

玉米垄作免耕播种机油耗试验与分析*

罗红旗¹ 高焕文² 李洪文² 刘霞³

(1. 北京工商大学机械工程学院, 北京 100048; 2. 中国农业大学工学院, 北京 100083;
3. 中国标准化研究院工业与消费品质量安全标准化研究所, 北京 100088)

【摘要】 保护性耕作技术在我国垄作地区难以推广的主要原因是缺乏在有根茬原垄上确保播种质量的免耕播种机。针对以苗带浅旋处理玉米根茬为机理的 2BML-2 型垄作免耕播种机, 进行了田间油耗试验。试验结果表明: 在开沟器、覆土装置、镇压装置等部件工作参数一定时, 影响播种机油耗的主要因素中, 根茬处理装置的旋耕入土深度影响最大, 其次是旋耕幅宽, 然后是机组前进速度; 在适合范围内, 机组前进速度越大, 油耗越小; 本播种机能有效减少油耗, 传统旋耕播种与之相比, 油耗量高 32% 以上。通过建立油耗数学模型, 可以较准确计算出在所给定的条件和工况范围内的单组油耗量, 同时可为选择合适的作业参数及设计同类型播种机提供理论指导。

关键词: 垄作 保护性耕作 播种机 油耗 模型

中图分类号: S223.2⁺6; S345 **文献标识码:** A

Fuel Consumption Test and Analysis for the Ridge-till and No-till Corn Planter

Luo Hongqi¹ Gao Huanwen² Li Hongwen² Liu Xia³

(1. College of Mechanical Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China 2. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China 3. Department of Quality and Safety of Industrial and Consumer Products, China National Institute of Standardization, Beijing 100088, China)

Abstract

It is difficult to extend the conservation tillage in ridge-till areas nowadays, because of lack of no-till planter, which can work on the permanent ridge stably with corn stubble, and have anti-blocking ability and good planting quality. The 2BML-2 ridge-till and no-till planter was been designed on the base of low-bandwidth rotary tillage. Field test of fuel consumption was carried through. The result showed: when the parameters of openers, cover and press disks are invariable, the depth of rotary till is the most important factor, and the width of rotary is the second one, then is the approaching speed; in the range of fitness, with increase of the speed, the quantity of consumption becomes lower; compared to the 2BML-2 planter, the fuel consumption in traditional tillage would increase more than 32%. A fuel consumption model was obtained through the field testing, which can calculate the fuel consumption conveniently according to actual condition and make for selecting appropriate work parameters and designing similar type planter.

Key words Ridge tillage, Conservation tillage, Planter, Fuel consumption, Model

引言

垄作与保护性耕作相结合具有显著的增产效益。在垄作保护性耕作技术中, 收获玉米后进行下

茬作物播种时要在有玉米根茬的未耕地上实施免耕播种, 但是目前缺乏能够在有根茬原垄上行走稳定、防堵能力强、播种质量好的免耕播种机^[1-3]。因此, 研制破茬率高、播种性能好、节省功耗的垄作免

收稿日期: 2009-01-06 修回日期: 2009-02-18

* 国际粮农组织资助项目(CPWFYRB200508)和科技部重大科技专项资助项目(2004BA520A14C05)

作者简介: 罗红旗, 讲师, 博士, 主要从事机械设计与制造、计算机测控研究, E-mail: lhqfrq@126.com

耕播种机,能更好地促进保护性耕作技术与垄作技术相结合。2BML-2型垄作免耕播种机利用苗带浅旋机理对玉米根茬进行处理,配备合适的播种装置进行联合作业^[4]。为了改善其作业性能,需要对工作参数及影响因素进行深入分析。本文针对2BML-2型垄作免耕播种机进行油耗试验,分析影响播种机油耗的主要因素,为选择合适的作业参数提供理论指导。

1 2BML-2型垄作免耕播种机

2BML-2型垄作免耕播种机结构简图如图1所示。播种机与拖拉机三点悬挂连接,拖拉机动力经动力输出轴、万向节传动轴、变速箱等传递至刀轴,带动旋耕刀片以一定速度正向旋转,实行窄带浅旋处理根茬。为确保在各种作业速度下不漏茬,在刀轴的同一圆周上安装3把旋耕刀,针对单垄分别安装1排左弯刀与1排右弯刀,均向垄的中心线弯折,减少往垄沟抛土^[4]。采用尖角式开沟器实行种、肥垂直分施,施肥开沟器作业深度100 mm,种、肥垂直距离50 mm,使用双圆盘覆土。作业行数为2行,作业行距为450~600 mm,理论株距为350 mm或450 mm。

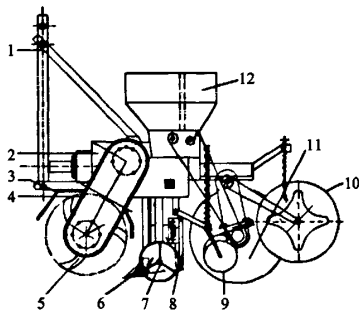


图1 2BML-2型垄作免耕播种机结构简图

Fig.1 Structure of 2BML-2 ridge-till and no-till planter

1.悬挂架 2.变速箱 3.罩壳 4.传动链箱 5.旋耕刀片
6.施肥开沟器 7.限深轮 8.播种开沟器 9.覆土圆盘 10.镇压轮 11.行走轮 12.种肥箱

2 试验及结果

2.1 试验地情况

油耗试验在辽宁省阜新农机二厂的试验地进行。秋季收获玉米后人工砍除玉米秸秆,平均覆盖率为39.3%,留茬高度约为350 mm,根茬茎秆部分直径为21 mm,播种前试验地行距为500 mm,垄高为110 mm,垄台宽度约为157 mm。使用江西拖拉机厂生产的丰收180-3型拖拉机驱动。

2.2 试验方案设计

土壤情况、施肥、播种深度一致时,影响油耗的

主要因素有:旋耕深度、机组前进速度以及单垄旋耕宽度等。根据农艺要求及播种机实际工作情况和试验条件,采用二次旋转正交回归试验。

根据旋转正交试验设计方法,编制三因素二次正交旋转组合设计的因素水平编码如表1所示。

表1 三因素二次正交旋转设计编码

Tab.1 Coding table of quadratic rotary design for three factors

编码	旋耕深度 X_1/mm	机组前进速度 $X_2/\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	单垄旋耕宽度 X_3/mm
1.682	150.0	4.00	160.00
1	133.8	3.59	147.84
0	110.0	3.00	130.00
-1	86.2	2.41	112.16
-1.682	70.0	2.00	100.00

2.3 试验安排与试验结果

根据试验设计,对播种机的油耗进行了测试,所安排的试验方案与试验结果见表2,其中 y 为播种机的油耗量。并按照式(1)对二次项中的平方项进行中心化处理,保证组合设计是正交的。其中, N 为试验总次数, x_{aj} 表示第 j 个因素的第 a 次试验的编码。由于国内不同的拖拉机本身正常行走时所耗油量差异较大,因此试验结果剔除了拖拉机不驱动播种机时的行走油耗。

$$x'_{aj} = x_{aj}^2 - \frac{1}{N} \sum_{a=1}^N (x_{aj})^2 = x_{aj}^2 - \frac{1}{23} 13.658 = x_{aj}^2 - 0.594 \quad (a=1,2,\dots,N; j=1,2,3) \quad (1)$$

得回归方程为

$$\hat{y} = 4.29 + 1.70x_1 - 0.55x_2 + 0.84x_3 - 0.18x_1x_2 + 0.33x_1x_3 - 0.10x_2x_3 + 0.08x_1^2 - 0.03x_2^2 + 0.06x_3^2 \quad (2)$$

2.4 显著性检验及模型改进

回归方程方差分析计算结果如表3所示,各回归系数显著性检验计算结果如表4所示。

由表3可知,由于 $F = 13.19 > F_{0.01}(9, 13)$,回归方程在显著性水平0.01上显著。

从表4可以看出,旋耕深度 x_1 与单垄旋耕宽度 x_3 的回归系数在显著性水平0.01上显著,机组前进速度 x_2 在显著性水平0.05上显著,交互项 x_1x_3 在显著性水平0.25上显著。由于二次项以及交互项 x_1x_2 与 x_2x_3 的回归系数检验不显著可进行剔除,重新进行回归计算,得回归方程为

$$\hat{y} = 4.35 + 1.70x_1 - 0.55x_2 + 0.84x_3 + 0.33x_1x_3 \quad (3)$$

表 2 试验安排与试验结果
Tab.2 Testing arrangement and results

试验序号	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	x'_1	x'_2	x'_3	$y/L \cdot h^{-1}$
1	1	1	1	1	1	1	1	0.406	0.406	0.406	6.1
2	1	1	1	-1	1	-1	-1	0.406	0.406	0.406	4.4
3	1	1	-1	1	-1	1	-1	0.406	0.406	0.406	7.4
4	1	1	-1	-1	-1	-1	1	0.406	0.406	0.406	5.2
5	1	-1	1	1	-1	-1	1	0.406	0.406	0.406	2.4
6	1	-1	1	-1	-1	1	-1	0.406	0.406	0.406	1.9
7	1	-1	-1	1	1	-1	-1	0.406	0.406	0.406	2.9
8	1	-1	-1	-1	1	1	1	0.406	0.406	0.406	2.1
9	1	1.682	0	0	0	0	0	2.234	-0.594	-0.594	7.8
10	1	-1.682	0	0	0	0	0	2.234	-0.594	-0.594	2.2
11	1	0	1.682	0	0	0	0	-0.594	2.234	-0.594	3.3
12	1	0	-1.682	0	0	0	0	-0.594	2.234	-0.594	6.1
13	1	0	0	1.682	0	0	0	-0.594	-0.594	2.234	6.8
14	1	0	0	-1.682	0	0	0	-0.594	-0.594	2.234	3.1
15	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594	4.6
16	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594	5.0
17	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594	3.4
18	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594	4.1
19	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594	4.7
20	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594	4.5
22	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594	3.7
23	1	0	0	0	0	0	0	-0.594	-0.594	-0.594	4.0
B_j	100.10	23.22	-7.51	11.42	-1.40	2.60	-0.80	1.22	-0.48	0.94	100.10
d_j	23.00	13.66	13.66	13.66	8.00	8.00	8.00	15.89	15.89	15.89	
b_j	4.35	1.70	-0.55	0.84	-0.18	0.33	-0.10	0.08	-0.03	0.06	

表 3 回归方程方差分析

Tab.3 Variance analysis of regression equation

方差来源	平方和	自由度	F 值
回归	54.49	9	13.19
剩余	5.97	13	
总和	60.46	22	
显著性	$F_{0.01}(9, 13) = 4.19$		

回归方程 F 检验值为 12.08, 在显著性水平 0.01 上显著。回归系数 F 检验值中, x_1 与 x_3 在显著性水平 0.01 上显著, x_2 在显著性水平 0.05 上显著, 交互项 x_1x_3 在显著性水平 0.25 上显著。

3 试验结果分析

(1) 在对式(3)回归系数显著性检验中, 交互项 x_1x_3 在 0.25 水平上显著, 说明播种机旋耕深度与

表 4 回归系数显著性检验结果

Tab.4 Significance test results of regression coefficient

来源	一次项			交互项			二次项		
	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	x_1^2	x_2^2	x_3^2
平方和	39.47	4.13	9.56	0.25	0.85	0.08	0.09	0.01	0.06
自由度	1	1	1	1	1	1	1	1	1
F	85.99	8.99	20.81	0.53	1.84	0.17	0.20	0.03	0.12
显著性	$F_{0.01}(1, 13) = 9.07$			$F_{0.05}(1, 13) = 4.67$			$F_{0.25}(1, 13) = 1.45$		

单垄旋耕宽度的联合作用对油耗也有一定影响。各因素的主次顺序依次为： x_1 、 x_3 、 x_2 、 x_1x_3 ，在影响播种机油耗的主要因素中，旋耕深度影响最大，其次是单垄旋耕宽度。

(2) 从播种机油耗数学模型可看出，机组前进速度的系数为负值，表明在适合范围内(增大切土节距的同时确保不发生漏茬)，前进速度越大，油耗越小。其原因是机组前进速度主要通过旋耕刀切土节距与开沟器阻力的变化影响油耗：速度增大时，切土节距增大，减少油耗，但速度增大导致开沟器阻力增大，从而增加油耗。由于旋耕后上层土壤比较松软，因而开沟器阻力的影响较小，切土节距影响较大，体现出油耗与前进速度成反向变化。

(3) 从模型中可以较准确计算出在所给定的条件和工况范围内的单组油耗量，有利于为选择合适的作业参数及设计同类型播种机提供理论指导。在本试验所给定的试验条件下，旋耕深度为70~150 mm、机组前进速度为2~4 km/h、单垄旋耕宽度为100~160 mm，由式(3)可以求得试验条件下的油耗范围为4.41~7.94 L/h。

(4) 根据影响油耗因素的主次分布及试验地具体情况，优先考虑旋耕深度，确定本播种机的工作参数为：旋耕深度73 mm，单垄旋耕宽度100 mm，机器前进速度4 km/h。把参数代入油耗模型可算出工况油耗为4.47 L/h。而传统垄作一般实行全面旋耕，播种后地表与平作无异，即传统垄作至少旋耕了

整个垄台，用垄台高度110 mm作为旋耕深度值，垄台幅宽157 mm作为旋耕幅宽值，前进速度同样为4 km/h，代入模型得耗油量为5.91 L/h。而实际的全面旋耕，旋耕深度一般大于110 mm，不仅旋耕垄台，而且对垄沟也进行了旋耕，耗油量更大，因而传统垄作比本播种机播种的油耗量高32%以上。

4 结论

(1) 通过试验得到播种机油耗数学模型，回归方程在0.01水平上显著；回归系数显著性检验中，旋耕深度 x_1 与单垄旋耕宽度 x_3 的回归系数在0.01水平上显著，机组前进速度 x_2 在0.05水平上显著，交互项 x_1x_3 在0.25水平上显著。在影响播种机油耗的主要变量因素当中，根茬处理装置旋耕深度影响最大，影响系数为1.7，其次是单垄旋耕宽度，再次是机器前进速度。

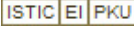
(2) 机组前进速度主要通过旋耕刀切土节距与开沟器阻力的变化影响油耗，从模型可以看出，机组前进速度的系数为负值，表明在适合范围内，前进速度越大，油耗越小。

(3) 根据播种机的工作参数范围及试验用地的具体情况，结合油耗模型中各影响要素的主次分布，确定最优工况参数为：旋耕深度73 mm，单垄旋耕宽度100 mm，机器前进速度为4 km/h。根据选取的工况参数进行计算，与传统垄作相比，2BML-2型垄作免耕播种机能有效减少油耗。

参 考 文 献

- 1 贾洪雷, 马成林, 刘昭辰, 等. 东北垄作蓄水保墒耕作体系与配套机具[J]. 农业机械学报, 2005, 36(7): 32~36.
Jia Honglei, Ma Chenglin, Liu Zhaochen, et al. Application of systematic farming technique and its implement for soil water storage and preservation of ridge tilling area in northeast China[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(7): 32~36. (in Chinese)
- 2 高焕文. 保护性耕作技术与机具[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- 3 Shukla L N, Chauhan A M, Dhaliwal I S, et al. Development of minimum till planting machinery[J]. AMA, 1996, 27(4): 15~18.
- 4 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): 45~47, 63.
Luo Hongqi, Gao Huanwen, Liu Andong, et al. Study on ridge-till and no-till corn planter[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(4): 45~47, 63. (in Chinese)

玉米垄作免耕播种机油耗试验与分析

作者: [罗红旗](#), [高焕文](#), [李洪文](#), [刘霞](#), [Luo Hongqi](#), [Gao Huanwen](#), [Li Hongwen](#), [Liu Xia](#)
作者单位: [罗红旗](#), [Luo Hongqi](#) (北京工商大学机械工程学院, 北京, 100048), [高焕文](#), [李洪文](#), [Gao Huanwen](#), [Li Hongwen](#) (中国农业大学工学院, 北京, 100083), [刘霞](#), [Liu Xia](#) (中国标准化研究院工业与消费品质量安全标准化研究所, 北京, 100088)
刊名: [农业机械学报](#) 
英文刊名: [TRANSACTIONS OF THE CHINESE SOCIETY FOR AGRICULTURAL MACHINERY](#)
年, 卷(期): 2009, 40(10)
被引用次数: 2次

参考文献(4条)

1. [贾洪雷](#); [马成林](#); [刘昭辰](#) [东北垄作蓄水保墒耕作体系与配套机具](#) [期刊论文]-[农业机械学报](#) 2005(07)
2. [高焕文](#) [保护性耕作技术与机具](#) 2004
3. [Shukla L N](#); [Chauhan A M](#); [Dhaliwal I S](#) [Development of minimum till planting machinery](#) 1996(04)
4. [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)

本文读者也读过(10条)

1. [陈长林](#). [农业部 我国保护性耕作技术推广的热点和难点](#) [期刊论文]-[农机化研究](#) 2009, 31(10)
2. [蔡军](#) [插头电源线的例行试验的跳闸电流](#) [期刊论文]-[日用电器](#) 2010(10)
3. [周玉玲](#), [郝微丽](#) [乌鲁木齐地区蔬菜质量安全现状及建议](#) [期刊论文]-[新疆农业科技](#) 2010(5)
4. [吕秀霞](#), [麻迎东](#), [何登峰](#) [水产品质量安全管理的现状及对策](#) [期刊论文]-[新疆畜牧业](#) 2007(5)
5. [晓陆](#) [饲料和生鲜乳质量安全处于历史最好水平全国饲料和生鲜乳质量安全监管工作会议在广州隆重召开](#) [期刊论文]-[中国饲料](#) 2010(14)
6. [张永斌](#), [吕新民](#), [张勋](#), [Zhang Yongbin](#), [Lv Xinmin](#), [Zhang Xun](#) [关中地区保护性耕作技术现状分析及发展对策](#) [期刊论文]-[农机化研究](#) 2010, 32(3)
7. [刘霞](#), [郑风田](#), [汤万金](#), [咸奎桐](#) [我国企业采纳HACCP的现状与发展对策刍议——以北京为例](#) [期刊论文]-[当代经济](#) 2008(2)
8. [赵武云](#), [张锋伟](#), [吴建民](#), [高爱民](#), [ZHAO Wu-yun](#), [ZHANG Feng-wei](#), [Wu Jian-min](#), [GAO Ai-min](#) [免耕播种机防堵装置用切刀静强度的有限元分析](#) [期刊论文]-[机械研究与应用](#) 2005, 18(3)
9. [昭日格图](#), [赵铁军](#), [小松崎将一](#), [太田宽行](#), [Zhaorigetu](#), [Zhao tiejun](#), [Masakazu Komatsuzaki](#), [Hiroyuki Ohta](#) [免耕条件下覆盖作物对微生物生态的影响](#) [期刊论文]-[内蒙古民族大学学报\(自然科学版\)](#) 2009, 24(6)
10. [张宗法](#), [熊锐](#), [周伟文](#), [Zhang Zong-fa](#), [Xiong Rui](#), [Zhou Wei-wen](#) [微隙技术在柴油机上的油耗试验](#) [期刊论文]-[广东工业大学学报](#) 2009, 26(1)

引证文献(2条)

1. [赵岩](#), [周亚立](#), [刘向新](#), [李生军](#), [闫向辉](#) [新疆兵团免耕播种技术现状分析](#) [期刊论文]-[安徽农业科学](#) 2011(21)
2. [吕东慧](#), [王德成](#), [王光辉](#), [尤泳](#), [袁洪方](#), [付作立](#) [天然草场改良破土切根机油耗试验与分析](#) [期刊论文]-[农机化研究](#) 2012(2)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_nyjxxb200910010.aspx