

## 一沟双行小麦施肥播种单体的设计与试验

吴红丹 李洪文 梅峰 毛宁 王树东

(中国农业大学工学院,北京 100083)

**摘要** 针对一年两熟灌溉区玉米覆盖地免耕播种小麦时播种机堵塞问题,设计研制了一沟双行小麦施肥播种单体,该单体1次作业可同时完成施1行肥和播2行小麦,进行小麦宽窄行机械化种植。田间试验以窄行距离分别为8 cm和10 cm的施肥播种单体与普通尖角开沟器进行性能对比。结果表明:同一平均行距窄行种植的播种机通过性较均行距种植普通尖角开沟器播种机的好;窄行距离为10 cm的单体播深变异系数和行距变异系数最小,分别为7.3%和5.6%;窄行距离为8 cm的单体牵引阻力和肥深变异系数最小,分别为459.2 N和3.5%;确定优化的小麦宽窄行平均种植行距为20 cm,作业质量满足农艺要求,解决了高覆盖量工作条件下播种机的堵塞问题。

**关键词** 免耕播种机;施肥播种单体;设计;试验;宽窄行种植

中图分类号 S 223.2

文章编号 1007-4333(2007)02-0050-04

文献标识码 A

### Design and experimental study on a combined fertilizing and seeding opener for wheat of two rows in one furrow

Wu Hongdan, Li Hongwen, Mei Feng, Mao Ning, Wang Shudong

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract** An opener that can plant two rows of wheat and one row of fertilizer in one operation was developed to solve residue blockage problems of no-tillage planter in the area of two crops a year. At the same time this planter realizes planting wheat in different row width by machine. The experimental comparison of an ordinary narrow-point opener with the combined fertilizing-seeding opener operated at two seeding tube spaces of 8 cm and 10 cm, respectively, was made. Results showed that the wheat planter with the combined fertilizing-seeding opener was better than the ordinary narrow-point one in passing ability on the same average row width; the variance coefficients of planting depth and row width were 7.3% and 5.6%, respectively, from the combined fertilizing-seeding opener with 10 cm seeding tube space that was the lowest one in three openers; the opener with 8 cm seeding tube space has the minimum variance coefficients of draught resistance and fertilizing depth, 459.2 N and 3.5%, respectively. The experiments indicate that the optimized average row width is 20 cm in wide-narrow row planting. A no-tillage planter with the combined fertilizing-seeding opener could meet the requirements of agricultural technology and solve the residue blockage problems effectively.

**Key words** no-tillage planter; combined fertilizing - seeding opener; design; experiment; wide-narrow row planting

保护性耕作在华北平原一年两熟灌溉区具有良好的发展前景,但玉米秸秆覆盖地小麦免耕播种机的堵塞问题,是一年两熟地区推广应用保护性耕作体系的主要制约因素<sup>[1-2]</sup>。为解决作业时秸秆堵塞的问题,美国的免耕机具多采用多梁配置加大开

沟器间距的大型播种机、将秸秆全面粉碎实现防堵的旋耕播种机和采用较大配重的双圆盘刀式破茬切土播种机,以及由动力驱动的带状拨草式播种机<sup>[3]</sup>。但是,多梁的采用使得机组的长度和转弯半径增大,机具结构复杂、价格昂贵;同时受拖拉机悬

收稿日期:2006-11-08

基金项目:国家“十五”科技攻关项目(2004BA524B03)

作者简介:吴红丹,副教授,博士研究生,E-mail:whd168@sohu.com;李洪文,教授,博士生导师,通讯作者,主要从事保护性耕作研究,E-mail:Lhwen@cau.edu.cn

挂能力的限制,也不可能采用大质量的圆盘式开沟器,因而这些方法不适合我国的实际情况。目前我国设计的播种机,多通过增加旋转甩刀的方式粉碎秸秆,但转速高达 1 800 r/min,高转速引起机具振动,安全性能降低<sup>[4]</sup>,同时功率消耗增大;也有利用将秸秆分开的方式,即通过扫、拨和绕流等手段清除播种单体前的秸秆层,开出无覆盖层的播种条带<sup>[5]</sup>,如曲面型分草器<sup>[6]</sup>,这类装置具有分草性能好、结构简单、成本低等优点,但当秸秆覆盖量大时仍然会发生堵塞。多年的保护性耕作试验研究表明,解决免耕播种机的防堵问题,还应结合播种作业的工艺措施<sup>[7]</sup>。

本研究从小麦种植方式角度研究免耕播种机的防堵问题,改变小麦常规均行种植技术为宽窄行种植技术,研制设计一沟双行小麦施肥播种单体,该单体应在 1 次作业中完成开沟、播种和施肥等工序,从而达到简化小麦播种机结构的目的。

## 1 耕作模式及种植原理

### 1.1 宽窄行种植模式

自 20 世纪 60 年代以来,我国小麦播种一直采用 20 cm 左右的均行距种植方式<sup>[8]</sup>。小麦宽窄行种植模式主要应用在间混套作上,相对传统的均行距种植模式具有以下优点:

1) 能充分发挥其边行优势,改善小麦中后期生长条件,有利于植株上、中、下叶片的光合作用,提高干物质积累速度,增加干物质积累量。

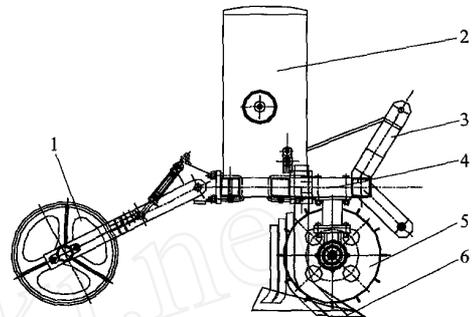
2) 通风透光好,地温高于常规栽培,能合理协调个体与群体的生长发育。

### 1.2 一沟双行小麦施肥播种单体的种植原理

本研究研制了窄行距离分别为 8 cm 和 10 cm 的 2 种施肥播种单体。安装一沟双行小麦施肥播种单体的播种机主要由镇压轮总成、种肥箱装配、悬挂杆、机架横梁焊合、地轮总成、一沟双行小麦施肥播

种单体等 6 部分组成(图 1)。作业时,施肥播种单体前面的开沟器柄、刃和侧铲开沟,1 次作业完成播 4 行小麦、施 2 行肥,保证种肥间距符合农艺要求,施肥播种单体间的宽行距离可根据实际要求调节。

用普通尖角开沟器播种机播 4 行小麦需 4 个种开沟器和 4 个肥开沟器,而装有一沟双行小麦施肥播种单体的播种机开沟器数量比普通播种机减少 1/2,开沟器柄之间的距离增加 1 倍,提高了播种机的通过性能,使得播种机结构简化。



1. 镇压轮总成;2. 种肥箱装配;3. 悬挂杆;4. 机架焊合;  
5. 地轮总成;6. 一沟双行小麦施肥播种单体

图 1 安装一沟双行小麦施肥播种单体的播种机结构简图  
Fig. 1 Structure of wheat-planter with combined fertilizing-seeding opener of two rows wheat in one furrow

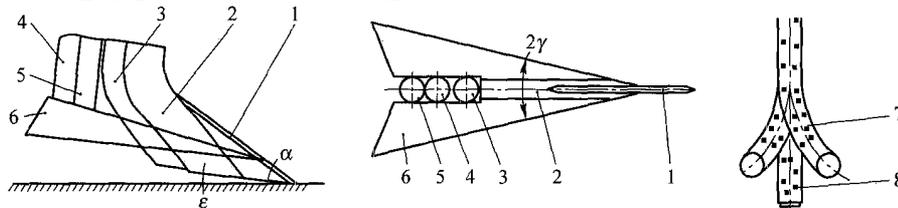
## 2 一沟双行播种单体的设计要求及结构参数

### 2.1 设计要求及结构

一沟双行小麦施肥播种单体应满足以下要求:

1) 有较强的入土性能;2) 对土壤的搅动尽量小,翻动土壤量尽量小;3) 能够实现 2 行种子共用 1 行肥料,且肥料在种子的侧下方;4) 分行情况良好,不窜行,即 2 行小麦不能播种到同一个种沟。播种单体主要由柄、刃、侧铲、种管(2 根)、肥管焊接而成(图 2)。

1) 种管。种管由 2 根 3/4 英寸镀锌焊接钢管焊接而成,下端交叉分开,种管管口中心距(窄行距离)



1. 刃;2. 柄;3. 肥管;4,5. 种管;6. 侧铲;7. 种子;8. 肥料

图 2 一沟双行小麦施肥播种单体结构简图

Fig. 2 Schematic diagram of combined fertilizing-seeding opener of two rows wheat in one furrow

为 8 cm 和 10 cm 2 种;下面的出种口向后弯曲,目的是减少种管阻塞。

2) 肥管。肥管由 1 根 3/4 英寸镀锌焊接钢管弯曲而成,焊接在开沟器柄上;为防止堵塞,下端焊接 1 块挡板,肥管与种管管口垂直距离 5 cm。

3) 刃。刃由 45 钢加工而成,刃上端两侧开一刃口,利于入土,焊接于柄的前端,主要起到开沟入土的作用。

4) 侧铲。由 45 钢加工而成,分为左右对称的 2 块,焊接于柄的两侧,主要起回土的作用。

5) 柄。由 45 钢焊接而成,能承受足够的阻力。

## 2.2 参数分析及确定

表 1 示出一沟双行小麦施肥播种单体设计参数。具体分析如下:

表 1 一沟双行小麦施肥播种单体设计参数

Table 1 Main technical parameters of the combined fertilizing seeding opener of two rows wheat in one furrow

窄行 距离/ cm	入土 角 / (°)	入土隙 角 / (°)	铲尖张 角 / (°)	侧铲倾 角 / (°)	幅宽 B/ mm
8	34	10	20	40	170
10	34	10	20	50	240

1) 入土角。入土角 (图 2) 为开沟器工作面与水平面之间的夹角。角较大时,工作土层抬高较高,甚至翻土,不利于保墒。开沟器应尽量减少对土壤的翻动,故角不宜过大;为了减小阻力,根据开沟深度及一沟双行小麦施肥播种单体的结构,综合考虑,取  $\alpha = 34^\circ$ 。

2) 入土隙角。入土隙角为铲面底面与地面之间的夹角,的存在有利于开沟器的入土。过小,开沟器入土性能变差,摩擦阻力增大,开沟器底边磨损增大;过大,易造成土壤提前回落,且沟底不平。一般地取  $5^\circ \sim 10^\circ$ 。本研究中入土隙角  $\beta = 10^\circ$ 。

3) 铲尖张角。角过大,杂草、土粒残茬等不易沿刃口滑过,容易发生缠草、粘土、堵土;角过小则切断草根的能力减弱。一般  $\gamma = 20^\circ$ 。

4) 侧铲倾角。侧铲倾角的大小,直接影响开沟器的回土情况。侧铲倾角过大将增大一沟双行小麦施肥播种单体的幅宽,过小则不利于回土。侧铲倾角的确定可参考铧式犁的翻垡原理<sup>[9]</sup>。

5) 幅宽 B。开沟器幅宽对阻力的影响很大,随着幅宽的增大,阻力明显增大。减小幅宽,有利于减

小阻力,但幅宽必须满足农艺要求。施肥播种单体首先要满足设计要求,其次应尽量满足农艺要求,以减小开沟器的阻力。

## 3 田间试验与结果分析

试验于 2005-10-01 在北京市大兴区朱庄试验地进行。朱庄位于北京市东南,大兴区东部,地处古运河冲击平原,海拔 19 m,年平均降水量 600 mm,年平均气温 11℃,地下水埋深 3.3 m;土壤含水率 11.4%,砂壤土。

### 3.1 试验方案

以普通尖角开沟器为对比,考察一沟双行小麦施肥播种单体的通过性、牵引阻力,及采用其播种的小麦产量等。试验采用 12 个处理,3 次重复,共 36 个试验小区,随机区组排列。每个小区面积 3 m × 15 m,小区之间留有 1 m 宽的过道,四周设有保护带,保护带四周散播小麦,小麦品种为当地农民使用的品种京 9428 优系。具体处理为:设定平均行距 30 cm、25 cm、20 cm 和 15 cm,每个平均行距分别用 3 种开沟器:窄行距离为 8 cm 施肥播种单体、窄行距离 10 cm 施肥播种单体和普通尖角开沟器。

播种前测得千粒重为 34 g,发芽率 94%。每个小区内每行播相同质量的小麦种(亩播量不同),施等量有机肥(磷酸二胺),配套动力为江西拖拉机制造厂生产的 180-3 型拖拉机;作业速度 1.06 km/h。设定开沟器入土深度为 8.5 cm,即施肥的理想深度是 8.5 cm。

牵引阻力对比试验采用 TN-654L 拖拉机为牵引动力,180-3 型拖拉机悬挂机架。机架上分别选用 2 个 8 cm 和 2 个 10 cm 的一沟双行小麦施肥播种单体,对照选用 4 个尖角开沟器。设定测试仪每 10 m 读取 1 个数值,TN-654L 拖拉机变换 2 次速度(TN-654L 拖拉机的慢 3 挡和慢 4 挡),仪器显示实际牵引速度,每组开沟器测量 3 组数据,计算平均牵引阻力。

### 3.2 试验结果及分析

表 2 示出 1 个一沟双行小麦施肥播种单体和 2 个尖角开沟器的性能试验结果:行距离为 10 cm 的播种单体牵引阻力较大,主要原因是,窄行距增大使得阻力增大,加上开沟器的侧铲倾角增大,两方面因素共同作用使得其阻力较大。窄行距离为 8 cm 的一沟双行小麦施肥播种单体的牵引阻力和肥深变异系数最小,普通尖角开沟器的牵引阻力和肥深变异

系数最大;窄行距离为 10 cm 一沟双行小麦施肥播种单体的播深变异系数及行距变异系数最小。

播种机通过性测定结果(表 3)表明:行距越大,通过性越好;同一平均行距中窄行种植的播种机通过性比均行距种植普通尖角开沟器播种机好。平均行距为 20 cm 和 15 cm,窄行距离 10 cm 的一沟双行小麦施肥播种单体种植的小麦产量最高,分别达 4 839.3 kg/hm<sup>2</sup> 和 6 784.35 kg/hm<sup>2</sup>,较普通尖角开沟器均行种植增加 1.5% 和 2.2%。平均行距大于 20 cm 的 2 种一沟双行小麦施肥播种单体均无堵

塞现象发生。

表 2 一沟双行小麦施肥播种单体与普通尖角开沟器性能对比试验结果

Table 2 Test results from the field performance with different openers

开沟器	窄行距 离/cm	牵引阻 力/N	播深变异 系数/%	肥深变异 系数/%	行距变异 系数/%
施肥播 种单体	8	459.2	8.2	3.5	6.5
	10	749.2	7.3	7.2	5.6
普通尖角	均行	522.5	7.7	7.5	6.4

表 3 采用一沟双行小麦施肥播种单体与普通尖角开沟器的小麦产量及播种机通过性测试结果

Table 3 Grain yields of wheat and passing ability under different planting patterns with different openers

开沟器	窄行距 离/cm	平均行距 30 cm		平均行距 25 cm		平均行距 20 cm		平均行距 15 cm	
		产量/ (kg/hm <sup>2</sup> )	通过性	产量/ (kg/hm <sup>2</sup> )	通过性	产量/ (kg/hm <sup>2</sup> )	通过性	产量/ (kg/hm <sup>2</sup> )	通过性
施肥播种单体	8	3 628.5	无堵塞	3 845.4	无堵塞	4 804.5	无堵塞	5 978.4	偶有堵塞
	10	3 197.7	无堵塞	3 689.3	无堵塞	4 839.3	无堵塞	6 784.4	偶有堵塞
普通尖角	均行	3 796.2	无堵塞	4 535.6	偶有堵塞	4 768.9	有堵塞	6 637.8	堵塞严重

## 4 结 论

1) 所设计的一沟双行小麦施肥播种单体,1 次作业可同时完成施 1 行肥和播 2 行小麦,进行小麦宽窄行机械化种植。与安装普通尖角开沟器等行距小麦播种机相比,开沟器数量减少 1/2,开沟器间的距离增大 1 倍,简化了播种机结构,从小麦种植方式角度解决了秸秆堵塞的问题;

2) 安装一沟双行小麦施肥播种单体的播种机,分行均匀,播种、施肥深度达到农艺要求,性能稳定;

3) 田间试验结果表明,采用一沟双行小麦施肥播种单体播种,小麦出苗、长势情况良好,产量较高;在保证小麦产量、方便机械作业的基础上,确定优化的小麦宽窄行种植平均行距 20 cm,即窄行距离为 8 cm、宽行距离 32 cm 或窄行距离为 10 cm、宽行距离 30 cm。

4) 牵引阻力对比试验结果表明,窄行距离为 10 cm 的播种单体的牵引阻力较大,还需对结构做进一步研究。

## 参 考 文 献

[1] 高焕文,李问盈. 保护性耕作技术与机具[M]. 北京:

化学工业出版社,2004

- [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
- [3] Payton D M, Hyde G M, Simpson J B. Equipment and methods for no-t tillage wheat planting [J]. Transaction of the ASA E, 1985, 28(5): 1419~1429
- [4] 廖庆喜,高焕文,舒彩霞. 免耕播种机防堵技术研究现状与发展趋势[J]. 农业工程学报,2004,20(1):108~112
- [5] William S N, Kevin J S. Performance of rake mechanism for creating residue-free soil bands [J]. Trans of the ASAE, 1989, 32(4): 1131~1137
- [6] 谷谒白,张云文,宋建农. “层流型”分草曲面用于覆盖免耕播种机的研究[J]. 农业机械学报,1994,25(1):46~52
- [7] 陈君达,李洪文. 旱地玉米保护性耕作机具与作业工艺的组合研究[J]. 农业工程学报,1998,14(3):129~135
- [8] 马威,钱健康,李华. 中高产小麦适宜的行距[J]. 作物杂志,1994(4):17
- [9] 李宝筏. 农业机械学[M]. 北京:中国农业出版社,2003