



# 不同深松年限对半干旱区土壤物理性质和玉米籽粒产量的影响

高盼,刘玉涛,王宇先,杨慧莹,徐莹莹,王俊河,谭可菲

(黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院,黑龙江 齐齐哈尔 161006)

**摘要:**为构建合理耕层,促进半干旱区农业节本增效,在半干旱区开展了隔年深松、隔两年深松、连年深松与不深松做大区对比研究。结果表明:播种前,土壤孔隙度在0~10 cm土层,隔两年深松、连年深松可以增加土壤孔隙度。在10~40 cm时,隔年深松、隔两年深松、连年深松处理的土壤孔隙度与不深松处理比增加9.35%~16.97%、13.54%~30.82%、6.46%~8.18%。收获后,在0~40 cm土层,隔年深松、隔两年深松、连年深松处理土壤孔隙度与不深松处理相比增加9.01%~13.61%、5.29%~20.92%、6.15%~16.42%。播种前,隔年深松、隔两年深松、连年深松处理土壤容重平均比不深松处理低0.012、0.066、0.097 g·cm<sup>-3</sup>。收获后,隔年深松、隔两年深松、连年深松处理土壤容重平均比不深松处理低0.14、0.17、0.15 g·cm<sup>-3</sup>。气相率对比隔两年深松处理>隔年深松处理>连年深松处理的趋势,说明随着深松年限和频率的增加,深松处理对降低固相率、提高气相比效果明显。深松可以提高玉米产量。隔年深松处理、连年深松处理、隔两年深松处理分别比不深松处理提高12.08%、10.50%和6.34%,其中隔年深松增产幅度最大。说明不同年限的深松处理均有增产效果,以隔年深松处理增产效果最好。

**关键词:**深松;半干旱区;土壤物理性质;玉米籽粒产量

黑龙江省是我国玉米重要的粮食生产基地,玉米种植面积约为705万hm<sup>2</sup>左右<sup>[1]</sup>。旱田整地长期以旋耕整地模式为主,深度一般为10~15 cm<sup>[2]</sup>,长时期的单一土壤耕作模式会造成不利于玉米生长的土壤环境,深松可以有效解决这种问题:一是深松可以打破土壤犁底层,改善土壤的松紧度和孔隙度,促进玉米根系的生长发育,增加根系活跃度和固持能力<sup>[3]</sup>;二是深松可以增加土壤蓄水能力和通气性<sup>[4]</sup>。但连年深松费时费力,生产实践上难以推广。因此,将少免耕与深松结合,合理的轮耕就可以为玉米生长提供良好的土壤环境<sup>[5]</sup>。在黑龙江地区旱地生产调查表明:高产田土壤耕层厚度13~17 cm,犁底层厚度5~8 cm,中产田土壤耕层厚度10~13 cm,犁底层厚度8~12 cm,低产田土壤耕层厚度8~10 cm,犁底层厚度12 cm以上<sup>[6]</sup>。近年来,国内主要研究

不同耕作方式或耕作方式与肥料配施对土壤和作物的影响<sup>[7-9]</sup>,国外主要集中保护性耕作的研究<sup>[10-11]</sup>。本文研究隔年深松对土壤结构及其对玉米生长发育特性的影响,以及其不同年限的效果,为构建合理耕层和半干旱区农业节本增效提供重要理论依据和技术支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地点设在黑龙江省农业科学院大庆分院试验基地,年平均降雨量400 mm,有效活动积温2 900℃。整地方式长期连续多年采用旋耕模式,旋耕深度10 cm,土壤耕层厚度11.5 cm,犁底层厚度10 cm。土壤基本性质详见表1。

### 1.2 材料

供试玉米品种为先玉335。

### 1.3 方法

**1.3.1 试验设计** 试验采用大区对比设计,设4个处理,分别为不深松、隔年深松、隔两年深松和连年深松,各处理均为秋季深松,深松深度为30 cm。每个处理用地3 333 m<sup>2</sup>不设重复。试验始于2015年5月玉米播种季开始,2015年5月玉米播种之前试验田全部为传统耕作。在2017年5-10月玉米生长季进行调查,深松部位位于垄体。深松机械为全方位震动深松机,旋耕为旋耕机。深施底肥,复合肥氮12%、磷20%、钾13%,

收稿日期:2018-05-15

**基金项目:**公益性行业(农业)科研专项资助项目(2015 03116-02);农业基础性长期性科技工作资助项目(ZX 07SO803);齐齐哈尔市科技攻关资助项目(NYGG-201725、NYGG-201625);中央引导地方科技专项资助项目(ZY 16c05-2);黑龙江省农业科学院科研资助项目(2017SJ034、2017SJ033)。

**第一作者简介:**高盼(1990-),女,硕士,研究实习员,从事作物栽培研究。E-mail:panneygao@126.com。

**通讯作者:**王俊河(1963-),男,学士,研究员,从事耕作与栽培研究;E-mail:wangjunhe63@163.com。

施肥量 375 kg·hm<sup>-2</sup>,5 月初机械精量播种,密度 6.75 万株·hm<sup>-2</sup>,播后喷灌,灌水量 35 mm,玉米 4 叶期化学除草,化除后 7 d,进行第一次定苗整地。拔节期进行第二遍整地。成熟期测产。

表 1 供试土壤理化性质

Table 1 The physical and chemical properties of tested soil

土层/cm Soil layers	碱解氮/(mg·kg <sup>-1</sup> ) Alkaline N	有效磷/(mg·kg <sup>-1</sup> ) Alkaline P	速效钾/(mg·kg <sup>-1</sup> ) Alkaline K	有机质/(g·kg <sup>-1</sup> ) Organic matter	pH	CEC/(cmol·kg <sup>-1</sup> )
0~10	80.92	34.03	144.6	20.09	8.13	19.10
10~20	84.78	28.19	130.1	20.03	8.22	18.69
20~30	80.92	25.72	121.1	10.96	8.14	18.58
30~40	80.92	25.50	116.7	10.83	8.17	18.58
40~50	69.36	19.89	108.5	11.61	8.27	18.27

1.3.2 土壤容重、孔隙度和三相比测定 采用环刀法测定土壤容重,测定深度为 0~10 cm、10~20 cm、20~30 cm、30~40 cm、40~50 cm,按 S 形取样 5 点。土壤总孔隙度=1-容重/土壤比重,土壤比重一般取 2.65<sup>[12]</sup>。用 DIK-1130 测定土壤三相比<sup>[13]</sup>。

1.3.3 籽粒测产 成熟期时每个处理每个重复随机挑选长势均匀一致的 5 m 双行,选取 5 穗考察穗长度、秃尖长度、穗粒数、含水率、千粒重(烘干重),记算公顷籽粒产量(14%标准含水量),其余脱粒晒干后称量计产。

1.3.4 数据分析 采用 Excel 2010 和 DPS 8.50 统计软件进行数据分析和处理。

2 结果与分析

2.1 不同深松年限对土壤孔隙度的影响

由表 2 可知,播种前,土壤孔隙度在 0~10 cm 土层,隔两年深松、连年深松可以增加土壤

孔隙度。在 10~40 cm 时,隔年深松、隔两年深松、连年深松处理的土壤孔隙度与不深松处理比增加 9.35%~16.97%、13.54%~30.82% 和 6.46%~8.18%。收获后,0~40 cm 土层隔年深松、隔两年深松、连年深松处理土壤孔隙度与不深松处理相比增加 9.01%~13.61%、5.29%~20.92% 和 6.15%~16.42%。

2.2 不同深松年限对土壤容重的影响

从图 1 中可以看出,播种前和收获后隔年深松、隔两年深松、连年深松处理土壤容重在 50 cm 达到最大。隔年深松和隔两年深松收获后 20~50 cm 土层土壤容重高于播种前。收获后,不同土层、不同深松处理的土壤容重均小于不深松处理。播种前,隔年深松、隔两年深松、连年深松处理土壤容重平均比不深松处理低 0.012、0.066 和 0.097 g·cm<sup>-3</sup>。收获后,隔年深松、隔两年深松、连年深松处理土壤容重平均比不深松处理低 0.14、0.17 和 0.15 g·cm<sup>-3</sup>。

表 2 不同深松年限土壤孔隙度

Table 2 Soil porosity of different depth of time on soil porosity

处理 Treatments	播种前/% Before sowing					收获后/% After harvesting				
	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm	30~40 cm	40~50 cm	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm	30~40 cm	40~50 cm
不深松	61.32 a	46.91 c	46.93 c	46.90 ab	56.69 a	51.28 b	46.18 b	45.17 c	43.33 c	49.43 a
隔年深松	59.32 ab	53.59 b	51.32 b	54.86 a	50.87 b	58.26 a	52.09 a	49.24 b	48.14 a	45.65 b
隔两年深松	62.41 a	61.37 a	58.29 a	53.25 a	49.35 b	59.17 a	55.84 a	51.50 a	45.62 b	44.98 b
连年深松	63.11 a	50.11 c	50.77 b	49.93 b	46.53 c	59.70 a	53.18 a	47.95 c	46.60 a	43.11 b

同列数据后不同字母表示差异显著(P<0.05)。下同。

The lowercase in the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

2.3 不同深松年限对土壤三相比的影响

由图 2 可知,播种前,在 0~50 cm 土层,隔年深松、隔两年深松、连年深松可以增加土壤气相率。与不深松相比,隔年深松、隔两年深松、连年深松处理的土壤气相率分别增加 4.13%~

19.14%、1.20%~19.86% 和 11.90%~14.46%。收获后,隔年深松、隔两年深松、连年深松处理土壤气相率与不深松处理相比呈增加趋势。0~50 cm 土壤隔年深松处理比不深松处理增加 6.5%~22.72%、隔两年深松处理比不深松

处理增加7.50%~22.26%、连年深松处理比不深松处理增加7.16%~14.48%。气相率对比隔两年深松处理>隔年深松处理>连年深松处理的趋

势,说明随着深松年限和频率的增加,深松处理对降低固相率、提高气相率效果明显。

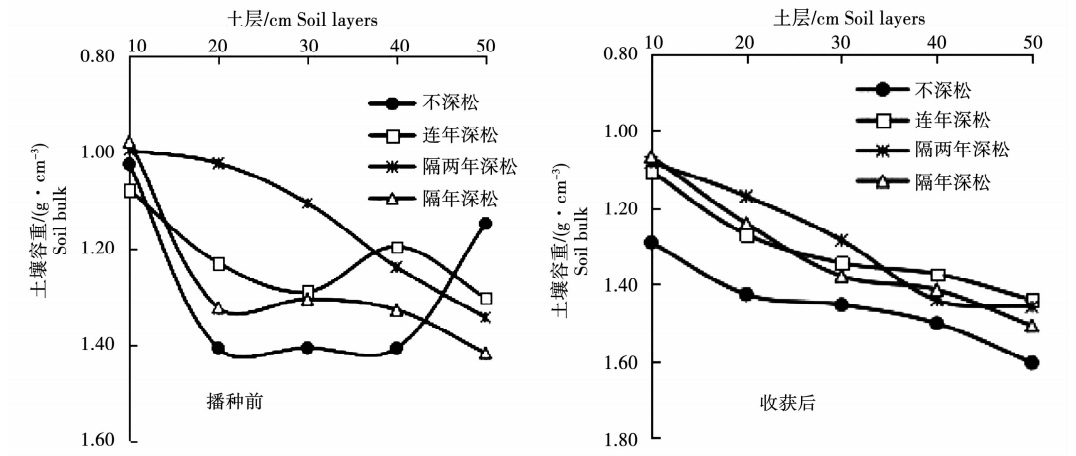


图1 播种前和收获后土壤容重  
Fig. 1 Soil bulk density before sowing and after harvesting

2.4 不同深松年限对玉米产量的影响

由表3可知,隔年深松处理的穗长、行粒数高于其它处理,其它指标差异不显著。不同深松年限处理对玉米产量均有不同程度的增产且与不深松处理达到显著水平,隔年深松处理>连年深松

处理>隔两年深松处理>不深松处理,增产幅度分别为12.08%、10.50%和6.34%,其中隔年深松增产幅度最大。说明不同年限的深松处理均有增产效果,以隔年深松处理增产效果最好。

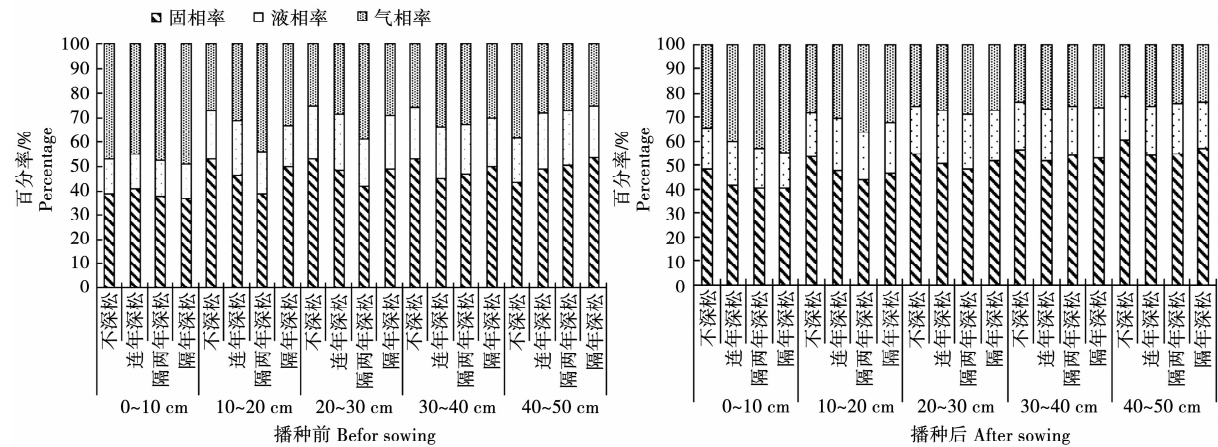


图2 播种前和收获后的土壤三相比  
Fig. 2 Three phase ratio of before sowing and after harvesting

表3 产量及其相关性状对比

Table 3 Comparison of yield and related characters

处理 Treatments	穗长/cm Ear length	穗粗/cm Ear width	穗行数 Ear row number	行粒数 Grain number per row	产量/(kg·hm <sup>-2</sup> ) Yield	增产幅度/% Increment
不深松	19.67 a	3.91 a	16.12 a	41.52 a	8373 b	-
隔两年深松	18.67 a	4.06 a	16.06 a	40.15 a	8904 a	6.34
隔年深松	21.73 a	3.74 a	16.12 a	42.18 a	9384 a	12.08
连年深松	18.06 a	3.68 a	16.24 a	38.94 a	9252 a	10.50

### 3 讨论与结论

#### 3.1 讨论

土壤耕作措施可以调节土壤物理性状和土壤结构,提高作物对于土壤水分和养分吸收的能力<sup>[14]</sup>。黑龙江半干旱玉米种植区,长久以来采用传统的旋耕垄作耕作方式,导致农田土壤耕层逐年变浅、犁底层加厚变硬、土壤养分不均衡,进而使土壤生产能力降低,限制作物产量稳步提高。同时,土壤结构变差将会造成土壤保水保肥能力下降、作物根系向下生长阻力增大等问题,限制作物根系对水分和养分的高效吸收利用,最终导致作物产量下降<sup>[15]</sup>。但连年深松费力费时,生产上难以实现。前人研究表明,在0~60 cm土层,深松能够使土壤容重平均下降0.1~0.2 g·cm<sup>-3</sup>,土壤孔隙度增加10%~20%。促进土壤中的水,气相互平衡<sup>[16]</sup>,而免耕可以改善土壤理化性质、提高土壤肥力<sup>[17-18]</sup>。本研究表明,隔年深松处理土壤物理性状好于其它处理,可能是因为隔年深松既能打破犁底层,有利于玉米根系对水分、养分的高效吸收利用,又有利于在干旱年份提高玉米产量。

由产量结果可以看出,隔年深松处理增产12.08%,连年深松处理增产10.50%,隔两年深松处理6.34%。不同年限的深松处理均有增产效果,其中隔年深松增产幅度最大。综合考虑动力成本和经济效益等原因,不建议连年深松,在黑龙江半干旱区应以隔年深松为宜。

#### 3.2 结论

深松可以增加土壤孔隙度。播种前,土壤孔隙度在0~10 cm土层,隔两年深松、连年深松可以增加土壤孔隙度。在10~40 cm时,隔年深松、隔两年深松、连年深松处理的土壤孔隙度与不深松处理比增加9.35%~16.97%、13.54%~30.82%和6.46%~8.18%。收获后,0~40 cm土层隔年深松、隔两年深松、连年深松处理土壤孔隙度与不深松处理相比增加9.01%~13.61%、5.29%~20.92%和6.15%~16.42%。

深松可以降低土壤容重。播种前,隔年深松、隔两年深松、连年深松处理土壤容重平均比不深松处理低0.012、0.066和0.097 g·cm<sup>-3</sup>。收获后,隔年深松、隔两年深松、连年深松处理土壤容重平均比不深松处理低0.14、0.17和0.15 g·cm<sup>-3</sup>。

深松可以降低固相率、提高气相率。播种前,在0~50 cm土层,隔年深松处理、隔两年深松处

理、连年深松处理与不深松相比,土壤气相率分别增加4.13%~19.14%、1.2%~19.86%和11.9%~14.46%。收获后,土壤隔年深松处理增加6.5%~22.72%、隔2年深松处理增加7.5%~22.26%、连年深松处理增加7.16%~14.48%。

深松可以提高玉米产量。隔年深松处理>连年深松处理>隔两年深松处理>不深松处理,增产幅度分别为12.08%、10.50%和6.34%,其中隔年深松增产幅度最大。说明不同年限的深松处理均有增产效果,以隔年深松处理增产效果最好。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2016.
- [2] 丁昆仑, Hann M J. 耕作措施对土壤特性及作物产量的影响[J]. 农业工程学报, 2000, 16(3): 49-52.
- [3] 罗水藩. 我国少耕与免耕技术推广应用情况与发展前景[J]. 耕作与栽培, 1991(2): 1-7.
- [4] 王恩姬, 陈祥伟. 大机械作业对黑土区耕地土壤三相与速效养分的影响[J]. 水土保持学报, 2007, 1(4): 98-102.
- [5] 贾延明, 尚长青, 张振国. 保护性耕作适应性试验及关键技术研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(1): 78-82.
- [6] 宋日, 吴春胜, 牟金明, 等. 打破犁底层对玉米根系生长发育的影响[J]. 耕作与栽培, 2000(5): 6-8.
- [7] 黑龙江省土地管理局, 黑龙江省土壤普查办公室. 黑龙江土壤[M]. 北京: 农业出版社, 1992.
- [8] 李明德, 刘琼峰, 吴海勇, 等. 不同耕作方式对红壤旱地土壤理化性状及玉米产量的影响[J]. 生态环境学报, 2009, 18(4): 1522-1526.
- [9] 李玲玲, 黄高宝, 张仁陟, 等. 不同保护性耕作措施对旱作农田土壤水分的影响[J]. 生态学报, 2005, 25(9): 2326-2332.
- [10] Hermawan B, Cameron K C. Structural changes in a silt loam under long-term conventional or minimum tillage[J]. Soil and Tillage Research, 1993, 26: 139-150.
- [11] Su Y Z, Zhao H L, Zhang T H. Soil properties following cultivation and non-grazing of a semi-arid sandy grassland in northern China[J]. Soil and Tillage Research, 2004, 75: 27-36.
- [12] 翁德衡. 土壤物理性测定法[M]. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1979.
- [13] 杨金玲, 张甘霖, 李德成, 等. 激光法与湿筛一吸管法测定土壤颗粒的组成转换及质地的确定[J]. 土壤学报, 2009, 46(5): 772-780.
- [14] 肖继兵, 孙占祥, 杨久廷, 等. 半干旱区中耕深松对土壤水分和作物产量的影响[J]. 土壤通报, 2011(3): 709-714.
- [15] 蔡丽君. 土壤耕作方式对土壤理化性状及夏玉米生长发育的影响[D]. 保定: 河北农业大学, 2014: 25-29.
- [16] 孟庆秋, 谢桂贵, 胡会军, 等. 土壤深松对玉米产量及其构成因素的影响[J]. 长春: 吉林农业科学, 2000(2): 25-28.
- [17] 张玉玲, 张玉龙, 黄毅, 等. 辽西半干旱地区深松中耕对土壤养分及玉米产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(4): 167-170.
- [18] 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.

(下转第9页)