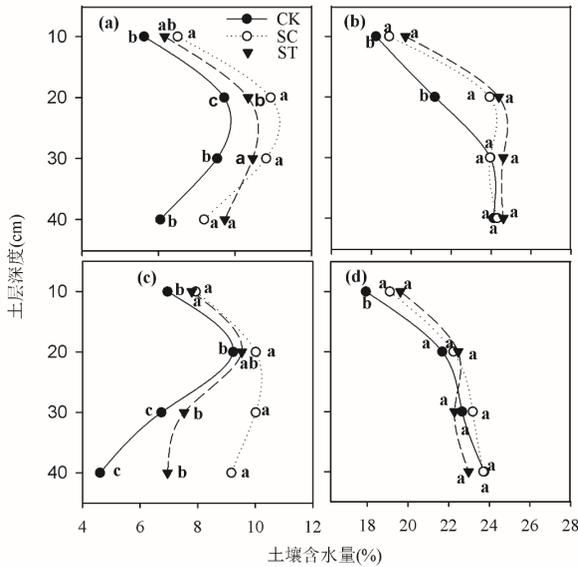
表2 不同耕作方式处理下土壤温度变化的比较

测定时期	土层深度(cm)	风沙土(℃)			黑土(℃)		
		CK	SC	ST	CK	SC	ST
播种前	5	20.5a	20.0b	20.6a	12.0a	9.0b	10.0b
	10	15.5a	13.9b	15.7a	9.0a	7.7b	8.0b
	15	12.5a	10.2b	11.8a	8.0a	7.0b	7.0b
	20	10.4a	8.6b	9.6a	8.0a	7.0b	7.0b
播种期	5	25.6a	22.7b	26.6a	22.0a	20.2b	21.0b
	10	19.2b	16.9c	21.1a	18.0a	16.8b	17.1b
	15	17.1a	14.7b	17.1a	15.0a	13.0c	14.0b
	20	15.6a	12.6b	15.1a	14.0a	11.0b	14.0a

### 2.2 不同耕作方式对土壤水分的影响

不同耕作方式处理下,土壤水分随土壤深度的变化如图2所示。在风沙土上,从播种前5 d调查结果来看(图2a),SC处理除20 cm土壤深度显著高于ST外,其它土壤深度二者无显著差异( $P>0.05$ ),但均高于CK。在0~10、10~20、20~30及30~40 cm土层SC处理比CK分别提高15.62%、15.75%、17.03%、18.95%,ST比CK相应分别提高

9.60%、8.12%、12.36%、27.89%;从播种期比较(图2c),SC处理与ST处理在0~10、10~20 cm土层土壤含水量无显著差异( $P>0.05$ ),但均显著高于CK,在20~30、30~40 cm土层不同处理差异较大,表现为SC>ST>CK。其中,SC处理在0~10、10~20、20~30、30~40 cm土层土壤含水量比CK分别提高14.09%、8.50%、48.62%、99.07%,而ST比CK相应分别提高12.10%、3.22%、11.70%与50.91%。



注:不同小写字母表示在同一土壤深度不同处理之间在0.05水平上差异显著性,下同;(a)与(c),(b)与(d)分别表示风沙土与黑土在播种前5 d与播种时0~40 cm土壤含水量

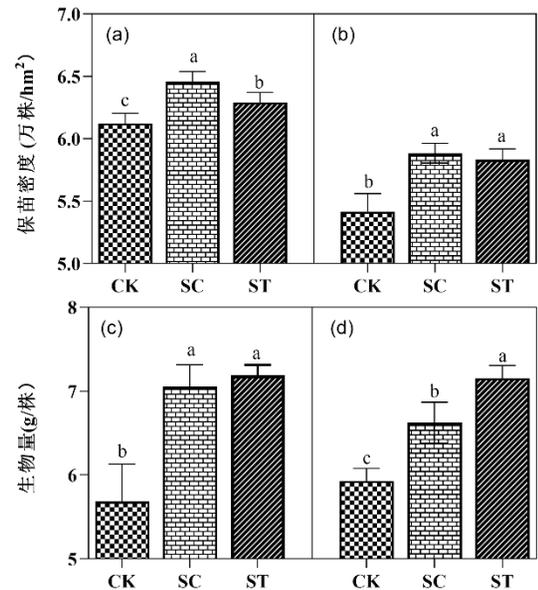
图2 不同耕作方式对风沙土及黑土0~40 cm土层土壤含水量的影响

在黑土上,无论是播种前5 d还是播种期土壤水分比较来看,三种耕作方式处理在0~10、10~20 cm深度差异较大,而在20~30、30~40 cm土层深度差异不显著( $P>0.05$ )。播种前5 d(图2b),在0~10、10~20 cm土层SC处理比CK分别提高3.61%与12.97%,ST比CK处理相应分别提高8.07%与15.11%;从播种期土壤水分比较来看(图2d),SC处理在0~10、10~20 cm土层土壤含水量比CK分别提高6.53%、2.54%,ST比CK处理相应分别提高9.43%、3.62%。

### 2.3 不同耕作方式对玉米出苗质量的影响

不同耕作处理下玉米保苗密度如图3a与图3b所示,从图中可以看出,在风沙土,不同耕作处理之间差异显著,表现为 $SC>ST>CK$ ,SC和ST比CK处理分别显著提高5.36%与2.64%;在黑土上,SC与ST处理保苗密度差异不显著,但二者均显著高于CK处理,分别提高8.58%与7.63%。此外,相关分析结果还表明,玉米保苗密度与播种前5 d 0~10 cm土壤温度呈显著正相关( $r=0.824, P=0.044$ )。

从幼苗生物量大小来看(图3c、图3d),不同耕作处理均显著影响玉米生物量,具体表现为:风沙土上SC与ST处理无显著差异,两者均显著高于CK处理;在黑土上表现为 $ST>SC>CK$ 。以上结果表明,在风沙土上SC处理保苗情况均显著优于ST与CK,SC与ST处理幼苗生物量无显著差异( $P>0.05$ ),而黑土地上,ST处理保苗密度与SC无



注:(a)(c)为风沙土上试验结果,(b)(d)为黑土上试验结果  
图3 不同耕作方式处理对风沙土和黑土玉米保苗密度及幼苗生物量的影响

显著差异,但能显著提高幼苗质量。

### 2.4 不同耕作方式对玉米产量和农艺性状的影响

由表3可知,不同耕作方式以及土壤类型下产量差异显著,表现为SC与ST处理显著高于CK,但二者无显著差异。在风沙土上,SC和ST分别比CK提高6.64%与5.90%,而黑土上分别相应提高3.75%与2.96%。在与产量相关的农艺性状中,有效穗数、穗长以及百粒重等农艺性状主要受土壤类型影响,而不同耕作处理对穗粗有显著影响。相关分析还表明(图4),玉米籽粒产量与播种前5 d土壤10~20 cm深度土壤水分含量呈显著正相关( $r=0.838, P=0.037$ )。

## 3 结论与讨论

耕作方式是影响土壤水分和土壤温度的重要因素,特别是秸秆覆盖免耕还田对播种期土壤温度的影响较大。胡宇等<sup>[12]</sup>研究表明秸秆覆盖条件下生育期平均地温比裸地降低14.2%。戴皖宁等<sup>[13]</sup>研究也表明,秸秆覆盖显著降低了土壤温度。本研究结果表明:土壤温度显著受耕作处理方式和土壤类型的影响,其中秸秆覆盖还田(SC)处理无论在黑土还是风沙土上地温均比裸地(CK)低1.0~3.0℃,而ST处理在风沙土无论是播前5 d还是播种期地温比CK 0~10 cm地温高1.0~1.9℃,而黑土地温虽低于CK处理,但显著高于SC处理,这说明ST处理与SC处理相比,地温的回升较快,更加有利于春播农事活动的进

表3 不同耕作方式对玉米产量以及产量性状的影响

土壤类型	处理	产量(kg/hm <sup>2</sup> )	有效穗数	穗长(cm)	穗粗(cm)	百粒重(g)
风沙土	CK	10 439.06b	118.7a	18.90a	4.67b	35.47a
	SC	11 132.27a	120.5a	19.90a	4.80a	36.33a
	ST	11 054.70a	120.7a	19.30a	4.80a	36.30a
黑土	CK	11 264.45b	123.0a	20.10a	4.85b	39.90a
	SC	11 687.25a	127.0a	20.95a	5.05a	39.70a
	ST	11 597.75a	126.5a	20.45a	5.15a	40.30a
误差来源						
土壤类型		*	**	ns	*	*
耕作方式		*	ns	ns	*	Ns
土壤类型×耕作方式		ns	ns	ns	ns	*

注: \*与\*\*分别表示在0.05与0.01水平上差异显著

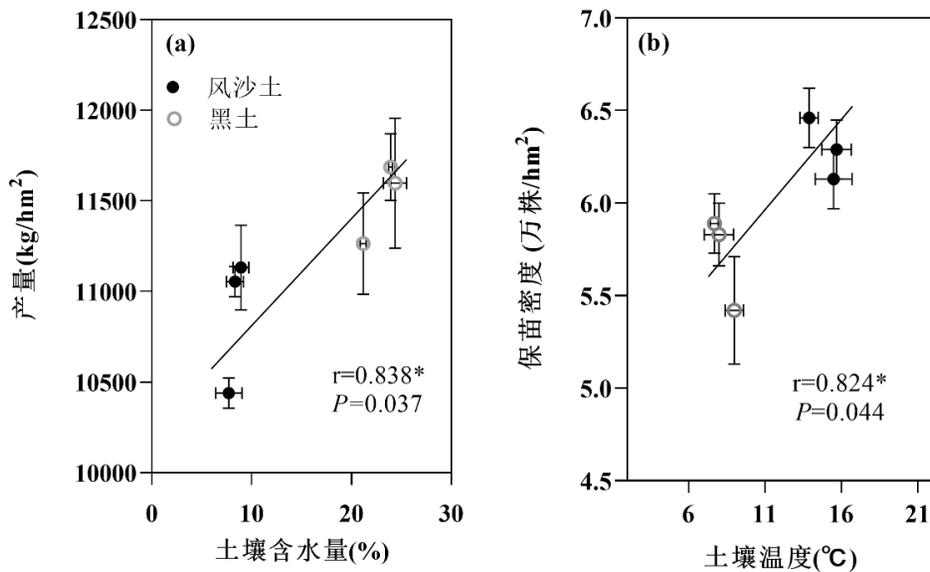


图4 玉米产量与播前5 d土壤含水量(a)以及玉米保苗密度与播前5 d土壤温度的相关关系

行。此外,相关分析结果也表明,土壤温度与玉米保苗密度呈显著的正相关关系(图4b),说明不同耕作方式可以通过影响土壤温度来影响作物的出苗速度。但自然条件下影响玉米保苗率的因素很多,从不同处理之间保苗率的比较来看,SC与ST均显著高于对照,说明在该地区秸秆还田条件下,玉米的保苗密度还可能受土壤水分有效性、土壤有害微生物侵染以及土壤水分和温度交互作用的影响。

农田土壤水分的变化主要与降水、土壤水分蒸发以及消耗利用有直接关系。而在自然降水一定的条件下,土壤水分变化主要受蒸发的影响<sup>[14]</sup>。在秸秆还田条件下,秸秆覆盖可有效降低土壤水分的蒸发速率,从而有利于土壤水分的提高。本试验结果表明,土壤水分主要受耕作方式以及土壤类型的影响,无论是秸秆全覆盖(SC)还是条带旋耕(ST)处理与CK相比均显著提高了土

壤含水量,这与前人研究结果是一致的<sup>[15]</sup>。此外,不同土壤类型比较,SC与ST处理不但对风沙土0~20 cm耕层土壤水分有显著影响,而且对30~40 cm深层土壤有显著影响,二者显著提高了深层土壤的水分含量,而SC和ST只对黑土0~20 cm耕层土壤有显著的影响。相同处理下,不同类型土壤含水量的差异主要与土壤保水能力等土壤物理性质差异有很大关系,而本研究中耕作方式与土壤类型交互作用对土壤水分的影响并不显著。

作物的生长发育除受降雨、光照、温度影响外还与农田生态小环境密切相关,而农田土壤耕作与利用方式是影响农田小气候变化的主要因素<sup>[13]</sup>。秸秆还田短期效应主要体现在对土壤物理性质的影响,秸秆还田覆盖地表后,一方面增加了对自然降水的蓄水能力,另外可抑制土壤水分蒸发散失,从而提高了水分利用效率<sup>[15]</sup>。此外,秸

秆覆盖改变了土壤的光、热、水、气体的传导性和微生物生活环境<sup>[16]</sup>,从而直接或间接地影响作物的生长。本试验结果表明,无论是黑土还是风沙土,SC和ST处理均可显著提高玉米的保苗密度与幼苗生物量,这与我们前期在吉林省西部的研究结果是一致的<sup>[17]</sup>。水分是雨养条件下限制农业生产最重要的因素。大量研究结果表明,秸秆还田可以显著提高农田自然降水利用效率,从而显著提高玉米的产量。本试验表明,与对照相比,SC与ST处理在两种土壤类型下均表现出明显的增产优势,但SC处理在风沙土表现出更明显的产量优势,而ST在黑土上增产优势更明显。相关分析表明,玉米籽粒产量与播种前5 d土壤10~20 cm深度土壤水分含量呈显著正相关( $r=0.838$ ,  $P=0.037$ ),前人研究结果也证明了这一点<sup>[15, 18]</sup>。但不同耕作处理模式下作物水分利用效率差异还需要做进一步的研究。

#### 参考文献:

- [ 1 ] Cao Q J, Li G, Yang F T, et al. Maize yield, biomass and grain quality traits responses to delayed sowing date and genotypes in rain-fed condition[J]. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 2019, 31(6): 415-425.
- [ 2 ] 李勇军,曹庆军,拉 民,等.不同耕作处理对土壤酶活性的影响[J]. *玉米科学*, 2012, 20(3): 111-114.
- [ 3 ] Cao Q J, Li G, Yang F T, et al. Plough pan impacts maize grain yield, carbon assimilation, and nitrogen uptake in the corn belt of northeast China[J]. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 2017, 29(7): 502-508.
- [ 4 ] 曹庆军,李 刚,杨粉团,等.模拟犁底层对春玉米物质积累及转运与分配的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2017, 35(2): 46-50.
- [ 5 ] 李永刚,王丽艳,张思奇,等.玉米连作障碍主要因子对苗期玉米生长影响的初步分析[J]. *东北农业科学*, 2017, 42(2): 27-31.
- [ 6 ] Chen J, Zheng M J, Pang D W, et al. Straw return and appropriate tillage method improve grain yield and nitrogen efficiency of winter wheat[J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2017, 16(8): 1708-1719.
- [ 7 ] Hiel M P, Barbieux S, Pierreux J, et al. Impact of crop residue management on crop production and soil chemistry after seven years of crop rotation in temperate climate, loamy soils[J]. *Peer J*, 2018, 6(5), e4836.
- [ 8 ] Wang W, Jia H, Diao P. Effects of strip till planter on soil physical properties and maize (*Zea mays* L.) growth in Northeast China[J]. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 2019 (2): 1-14.
- [ 9 ] Jug D, Đurđević B, Birkús M, et al. Effect of conservation tillage on crop productivity and nitrogen use efficiency[J]. *Soil and Tillage Research*, 2019, 194: 104327.
- [ 10 ] Butterly C P, Baldock J A, Tang C. The contribution of crop residues to changes in soil pH under field conditions[J]. *Plant and Soil*, 2013, 366(1-2): 185-198.
- [ 11 ] Frey S D, Elliott E T, Paustian K J S B, et al. Bacterial and fungal abundance and biomass in conventional and no-tillage agroecosystems along two climatic gradients[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 1999, 31(4): 573-585.
- [ 12 ] 胡 宇,具红光,赵 鑫,等.不同覆盖条件对吉林省东部冷凉区中晚熟玉米产量的影响[J]. *东北农业科学*, 2019, 44(5): 20-25, 42.
- [ 13 ] 戴皖宁,王丽学, Khan I, 等.秸秆覆盖和生物炭对玉米田间地温和产量的影响[J]. *生态学杂志*, 2019, 38(3): 719-725.
- [ 14 ] Bi Y L, Qiu L, Zhakypbek Y, et al. Combination of plastic film mulching and AMF inoculation promotes maize growth, yield and water use efficiency in the semiarid region of Northwest China[J]. *Agricultural Water Management*, 2018, 201, 278-286.
- [ 15 ] Zhang P, Wei T, Wang H X, et al. Effects of straw mulch on soil water and winter wheat production in dryland farming[J]. *Scientific Reports*, 2015, 5: 10725.
- [ 16 ] Zhu X C, Sun L Y, Song F B, et al. Soil microbial community and activity are affected by integrated agricultural practices in China[J]. *European Journal of Soil Science*, 2018, 69(5): 924-935.
- [ 17 ] 曹庆军. 吉林省半旱区耕作模式研究[D]. 长春: 吉林大学, 2012.
- [ 18 ] Zheng W, Wen M J, Zhao Z Y, et al. Black plastic mulch combined with summer cover crop increases the yield and water use efficiency of apple tree on the rainfed Loess Plateau[J]. *PLoS One*, 2017, 12(9): e0185705.

(责任编辑:王丝语)