不同土壤耕作方式对东北风沙土区玉米田土壤质量及产量的影响

乔云发[1]，苗淑杰[1]，陆欣春[2]，姚 婷[1]，王铁成[3]

（1.南京信息工程大学，江苏 南京 210044；2.中国科学院 东北地理与农业生态研究所，黑龙江 哈尔滨 150081；3.黑龙江省杜蒙县农业局，黑龙江 大庆 162200）

摘 要：[目的] 研究黑龙江省西部不同土壤耕作方式对玉米产量及土壤性状的影响，为该地区农业生产提供参考。[方法] 比较常规耕作、旋耕、翻耕、深翻和超深翻耕作对玉米产量和土壤物理特性的影响。[结果] 翻耕和超深翻耕作增加了土壤含水量和田间持水量，降低了耕层土壤渗透速率、土壤容重和土壤紧实度，但是增加犁底层土壤渗透速率、土壤容重和土壤紧实度。翻耕、深翻和超深翻处理耕层土壤三相结构距离(STPSD)和土壤结构指数(GSSI)较好；翻耕、深翻和超深翻处理显著降低犁底层土壤的 GSSI，增加 STPSD；旋耕处理没有显著影响犁底层土壤 GSSI 和 STPSD。与常规耕作处理相比，翻耕和超深翻分别增加玉米产量 7.6%和 6.0%。翻耕比超深翻玉米产量高 10.9%。深翻处理玉米产量为 5.58 t/hm^2，比常规耕作减产 8.1%。[结论] 在不完全打破犁底层情况下，在黑龙江西部地区翻耕是比较理想的耕作方式。

关键词：风沙土；耕作；土壤水分；玉米

文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2018)03-0019-05 **中图分类号**：S157.4$^+$2，S344

文献参数：乔云发，苗淑杰，陆欣春，等.不同土壤耕作方式对东北风沙土区玉米田土壤质量及产量的影响[J].水土保持通报，2018，38(3)：19-23. DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.2018.03.004. Qiao Yunfa，Miao Shujie，Lu Xinchun，et al. Effects of tillage management on maize yield and soil quality in aeolian sandy soil of Northeast China[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation，2018，38(3)：19-23.

Effects of Tillage Management on Maize Yield and Soil Quality in Aeolian Sandy Soil of Northeast China

QIAO Yunfa[1]，MIAO Shujie[1]，LU Xinchun[2]，YAO Ting[1]，WANG Tiecheng[3]

(1. *Nanjing University of Information Sciences & Technology*，*Nanjing*，*Jiangsu* 210044，*China*；2. *Northeast Institute of Geography and Agroecology*，*Chinese Academy of Sciences*，*Harbin*，*Heilongjiang* 150081，*China*；3. *Dumeng County Agricultural Bureau of Heilongjiang*，*Daqing*，*Heilongjiang* 162200，*China*)

Abstract：[Objective] A field experiment was carried out to investigate the responds of maize yield and soil physical characters to different tillage managements in order to provide the scientific basis for agriculture production in the western part of Heilongjiang Province. [Methods] Five tillage strategies including rotary tillage，plowing，deep plowing，deep subsoiling and local conventional tillage were used. [Results] By plowing and deep subsoiling，soil water content and field water capacity increased in topsoil but decreased in plow bottom soil. Soil three phase structure distance (STPSD) and generalized soil structure index (GSSI) were preferable in plowing，deep plowing and deep subsoiling treatments，but poor in plow bottom soil. Both GSSI and STPSD were not affected by rotary tillage. Compared to local conventional tillage，plowing and deep subsoiling increased maize yield by 17.6% and 6.0%，respectively. Maize yield with plowing was 10.9% higher than that in deep subsoiling. The maize yield in deep plowing was 5.58 t/hm^2，which was 8.1% lower than that in local conventional tillage. [Conclusion] Without soil breaking at plow bottom，

收稿日期：2017-11-09 **修回日期**：2017-12-01

资助项目：农业部公益性行业(农业)科研专项“旱地合理耕层构建技术指标研究”(201503116-03)；南京信息工程大学大学生实践创新训练计划项目；南京信息工程大学引进人才项目

第一作者：乔云发(1975—)，男(汉族)，黑龙江省讷河市人，博士，研究员，从事耕作与栽培方面研究。E-mail：qiaoyunfa@163.com。

plowing was the best tillage management in the aeolian sandy soil of Northeast China.

Keywords: aeolian sandy soil, tillage, soil water, maize

东北地区是中国玉米主产区,种植面积占全国1/3以上,总产占全国的40%,被誉为中国的"粮仓"[1]。但该地区还分布有10%的中低产田,主要分布在风沙土区。该区气候干旱、土壤贫瘠、且易受风蚀水蚀影响,土壤保水保肥能力较差。该区是东北地区玉米高产的主要障碍区[2],因此,提高风沙土区玉米产量成为东北玉米增产的关键。合理的土壤耕作方式能够培肥地力,改善土壤生态环境条件,增加土壤蓄水能力,有效增加玉米产量[3]。如何采取适宜的土壤耕作措施,是提高当前风沙土区低产田玉米产量的有效方式之一[4]。土壤耕作后耕层土壤密度、含水量等物理性状均发生变化,土壤三相比重新分配,相应的土壤结构指数(GSSI)和土壤三相结构距离(STPSD)也发生变化,因此可以通过GSSI和STPSD来评价深耕对土壤物理结构的影响[5]。为此,本研究拟以大庆市杜蒙地区风沙土壤为研究对象,采用4种不同的土壤方式,以当地农民传统破垄播种为对照,研究不同土壤耕作方式对玉米产量的影响及土壤物理性状的影响,为该地区农业生产提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验于2016年5—10月在黑龙江省大庆市杜尔伯特蒙古族自治县农业科技园进行(46°47′N,124°26′E),该园区处于中国东北风沙土区的中心位置,平均海拔高度138 m。该区属温带大陆性半干旱季风气候,冬季寒冷干燥,夏季高温多雨,四季分明,雨热同季,年平均气温3.1 ℃,≥10 ℃活动积温2 600～2 800 ℃,无霜期145～150 d,年均降雨量400 mm,且分布不均,降雨主要集中在7—9月,冬春季风大,气候干燥,蒸发力大,干旱和水土流失现象较为严重。土壤类型为沙壤土,基础肥力情况为:土壤有机质含量为15.1 g/kg,全氮含量为0.99 g/kg,全磷含量为1.15 g/kg,全钾含量为24.3 g/kg,碱解氮52.6 mg/kg,速效磷含量为16.7 mg/kg,速效钾含量为123.1 g/kg,pH值为7.84。犁底层剖面位置19—31 cm,紧实度4.52 Mpa/cm^2,容重1.54 g/cm^3,孔隙度25.1%,三相结构距离(STPSD)21.61,土壤结构指数(GSSI)71.26。

1.2 试验设计

试验共设5个处理(表1),每个处理3次重复,每个小区面积126 m^2,随机排列。5月14日播种,施玉米专用肥450 kg/hm^{2}作基肥,在拔节期追施尿素1次,施肥量150 kg/hm^2,采用人工锄草2次,小四轮拖拉机松土3次。6月28日浇灌1次,灌水量25 mm,种植密度为5.5万株/hm^2。玉米品种为吉农302,秋季10月份采集测定耕层和犁底层土壤。

表1 不同耕作措施及种植方式

处理	种植方式
常规	当地传统耕作方法,春季破垄苗带移位播种
旋耕	旋耕机旋深17 cm
翻耕	翻耕犁翻耕20 cm
深翻	挖掘机翻耕35 cm,打破犁底层
超深翻	挖掘机翻耕50 cm,把0—50 cm土壤混拌

1.3 测定方法

土壤容重:采用环刀方法。

土壤硬度:采用TYD-2土壤硬度计测定土壤硬度,每小区S型测定5点。

土壤含水量:选择小区中部,距垄脊5—7 cm距离处采集土样,采用烘干法测定。

饱和含水量:采用室内测定方法(环刀法)。

田间持水量:采用室内测定方法(环刀法)。

渗透速率:采用室内测定方法(环刀法)。

收获测产:每个小区随机取3点,每点3 m^{2}进行玉米产量的测定,每个样点各取100 g用烘干测定玉米含水量,最后计算出玉米烘干产量。

土壤三相比:玉米成熟期采用5点取样,用环刀分别取耕层和犁底层土,用烘干方法测定土壤三相比,计算土壤三相结构距离(STPSD)和土壤结构指数(GSSI)[5]:

$$STPSD=\{(X_g-50)^2+(X_g-50)(X_g-25)+(X_y-25)^2\}^{0.5} \quad (1)$$

$$GSSI=\{(X_g-25)X_yX_q\}^{0.4769} \quad (2)$$

式中:STPSD——土壤三相结构距离;GSSI——广义土壤结构指数;X_g——固相体积百分比(%);X_y——液相体积百分比(%);X_q——气相体积百分比(%)。

2 结果与讨论

2.1 不同土壤耕作方式对风沙土保水性能的影响

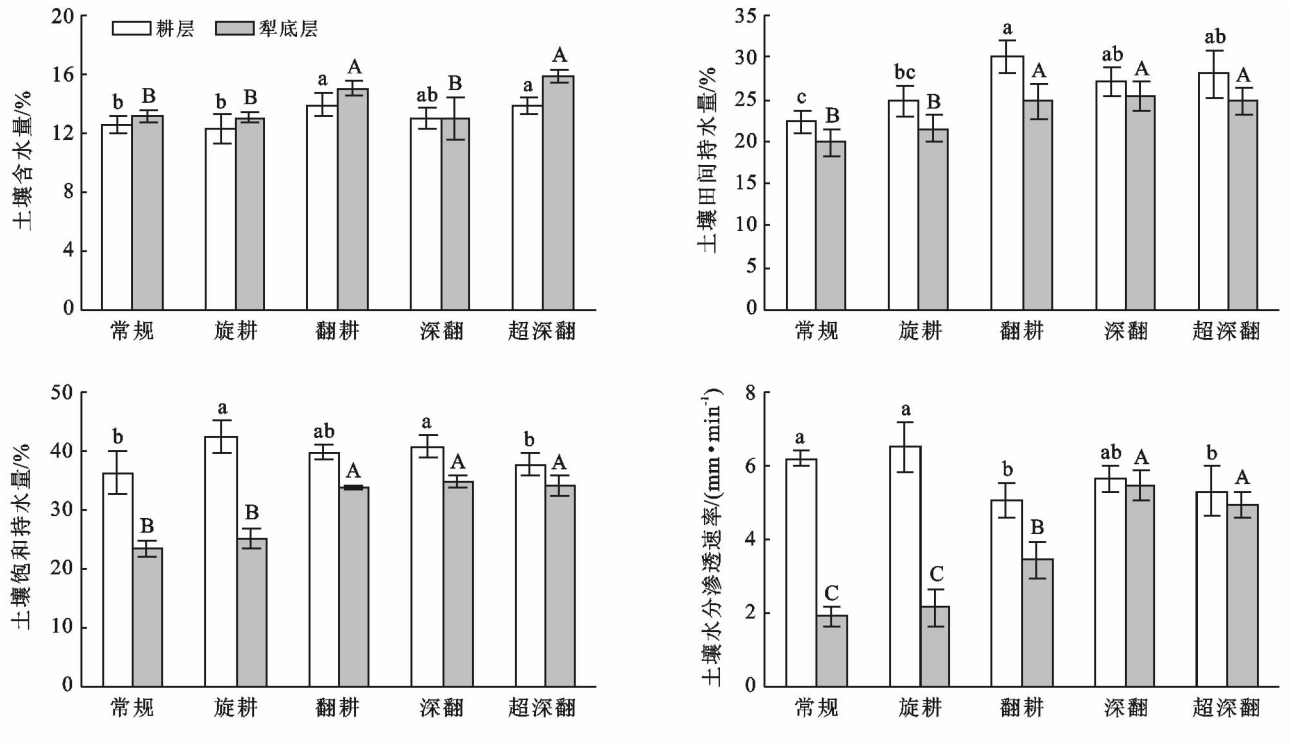
土壤剖面层次土壤含水量差异较大,犁底层土壤含水量比耕层土壤平均高6.6%。与农民常规耕作

相比,翻耕和超深翻耕层土壤含水量分别增加10.5%和14.4%,犁底层土壤含税量分别增加10%和20.7%,可知相比农民常规耕作和翻耕,超深翻更有利于土壤保水,而旋耕和深翻对耕层和犁底层土壤含水量影响差异不显著。耕作层较浅的农民常规耕作和旋耕的处理,土壤相对板结,结构性差,不利于水分的运移[6]。

黏粒和有机质含量高的土壤持水性能较好,田间持水量较大,同时田间持水量与土壤结构具有一定相关性[6-7]。土壤翻耕对土壤田间持水量影响如图 1 所示。耕层田间持水量高于犁底层 6.4%～21.3%,这主要是由于犁底层土壤比较紧实毛管不发达[5]。不同土壤耕作措施耕层土壤田间持水量表现为:翻耕>超深翻>深翻>旋耕>常规耕作;而犁底层为:深翻>翻耕、超深翻>旋耕。

饱和持水量是土壤全部孔隙充满水时所保持的水量。不同耕作方式下耕层土壤饱和持水量为36.3%～42.5%。与常规耕作相比,旋耕耕层饱和持水量高了 17%,但对犁底层饱和持水量没有影响。翻耕、深翻和超深翻犁底层土壤饱和持水量平均达34.3%,比常规耕作和旋耕处理增加近 1 倍。

土壤的渗透性能主要受土壤物理性状、土壤机械组成、土壤含水量等多种因素的影响,渗透速率能较好表征土壤的渗透性能[8]。不同土壤耕作措施显著影响土壤的渗透速率,特别影响犁底层的渗透速率(图 1)。翻耕降低耕层土壤渗透速率,而显著增加犁底层渗透速率,增加 13.5%～18.6%,不同土壤耕作方式表现为:深翻>超深翻>翻耕>旋耕>常规。翻耕主要是打破犁底层,改变犁底层结构,导致沙土区漏水漏肥,因此在风沙土区耕地作业深度不宜超过 20 cm。



注:不同小写字母表示在耕层不同耕作方式下处理间差异显著,不同大写字母表示在犁底层不同耕作处理间差异显著。下同。

图 1　不同耕作方式对土壤保水性能的影响

2.2　耕作方式对风沙土容重和紧实度的影响

土壤容重是土壤的一个基本物理性质,能够综合反映土壤松紧度。土壤容重越大,表明土壤紧实、板结,土壤退化趋势愈强;容重小,则说明土壤疏松多孔,结构型良好[9]。由图 2 可知,不同土壤耕作方式对耕层容重的影响小于对犁底层的影响。与常规耕作相比,翻耕、深翻和超深翻增加耕层土壤容重3.2%～7.4%,同时降低犁底层容重 4.7%～13.4%,而旋耕对耕层和犁底层容重影响不显著。

土壤紧实度是土壤管理的重要指标,它与有机残茬还田、化肥利用、土壤养分循环、土壤微生物、作物生长及产量、土壤耕作方式等关系密切[9]。过于紧实的土壤可阻止水分的入渗,引起地表径流,降低水分和养分的利用效率率,进而降低作物产量[9]。图 2 表明不同土壤耕作方式对土壤紧实度有较大影响。和常规耕作相比,翻耕、深翻和超深翻耕层土壤紧实度增加1.1～1.6 倍,犁底层则降低 8.7%～43.6%;旋耕对犁底层土壤紧实度无显著影响,但是降低耕层土壤紧实度。因此,可以通过采用合理土壤翻耕措施,降低耕层和犁底层土壤紧实度,创建合理土壤剖面结构。

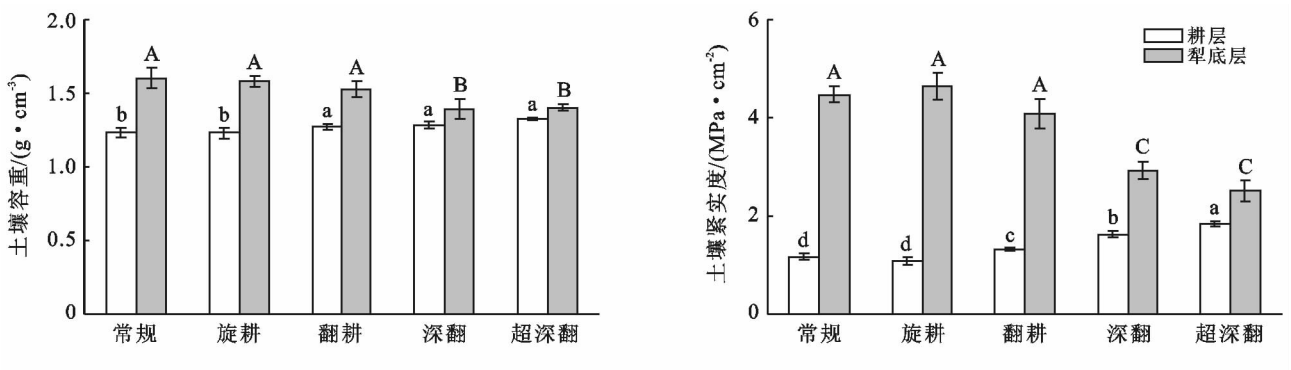


图2 不同耕作方式对土壤容重和紧实度的影响

2.3 耕作方式对风沙土三相比的影响

理想的土壤三相比是固相50%,液相和气相各25%,GSSI代表广义土壤结构指数,土壤结构越接近理想状态,GSSI越接近100[5]。STPSD代表土壤三相结构距离,土壤三相结构越接近理想状态,STPSD值越接近0[5]。

由表2可见,不同土壤耕作方式下土壤三相比均表现为犁底层气相比低于耕作层(平均低21.3%~60.0%),液相比和固相比高于耕作层。与常规耕作相比,其它耕作方式均有较大的GSSI值和较小的STPSD值,说明非常规耕作对土壤物理结构的改善有积极的作用。在耕层各深耕处理的STPSD值均小于常规处理,降低18%。旋耕、翻耕、深翻和超深翻处理土壤结构较为合理,但各处理间没有显著差异。在犁底层,超深翻土壤物理结构最为合理,GSSI值较常规耕作处理提高了29.5%,STPSD值较降低了40.2%,而翻耕、深翻和超深翻处理间处理无显著差异。

表2 不同耕作方式对土壤三相比的影响

土层	处理	三相比例/%			STPSD	GSSI
		固相	液相	气相		
耕层	常规	63.66±3.62	12.59±0.56	23.74±3.94	13.84±2.04	84.99±2.58
	旋耕	57.48±2.81	12.27±0.96	30.25±2.11	11.55±1.16	87.66±2.44
	翻耕	60.27±1.24	13.92±0.83	25.81±1.28	10.82±0.83	90.20±1.48
	深翻	59.25±1.88	13.03±0.75	27.72±2.39	10.82±0.68	88.90±1.30
	超深翻	62.28±1.97	13.86±0.52	23.86±1.75	10.82±1.20	88.94±1.62
犁底层	常规	76.62±1.41	13.14±0.44	10.23±1.37	23.12±1.26	67.43±3.74
	旋耕	74.85±1.88	13.04±0.33	12.11±1.74	21.56±1.63	71.57±3.81
	翻耕	66.19±0.26	15.04±0.47	18.77±0.27	14.15±0.27	86.81±0.56
	深翻	65.16±0.98	13.01±1.39	21.84±2.33	14.14±0.42	85.08±1.00
	超深翻	65.87±1.83	15.86±0.38	18.27±1.48	13.84±1.51	87.32±2.30

2.4 耕作方式对玉米产量的影响

由图3可知,耕作方式对玉米产量影响较大,与常规耕作处理相比,翻耕和超深翻增加玉米产量,分别增加17.6%和6.0%,翻耕比超深翻产量高10.9%。这主要可能是由于翻耕增加了耕层有效土壤,超深翻处理虽然打破犁底层,但是由于深层土壤黏粒含量高,超深翻把剖面深层土壤混拌,增加耕层土和犁底层土壤黏粒含量,增加土壤保肥保水能力。通常来说由于东北地区四季分明,长期耕作土壤剖面分层明显,上层土壤熟化较好,下层土壤熟化较差,深翻和超深翻会将下层深层土壤上移,影响当年玉米产量。一方面土壤越黏重上层土壤与下层土壤熟化程度越大,由于风沙土黏粒含量少,上下层土壤能量和物质交换比较频繁,熟化差异对玉米生长影响较小。另一方面夏季风沙土增温快,昼夜温差大,土壤通透性强,加速翻耕到表层的深层土壤的熟化,所以由于上层土熟化程度对当季玉米产量的影响远小于耕作对玉米产量的影响。次外,从经济效益角度来看与常规耕作相比,翻耕作业增加生产投入成本750元/hm^2,增收玉米当前市场价值1 598元,净收入增收848元/hm^2。深翻处理玉米产量为5.58 t/hm^2,比常规耕作减产8.1%,生产投入增加1 050元/hm^2。旋耕处理与常规耕作玉米产量差异不显著。超深翻耕作比常规耕作虽然增加玉米产量,每1 hm^2

增收玉米价值 543 元,但是同时超深翻投入增加 1 275元/hm^2。因此,综合考虑,理想耕作模式是在不完全打破犁底层情况下,采取翻耕作业是最理想耕作模式。

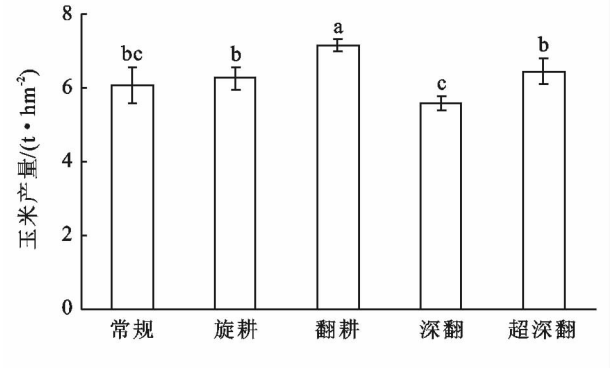


图 3　不同耕作方式对玉米产量的影响

3　结 论

不同的土壤耕作方式对风沙土物理特性有着不同的影响,与农民常规耕作相比,翻耕和超深翻耕作增加土壤含水量和田间持水量,降低耕层而增加了犁底层的土壤渗透速率,同时降低土壤容重和土壤紧实度。旋耕处理对土壤含水量、田间持水量、容重和紧实度影响不显著,但显著增加耕层饱和持水量。深翻处理打破犁底层,增加犁底层土壤渗透速率,降底犁底层土壤容重和紧实度。与常规耕作相比,4 种耕作措施的增加了耕层 GSSI,降低 STPSD。翻耕、深翻和超深翻处理犁底层显著降低 GSSI,增加 STPSD。旋耕处理犁底层 GSSI 和 STPSD 差异不显著。不同土壤耕作方式对玉米产量的影响较大,翻耕>超深翻>旋耕、常规>深翻,而深翻减产 8.1%。根据不同土壤耕作对土壤物理特性及玉米产量和经济效应的综合分析,东北风沙区玉米田采用翻耕可以改善耕层土壤物理特性增加玉米产量,从而更好地实现农业的可持续发展。

[参 考 文 献]

[1] 杨镇,才卓,景希强,等. 东北玉米[M]. 北京:中国农业出版社,2007:1-2.

[2] 卢宪菊,李子忠,段雯晓,等. 宽窄行种植对东北风沙土区玉米水分利用及产量的影响[J]. 土壤通报,2014,45(4):939-946.

[3] 王孟雪,张玉先. 耕作措施对黑龙江省风沙土区玉米生长发育及产量的影响[J]. 水土保持通报,2013,33(4):59-63.

[4] 张有利,李娜,王孟雪,等. 不同整地方式对风沙土玉米地土壤紧实度的影响[J]. 水土保持研究,2015,22(1):97-99.

[5] 李晓龙,高聚林,胡树平,等. 不同深耕方式对土壤三相比及玉米根系构型的影响[J]. 干旱地区农业研究,2015,33(4):1-7.

[6] 王孟雪,张有利,张玉先. 黑龙江风沙土区不同耕作措施对玉米地土壤水分及产量的影响[J]. 水土保持研究,2011,18(6):245-251.

[7] 宋明元,吕贻忠. 土壤改良措施对科尔沁风沙土保水性及玉米生长的影响[J]. 干旱区资源与环境,2016,30(1):180-184.

[8] 刘艇,王继红. 不同植被覆盖土壤水库容特征及渗透速率[J]. 四川农业大学学报,2010,28(4):471-474.

[9] 杨世琦,吴会军,韩瑞芸,等. 农田土壤紧实度研究进展[J]. 土壤通报,2016,47(1):226-232.