

玉米 110 cm 垄合理耕整地方式比较

李波, 陈喜昌, 张宇, 张立国, 任洪雷 (黑龙江省农业科学院玉米研究所, 黑龙江哈尔滨 150086)

摘要 [目的]研究不同耕整地方式对土壤物理性质和玉米产量的影响。[方法]在 110 cm 垄栽培模式下,对 5 种不同整地方式的土壤田间持水量、容重、孔隙度、饱和含水量和玉米产量进行分析。[结果]深翻、深松和旋耕均对各处理垄台土壤进行了扰动,土壤容重降低,孔隙度增大,田间持水量增加。垄台土层容重等物理性质的影响程度为秋灭茬旋耕+秋深翻>秋灭茬旋耕+秋深松>秋深翻>春灭茬旋耕+春深松>春旋耕;对垄沟容重等物理性质的影响程度为秋灭茬旋耕+秋深松>秋灭茬旋耕+秋深翻>春灭茬旋耕+春深松>秋深翻>春旋耕;产量表现为秋灭茬旋耕+秋深翻>秋灭茬旋耕+秋深松>秋深翻>春灭茬旋耕+春深松>春旋耕。[结论]综合分析不同耕整地方式对土壤物理性质的影响、玉米产量及生产成本,秋灭茬旋耕+秋深松、秋深翻为玉米大垄合理的耕整地方式。

关键词 玉米;耕整地方式;比较

中图分类号 S344 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)14-0132-06

Comparison on 110 cm-ridge Reasonable Plough and Soil Preparation in Maize

LI Bo, CHEN Xi-chang, ZHANG Yu et al (Maize Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086)

Abstract [Objective]To research the effect of different tillage methods on soil property and maize yield. [Method]In 110 cm-ridge cultivation patterns, the soil field capacity, unit weight, porosity, saturation moisture content and maize yield of five different land preparations were analyzed. [Result]Deep plowing, deep scarification and rotary tillage disturbed the soil of riddles, so these treatments had the lower soil unit weight, bigger porosity, and more soil field capacity. The impact of the physical properties, such as ridge soil unit weight were as followed, rotary tillage and deep plowing in autumn > rotary tillage and deep scarification in autumn > deep plowing in autumn > rotary tillage and deep scarification in spring > rotary tillage in spring. The impact of the physical properties, such as furrow soil unit weight were rotary tillage and deep scarification in autumn > rotary tillage and deep plowing in autumn > rotary tillage and deep scarification in spring > deep plowing in autumn > rotary tillage in spring. Maize yield performance were rotary tillage and deep plowing in autumn > rotary tillage and deep scarification in autumn > deep plowing in autumn > rotary tillage and deep scarification in spring > rotary tillage in spring. [Conclusion]Comprehensively analyzing the effects of different tillage methods on physical properties of soil, maize yield and cost of production showed that rotary tillage and deep scarification in autumn and deep plowing in autumn were the most reasonable manner for maize big ridge tillage and soil preparation.

Key words Maize; Tillage method; Comparison

土壤容重、土壤孔隙度和土壤田间持水量等均是反映土壤物理性质的重要指标,受多种因素的影响,尤其是耕作措施^[1-2]。国内外学者关于不同耕作方式对土壤物理性状及玉米产量的影响已开展了大量研究^[3-5]。但对大垄双行(110 cm 垄距)栽培条件下不同整地方式对土壤物理性状及玉米产量的影响研究较少。研究表明,大垄处理(140 cm 垄距)土壤容重低于小垄(65 cm 垄距),与大垄相比,大垄秸秆还田处理土壤容重显著降低,这说明大垄秸秆还田的耕作方式能改善土壤的物理性状,明显提高土壤的蓄水保肥能力^[6-7]。针对黑龙江省玉米主产区不合理的耕作方式,导致耕层变浅,犁底层紧实,容重增加,土壤蓄水和透水能力差,根系下扎阻力增加,进而影响玉米产量的问题,笔者通过对生产上常用的 5 种耕整地方式的土壤物理性质和产量进行比较,探索最佳的耕作方式,以期为提高玉米产量和建立合理的耕层结构提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况 试验地位于黑龙江省望奎县通江镇,126°27' E,46°45' N,海拔 170 m,年均气温 2.2 °C,活动积温 2 607 °C,日照时数 2 656 h,光照资源充足,无霜期平均 127 d 左

右,年平均降水量 480 mm。试验地基本肥力:速效氮 180.74 mg/kg,速效磷 36.02 mg/kg,速效钾 159.23 mg/kg。

1.2 试验材料 供试玉米品种为先玉 335,种植密度为 60 000 株/hm²。

1.3 试验设计 采用田间大区对比试验,设置 5 种耕作方式:处理①春旋耕起垄(CK),即春季旋耕起垄施肥,旋耕深度 15 cm;处理②秋灭茬旋耕+秋深松,即秸秆全量还田秋季深松垄沟灭茬旋耕后,深松起垄施肥,深松深度 30 cm;处理③秋季灭茬+秋深翻,即秸秆全量还田秋季灭茬的基础上进行深翻起垄施肥,翻地深度 25 cm;处理④春灭茬旋耕+春深松,即秸秆全量还田春季深松灭茬旋耕后,深松起垄施肥,深松深度 30 cm;处理⑤秋季深翻,即秸秆全量还田秋季直接用柱状犁进行深翻起垄施肥,翻地深度 25 cm。

田间每个处理面积为 1 320 m²,每个处理 12 行区,行长 100 m。试验均采用 110 cm 大垄双行种植,垄宽 110 cm,垄高 15~20 cm,垄台宽 70 cm,垄上双行,垄上苗行距 40 cm。播种及田间管理均采用同一模式,施肥方式和施肥量相同。

1.4 测定项目与方法 在玉米播种后出苗期、抽雄期、成熟期 3 个生育期进行采样,分别在大垄的垄台和垄沟进行。

1.4.1 田间持水量。 分别在垄台和垄沟的 0~10 和 10~20 cm 土层采样,在每个区内的对角线上分别采 3 点,每个点 3 次重复。

1.4.2 土壤容重、孔隙度、饱和含水量。 分别在垄台和垄沟的 0~10、10~20、20~30 cm 土层采样,每个点 3 次重复。

基金项目 国家科技支撑计划项目(2015BAD23B05);国家项目省级资助项目(GX16004);国家重点研发计划粮食丰产增效科技创新专项(2017YFD0300501)。

作者简介 李波(1975—),男,黑龙江克山人,副研究员,硕士,从事玉米栽培及耕作技术研究。

收稿日期 2018-02-06

1.4.3 产量。成熟期每个大区选取有代表性 3 点,在玉米达到完全成熟时进行测产,每点测产面积 20 m²,收获时每小区选取代表性果穗 10 穗进行室内考种,测定含水量。

1.5 数据分析 采用 Excel 和 DPS. 7.05 数据处理系统对试验数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同耕作方式对各土层土壤田间持水量的影响

2.1.1 不同耕作方式对 0~10 cm 土层土壤田间持水量的

影响。由表 1 可知,垄台 0~10 cm 土层在出苗期和抽雄期处理②和⑤之间差异达极显著水平,说明旋耕+深松处理的田间持水量大于其他整地方式的田间持水量,成熟期各处理之间差异不显著;垄沟 0~10 cm 土层在各生育时期处理②和①、⑤之间达显著差异,与垄台 0~10 cm 土层的结论相同。说明土壤在 0~10 cm 土层的田间持水量受整地方式的影响明显,处理②(秋深松+旋耕结合)的整地方式田间持水量最大。

表 1 0~10 cm 土层各生育时期田间持水量

Table 1 Soil moisture content during each growth stage in the soil layer of 0~10 cm

%

处理 Treatment	垄台 Ridge units			垄沟 Ridge furrow		
	出苗期 Seedling stage	抽雄期 Tasseling stage	成熟期 Mature stage	出苗期 Seedling stage	抽雄期 Tasseling stage	成熟期 Mature stage
①	36.07 aAB	33.20 bcAB	32.89 aA	26.62 cC	27.75 bBC	26.98 cB
②	37.52 aA	36.08 aA	33.48 aA	38.52 aA	32.01 aA	33.35 aA
③	32.05 bB	35.51 abA	33.60 aA	35.95 aAB	31.46 aAB	31.64 abA
④	36.23 aAB	33.32 bcAB	32.91 aA	32.05 bB	33.63 aA	32.76 aA
⑤	32.26 bB	31.62 cB	32.23 aA	32.72 bB	26.75 bC	29.25 bcAB

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$); 不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)

Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level; Different capital letters stand for significant differences at 0.01 level

2.1.2 不同耕作方式对 10~20 cm 土层土壤田间持水量的影响。由表 2 可知,垄台 10~20 cm 土层在各生育时期各处理之间无显著差异,处理⑤最大;垄沟 10~20 cm 土层在苗

期和抽雄期除处理①(CK)和其他处理之间差异显著外,其他处理之间差异不显著。说明不论垄台和垄沟不同耕作方式对土壤 10~20 cm 土层田间持水量影响很小。

表 2 10~20 cm 土层各生育时期田间持水量

Table 2 Soil moisture content during each growth stage in the soil layer of 10~20 cm

%

处理 Treatment	垄台 Ridge units			垄沟 Ridge furrow		
	出苗期 Seedling stage	抽雄期 Tasseling stage	成熟期 Mature stage	出苗期 Seedling stage	抽雄期 Tasseling stage	成熟期 Mature stage
①	30.43 aA	31.88 aA	31.02 aA	26.25 bB	33.78 aA	28.98 aA
②	29.18 aA	33.01 aA	29.87 aA	32.40 aA	30.05 abA	30.50 aA
③	28.80 aA	32.14 aA	28.81 aA	30.61 aA	30.17 abA	31.07 aA
④	27.68 aA	32.90 aA	26.79 aA	30.58 aA	30.93 abA	31.71 aA
⑤	32.84 aA	34.91 aA	30.27 aA	31.48 aA	29.51 bA	28.97 aA

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$); 不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)

Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level; Different capital letters stand for significant differences at 0.01 level

总体而言,0~10 cm 土层土壤田间持水量受整地方式的影响很明显,秋深松+旋耕结合(处理②)的整地方式田间持水量较大,且在整個生育期较为稳定,随时间的推移和土层深度的增加各种整地方式对玉米生长中后期土壤的田间持水量影响变小,10~20 cm 土层土壤田间持水量各处理之间无显著差异。

2.2 不同耕作方式对各土层土壤容重的影响

2.2.1 不同耕作方式对 0~10 cm 土层土壤容重的影响。由表 3 可知,垄台 0~10 cm 土层出苗期春季旋耕的耕作方式与其他秋季整地的耕作方式之间差异显著,其他秋季整地的耕作方式之间无显著差异;抽雄期各处理之间无显著差异;成熟期处理②、③和④之间差异达显著或极显著水平,垄台 0~10 cm 土层处理②、①容重较小;垄沟 0~10 cm 土层各生育

时期处理①(CK)的容重最高,出苗期处理②的容重最低,抽雄期除处理①外,其他处理之间容重无显著差异,成熟期处理③的容重最小,说明深翻+旋耕和深松+旋耕对玉米土壤 0~10 cm 土层垄沟的影响较大,可容纳和接收大量的雨水,防止地表径流,具有较好的保墒功能,处理②、③、④优于其他处理。从各生育时期不同土层土壤容重变化看,垄沟和垄台 0~10 cm 土层土壤容重随生育期的变化较小。垄台和垄沟 0~10 cm 土层土壤容重集中在 1.1~1.3 g/cm³,仅处理①垄沟容重达 1.4 g/cm³,各处理垄沟容重大部分大于垄台容重。

2.2.2 不同耕作方式对 10~20 cm 土层土壤容重的影响。由表 4 可知,垄台 10~20 cm 土层各生育时期容重不同处理之间差异显著,大体为旋耕和深翻的容重低于深松,秋整地

的容重低于春整地的容重,处理③的容重显著低于其他处理,有利于玉米根系的生长发育。而垄沟10~20 cm土层容重表现为深翻和深松措施处理低于仅旋耕处理,旋耕处理①表现为各生育时期容重最大,与其他处理之间差异极显著,

即深松垄沟处理容重高于其他处理。处理③、②在10~20 cm土层土壤容重最小,处理①土壤容重最大。除处理①外垄台和垄沟10~20 cm土层土壤容重集中在1.2~1.4 g/cm³,较0~10 cm土层土壤容重有所增加。

表3 0~10 cm土层各生育时期土壤容重

Table 3 Soil bulk density during each growth stage in the soil layer of 0~10 cm

g/cm³

处理 Treatment	垄台 Ridge units			垄沟 Ridge furrow		
	出苗期 Seedling stage	抽雄期 Tasseling stage	成熟期 Mature stage	出苗期 Seedling stage	抽雄期 Tasseling stage	成熟期 Mature stage
①	1.08 bB	1.17 aA	1.17 abAB	1.47 aA	1.41 aA	1.41 aA
②	1.16 abAB	1.18 aA	1.08 bB	1.10 dD	1.26 bB	1.20 cC
③	1.19 aAB	1.13 aA	1.10 bAB	1.21 cC	1.23 bB	1.19 cC
④	1.21 aA	1.12 aA	1.22 aA	1.23 cBC	1.21 bB	1.25 bcBC
⑤	1.18 aAB	1.20 aA	1.17 abAB	1.30 bB	1.25 bB	1.34 abAB

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$); 不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)

Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level; Different capital letters stand for significant differences at 0.01 level

表4 10~20 cm土层各生育时期土壤容重

Table 4 Soil bulk density during each growth stage in the soil layer of 10~20 cm

g/cm³

处理 Treatment	垄台 Ridge units			垄沟 Ridge furrow		
	出苗期 Seedling stage	抽雄期 Tasseling stage	成熟期 Mature stage	出苗期 Seedling stage	抽雄期 Tasseling stage	成熟期 Mature stage
①	1.23 bB	1.31 abAB	1.30 abA	1.41 aA	1.44 aA	1.38 aA
②	1.32 aA	1.29 abAB	1.26 bA	1.28 cB	1.30 bB	1.31 abA
③	1.19 cB	1.23 bB	1.28 abA	1.29 bcB	1.33 bB	1.36 abA
④	1.33 aA	1.37 aA	1.36 aA	1.32 bB	1.34 bB	1.31 bA
⑤	1.34 aA	1.34 aAB	1.35 abA	1.31 bcB	1.37 bAB	1.35 abA

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$); 不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)

Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level; Different capital letters stand for significant differences at 0.01 level

2.2.3 不同耕作方式对20~30 cm土层土壤容重的影响。由表5可知,垄台20~30 cm土层各生育时期容重各处理之间差异显著,大致为深翻处理的容重低于不深翻,秋整地的容重低于春整地的容重,处理③、⑤的容重偏低。而垄沟20~30 cm土层的容重表现为深松措施处理明显低于旋耕处理,处理①各生育时期容重最大,都大于1.4 g/cm³,和其他

处理之间差异极显著,即深松垄沟处理的容重高于其他处理,处理②、④容重偏低,具有良好的通气性。20~30 cm土层各生育时期容重垄台处理③、⑤的容重明显低于其他处理,垄沟处理②、④容重偏低,处理①各生育时期容重最大。垄台和垄沟20~30 cm土层土壤容重基本集中在1.25~1.45 g/cm³,整体较10~20 cm土层土壤容重有所增加。

表5 20~30 cm土层各生育时期土壤容重

Table 5 Soil bulk density during each growth stage in the soil layer of 20~30 cm

g/cm³

处理 Treatment	垄台 Ridge units			垄沟 Ridge furrow		
	出苗期 Seedling stage	抽雄期 Tasseling stage	成熟期 Mature stage	出苗期 Seedling stage	抽雄期 Tasseling stage	成熟期 Mature stage
①	1.41 aA	1.39 aA	1.44 aA	1.45 aA	1.47 aA	1.43 aA
②	1.33 cB	1.36 aA	1.40 bcAB	1.32 cB	1.34 bC	1.34 bB
③	1.28 dC	1.25 bB	1.40 bAB	1.38 bB	1.34 bC	1.42 aAB
④	1.36 bB	1.35 aA	1.45 aA	1.32 cB	1.38 bBC	1.34 bB
⑤	1.34 bcB	1.34 aA	1.36 cB	1.34 bcB	1.43 aAB	1.40 aAB

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$); 不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)

Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level; Different capital letters stand for significant differences at 0.01 level

0~30 cm土层处理②、③、⑤的土壤容重在玉米各生育时期普遍偏低,处理①除在0~10 cm土层垄台容重较低外其他各生育时期土壤容重较大。

2.3 不同耕作方式对各土层土壤孔隙度的影响

2.3.1 不同耕作方式对0~10 cm土层土壤孔隙度的影响。

由表6可知,垄台0~10 cm土层出苗期春季旋耕的耕作方式

和其他秋季整地的耕作方式之间差异显著,其他秋季整地的耕作方式之间无显著差异;抽雄期各处理之间无显著差异;成熟期处理②、③和④之间差异达显著或极显著水平,总体而言,垄台 0~10 cm 土层土壤孔隙度各处理之间差异显著,出苗期春整地处理由于整地时间短,0~10 cm 土层土壤疏松、孔隙度大,随时间的推移孔隙度基本趋于相同,这说明整地方式对玉米出苗期生长基本无影响,垄台 0~10 cm 土层土壤孔隙度处理②、①整体表现较好;垄沟 0~10 cm 土层处理①(CK) 的土壤孔隙度最小,出苗期处理②的孔隙度最大,

抽雄期处理①(CK) 的土壤孔隙度最小,与其他处理之间差异显著,其他各处理之间土壤孔隙度无显著差异,成熟期处理③和②的孔隙度较大,说明秋深翻+旋耕和秋深松+旋耕对玉米田土壤 0~10 cm 土层垄沟的影响较大,土壤通气性好,土壤增温快。同时可容纳和接收大量的雨水,防止地表径流,具有较好的保墒功能。不同整地方式各生育期垄台和垄沟 0~10 cm 土层土壤孔隙度,每个生育期的垄台孔隙度大部分大于垄沟孔隙度。

表 6 0~10 cm 土层各生育时期土壤孔隙度

Table 6 Soil porosity during each growth stage in the soil layer of 0-10 cm

%

处理 Treatment	垄台 Ridge units			垄沟 Ridge furrow		
	出苗期 Seedling stage	抽雄期 Tasseling stage	成熟期 Mature stage	出苗期 Seedling stage	抽雄期 Tasseling stage	成熟期 Mature stage
①	59.12 aA	55.85 aA	55.85 abAB	44.53 dD	46.67 bB	46.67 cC
②	56.35 abAB	55.60 aA	59.25 aA	58.74 aA	52.45 aA	54.84 aA
③	55.09 bAB	57.36 aA	58.36 aAB	54.46 bB	53.46 aA	55.22 aA
④	54.34 bB	57.73 aA	53.96 bB	53.59 bBC	54.47 aA	52.83 abAB
⑤	55.47 bAB	54.59 aA	55.85 abAB	50.94 cC	52.83 aA	49.43 bcBC

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P < 0.05$); 不同大写字母表示差异极显著 ($P < 0.01$)

Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level; Different capital letters stand for significant differences at 0.01 level

2.3.2 不同耕作方式对 10~20 cm 土层土壤孔隙度的影响。由表 7 可知, 垄台 10~20 cm 土层各生育时期土壤孔隙度各处理之间差异显著, 大致为秋整地的孔隙度高于春整地的孔隙度, 仅出苗期各处理间差异极显著, 抽雄期和成熟期均未达极显著水平, 垄台处理③、⑤、②孔隙度较大。而垄沟 10~

20 cm 土层处理①各生育时期与其他处理之间差异显著, 其他处理之间差异不显著, 说明常规的旋耕整地处理在垄沟基本达不到 10 cm 的深度。处理③、②、⑤在 10~20 cm 土层土壤孔隙度较大, 处理①土壤孔隙度最小。

表 7 10~20 cm 土层各生育时期土壤孔隙度

Table 7 Soil porosity during each growth stage in the soil layer of 10-20 cm

%

处理 Treatment	垄台 Ridge units			垄沟 Ridge furrow		
	出苗期 Seedling stage	抽雄期 Tasseling stage	成熟期 Mature stage	出苗期 Seedling stage	抽雄期 Tasseling stage	成熟期 Mature stage
①	53.46 bA	50.56 abA	51.07 abA	46.92 cB	45.79 bB	45.65 bB
②	50.31 cB	51.20 abA	52.45 aA	51.82 aA	50.82 aA	50.44 aA
③	55.10 aA	53.46 aA	51.82 abA	51.45 abA	49.94 aA	48.68 aAB
④	49.94 cB	48.18 bA	48.55 bA	50.06 bA	49.56 aA	50.57 aA
⑤	49.56 cB	53.96 aA	49.18 abA	50.69 abA	48.43 aAB	49.06 aAB

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P < 0.05$); 不同大写字母表示差异极显著 ($P < 0.01$)

Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level; Different capital letters stand for significant differences at 0.01 level

2.3.3 不同耕作方式对 20~30 cm 土层土壤孔隙度的影响。由表 8 可知, 垄台 20~30 cm 土层各生育时期不同处理之间差异显著, 大致为深翻处理的土壤孔隙度高于不深翻, 秋整地的土壤孔隙度高于春整地的土壤孔隙度, 处理③、⑤、②的土壤孔隙度显著高于其他处理, 有利于玉米根系向下扎根, 吸收土壤下层的养分和水分, 有利于玉米的生长发育。而垄沟 20~30 cm 土层的土壤孔隙度表现为深松措施处理明显高于旋耕处理, 处理①表现为各生育时期土壤孔隙度最小, 与其他处理之间差异显著或极显著, 即深松垄沟处理的土壤孔隙度大部分优于其他处理。20~30 cm 土层各生育时期土

壤孔隙度垄台处理③、⑤的土壤孔隙度较大, 垄沟处理②、④土壤孔隙度较大, 处理①表现为各生育时期土壤孔隙度最小。

0~30 cm 土层各生育时期垄台处理②、③、⑤的土壤孔隙度在玉米各生育时期普遍较大, 处理①除在 0~10 cm 土层垄台土壤孔隙度较大外, 其他各生育时期土壤孔隙度较小。垄沟处理②、③、④土壤孔隙度在玉米各生育时期较大。

2.4 不同耕作方式对各土层土壤饱和含水量的影响

2.4.1 不同耕作方式对 0~10 cm 土层土壤饱和含水量的影响。由表 9 可知, 垄台 0~10 cm 土层各生育时期不同处理之

间均未达极显著差异,仅在成熟期处理⑤和②之间差异显著。垄沟0~10 cm 土层各生育时期出苗期处理②的土壤饱和含水量最小,与其他处理差异极显著,其他处理之间无显

著差异。抽雄期各处理之间差异不显著,成熟期处理③和②的土壤饱和含水量较小,与处理⑤之间差异显著。各处理对0~10 cm 土层土壤饱和含水量的影响不大。

表8 20~30 cm 土层各生育时期土壤孔隙度

Table 8 Soil porosity during each growth stage in the soil layer of 20-30 cm

%

处理 Treatment	垄台 Ridge units			垄沟 Ridge furrow		
	出苗期 Seedling stage	抽雄期 Tasseling stage	成熟期 Mature stage	出苗期 Seedling stage	抽雄期 Tasseling stage	成熟期 Mature stage
①	46.79 dC	47.67 bB	45.53 cB	45.28 cB	44.40 bC	45.91 bA
②	49.69 bB	48.68 bB	47.17 abAB	50.31 aA	49.43 aA	49.31 aA
③	51.57 aA	52.83 aA	47.04 bAB	47.80 bA	49.56 aA	48.11 abA
④	48.81 cB	48.93 bB	45.16 cB	50.31 aA	48.05 aAB	49.43 aA
⑤	49.43 bcB	49.43 bB	48.55 aA	49.43 abA	45.91 bBC	47.30 abA

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$); 不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)

Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level; Different capital letters stand for significant differences at 0.01 level

表9 0~10 cm 土层各生育时期土壤饱和含水量

Table 9 Soil saturation moisture content during each growth stage in the soil layer of 0-10 cm

%

处理 Treatment	垄台 Ridge units			垄沟 Ridge furrow		
	出苗期 Seedling stage	抽雄期 Tasseling stage	成熟期 Mature stage	出苗期 Seedling stage	抽雄期 Tasseling stage	成熟期 Mature stage
①	63.97 bA	65.31 aA	65.31 abA	65.45 aA	65.95 aA	65.94 abA
②	65.12 aA	65.33 aA	63.89 cA	64.19 bB	66.08 aA	65.52 bA
③	65.54 aA	64.66 aA	64.36 bcA	65.68 aA	65.93 aA	65.50 bA
④	65.73 aA	64.51 aA	65.80 aA	65.90 aA	65.59 aA	65.98 abA
⑤	65.44 aA	65.68 aA	65.29 abA	66.22 aA	66.03 aA	66.16 aA

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$); 不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)

Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level; Different capital letters stand for significant differences at 0.01 level

2.4.2 不同耕作方式对10~20 cm 土层土壤饱和含水量的影响。由表10可知, 垄台10~20 cm 土层各生育时期土壤饱和含水量出苗期各处理之间差异显著, 处理②、④、⑤与处理①、③之间差异显著, 抽雄期和成熟期均未达显著水平。而垄沟10~20 cm 土层的孔隙度表现为苗期和抽雄期处理①

和其他处理之间差异显著, 成熟期各处理之间差异不显著, 说明深翻和深松措施处理的饱和含水量高于旋耕处理饱和含水量。除对照外, 其他处理之间差异不显著, 对土壤10~20 cm 土层土壤饱和含水量的影响很小。

表10 10~20 cm 土层各生育时期土壤饱和含水量

Table 10 Soil saturation moisture content during each growth stage in the soil layer of 10-20 cm

%

处理 Treatment	垄台 Ridge units			垄沟 Ridge furrow		
	出苗期 Seedling stage	抽雄期 Tasseling stage	成熟期 Mature stage	出苗期 Seedling stage	抽雄期 Tasseling stage	成熟期 Mature stage
①	65.92 bAB	66.06 aA	66.18 aA	65.98 bB	65.77 bB	66.12 aA
②	66.24 aA	66.20 aA	66.04 aA	66.15 aAB	66.23 aA	66.20 aA
③	65.54 cB	65.91 aA	66.15 aA	66.19 aAB	66.24 aA	66.20 aA
④	66.25 aA	66.15 aA	66.14 aA	66.24 aA	66.20 aA	66.22 aA
⑤	66.23 aA	65.76 aA	66.14 aA	66.22 aA	66.14 aA	66.22 aA

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$); 不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)

Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level; Different capital letters stand for significant differences at 0.01 level

由表11可知, 垄台20~30 cm 土层各生育时期土壤饱和含水量不同处理之间差异显著, 出苗期处理①与其他处理之间差异极显著, 其他处理之间差异不显著, 抽雄期处理④、⑤和③之间差异显著, 成熟期各处理之间差异显著或极显著; 而垄沟20~30 cm 土层各生育时期处理①的饱和含水量最

小, 与其他处理之间差异显著。

各处理土壤饱和含水量之间差异显著, 仅处理①在垄沟0~30 cm 土层和其他处理之间差异显著, 说明普通旋耕处理仅改变垄台0~10 cm 土层的土壤结构, 其他处理之间总体无显著差异, 对土壤饱和含水量影响不显著。

表 11 20~30 cm 土层各生育时期土壤饱和含水量

Table 11 Soil saturation moisture content during each growth stage in the soil layer of 20~30 cm

%

处理 Treatment	垄台 Ridge units			垄沟 Ridge furrow		
	出苗期 Seedling stage	抽雄期 Tasseling stage	成熟期 Mature stage	出苗期 Seedling stage	抽雄期 Tasseling stage	成熟期 Mature stage
①	65.98 bB	66.09 abA	65.72 cB	65.65 bB	65.41 cC	65.80 cC
②	66.24 aA	66.16 abA	65.99 bA	66.24 aA	66.24 aA	66.22 aA
③	66.18 aA	66.03 bA	66.01 abA	66.09 aA	66.21 aA	65.88 bcBC
④	66.21 aA	66.22 aA	65.62 cB	66.23 aA	66.14 aA	66.21 aAB
⑤	66.24 aA	66.23 aA	66.15 aA	66.24 aA	65.79 bB	66.06 abABC

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P < 0.05$); 不同大写字母表示差异极显著 ($P < 0.01$)

Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level; Different capital letters stand for significant differences at 0.01 level

2.5 不同耕作方式对玉米产量的影响 各处理产量间差异极显著, 处理③产量最高为 12 083.55 kg/hm², 处理①产量最低为 11 175.90 kg/hm², 处理②产量为 12 066.00 kg/hm², 处理⑤产量为 118 902.00 kg/hm², 处理③、②、⑤之间产量无显著差异, 说明深松、深翻后打破犁底层, 降低了土壤容重, 增加土壤通透性和贮水能力, 提高了土壤含水量、总孔隙度, 提高水肥利用效率, 给玉米生长提供一个良好的物理环境, 对玉米产量的提高具有促进作用。这说明通过改变耕作方式可以影响玉米产量, 在其他自然环境相同的条件下, 可以通过改变耕作方式来达到增加产量的目的。

3 结论与讨论

(1) 由于不同耕作处理对土壤结构进行了不同程度的改变, 导致土壤接纳、蓄积雨水的能力存在较大差异^[8]。深翻、深松和旋耕均对各处理垄台土壤进行了扰动, 土壤容重降低, 孔隙度增大, 田间持水量增加, 但常规的旋耕对垄沟土壤的扰动不明显, 导致容重、孔隙度、田间持水量变化不明显。旋耕对 0~10 cm 土层的土壤物理性质影响最大, 深翻对 20~30 cm 土层土壤的物理性质影响最大, 持续时间长, 变化幅度小; 秋整地的效果明显优于春整地, 尤其对 20~30 cm 土层的影响; 饱和含水量变化规律性不明显, 各整地方式之间总体无显著差异, 对土壤饱和含水量影响不明显。

对垄台土层容重等物理性质的影响程度为秋灭茬旋耕 + 秋深翻 > 秋灭茬旋耕 + 秋深松 > 秋深翻 > 春灭茬旋耕 + 春深松 > 春旋耕; 对垄沟容重等物理性质的影响程度为秋灭茬旋耕 + 秋深松 > 秋灭茬旋耕 + 秋深翻 > 春灭茬旋耕 + 春深松 > 秋深翻 > 春旋耕。

(2) 产量表现为秋灭茬旋耕 + 秋深翻 > 秋灭茬旋耕 + 秋深松 > 秋深翻 > 春灭茬旋耕 + 春深松 > 春旋耕, 这与不同整

地方式对垄台物理性质的影响结果完全吻合, 说明秋深松、秋深翻既能打破犁底层, 降低了土壤容重, 增加土壤通透性和贮水能力, 灭茬旋耕又提高了土壤孔隙度, 增加了地温, 提高水肥利用效率, 给玉米生长提供一个良好的物理环境, 同时耙地也具有降低容重的作用。秋整地的产量明显高于春整地, 说明秋冬可以接纳和储存更多的水, 同时冻融交替有利于土壤团粒结构的形成, 对玉米产量的提高具有促进作用。

(3) 该研究结果表明, 通过改变耕作方式可以影响玉米产量, 在自然环境相同的条件下, 可以结合大垄通透栽培技术, 通过改变耕作方式来改变土壤的物理性质从而达到增加产量的目的。处理②、③、⑤产量之间无显著差异, 但处理③较处理⑤整地方式多了一遍旋耕灭茬机械作业, 较处理⑤生产成本低, 结合生产成本和产量, 将处理②(秋灭茬旋耕 + 秋深松) 和⑤(秋深翻) 作为玉米大垄合理的耕整地方式。

参考文献

- [1] 刘爽, 何文清, 严昌荣. 不同耕作措施对旱地农田土壤物理特性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(2): 65-70.
- [2] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 71-72.
- [3] 张文超. 耕作方式对土壤主要理化性状及玉米产量形成的影响[D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2017.
- [4] 吕巨智, 程伟东, 钟昌松, 等. 不同耕作方式对土壤物理性状及玉米产量的影响[J]. 中国农学通报, 2014, 30(30): 38-43.
- [5] DALALL R C, CHAN K Y. Soil organic matter in rainfed cropping systems of the Australian cereal belt[J]. Australian journal of soil research, 2001, 39(3): 435-464.
- [6] 战秀梅, 彭靖, 李秀龙, 等. 耕作及秸秆还田方式对春玉米产量及土壤理化性状的影响[J]. 华北农学报, 2014, 29(3): 204-209.
- [7] 李传宝. 秸秆还田对黑土土壤主要物理化学性状影响的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2012.
- [8] 李永平, 王孟本, 史向远, 等. 不同耕作方式对土壤理化性状及玉米产量的影响[J]. 山西农业科学, 2012, 40(7): 723-727.

科技论文写作规范——讨论

着重于研究中新的发现和重要方面, 以及从中得出的结论。不必重复在结果中已评述过的资料, 也不要模棱两可的语言, 或随意扩大范围, 讨论与文中无多大关联的内容。