

# 1MLQS—40/70 起垄全铺膜联合作业机 性能优化试验

刘鹏霞, 安世才, 孟养荣, 王 赟, 雷明成

(甘肃省农业机械化技术推广总站, 甘肃 兰州 730046)

**摘要:** 为了检验并优化自主研发的 1MLQS—40/70 起垄全铺膜联合作业机作业性能, 以采光面机械破损程度、膜边覆土宽度合格率、膜边覆土厚度合格率、地膜漏覆土程度为作业指标, 采用三因素三水平进行正交试验。通过极差分析和方差分析, 得出土壤升运器前轴与开沟铲安装轴的纵向间距对各试验指标的影响显著; 通过综合平衡法对试验数据进行优化分析, 得出最优参数组合为: 土壤升运器前轴与开沟铲安装轴的纵向间距为 30 mm、土壤升运器线速度与机组作业速度的比值为 2.5、起垄开沟铲倾角为 25°。验证试验表明: 该机采光面机械破损程度 < 1%, 膜边覆土宽度合格率 > 95%, 覆土厚度合格率 > 95%, 地膜漏覆土程度 < 1%。

**关键词:** 起垄; 全铺膜; 联合作业机; 正交试验; 综合平衡分析

**中图分类号:** S223.5      **文献标志码:** A

## Optimal experiment of performance for the 1MLQS – 40/70 combined machine as ridge forming and paving plastic mulch

LIU Peng-xia, AN Shi-cai, MENG Yang-rong, WANG Yun, LEI Ming-cheng

(Gansu Technical Promotion General Station of Agriculture Mechanization, Lanzhou, Gansu 730046, China)

**Abstract:** In order to examine and optimize the working performances of independently developed 1MLQS – 40/70 combined machine with ridge forming and paving plastic mulch, taken the degree of mechanical damage on lighting surface, the qualified rate of soil covered width at film side, the qualified rate of soil covered thickness at film side and the degree of miss covered soil on film for the operation index, adopted the orthogonal test as three-factors and three-levels. Through the range and variance analysis, has obtained the significant effect of longitudinal space between soil elevator front axle and the furrowing shovel installation axle. Through the comprehensive balance method to carry out the optimal analysis for the experimental data, has obtained the maximal parameter combination as: The longitudinal space between soil elevator front axle and the furrowing shovel installation axle was 30mm, the ratio of soil lifting elevator speed and working speed of the machine was 2.5, the angle of furrowing shovel was 25°. The validation test showed that degree of mechanical damage on lighting surface was less than 1%, the qualified rate of soil covered width at film side was more than 95%, the qualified rate of soil covered thickness at film side was more than 95% and the degree of miss covered soil on film was less than 1%.

**Keywords:** ridge forming; paving plastic mulch; combined machine; orthogonal test; comprehensive balance analysis

甘肃省大多数地区属于旱作农业区, 水是作物生长发育的主要限制因子, 合理、有效地利用有限的降水资源是农业发展的关键所在。传统的半膜平铺穴播技术虽然具有明显的保墒增温效果, 但对雨水的保蓄率低, 秋、冬、春三季土壤水分蒸发严重, 不能有效集蓄和利用早春稀少的降水, 特别是小于 10 mm 的微小降水。针对上述问题, 甘肃省农业科技

工作者经过大量探索和研究, 创新提出了全膜双垄沟播技术<sup>[1]</sup>。该技术现已大面积推广, 为了加快该技术的推广, 相关农机科研院所研制了相应的配套机具, 其功能基本一致, 工作性能各有长短。为了提高机具的工作性能, 本文对自主研发的 1MLQS—40/70 起垄全铺膜联合作业机进行田间试验研究<sup>[2-3]</sup>, 优化相关参数, 为后续设计提供理论指导。

收稿日期: 2015-07-21

基金项目: 科技部农业科技成果转化资金项目(2010GB2G100482); 甘肃省科技重大专项(143NKDF016)

作者简介: 刘鹏霞(1981—), 女, 甘肃古浪人, 高级工程师, 硕士, 主要从事农业机械研发及示范推广研究。E-mail: 252918635@qq.com。

通信作者: 安世才(1957—), 男(回族), 甘肃兰州人, 研究员, 学士, 主要从事农业机械研发及示范推广研究。E-mail: qsnjtgasc@sina.com。

## 1 整机结构及工作原理

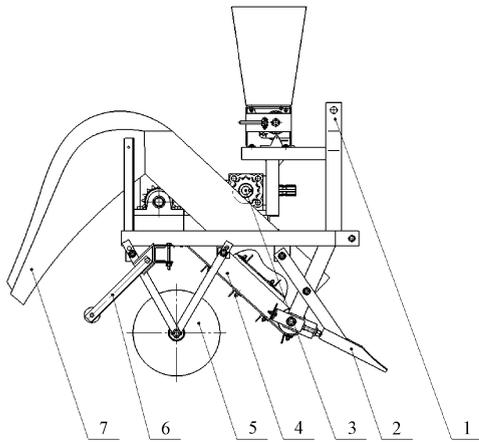
1MLQS—40/70 起垄全铺膜联合作业机总体结构如图 1 所示<sup>[2-3]</sup>。

机组作业过程中,两组起垄开沟铲同时入土开沟,翻到两边的土壤由整形限深轮修整为大小垄面,铲中间的土壤则沿着铲面上升并随带板开式土壤升运装置均匀地输送到土壤分流装置上,土壤在重力作用下沿土壤分流装置滑落到地膜两边和 2 个垄沟底的膜面上,实现纵向覆土压膜。工作单行程结束时将地膜切断,返回行程重复上述作业<sup>[4-5]</sup>。



图 2 试验实景

Fig. 2 The real test picture



注:1. 机架;2. 起垄开沟铲;3. 传动装置;4. 土壤升运装置;5. 整形限深装置;6. 挂膜装置;7. 土壤分流装置

Note: 1. Frame; 2. Ridging ditch shovel; 3. Transmission; 4. Rise transport device for soil; 5. Device for shaping and limit deep; 6. Device for hang film; 7. Device for distributary soil

图 1 起垄全铺膜联合作业机结构简图

Fig. 1 The structure sketch of the combined machine with ridge forming and paving plastic film

## 2 试验设计

田间试验时间为 2012 年 11 月,地点设在甘肃省平凉市崆峒区白庙乡小陈村。试验土壤为黄绵土,土壤含水率为 13.78%。试验时我们参照文献<sup>[6]</sup>和<sup>[7]</sup>中的技术标准执行。机具试验实景如图 2 所示。

### 2.1 试验指标

为了对 1MLQS—40/70 起垄全铺膜联合作业机参数进行优化。通过市场调查和咨询业内人士,参照行业专家的观点和实地考察的结果,得出该机试验指标为采光面机械破损程度、膜边覆土宽度合格率、膜边覆土厚度合格率、地膜漏覆土程度。其中采光面机械破损程度和地膜漏覆土程度要求越小越好,其余指标越大越好。各指标的定义和计算均参照文献<sup>[6]</sup>中的表述进行测量和计算。

### 2.2 试验因素及水平

影响试验指标的因素很多,其中有些因素虽然非常重要,但人们无法控制,如土壤的湿度、残茬和杂草状况、整地状况等因素。因此本次试验主要考察可以人为控制又对试验指标影响最主要的因素:作业速度与土壤升运器线速度的比值、土壤升运器前轴与起垄开沟铲安装轴的纵向间距和开沟铲入土角进行试验研究。通过设计传动装置将拖拉机驱动轮轴与土壤升运器通过链条连接,实现动力传动,通过调整起垄开沟铲的前后位置可以改变土壤升运器前轴与起垄开沟铲安装轴之间的纵向间距,通过起垄开沟铲角度调节机构可以实现入土角的调节。由以往的经验得知,各因素之间的交互效应对试验指标有重要影响<sup>[8-10]</sup>,所以本次试验中考虑各因素之间的交互作用对指标的影响。试验因素及水平见表 1。

表 1 试验因素及水平

Table 1 Testing factors and levels

水平 Level	因素 A Factor A 土壤升运器线速度与机组作业速度的比值 The ratio of soil lifting elevator speed and machine working speed	因素 B Factor B 土壤升运器前轴与开沟铲安装轴的纵向间距/mm The longitudinal space between soil elevator front axle and furrowing shovel installation axle	因素 C Factor C 起垄开沟铲倾角/ $^{\circ}$ The Angle of shovel with ridge forming ditch
1	2.2	30	20
2	2.5	32	25
3	2.8	34	28

注:各因素的取值范围是对 4 个同类机具相应试验参数取平均值,再对平均值做上下等距调整得出的。

Note: The range of value for each factor was the average value for the corresponding test parameters of 4 similar machines, then obtained by the up and down adjustment for the average value.

根据考察的因素及水平选用  $L_{27}(3^{13})$ 的正交表 来安排试验,试验结果见表2。

表2 试验结果

Table 2 The testing results

试验号 No.	因素 Factors										试验结果 Testing results			
	1 A	2 B	3 (A×B) <sub>1</sub>	4 (A×B) <sub>2</sub>	5 C	6 (A×C) <sub>1</sub>	7 (A×C) <sub>2</sub>	8 (B×C) <sub>1</sub>	11 (B×C) <sub>2</sub>	采光面机械 破损程度/% Degree of mechanical damage on lighting surface	膜边覆土 宽度合格 率/% Qualified rate of soil covered width at film side	膜边覆土 厚度合格 率/% Qualified rate of soil covered thickness at film side	地膜漏 土程度/% Degree of miss covered soil on film	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.6	91.6	95.6	0	
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2.0	90.7	96.3	0.9	
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	4.2	85.8	93.5	1.0	
4	1	2	2	2	1	1	1	2	3	16.4	83.6	82.1	5.3	
5	1	2	2	2	2	2	2	3	1	7.6	89.3	85.3	3.1	
6	1	2	2	2	3	3	3	1	2	11.4	91.6	85.2	5.8	
7	1	3	3	3	1	1	1	3	2	15.3	81.6	88.5	3.8	
8	1	3	3	3	2	2	2	1	3	4.1	96.6	92.6	0.8	
9	1	3	3	3	3	3	3	2	1	7.6	88.3	86.3	6.1	
10	2	1	2	3	1	2	3	1	1	0.6	96.3	96.6	0.2	
11	2	1	2	3	2	3	1	2	2	0.3	98.5	97.1	0	
12	2	1	2	3	3	1	2	3	3	5.3	87.6	94.1	0	
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	8.6	90.3	90.1	0.7	
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	6.5	92.1	88.9	0.5	
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	12.5	91.5	86.2	0.8	
16	2	3	1	2	1	2	3	3	2	2.7	96.2	91.6	2.6	
17	2	3	1	2	2	3	1	1	3	2.2	95.5	93.5	0	
18	2	3	1	2	3	1	2	2	1	7.6	97.8	90.1	3.5	
19	3	1	3	2	1	3	2	1	1	6.0	92.5	96.2	0.7	
20	3	1	3	2	2	1	3	2	2	1.1	94.8	95.6	0	
21	3	1	3	2	3	2	1	3	3	6.5	89.5	96.8	0.2	
22	3	2	1	3	1	3	2	2	3	11.4	82.3	88.6	1.8	
23	3	2	1	3	2	1	3	3	1	10.3	83.5	89.6	4.2	
24	3	2	1	3	3	2	1	1	2	8.1	88.4	89.1	2.4	
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	8.9	89.1	92.1	0	
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3	0.0	96.4	97.2	0	
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	7.6	88.5	87.5	0	
采光面机械 破损程度/% Degree of mechanical damage on lighting surface	$K_1$	7.7	3.0	5.5	5.7	7.8	7.7	7.1	5.1	6.0				
	$K_2$	5.1	10.3	6.5	6.8	3.8	5.3	7.3	7.0	6.9				
	$K_3$	6.7	6.2	7.6	7.0	7.9	6.5	5.2	7.5	6.5				
	$R$	2.6	7.3	2.1	1.3	4.1	2.4	2.1	2.4	0.9				
覆土宽度 合格率/% Qualified rate of soil covered width	$K_1$	88.8	91.8	90.2	90.7	89.3	89.8	89.9	93.4	91.1				
	$K_2$	94.0	88.1	91.2	92.3	93.0	91.8	90.8	90.5	91.4				
	$K_3$	89.4	92.2	90.8	89.2	89.9	90.6	91.5	88.3	89.7				
	$R$	5.2	4.2	1.0	3.1	3.7	1.9	1.6	5.1	1.6				
覆土厚度 合格率/% Qualified rate of soil covered thickness	$K_1$	89.5	95.8	92.0	91.9	91.3	91.0	91.0	92.5	90.7				
	$K_2$	92.0	87.2	90.8	90.7	92.9	91.8	91.3	90.4	91.3				
	$K_3$	92.5	91.0	91.2	91.4	89.9	91.3	91.7	91.2	92.1				
	$R$	3.0	8.6	1.2	1.2	3.0	0.8	0.7	2.1	1.4				
地膜漏 土程度/% Degree of miss covered soil on film	$K_1$	3.0	0.3	1.8	0.4	1.7	2.0	1.4	1.2	2.0				
	$K_2$	0.9	2.7	1.6	2.4	1.1	1.2	1.3	2.0	1.8				
	$K_3$	1.0	1.9	1.5	2.1	2.2	1.8	2.3	1.7	1.1				
	$R$	2.1	2.4	0.3	2.0	1.1	0.8	1.0	0.8	0.9				

2.3 试验数据分析

2.3.1 极差分析 由极差分析可知<sup>[11-13]</sup>,  $R = \bar{K}_{max}$ ,故由试验结果分析因素影响各指标的主次顺序。采光面机械破损程度各因素的优水平和因素主次顺序依次为  $B_1$ 、 $C_2$ 、 $A_2$ 、 $[(A \times C)_1]_2$ 、 $[(B \times C)_1]_1$ 、 $[(A \times B)_1]_1$ 、 $[(A \times C)_2]_3$ 、 $[(A \times B)_2]_1$ 、 $[(B \times C)_2]_1$ 。

覆土宽度合格率各因素的优水平和因素主次顺序依次为  $A_2$ 、 $[(B \times C)_1]_1$ 、 $B_3$ 、 $C_2$ 、 $[(A \times B)_2]_2$ 、 $[(A \times C)_1]_2$ 、 $[(A \times C)_2]_3$ 、 $[(B \times C)_2]_2$ 、 $[(A \times B)_1]_2$ 。覆土厚度合格率各因素的优水平和因素主次顺序依次为  $B_1$ 、 $A_3$ 、 $C_2$ 、 $[(B \times C)_1]_1$ 、 $[(B \times C)_2]_3$ 、 $[(A \times B)_1]_1$ 、 $[(A \times B)_2]_1$ 、 $[(A \times C)_1]_2$ 、 $[(A \times C)_2]_3$ 。地膜漏覆土

程度各因素的优水平和因素主次顺序依次为  $B_1$ 、 $A_2$ 、 $[(A \times B)_2]_1$ 、 $C_2$ 、 $[(A \times C)_2]_2$ 、 $[(B \times C)_2]_3$ 、 $[(A \times B)_1]_2$ 、 $[(B \times C)_1]_1$ 、 $[(A \times C)_1]_2$ 。由此可知,在 4 种组合中,土壤升运器前轴与起垄开沟铲安装轴的纵向间距占据了首要位置,综合考虑因素 A 和 C 对 4 个指标的影响,可得出因素 A 比因素 C 对指标的影响大,综合因素主次顺序为 B, A, C。

**2.3.2 方差分析** 为了得到最优的水平组合,对数据进行方差分析,结果见表 3。从方差分析的结果可以看出,对采光面机械破损程度来说,因素 B 对试验指标的影响高度显著,因素 C 的影响较显著,其余因素的影响不显著。由于试验指标是采光面机械破损程度,试验指标值越小说明机具铺膜破损率越低。通过对试验数据的分析可知,因素的主次顺序和最好的参数组合为  $B_1C_2A_1$ ,与极差分析结果相一致。对覆土宽度合格率来说,因素 A、B 对试验指

标的影响较显著,其余因素的影响不显著。试验指标值越大说明机具覆土宽度合格率越高,通过对试验数据的分析可知,最好的参数组合为  $A_2B_3C_2$ ,与极差分析结果相一致。对覆土厚度合格率来说,因素 B 对试验指标的影响高度显著,因素 A、C 和  $B \times C$  的影响较显著,其余因素的影响不显著,由于试验指标是覆土厚度合格率,试验指标值越大说明机具覆土厚度合格率越高。通过对试验数据的分析可知,因素的主次顺序和最好的参数组合为  $B_1A_3C_2$ ,与极差分析结果相一致。对地膜漏覆土程度来说,因素 B 对试验指标的影响高度显著,因素 A 的影响较显著,其余因素的影响不显著。由于试验指标是地膜漏覆土程度,数据越小说明机具铺膜漏覆土率越小,机具性能越好。通过对试验数据的分析可知,因素的主次顺序和最好的参数组合为  $B_1A_2C_2$ ,与极差分析结果相一致。

表 3 试验数据的方差分析表

Table 3 Variance analysis table for the test data

试验因子 Test factors	方差来源 The source of variance	离差平方和 Sum of squares	自由度 Freedom	平均离差平方和 Average of sum of squares	F 值 F value	临界值 Critical value	显著性 Significant
采光面机械 破损程度 Degree of mechanical damage on lighting surface	A	29.48	2	14.74	2.27	$F_{0.05}(2,8) = 4.46$ $F_{0.05}(4,8) = 3.84$ $F_{0.01}(2,8) = 8.65$ $F_{0.01}(4,8) = 7.01$	* *
	B	244.48	2	122.24	18.81		
	C	98.96	2	49.48	7.61		
	A × B	29.96	4	7.49	1.15		
	A × C	49.28	4	12.32	1.90		
	B × C	32.73	4	8.18	1.26		
	误差	51.99	8	6.50			
	总和	536.88	26				
膜边覆土宽 度合格率 Qualified rate of soil covered width at film side	A	143.72	2	71.86	7.27	$F_{0.05}(2,8) = 4.46$ $F_{0.05}(4,8) = 3.84$ $F_{0.01}(2,8) = 8.65$ $F_{0.01}(4,8) = 7.01$	*
	B	96.67	2	48.33	4.89		
	C	73.56	2	36.78	3.72		
	A × B	47.34	4	11.84	1.20		
	A × C	27.8	4	6.95	0.70		
	B × C	130.54	4	32.64	3.30		
	误差	79.06	8	9.88			
	总和	598.69	26				
覆土厚度合 格率 Qualified rate of soil covered thickness	A	47.61	2	23.81	7.99	$F_{0.05}(2,8) = 4.46$ $F_{0.05}(4,8) = 3.84$ $F_{0.01}(2,8) = 8.65$ $F_{0.01}(4,8) = 7.01$	* *
	B	328.04	2	164.02	55.04		
	C	41.49	2	20.75	6.96		
	A × B	13.25	4	3.31	1.11		
	A × C	5.21	4	1.30	0.44		
	B × C	28.07	4	7.02	2.36		
	误差	23.82	8	2.98			
	总和	454.63	26				
地膜漏覆土 程度 Degree of miss soil cover on film	A	24.06	2	11.31	11.09	$F_{0.05}(2,8) = 4.46$ $F_{0.05}(4,8) = 3.84$ $F_{0.01}(2,8) = 8.65$ $F_{0.01}(4,8) = 7.01$	* *
	B	26.59	2	12.55	12.30		
	C	5.91	2	3.32	3.25		
	A × B	20.46	4	5.12	5.81		
	A × C	8.33	4	2.08	2.37		
	B × C	7.66	4	1.92	2.18		
	误差	7.03	8	0.88			
	总和	100.04	26				

**2.3.3 综合平衡分析** 由以上级差分析和方差分析可知,对 4 个指标分别得出一个较好的方案,这 4

个方案不完全相同,对一个指标是好方案,而对另一个指标不一定是好方案。为了得出一个较优的方案,

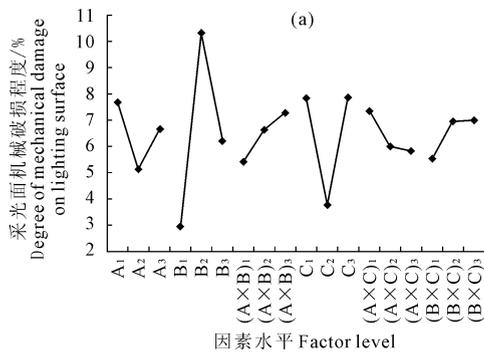
我们将各指标随因素水平变化的情况用图形表示出来(如图 3),对机具各指标进行综合平衡分析<sup>[14-15]</sup>。

(1) 因素 A 对各指标的影响,从表 2 可以看出,对覆土宽度合格率来讲,因素 A 的极差最大,也就是说因素 A 对覆土宽度合格率的影响最大,从图 3 可看出,取 2 水平最好;对采光面机械破损程度和地膜漏覆土程度来讲,因素 A 的极差不是最大,即不是影响最大的因素,但两者都是取 2 水平最好;对覆土厚度合格率来讲,因素 A 的极差不是最大,即不是影响最大的因素,取 3 水平最好。由表 3 可看出,因素 A 对覆土厚度合格率指标的影响较显著,而且因素 A 的 2 水平和 3 水平的指标值较接近。对 4 个指标进行综合考虑,因素 A 取 2 水平为好。

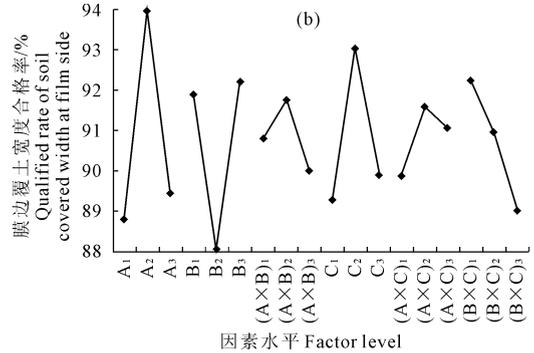
(2) 因素 B 对各指标的影响,从表 2 可以看出,对采光面机械破损程度、覆土厚度合格率和地膜漏覆土程度来讲,因素 B 的极差最大,从表 3 可以看

出,因素 B 对这 3 个指标的影响高度显著,也就是说因素 B 对这 3 个指标的影响最大,从图 3 可看出,对采光面机械破损程度、覆土厚度合格率和地膜漏覆土程度都是取 1 水平最好;对覆土宽度合格率来讲,因素 B 的极差不是最大,即不是影响最大的因素,取 3 水平最好,1 水平次之;对 4 个指标进行综合考虑,因素 B 取 1 水平为好。

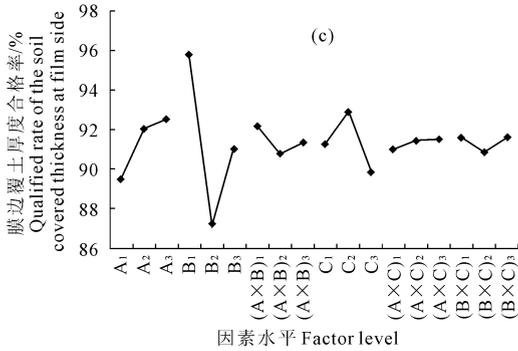
(3) 因素 C 对各指标的影响,从表 2 可以看出,对 3 个指标,因素 C 的极差都不是最大,也就是说因素 C 不是影响最大的因素,是较次要的因素。从图 3 可看出,对采光面机械破损程度、覆土厚度合格率、覆土宽度合格率和地膜漏覆土程度来讲,都是取 2 水平最好;由表 3 可看出,因素 C 对采光面机械破损程度、覆土厚度合格率和覆土宽度合格率这 3 个指标的影响较显著,而对地膜漏覆土程度指标的影响不显著,而且是影响最小的因素。



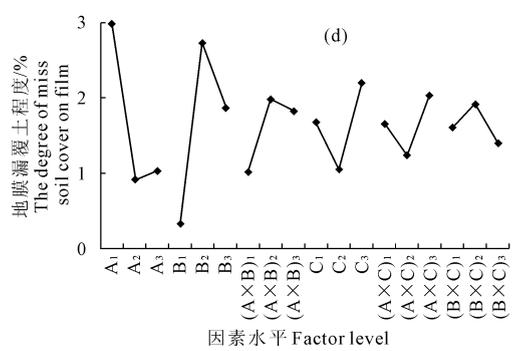
(a) 采光面机械破损程度随因素水平变化情况  
The change situation of the degree of mechanical damage on lighting surface with the factor level



(b) 膜边覆土宽度合格率随因素水平变化情况  
The change situation of qualified rate of soil covered width at film side with the factor level



(c) 膜边覆土厚度合格率随因素水平变化情况  
The change situation of qualified rate of the soil covered thickness at film side with the factor level



(d) 地膜漏覆土程度随因素水平变化情况  
The change situation of the degree of miss soil cover on film with the factor level

图 3 各指标随因素水平变化情况

Fig. 3 The change situation of each index with the factor level

2.3.4 验证试验 为了验证该工作参数的科学性与合理性,对上述试验分析中获得的最优参数组合 A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>,即第 11 号试验做 5 次重复试验。试验结果如表 4 所示。

由表 4 中的数据可知,以此参数进行铺膜作业,采光面机械破损程度 < 1%,膜边覆土宽度合格率 > 95%,覆土厚度合格率 > 95%,地膜漏覆土程度 < 1%,各指标都满足农业机械铺膜作业农艺要求。

表 4 验证试验数据表  
Table 4 Validation test data sheet

序号 Order	试验结果			
	采光面机械破损程度/% Degree of mechanical damage on lighting surface	膜边覆土宽度合格率/% Qualified rate of soil covered width at film side	覆土厚度合格率/% Qualified rate of soil covered thickness at film side	地膜漏覆土程度/% Degree of soil miss cover on film
1	0.5	95.5	97.3	0.3
2	0.2	97.5	96.1	0.0
3	0.3	96.4	96.8	0.4
4	0.3	96.8	95.9	0.6
5	0.6	95.9	96.4	0.1

### 3 试验结论

1) 试验表明,土壤升运器前轴与起垄开沟铲安装轴的纵向间距对各指标的影响最大,对采光面机械破损程度、覆土厚度合格率和地膜漏覆土程度 3 个指标的影响达到高度显著,对地膜漏覆土程度影响不显著。

2) 因素的不同搭配对各指标的影响不同,通过试验数据分析和综合考虑 1MLQS—40/70 起垄全铺膜联合作业机的实际情况,选定采光面机械破损程度、膜边覆土宽度合格率、覆土厚度合格率和地膜漏覆土程度 4 个指标对机具铺膜作业性能进行综合评价,得出最优组合为 B1A2C2,即土壤升运器前轴与起垄开沟铲安装轴的纵向间距为 30 mm、土壤升运器线速度与机组作业速度的比值为 2.5、起垄开沟铲倾角 25°。

3) 重复试验表明,采光面机械破损程度 < 1%,膜边覆土宽度合格率 > 95%,覆土厚度合格率 > 95%,地膜漏覆土程度 < 1%,1MLQS—40/70 起垄全铺膜联合作业机各项作业指标满足农艺要求。

#### 参考文献:

[1] 李来祥,刘广才,杨祁峰,等.甘肃省旱地全膜双垄沟播技术研究与应用进展[J].干旱地区农业研究,2009,27(1):114-117.

[2] 张勇,安世才,王赞,等.1MLQS—40/70 起垄全铺膜联合作业机的改进设计[J].中国农机化,2011,(8):89-92.  
 [3] 安世才,张勇,王赞,等.起垄全铺膜联合作业机的设计与试验研究[J].中国农机化,2009,(6):73-76.  
 [4] 张欣悦,李连豪,汪春,等.1GSZ—350 型灭茬旋耕联合整地机的设计与试验[J].农业工程学报,2009,25(5):73-77.  
 [5] 史增录,赵赵云,马海军,等.全膜双垄沟播起垄施肥铺膜机的研制[J].干旱地区农业研究,2012,30(2):169-174.  
 [6] 中华人民共和国农业部.NY/T986—2006 铺膜机作业质量[S].2006.  
 [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.GB/T 5667—2008 农业机械生产试验方法[S].北京:中国标准出版社,2008.  
 [8] 钟挺,胡志超,顾峰玮,等.4LZ—1.0Q 型稻麦联合收获机脱粒清选部件试验与优化[J].农业机械学报,2012,43(10):76-81.  
 [9] 曹玉华,李长友,张增学,等.蓖麻蒴果剥壳装置关键部件改进设计与试验[J].农业工程学报,2012,28(18):16-22.  
 [10] 陈志厚,陈朝阳,张培坤,等.YS—1GVFM—125A 型起垄施肥铺膜联合作业机的设计与试验[J].中国农学通报,2013,29(4):155-162.  
 [11] 何月娥.农机试验设计[M].北京:机械工业出版社,1986.  
 [12] 陈魁.试验设计与分析[M].北京:清华大学出版社,1996,399.  
 [13] 吴贵生.试验设计与数据处理[M].北京:冶金工业出版社,1997,234.  
 [14] 陶菊春,吴建民.综合加权评分法的综合权重确定新探[J].系统工程理论与实践,2001,(8):43-48.  
 [15] 钟华,孙保平.多指标综合分析法在保水剂合成与评价中的应用[J].农业工程学报,2013,29(13):67-73.

(上接第 284 页)

#### 参考文献:

[1] 林汝法,周小理,任贵兴,等.中国荞麦的生产与贸易、营养与食品[J].食品科学,2005,26(1):259-262.  
 [2] 冯佰利,姚爱华,高雪峰,等.中国荞麦优势区域布局与发展研究[J].中国农学通报,2005,21(3):375-377.  
 [3] 王安虎,张文友,李正涛.发展中国荞麦生产的设想与探讨[J].中国种业,2004,(7):17-18.  
 [4] 罗兰,刘光德,雷兴华,等.重庆荞麦发展现状及产业化策略[J].南方农业,2015,9(1):53-58.  
 [5] 邵金良,黎其万,刘宏程,等.云南荞麦开发利用现状及其发展

对策[J].粮食科技与经济,2010,35(3):17-19.

[6] 杜燕萍,常克勤,穆兰海,等.宁夏丘陵地区发展荞麦生产的探究[J].内蒙古农业科技,2008,(3):89-90.  
 [7] 陈洪伟,次仁卓嘎.日喀则市荞麦生产的现状与对策[J].西藏农业科技,2012,34(1):45-48.  
 [8] 陶维华.荞麦免耕播种机械化试验取得阶段性成果[J].农机科技推广,2014,(3):25-26.  
 [9] 王树宏,杜建军.荞麦机播机收技术要点[J].农民科技培训,2011,(3):38-38.  
 [10] 刘立晶,杨学军,李长荣,等.2BMG—24 型小麦免耕播种机设计[J].农业机械学报,2009,40(10):39-43.