

大垄宽窄行免耕种植对土壤水分和玉米产量的影响

王庆杰¹, 李洪文^{1*}, 何进¹, 李问盈¹, 刘安东²

(1. 中国农业大学工学院, 北京 100083; 2. 辽宁省农业机械化技术推广站, 沈阳 110034)

摘要: 为了解决东北玉米小垄原垄免耕播种机具易掉入垄沟的问题, 发挥宽窄行优势, 加强农机农艺结合, 该文提出了大垄宽窄行错茬免耕播种的作业思路。于2007—2009年在辽宁省苏家屯区垄作保护性耕作建立试验区, 研究了大垄宽窄行免耕种植对土壤体积质量、土壤含水率、作物生长及水分利用效率的影响。试验结果表明: 大垄宽窄行免耕种植模式能够改善土壤结构, 增加土壤蓄水保水能力, 其中在出苗期提高土壤水分 9.39%~11.03%; 与均行小垄免耕种植模式相比, 大垄宽窄行免耕种植模式改善了玉米群体结构, 促进了个体发育, 增加了叶面积指数和干物质积累, 作物产量提高了 6.70%~9.49%, 土壤水分利用效率提高了 4.96%~8.56%, 是东北地区一种较为理想的保护性耕作模式。

关键词: 保护性, 耕作, 土壤含水率, 垄作, 大垄, 宽窄行, 玉米, 产量

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2010.08.006

中图分类号: S345

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2010)-08-0039-05

王庆杰, 李洪文, 何进, 等. 大垄宽窄行免耕种植对土壤水分和玉米产量的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(8): 39-43.

Wang Qingjie, Li Hongwen, He Jin, et al. Effects of wide-ridge and narrow-row no-till cultivation on soil water and maize yield[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(8): 39-43. (in Chinese with English abstract)

0 引言

玉米垄作保护性耕作是将免耕、秸秆覆盖、传统垄作等相结合的一项可持续农业生产技术, 具有增加土壤水分, 改善土壤结构, 减轻土壤侵蚀和减缓土地退化等优势^[1-3]。在现有的垄作保护性耕作系统中, 垄台宽度小, 免耕播种机原垄播种玉米时易掉入垄沟, 且难以恢复到垄台上作业, 使得部分玉米种子被播在垄沟内, 种肥深度一致性差, 无法保证播种质量, 因而不能够充分发挥垄作优势^[4]。针对这一问题, 提出了玉米大垄宽窄行免耕种植模式。已有研究表明, 大垄宽窄行免耕种植模式采用原垄错茬播种, 机具垄上播种稳定性好, 不易掉入垄沟, 可有效减少堵塞, 提高播种质量^[5]; 同时, 在农艺上也有研究表明, 宽窄行种植模式可以改善作物中后期群体中下部的通风透光条件, 有利于增加穗质量, 获得高产^[6-8]。但在垄作保护性耕作条件下, 目前还未见从加强农机农艺相结合的角度开展该项技术研究的报道。

本试验重点是在东北垄作保护性耕作条件下对比研究玉米小垄均行距免耕种植和大垄宽窄行免耕种植模式对土壤体积质量、田间土壤水分、作物生长和水分利用效率的影响, 可为当地玉米生产合理种植模式的确定提

供理论依据, 进一步加强农机农艺结合。

1 材料与方法

1.1 玉米大垄宽窄行免耕种植技术

垄作保护性耕作主要适用于东北地区, 当地春玉米小垄均行免耕种植模式的垄台宽度为 150~180 mm, 高度约为 150 mm, 春玉米平均行距约为 600 mm, 采用原垄免耕播种; 春玉米大垄宽窄行免耕种植模式: 将原有相邻的两个小垄合并为一个垄, 合并后的大垄垄台宽度约 900 mm, 垄台底部宽度约为 1 100 mm, 垄台高度约为 150 mm。种植方式: 第一年垄台上种植两行玉米, 行距为 700 mm, 相邻两垄间玉米行距为 50 mm, 第二年错开上一年根茬免耕播种, 玉米行距改为 500 mm, 相邻两垄间玉米行距为 700 mm, 进行交替休闲种植 (图 1)。

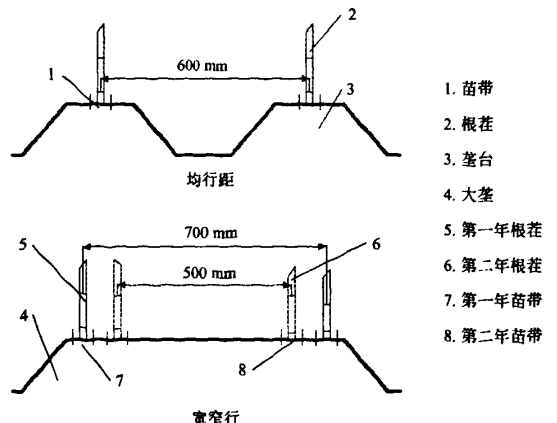


图1 玉米垄作保护性耕作种植方式
Fig.1 Planting patterns of maize conservation tillage for ridge tillage

收稿日期: 2010-06-22 修订日期: 2010-07-29

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划重点项目 (2006BAD28B04); 中国农业大学科研启动基金资助项目 (2009JS17)

作者简介: 王庆杰 (1979—), 男, 山东烟台人, 博士, 主要从事机械化保护性耕作研究。北京 中国农业大学工学院, 100083。

Email: wangqingjie@cau.edu.cn

*通信作者: 李洪文 (1968—), 男, 江苏人, 博士, 博士生导师, 中国农业工程学会会员 (E041200280S), 主要从事保护性耕作方面研究。北京 中国农业大学工学院, 100083。Email: lhwen@cau.edu.cn

均行距与宽窄行两种保护性耕作模式均使用2BML-2型玉米垄作免耕播种机进行播种,如图2所示。该机通过调整行距可以实现春玉米宽窄行和均行垄作免耕播种。



图2 2BML-2型玉米垄作免耕播种机

Fig.2 2BML-2 type maize no-till planter for ridge tillage

1.2 试验区气候特点

试验在辽宁省苏家屯区林盛堡镇长兴甸村进行,于2007年1月—2009年12月。土壤类型为褐土,当地气候属于温带季风型大陆性气候,年平均气温为8.5℃,年平均降水量685 mm左右,季节分配不均,5—8月占全年降水的50%以上,无霜期147~164 d。试验区作物选用当地良种春玉米单玉301,每年4月下旬播种,10月上旬收获。

1.3 试验设置

试验共设置2个处理,分别是处理1和处理2,各重复3次。处理1为大垄宽窄行免耕种植模式(DRNT):宽垄上进行宽窄行免耕交替休闲种植,宽行行距为700 mm,窄行行距为500 mm,地表高留茬高度约200 mm,碎秆覆盖;处理2为小垄均行免耕种植模式(SRNT),行距为600 mm,地表高留茬高度200 mm,碎秆覆盖。

2 测试方法

2.1 土壤体积质量与体积含水率

通过人工打剖面的方法,使用环刀(高5 cm,直径5 cm)分别取0~10 cm和10~20 cm的土样。然后在105~110℃条件下烘干至恒质量,测定土壤体积质量和土壤质量含水率,其中播种后每隔15 d测试次土壤水分,根据公式(1)换算为体积含水率。

$$\theta_v = \rho_b \theta_m \quad (1)$$

式中: θ_v ——体积含水率,%; ρ_b ——土壤体积质量, g/cm^3 ; θ_m ——土壤质量含水率,%。

2.2 植株情况

叶面积:采用LI-600叶面积仪测定。

植株干物质量:选取整个植株的地上部分,置于烘箱中105℃杀青2 h,然后70℃烘干至恒质量。

根干物质量:直接测定单株玉米的根系,实测空间

万方数据

范围为50 cm×50 cm×60 cm,洗净后置于烘箱中105℃杀青2 h,70℃烘干至恒质量得到单株玉米根干物质量。

2.3 产量

按照“之”字形随机选取5个点,将每个点上所在的玉米行上6 m范围内的玉米全部取回,重复3次,进行考种。

2.4 水分利用效率

水分利用效率用式(2)计算

$$WUE = Y / ET \quad (2)$$

式中: WUE ——水分利用效率, $\text{kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$; Y ——经济产量, kg/hm^2 ; ET ——作物蒸发蒸腾量, m^3/hm^2 。

3 结果与分析

3.1 大垄宽窄行免耕种植对土壤体积质量的影响

表1为2007年和2009年玉米收获后两种处理苗带0~10 cm和10~20 cm 2个土层的土壤体积质量情况。2007年试验初期(4月),0~10 cm和10~20 cm土层内两种处理模式土壤体积质量略有差别,可以忽略。3 a后,在0~10 cm土层,两种处理模式的土壤体积质量均略有上升,分别增加了0.76%和1.52%。在10~20 cm土层,均行距苗带内土壤体积质量变化较大,与2007年相比增加了4.23%。宽窄行苗带内土壤体积质量由1.41 g/cm^3 降为1.40 g/cm^3 ,变化可以忽略。

表1 不同处理模式下不同深度的土壤体积质量对比

Table 1 Comparison of soil bulk density in the different layers with different treatments

土层深度/cm	处理	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	
		2007	2009
0~10	SRNT	1.31 ^a	1.32 ^a
	DRNT	1.32 ^a	1.34 ^a
10~20	SRNT	1.42 ^a	1.48 ^a
	DRNT	1.41 ^a	1.40 ^b

注:表中同一列内右上角标相同的字母表示不同的处理之间不存在显著的差异($P=0.05$);SRNT—小垄均行免耕种植模式;DRNT—大垄宽窄行免耕种植模式。下同。

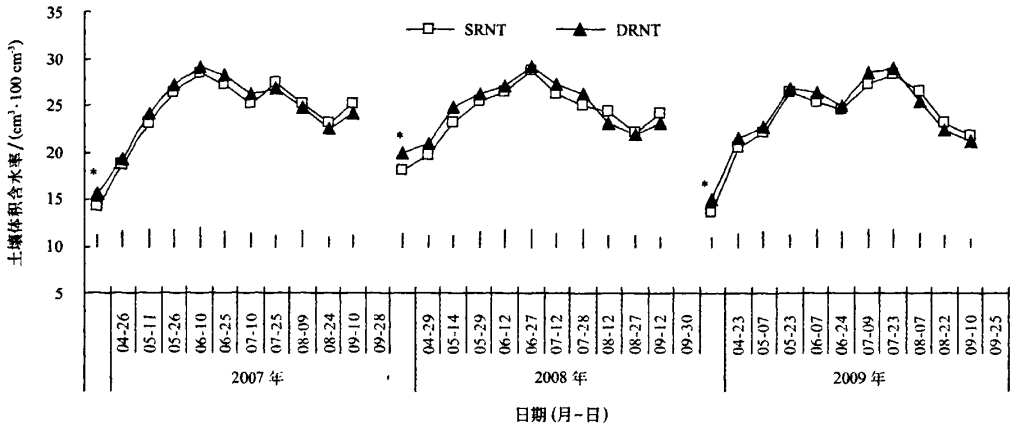
3.2 大垄宽窄行免耕种植对土壤体积含水率的影响

图3中在玉米整个生育期0~20 cm土层内的平均土壤体积含水率。从总体上来看,两种处理的土壤体积含水率均呈现出先升后降的趋势,这主要是由于春玉米播种后,季节性的降雨增加了土壤的水分含水率,而在春玉米生长后期,对水分需求量增大,导致土壤含水率下降。

对比2007、2008和2009年玉米整个生育期土壤体积含水率可以看出,玉米生育期前期(8月中下旬以前),大垄宽窄行免耕处理的土壤体积含水率高于小垄均行距处理,其中玉米播种期差异最为显著,与垄作均行距相比,大垄宽窄行免耕播种处理分别显著地提高了10.56%(2007),9.39%(2008)和11.03%(2009)的土壤含水率($P=0.05$)。玉米进入成熟期后,对比趋势发生了转折,

大垄宽窄行免耕模式的土壤体积含水率略低于垄作均行距模式, 降低了 1.35%~4.17%。这主要是由于大垄宽窄

行免耕模式宽窄行种植具有较好的通风、通光条件, 延长了玉米生长期, 进而土壤水分需求增加的结果^[9]。



注: * 表示存在显著性差异 (P=0.05)

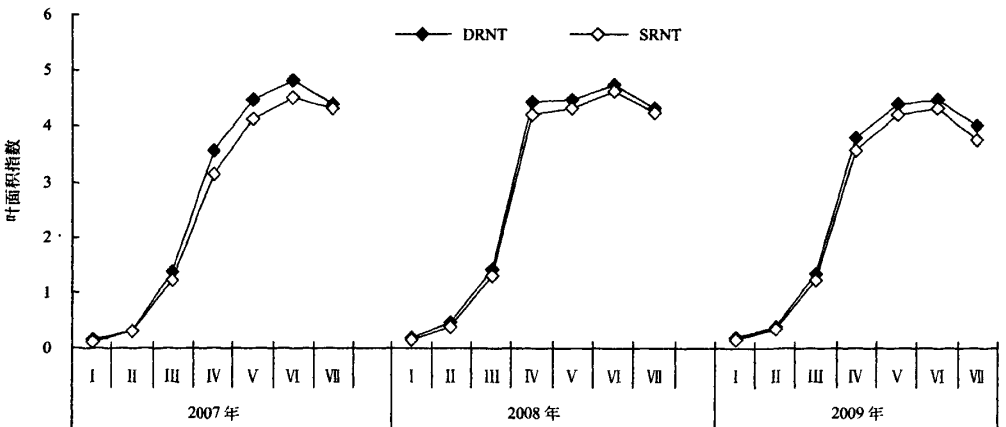
图 3 播种后每隔 15 d 不同处理模式 0~20 cm 平均土壤体积含水率

Fig.3 Mean soil volumetric water content to the depth of 20 cm every other 15 days after seeding from 2007 to 2009

3.3 大垄宽窄行免耕种植对叶面积指数的影响

叶面积指数不仅可以反映作物生长状态, 还是计算作物蒸发和干物质累积最重要的生理参数^[10]。在 2007、2008 和 2009 年玉米各关键生长期 (3 叶期、6 叶期、拔节期、大喇叭口期、抽雄期、开花吐丝期以及乳熟期) 分别对两种处理模式的叶面积指数进行了测试。从图 4 可以看出, 在整个玉米生长期, 叶面积指数呈现先升后

降的变化趋势。其中在玉米开花期前后叶面积指数达到最大值, 在拔节期前, 由于大垄宽窄行免耕种植模式的土壤墒情好, 实施垄上错行免耕播种, 播种质量高, 出苗好, 因此其叶面积指数略高于均行距免耕模式。随着玉米植株长高, 大垄宽窄行免耕种植模式表现出较强的边行优势, 玉米植株后期长势好, 叶面积指数差异变大。



注: I—3 叶期; II—6 叶期; III—拔节期; IV—大喇叭口期; V—抽雄期; VI—开花吐丝期; VII—乳熟期

图 4 不同种植方式对叶面积指数的影响

Fig.4 Effects of different treatments on leaf area index

3.4 大垄宽窄行免耕种植对植株情况的影响

作物植株地上部分与根系协调情况是考察玉米生育前期好坏的一个重要指标。玉米宽窄行种植垄体通风透光性好, 根际土壤通气性强, 光、热、水、肥等因素较为协调, 有利于玉米根系生长^[11]。如表 2 所示, 在玉米拔节期, 大垄宽窄行免耕模式下的玉米干物质质量均高

于小垄均行距模式, 在 2007、2008 和 2009 年, 大垄宽窄行免耕模式的地上部干物质质量分别提高了 14.29%、12.70%和 13.50%, 根干物质质量分别提高了 19.16%、35.24%和 37.02%, 存在显著性差异 (P=0.05)。在乳熟期, 宽窄行免耕模式下玉米的干物质质量仍然高于均行距垄作模式, 其中地上部干物质质量增加了 2.55%、8.04%和

3.11%，根干物质量增加了 9.39%、5.18%和 13.97%。经济产量是以生物产量为基础的，也就是说，籽粒的充实来自于强有力的源的供应，大垄宽窄行免耕模式在生物质量上面的优势将有利于提高玉米的经济产量。

表 2 不同处理模式下的干物质积累对比

Table 2 Comparison of dry matter accumulation under different treatments g

年份	处理	拔节期		乳熟期	
		单株地上部 干物质量	单株根 干物质量	单株地上部 干物质量	单株根 干物质量
2007	SRNT	27.3±2.33	5.22±1.09	498.5±20.89	66.32±8.22
	DRNT	31.2±1.45	6.22±2.10	511.20±23.88	72.55±9.27
2008	SRNT	21.57±1.92	4.37±0.95	443.66±14.62	51.17±7.61
	DRNT	24.31±2.71	5.91±1.81	479.35±22.47	53.82±9.67
2009	SRNT	31.33±2.14	5.97±1.33	457.39±23.26	50.19±7.32
	DRNT	35.56±3.43	8.18±1.75	471.64±26.32	57.20±8.73

3.5 大垄宽窄行免耕种植对玉米产量的影响

由表 3 不同处理模式下玉米产量情况可知，2007、2008 和 2009 年宽窄行垄作模式的玉米平均穗粒数为 666.2、686.4 和 680.5 粒，比同年均行距模式分别增加了 0.97%，3.09%和 4.15%，百粒质量分别增加了 2.24%，1.78%和 2.07%，3 a 分别增产 6.70%，8.49%和 9.49%。

表 3 不同处理模式下玉米产量对比

Table 3 Comparison of maize yield under different treatments

年份	处理	穗粒数	百粒质量/ g	穗行数	产量/ (kg·hm ⁻²)	增产率/ %
2007	SRNT	659.8	40.2	21.2	9866.5 ^a	6.70
	DRNT	666.2	41.1	20.1	10528.0 ^a	
2008	SRNT	665.8	39.4	22.1	11033.5 ^a	8.49
	DRNT	686.4	40.1	22.3	11970.0 ^b	
2009	SRNT	653.4	38.6	22.6	9567.0 ^a	9.49
	DRNT	680.5	39.4	23.1	10475.0 ^b	

注：表中同一列内右上角标有相同的字母表示不同的处理之间不存在显著的差异 ($P=0.05$)

3.6 水分利用效率

水分利用效率是反映作物物质生产与水分消耗之间关系的指标，其高低受作物自身特性与环境条件的制约，提高水分利用效率可以从生理和生态 2 个方面入手^[12]。高的水分利用效率表示作物可以更好地利用田间土壤水分。

表 4 是 2007、2008 和 2009 年两种耕作处理模式下的水分利用效率情况。不同处理的水分利用效率存在差异，大垄宽窄行免耕模式相对小垄均行距模式由于能将

表 4 不同处理模式水分利用效率对比

Table 4 Comparison of soil water use efficiency under different treatments kg·mm⁻¹·hm⁻²

年份	SRNT	DRNT	提高/%
2007	20.57 ^a	21.59 ^a	4.96
2008	21.93 ^a	23.60 ^a	7.62
2009	21.02 ^a	22.82 ^b	8.56

更多的上茬玉米秸秆截留在垄台上，因而秸秆覆盖率高，减少了土壤水分蒸发的面积和无效蒸发，增强了土壤的通透性能，促进了作物根系的生长，水分利用效率都高于小垄均行距模式，平均比小垄均行距高 1.50 kg/(mm·hm²)，提高了 4.96%~8.56%。

4 讨论与结论

1) 在东北玉米垄作区的试验结果表明，大垄宽窄行免耕种植技术实行交替休闲播种，秸秆残茬覆盖，可以明显改善春玉米生长发育期间的土壤环境，提高春玉米的水分利用效率。土壤体积质量对玉米根系乃至植株产量有着重要影响，其可以反映土壤松紧状况，土壤过松或过紧都不利于玉米正常生长和根系发育。土壤过松，根土不易密接，水分不易保存，水气不能协调，影响养分的保存和有效化、温度的稳定。土壤过紧，通透性差，影响出苗，根系下扎。由于宽窄行免耕模式采用交替休闲种植，减少了播种机开沟器对下层土壤的压实，降低了苗带深层土壤体积质量，使其处于适宜作物生长的土壤体积质量范围内，因而促进了玉米根系的生长。

2) 土壤水分是影响作物发芽和植株生长的重要物质。东北玉米垄作区为一年一作，10 月初—4 月中旬为休闲期，冬春季节风大，垄作均行距免耕模式的大部分玉米秸秆、残茬被吹进垄沟内，垄台上部秸秆覆盖度降低，有时还会出现大面积地表裸露现象，水分蒸发快，保水效果差。相反，大垄宽窄行免耕模式由于垄台宽度较大，在垄台两侧根茬的阻挡下，垄台内大部分秸秆和残茬仍然保留在垄台上部，有效降低了土壤水分蒸发，减少了地表径流，具有较好的保墒效果，因此大垄宽窄行免耕播种模式具有较好的土壤水分条件，特别是在播种期尤为明显，提高了 9.39%~11.03%。适宜的土壤紧实度，较高的土壤水分，宽窄行的边行优势，有利于植株生长，提高土壤水分利用效率 4.96%~8.56%。

大垄宽窄行免耕播种模式能够有效解决小垄免耕播种机具掉垄问题，垄上实现垄上错行播种，提高播种质量，发挥宽窄行玉米种植的边行效应，推动农机农艺有效结合，促进垄作区保护性耕作技术的顺利推广。

【参 考 文 献】

- [1] 李宝筏, 刘安东, 包文育, 等. 东北垄作滚动圆盘式耕播机[J]. 农业机械学报, 2006, 37(5): 57—59.
Li Baofa, Liu Andong, Bao Wenyu, et al. Rolling disc type till-planter of the ridge cropping system in Northeast area of China[J]. Transactions of the CSAM, 2006, 37(5): 57—59. (in Chinese with English abstract)
- [2] 高焕文, 李问盈, 李洪文. 中国特色保护性耕作技术[J]. 农业工程学报, 2003, 19(3): 1—4
Gao Huanwen, Li Wenyong, Li Hongwen. Conservation tillage technology with Chinese characteristics[J]. Transactions of the CSAE, 2003, 19(3): 1—4. (in Chinese with English abstract)
- [3] 罗红旗, 高焕文, 刘安东, 等. 玉米垄作免耕播种机研究[J]. 农业机械学报, 2006, 37(4): 45—63.
Luo Hongqi, Gao Huanwen, Liu Andong, et al. Study on

- ridge-till and no-till corn planter[J]. Transactions of the CSAM, 2006, 37(4): 45-63. (in Chinese with English abstract)
- [4] 王庆杰, 何进, 姚宗路, 等. 驱动圆盘式玉米垄作免耕播种机设计与试验[J]. 农业机械学报, 2008, 39(6): 68-72. Wang Qingjie, He Jin, Yao Zonglu, et al. Design and experiment on powered disc no-tillage planter for ridge-tillage[J]. Transactions of the CSAM, 2008, 39(6): 68-72. (in Chinese with English abstract)
- [5] 王庆杰, 李洪文, 徐迪娟, 等. 大垄双行玉米免耕播种技术研究[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(2): 17-20. Wang Qingjie, Li Hongwen, Xu Dijuan et al. Study on the technology of the corn no-till planting of one big ridge two rows[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2007, 25(2): 17-20. (in Chinese with English abstract)
- [6] 刘武仁, 郑金玉, 冯艳春, 等. 玉米宽窄行交替休闲保护性耕种的土壤水分变化规律研究[J]. 玉米科学, 2006, 14(4): 114-116, 124. Liu Wuren, Zheng Jinyu, Feng Chunyan et al. Research on soil moisture variable rule of maize planted in wide-narrow row alternation form with protective cultivation technique[J]. Journal of Maize Sciences, 2006, 14(4): 114-116, 124. (in Chinese with English abstract)
- [7] 梁熠, 齐华, 王敬亚, 等. 宽窄行栽培对玉米生长发育及产量的影响[J]. 玉米科学, 2009, 17(4): 97-100. Liang Yi, Qi Hua, Wang Jingya et al. Effects of growth and yield of maize under wide and narrow row cultivation[J]. Journal of Maize Sciences, 2009, 17(4): 97-100. (in Chinese with English abstract)
- [8] 刘武仁, 郑金玉, 罗洋, 等. 玉米宽窄行种植技术研究[J]. 吉林农业科学, 2007, 32(2): 8-10, 13. Liu Wuren, Zheng Jinyu, Luo Yang, et al. Research on planting technique with wide/narrow row alternation for maize[J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences, 2007, 32(2): 8-10, 13. (in Chinese with English abstract)
- [9] 裴攸, 边少锋, 何志, 等. 宽窄行交互种植条带深松新耕法及配套机具研究[J]. 农业工程学报, 2000, 16(5): 67-70. Pei You, Bian Shaofeng, He Zhi, et al. Study on a new tilling method of striped deep loosening of wide-narrow row alternate planting and its attached machines[J]. Transactions of the CSAE, 2000, 16(5): 67-70. (in Chinese with English abstract)
- [10] 刘立晶, 高煥文, 李洪文. 玉米-小麦一年两熟保护性耕作体系试验研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(3): 70-73. Liu Lijing, Gao Huanwen, Li Hongwen. Conservation tillage for corn-wheat two crops a year region[J]. Transactions of the CSAE, 2004, 20(3): 70-73. (in Chinese with English abstract)
- [11] 赵霞, 姜军, 刘京宝, 等. 垄作覆盖栽培对玉米生态生理效应研究进展[J]. 生态农业科学, 2008, 24(9): 398-400. Zhao Xia, Jiang Jun, Liu Jingbao, et al. Research progress on the physiological and ecological effects in the maize under planting of ridge culture and straw mulch[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2008, 24(9): 398-400. (in Chinese with English abstract)
- [12] 付国占, 李潮海, 王俊忠, 等. 残茬覆盖于耕作方式对土壤性状及夏玉米水分利用效率的影响[J]. 农业工程学报, 2005, 21(1): 52-56. Fu Guozhan, Li Chaohai, Wang Junzhong, et al. Effects of stubble mulch and tillage managements on soil physical properties and water use efficiency of summer maize[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(1): 52-56. (in Chinese with English abstract)

Effects of wide-ridge and narrow-row no-till cultivation on soil water and maize yield

Wang Qingjie¹, Li Hongwen^{1*}, He Jin¹, Li Wenyong¹, Liu Andong²

(1. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. Liaoning Institute of Agricultural Mechanization Technology Extension, Shenyang 110034, China)

Abstract: To resolve the problems faced while no-till seeding on the original ridge and to avoid instability of planter, the furrow was covered by soil to form wide-ridge. The field experiment was conducted at Sujiatun in Liaoning Province in 2007-2009, and the effects of wide-ridge with wide-narrow row no-till cultivation on soil bulk density, soil water content, maize growth and water use efficiency were also studied. The results indicated that wide-ridge with wide-narrow row no-till seeding could increase the capacity of water storage and water content by 9.39%-11.03% in the seeding stage. Compared with average ridge row, the population structure was improved effectively under wide-ridge with wide-narrow row no-till cultivation. From the study it was also found that the growth of individual plants was better, dry matter accumulation and LAI were enhanced. The yield was increased by 6.70%-9.49%, and the soil water use efficiency was improved by 4.96%-8.56%. It was a perfect planting mode for conservation tillage in the northeast of China.

Key words: conservation, cultivation, soil moisture, ridge till, wide-ridge, wide-narrow row, maize, yield

大垄宽窄行免耕种植对土壤水分和玉米产量的影响

作者: [王庆杰](#), [李洪文](#), [何进](#), [李问盈](#), [刘安东](#), [Wang Qingjie](#), [Li Hongwen](#), [He Jin](#),
[Li Wenying](#), [Liu Andong](#)
作者单位: [王庆杰, 李洪文, 何进, 李问盈, Wang Qingjie, Li Hongwen, He Jin, Li Wenying \(中国农业大学工学院, 北京, 100083\)](#), [刘安东, Liu Andong \(辽宁省农业机械化技术推广站, 沈阳, 110034\)](#)
刊名: [农业工程学报](#) **ISTIC** **EI** **PKU**
英文刊名: [TRANSACTIONS OF THE CHINESE SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING](#)
年, 卷(期): 2010, 26 (8)
被引用次数: 5次

参考文献(12条)

1. 李宝筏;刘安东;包文育 [东北垄作滚动圆盘式耕播机](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2006 (05)
2. 高焕文;李问盈;李洪文 [中国特色保护性耕作技术](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2003 (03)
3. 罗红旗;高焕文;刘安东 [玉米垄作免耕播种机研究](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2006 (04)
4. 王庆杰;何进;姚宗路 [驱动圆盘式玉米垄作免耕播种机设计与试验](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2008 (06)
5. 王庆杰;李洪文;徐迪娟 [大垄双行玉米免耕播种技术研究](#)[期刊论文]-[干旱地区农业研究](#) 2007 (02)
6. 刘武仁;郑金玉;冯艳春 [玉米宽窄行交替休闲保护性耕种的土壤水分变化规律研究](#)[期刊论文]-[玉米科学](#) 2006 (04)
7. 梁熠;齐华;王敬亚 [宽窄行栽培对玉米生长发育及产量的影响](#)[期刊论文]-[玉米科学](#) 2009 (04)
8. 刘武仁;郑金玉;罗洋 [玉米宽窄行种植技术研究](#)[期刊论文]-[吉林农业科学](#) 2007 (02)
9. 裴攸;边少锋;何志 [宽窄行交互种植条带深松新耕法及配套机具研究](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2000 (05)
10. [刘屯晶](#);高焕文;李洪文 [玉米、小麦一年两熟保护性耕作体系试验研究](#) 2004 (03)
11. [赵霞](#);姜军;刘京宝 [垄作覆盖栽培对玉米生态生理效应研究进展](#)[期刊论文]-[生态农业科学](#) 2008 (09)
12. [付国占](#);李潮海;王俊忠 [残茬覆盖于耕作方式对土壤性状及夏玉米水分利用效率的影响](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2005 (01)

本文读者也读过(2条)

1. [王鑫](#), Wang Xing [半干旱地区玉米种植模式试验研究](#)[期刊论文]-[农业科技通讯](#)2009 (3)
2. [罗洋](#), [郑金玉](#), [郑洪兵](#), [赵丽娟](#), [李伟堂](#), [刘武仁](#), [付蕾](#), [吕中新](#), LUO Yang, ZHENG Jin-yu, ZHENG Hong-bin, ZHAO Li-juan, LI Wei-tang, LIU Wu-ren, FU Lei, LV Zhong-xin [玉米宽窄行种植模式下肥密互作效应的研究](#)[期刊论文]-[吉林农业科学](#)2009, 34 (5)

引证文献(5条)

1. 王节之, 王根全, 郝晓芬, 王晓宇 [适应机械中耕的谷子宽窄行种植模式研究](#)[期刊论文]-[山西农业科学](#) 2012 (5)
2. 马金宝, 张毅, 王恩亮, 项艳, 白清俊 [宽垄沟灌垄上覆膜条件下土壤水分运移试验研究](#)[期刊论文]-[水利与建筑工程学报](#) 2011 (4)
3. 王庆杰, 何进, 李洪文, 卢彩云, Rabi G. Rasaily, 苏艳波 [免耕播种机开沟防堵单元体设计与试验](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2012 (1)
4. 鹿树森, 周宝库, 马星竹, 魏丹, 赵清国, 高中超, 陈雪丽, 杨军 [白浆土地区不同栽培方式对土壤物理性质和大豆生育性状的影响](#)[期刊论文]-[大豆科学](#) 2011 (3)
5. 尹小刚, 刘武仁, 郑洪兵, 张海林, 褚庆全, 文新亚, 殷鹏飞, 陈阜 [松辽平原中部地区应对气候干旱变化的土壤耕作技术](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2012 (22)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_nygcxb201008006.aspx