

2BFQ-6 型油菜精量联合直播机播种油菜的田间植株分布规律

杨松, 廖庆喜^{*}, 陈立, 何达力

(华中农业大学工学院, 武汉 430070)

摘要: 为了研究 2BFQ-6 型油菜精量联合直播机在留茬稻板田作业的田间植株分布规律, 采用网格法对该机田间作业后的 58 个样本(合计 7041 株)进行了采集, 并运用曲线拟合、均衡数据的方差分析和 DUNCAN 检验法对数据进行了统计分析。结果表明: 成苗后各行植株株距分别服从参数为 0.0245、0.0296、0.0264、0.0294、0.0283、0.0308 的指数分布, 理论株距修正系数的取值范围在 1.172~1.250 之间; 直播机的总排量具有稳定性, 运用傅里叶级数周期性计算得出的实际行距与理论行距的误差小于 5%, 同时傅里叶级数的三角表达式能够准确描述播种行距的稳定性。所得出的 2BFQ-6 型油菜精量联合直播机在留茬稻板田作业时的田间植株分布规律对直播机的结构优化、排种过程的改进提供了重要的参考依据, 对该机实际使用操作具有重要的指导价值。

关键词: 作物, 分布规律, 测定, 直播机, 曲线拟合

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2011.11.005

中图分类号: S223.2⁺4

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2011)-11-0023-06

杨松, 廖庆喜, 陈立, 等. 2BFQ-6 型油菜精量联合直播机播种油菜的田间植株分布规律[J]. 农业工程学报, 2011, 27(11): 23-28.

Yang Song, Liao Qingxi, Chen Li, et al. Distribution of rapeseed sowed by 2BFQ-6 precision planter[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(11): 23-28. (in Chinese with English abstract)

0 引言

2BFQ-6 型油菜精量联合直播机(以下简称油菜直播机或直播机)是由华中农业大学研制的一种以正负气压组合式油菜籽精量排种技术为核心的油菜精量联合直播机^[1-2]。该机的排种器采用负压吸种、正压吹种, 克服了因油菜粒径小、质量轻、易破碎等导致的播种难题, 实现了油菜籽精量排种^[3-5]。气力式排种技术的理论研究, 促进了油菜播种的机械化进程^[6-8]。目前, 国内外对精量排种器的研究主要集中在理论分析及试验研究上, 如刘俊峰等对小麦精播机播种均匀性的理论研究, 廖庆喜、梁素钰等对气力式精量排种器的试验研究^[9-11], Arzu Yazgi、Karayel D、Singh R C 等对气吸式精量排种器播种均匀性的研究^[12-14]。而播种机田间工作环境的复杂性及播种机结构设计的合理性, 势必会影响排种器的工作性能及整机的工作质量。开展实际田间试验研究, 检验排种器在受外界环境作用下的播种效果, 进而分析影响排种器适应性及播种机工作质量的内在因素和可能存在的外

界干扰十分必要。

1 网格法试验

1.1 试验目的

中国种植油菜的地区遍及全国, 各地的种植条件与种植模式差异大, 对油菜种植株距的农艺要求也有较大差异, 一般在 30~80 mm 之间。本文开展油菜精量联合直播机田间作业后植株分布规律的测试研究, 为排种器的结构优化和整机结构改进提供科学依据, 并为实际作业的使用操作指明方向, 如主要目的之一为: 为选择不同型孔数的排种盘以便在不同地区达到不同的种植株距的农艺要求提供依据。

1.2 试验内容

主要包括油菜直播机各行植株株距的分布规律; 直播机田间排量稳定性和各行排量的一致性; 直播机播种行距及其稳定性、理论播量与实际播量、理论株距与实际株距的差异及成苗率; 分析各指标存在差异的成因。

1.3 试验材料

试验在华中农业大学油菜试验基地进行, 试验前期使用直播机(其部分工作参数如表 1 所示)对甘蓝型油菜“华油杂 62”(发芽率 $\geq 80\%$)进行联合播种作业。设计的排种盘型孔数为 25~50 个, 可根据不同地区油菜种植疏密度灵活选用。本次试验使用 50 孔的排种盘。

试验器材有: 幅宽为 1.15 m \times 0.75 m 矩形网格栅一个, 其中横向格数为 17 格, 纵向格数为 11 格(每格约为 66 mm \times 66 mm); 卷皮尺(精度为 2 mm)。

收稿日期: 2011-03-10 修订日期: 2011-04-19

基金项目: 国家自然科学基金(50875104); 国家油菜产业技术体系专项资助(CARS-13); 中央高校基本科研业务费(2011PY021)

作者简介: 杨松(1985-), 男, 湖北襄阳人, 研究方向为农业装备与测控。武汉 华中农业大学工学院, 430070。

Email: 061105002@webmail.hzau.edu.cn

*通信作者: 廖庆喜(1968-), 男, 湖北荆州人, 教授, 博士生导师, 主要从事油菜机械化生产技术与装备等方面的研究。武汉 华中农业大学工学院, 430070。Email: liaoxq@mail.hzau.edu.cn

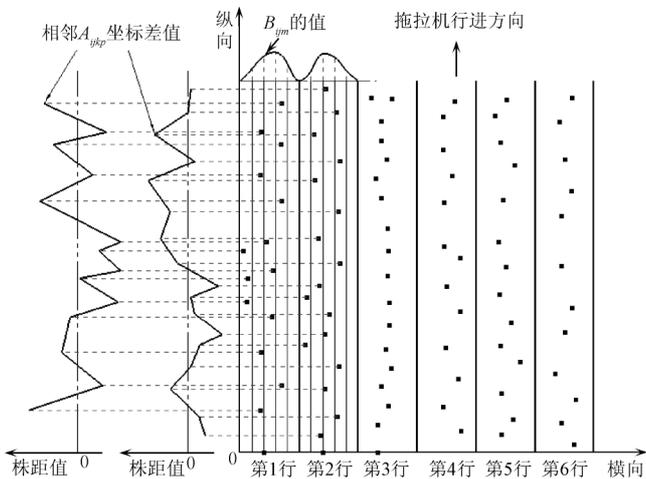
表 1 2BFQ-6 型油菜精量联合直播机部分工作参数
Table 1 Part of working parameters of 2BFQ-6 precision planter for rapeseed

参数	数值
工作幅宽 B/mm	2 000
排种器类型	正负气压组合式排种器
地轮直径 D/mm	430
每公顷播量 Q/g	2250~3750 可调
播种行数 (排种器数) $K/\text{行}(\text{个})$	6
理论行距 d_0/mm	280

1.4 试验方法

试验采用网格法 (或棋盘法) 进行, 选取样本容量为 58 (各样本尺寸为 $2\text{ m} \times 0.75\text{ m}$), 测量面积约占总体 (有效种植面积) 的 14%, 各样本随机均匀的分布在 15 垄 (每垄约为 $2\text{ m} \times 21\text{ m}$) 种床上。

为保证每行测量数据对应相应的各排种器号码 (播种行号) $k(k=1,2,3,4,5,6)$, 各样本均沿拖拉机行进方向 (纵向) 从左至右由第 1 行到第 6 行依次采集。



注: A_{ijkp} 表示第 ij 个样本, 第 k 行, 第 p 株油菜苗与第 $p-1$ 株油菜苗的纵向坐标差值; B_{ijm} 表示第 ij 个样本第 m 次平移区域内油菜苗的株数。

图 1 试验方法示意图
Fig.1 Sketch map of test methods

具体试验步骤为:

Step1: 将矩形网格置于种床上并使短边与左侧畦沟边缘平齐。通过皮尺逐个读取在网格纵向范围里各行内每个植株的坐标值, 记作 A_{ijkp} , 即第 $ij(i=01..58)$ 个样本, 第 k 行内第 p 个植株的坐标值。

Step2: 从畦沟左侧以 34 mm 为单位沿矩形网格横向逐渐平移 51 次, 测量每等份在纵向范围内的植株数, 记作 $B_{ijm}(ij=01..58, m=1..51)$ 。

Step3: 将矩形网格向右翻转 180° , 重复 Step1 和 Step2 的步骤, 直至测完种床内的植株。

试验方法原理示意图如图 1 所示, 其中第 1 行、第 2 行等表示对应的直播机的播种行, 黑点表示油菜植株。

2 试验结果处理及分析

2.1 试验误差处理方法

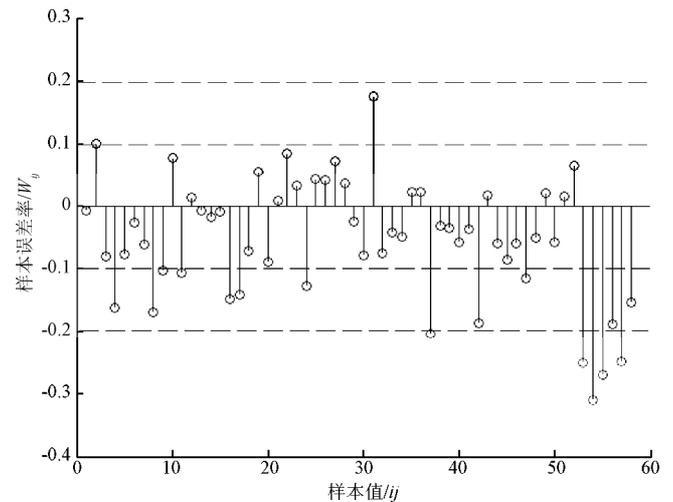
由于田间试验测量各样本时需要读取大量数据, 不

可避免的会产生一定的过失误差。研究合理的误差评定方法是提高数据可信度的重要保证, 也是科学研究田间植株分布规律的首要前提条件。

运用 MATLAB 分别计算各样本中每行 A_{ijkp} 的个数 (即每行株数), 记作 H_{ijk} (H_{ijk} 为 58×6 的矩阵), 考虑到各样本理论上应满足 (1) 式

$$\sum_{k=1}^6 H_{ijk} = \sum_{m=1}^{51} B_{ijm}, (ij=01..58) \quad (1)$$

故以上式左端与右端之差与两者平均值之比 W_{ij} (样本误差率) 作为衡量各样本误差大小依据。本试验的有效样本设定为样本误差率在 5% 以内的样本, 各样本的样本误差率情况如图 2 所示。



注: ij 表示样本号; W_{ij} 表示第 ij 个样本的样本误差率。

图 2 各样本误差分布
Fig.2 Error distribution of each sample

2.2 试验结果处理与分析

2.2.1 理论株距、成苗率和每公顷播量的计算

油菜直播机地轮到排种器链轮的传动比为 $1:1$, 则直播机的理论株距, 理论每公顷播量 (假设一个排种器型孔只吸附一颗种子) [15], 可由下式计算得到

$$X_r = \frac{\pi D(1+\delta)}{it} \quad (2)$$

$$Q = \frac{10^7 Kitq}{B\pi D(1+\delta)} \quad (3)$$

式中, X_r 为理论株距, mm ; Q 为理论每公顷播量, g ; D 为地轮直径, mm ; δ 为地轮滑移率, $0.02 \sim 0.05$; t 为排种器型孔数量, 值为 50 个; K 为直播机的播种行数; q 为油菜籽千粒重, 取值 $3.2 \sim 3.6\text{ g}$; B 为直播机幅宽, mm ; i 为传动比, 值为 1。

根据上述已知条件, 计算得到直播机的理论株距取值范围在 $28.4 \sim 30.3\text{ mm}$ 之间, 理论每公顷播量为 $3300 \sim 3900\text{ g}$ 。

经误差处理后的样本容量为 43, 其中各行的总株数分别为 728、983、855、878、881、891; 经统计计算出实际成苗率在 $62\% \sim 66\%$; 影响直播机成苗率的因素分

析如下：①土壤物理特性（土壤坚实度、土壤粒度等）对种子的不利影响；②地表秸秆量的影响；③气候条件如干旱等因素的影响；④部分种子播种过深导致种子不能发芽成活；⑤种子发芽率高高低的影响。

2.2.2 直播机各行植株株距的分布规律

理想状态下，各行植株株距应服从期望值为理论株距的指数分布。但整机在灭茬、整地、播种、覆土等作业时，地轮滑移、飞溅土块与粉尘、导种管离地高度、旋耕气流场等会对排种及种子下落过程产生扰动；种子的发芽率、成活率、土壤粒度的大小以及外界环境的作用等会影响种子及幼苗的空间状态。因而，实际植株的分布规律与理论规律将产生差异。

为了研究实际植株的分布规律，将各样本每行相邻纵坐标 A_{ijkp} 逐次相减得到相邻植株的株距。按各样本的测量顺序，对 43 个有效样本对应行的株距进行叠加得到 6 个列向量 $y_1、y_2、y_3、y_4、y_5、y_6$ ，维数分别为 655、940、812、835、838、848。分别画出各行株距 $y_k (k=1..6)$ 的频率分布图，如图 3 所示。

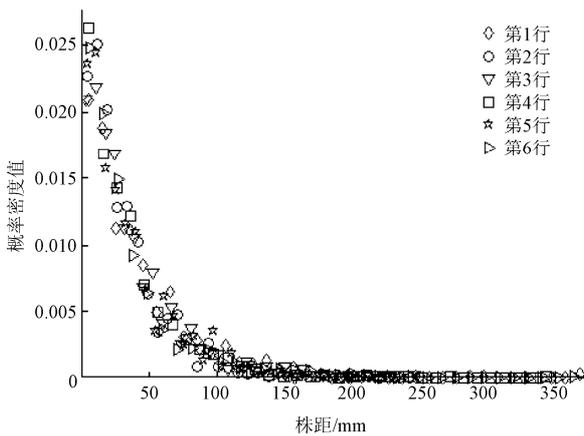


图 3 各行频率分布图
Fig.3 Frequency distribution of each row

由图 3 可知，所测油菜籽株距近似服从指数分布，故拟选择指数分布函数进行拟合，拟合方程为

$$f(x) = \theta e^{-\theta x} \quad (4)$$

式中，自变量 x 表示实际株距，mm。用 MATLAB 中的 cftool 拟合工具箱对数据进行拟合^[16]，各参数拟合值如表 2 所示，拟合效果如图 4 所示。

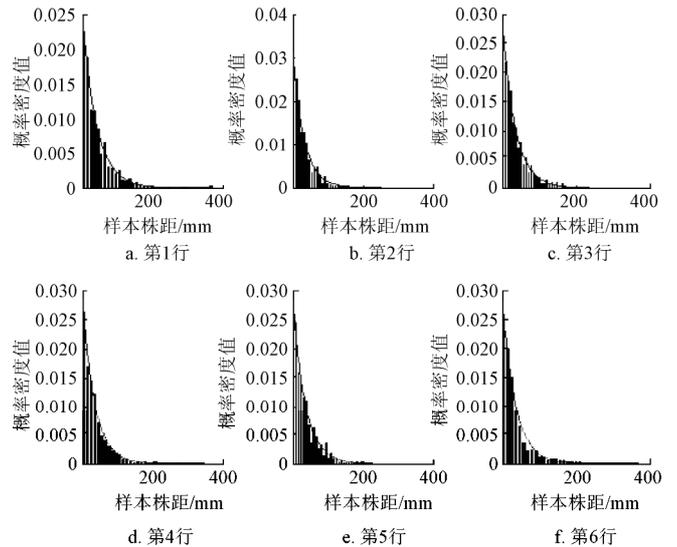
为了准确得出总体的实际株距，将试验测得的各行株距叠加，进行总的指数分布拟合，拟合表达式为

$$f(x) = 0.02816e^{-0.02816x} \quad (5)$$

由此可得，直播机的实际株距服从参数为 0.02816 的指数分布，通过计算得到实际株距的期望值为 35.5 mm。由此，可确定实际株距与理论株距 X_r 的关系，即

$$x_r = \Gamma X_r \quad (6)$$

式中， x_r 为实际株距，mm； Γ 为理论株距修正系数。



注：各行样本株距的单位为 mm。

图 4 各行分布拟合效果
Fig.4 Fitting result of each row

表 2 各行指数分布参数的拟合值
Table 2 Fitted parameter value of exponential distribution for each row

项目	播种行号					
	第 1 行	第 2 行	第 3 行	第 4 行	第 5 行	第 6 行
θ 拟合值/%	2.45	2.96	2.64	2.94	2.83	3.08
R-square	0.98	0.96	0.97	0.99	0.97	0.99
RMSE/%	0.64	1.32	1.05	0.56	1.08	0.56

注： θ 表示各行指数分布拟合的参数值。

在确定的理论株距和实际株距期望值后，可求得理论株距修正系数 Γ 的取值范围为 1.172~1.250。对于不同排种器型孔数 t 、传动比 i 及地轮直径 $D (mm)$ ，即可计算实际株距的期望值为

$$x_r = \Gamma \frac{\pi D(1+\delta)}{it}, \Gamma \in (1.172 \sim 1.250) \quad (7)$$

根据 (7) 式，可以确定适应不同农艺要求的株距所需要的理论株距，从而为排种器型孔及地轮直径、传动比的设计提供参考。

2.2.3 排量稳定性及各行排量一致性分析

为计算油菜直播机各行排量稳定性、总排量稳定性及各行排量一致性，对数据进行下述操作：

Step1: 各行排量稳定性计算。提取矩阵 H_{ijk} 中的有效数据组成列向量，记作 $h_k (k=1..6)$ ，对 h_k (为 1×43 的列向量) 分别计算变异系数 σ_k 。

Step2: 总排量稳定性计算。对矩阵 H_{ijk} 的每行求和后组成一个 1×43 的列向量 h_0 ，求其变异系数 σ_0 ，即为直播机总排量一致性指标。

Step3: 各行排量一致性分析。采用 SAS 软件中 ANOVA 模块^[17]对 6 个排种器进行均衡数据的单因素方差分析，检验排种器的排量是否具有显著差异。

通过计算，各行排量变异系数及总排量变异系数如

表 3 所示。从表 3 可知，油菜直播机总排量稳定性变异系数 δ_0 达到了 0.15，可认为整机排量具有较好的稳定性。但第 1 号、第 4 号排种器的工作稳定性次于其他 4 个排种器的稳定性。为了研究产生差异的原因对第 1、4 号排种器进行试验，分别检测排种器变异指标对种箱种量、工作时间、振动等的响应，以确定影响其稳定性的本质原因。

表 3 变异系数结果

Table 3 Results of variation coefficient

σ_z	1	2	3	4	5	6	0
数值	0.35	0.26	0.29	0.36	0.30	0.26	0.15

注：表中 σ_z 表示各行排量变异系数，第一行的数字表示 σ_z 的下标取值，其中 σ_0 表示总排量变异系数。

对油菜直播机 6 个排种器排量一致性均衡数据的方差分析，结果如表 4 所示。由表 4 可知，各排种器的排量具有显著性差异。为了找出差异不显著的排种器，对排种器排量进行 DUNCAN 检验，结果如表 5 所示。分析表 5 可知，第 1 行和第 2 行排量与其他 4 行的排量具有差异，因此对除去第 1、2 行的剩余 4 组数据进行方差分析（其结果如表 6 所示）。由表 6 可知，其排量具有明显的一致性。

表 4 方差分析结果

Table 4 Results of variance analysis

变异来源	平方和	自由度	均方	比值 F	显著水平	显著性
模型	857.70	5	171.54	8.37	<0.0001	极显著

经检验分析，可认为第 3、4、5、6 号排种器的排量具有一致性，而第 1 号排种器排量偏小，第 2 号排种器的排量偏大。对第 1、2 号排种器产生差异的原因分析：
①播种过程中，排种器种箱内种子含量差异；②排种器中心平面与水平面夹角的差异；③排种器型孔加工精度的差异；④正负气压管对不同排种器提供正负气压的差异；⑤左侧后开沟犁对播后种子的影响；⑥导种管导种口堵塞；⑦机具振动（摆动）对排种器工作性能的影响等。

表 5 Duncan 多重比较检验

Table 5 Duncan multiple range test

组别	均值	维数	k
A1	23.588	43	2
B1	21.086	43	5
B1	20.886	43	6
B1	20.500	43	3
B1	20.023	43	4
C1	16.686	43	1

注：k 表示对应播种行的排种器代号。

表 6 排量一致性方差分析

Table 6 Variance analysis on sowing-consistency

变异来源	平方和	自由度	均方	比值 F	显著水平	显著性
模型	22.49	3	7.50	0.33	0.8034	不显著

从排种器方面考虑，可以检验种箱内不同种量对排

种效果的影响、排种器安装角度对排种效果的影响、排种器播种指标随工作时间的变化规律以及排种器在正负气压管的位置对排种器工作性能的影响等。

从整机结构考虑，可以对后开沟犁、旋耕装置、覆土装置、整机振动及导种管等进行结构分析，从而提出优化改进方案。

2.2.4 直播机行距的确定及稳定性分析

如上文所述， B_{ijm} 表示第 ij (ij 为有效的试验样本号) 个样本中第 m ($m=1.51$) 个单位纵向范围内的幼苗株数。为准确得出油菜精量联合直播机播种行距，对试验数据进行下述处理：

Step1: 将 m 值相同的所有有效样本的 B_{ijm} 值进行累加求和，记作 β_m ，其中 β_m 为 1×51 维行向量。

Step2: 调用 MATLAB 中的 cftool 曲线拟合工具箱中的二次傅里叶级数^[18]对 β_m 进行曲线拟合。

$$f(x) = a_0 + \sum_{i=1}^2 a_i \cos(iwx) + b_i \sin(iwx) \quad (8)$$

式中， a_0, a_1, a_2, b_1, b_2 为傅里叶级数的参数； w 为角频率，rad/s。

Step3: 利用二次傅里叶级数的周期性，计算出直播机的行距表达式为

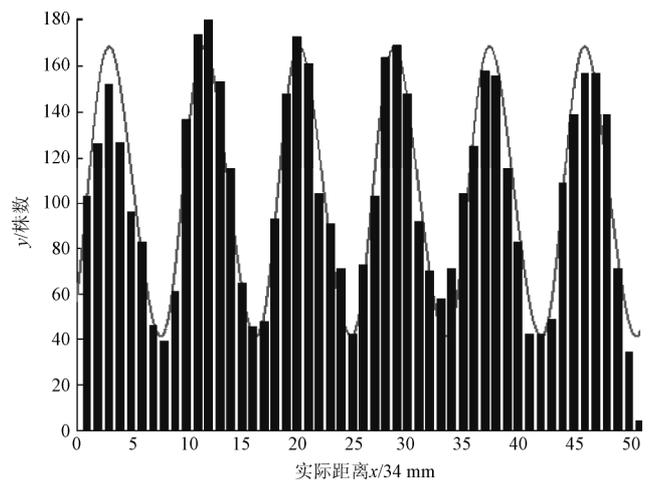
$$d'_0 = \frac{34 \times 2\pi}{w} \quad (9)$$

式中， d'_0 为直播机的实际行距，mm。

通过试验计算测得的二次傅里叶级数三角函数表达式为

$$f(x) = 103.5 - 42.64 \cos(0.731x) + 46.68 \sin(0.731x) - 4.569 \cos(1.462x) - 0.8893 \sin(1.462x) \quad (10)$$

二次傅里叶级数的拟合效果如图 5 所示。



注：每单位横坐标表示实际距离 34 mm。

图 5 傅里叶级数拟合效果

Fig.5 Fitting result of Fourier series

行距是各种精量播种机的必要结构参数，也是主要的农艺参数。虽然直播机各导种管的相对距离保持不变，但在种子下落过程中，土壤块状特征引起的种子弹跳滚动，旋耕装置气流场、空气流场、机具振（摆）动、碎土撞击等对种子的作用，都将改变其下落轨迹，从而导

致成苗后各行植株沿各自的中心线相对摆动。

采用的二次傅里叶级数三角表达式能准确的拟合 β_m 。根据傅里叶级数的周期性, 相邻波峰的间距(即周期的倒数)可近似表示实际行距。依据(9)、(10)式可得, 直播机试验测得的实际行距 d'_0 为 292.24 mm。前述直播机的理论行距为 280 mm, 故实际行距与理论行距的误差 $<5\%$, 可认为该直播机的结构可以保证理论的行距。

如图 5 所示, 行距的稳定性可表示为相邻波谷之间阴影部分偏离中心的程度, 阴影部分越往中间收缩则行距稳定性越好, 反之则稳定性越差。为了提高直播机行距的稳定性, 可以从覆土板的结构、导种管口的离地高度、旋耕转速、投种速度等方面对直播机进行结构的优化和完善。

3 结 论

1) 2BFQ-6 型油菜精量联合直播机在留茬稻坂田作业后的各行植株株距服从指数分布形式, 实际株距为 35.5 mm。计算得出的油菜精量联合直播机理论株距修正系数取值范围是 (1.172, 1.250), 可为排种器型孔数、地轮直径及传动比的设计提供参考。

2) 采用 ANOVA、DUNCAN 检验法对 2BFQ-6 型油菜精量联合直播机排量稳定性和各行排量一致性进行的分析, 为研究影响直播机排种性能的成因明确了方向。

3) 采用的二次傅里叶级数三角表达式的周期性, 准确地求出了油菜精量联合直播机的实际行距为 292.24 mm。求得的实际行距与理论行距的误差小于 5%, 表明该机理论行距对实际行距的控制是有效的。二次傅里叶级数三角表达式能够反映油菜精量联合直播机行距及其稳定性。

4) 所得出的 2BFQ-6 型油菜精量联合直播机在留茬稻坂田作业时田间植株分布规律有助于进一步揭示影响排种器性能的要素、理论与实际应用的相互依存关系, 进而对油菜精量联合直播机的结构优化、排种过程的改进提供了重要的参考依据, 对机器的实际使用操作提供了重要的指导作用。

[参 考 文 献]

[1] 田波平, 廖庆喜, 黄海东, 等. 2BFQ-6 型油菜精量联合直播机的设计[J]. 农业机械学报, 2008, 39(10): 211—213.

[2] 廖庆喜, 田波平, 黄海东, 等. 一种正负气压组合式油菜籽精量播种机[P]. 中国专利: 200710053108.7, 2007-09-03.

[3] 吴福通, 廖庆喜, 田波平. 新型气力式油菜精量排种器的设计研究[C]//2006 中国科协年会农业分会场论文集, 2006: 35—38.

[4] 廖庆喜, 吴福通, 田波平, 等. 一种正负气压组合式油菜籽精量排种器[P]. 中国专利: 200620172781.3, 2006-12-30.

[5] 吴福通. 正负气压组合式油菜籽精量直播排种器的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2007.

Wu Futong. Research on Positive and Negative Pressure Combi Nation Precision Metering Device for Rapeseed[D].

Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2007. (in Chinese with English abstract)

[6] Bereket B Z. Effect of different operating parameters on seed holding in the single seed metering unit of a pneumatic planter[J]. Turkish Journal of Agricultural Machinery, 2004, 28(6): 435—441.

[7] Zulin Z, Upadhyaya S K. A Hydropneumatic seeder for primed seed[J]. Transactions of the ASAE, 1998, 41(2): 307—314.

[8] Panning J W, Kocher M F, Smith J A. Laboratory and field testing of seed spacing uniformity for sugarbeet planters[J]. Biological Systems Engineering, 2000, 16(1): 7—13.

[9] 刘俊峰, 杨欣, 冯晓静, 等. 2BF-8 型小麦精播机播种均匀性影响因素分析[J]. 农业工程学报, 2001, 17(6): 64—69.

Liu Junfeng, Yang Xin, Feng Xiaojing, et al. Analysis of influence factor on seeding uniformity of model 2BF-8 wheat precision planter[J]. Transactions of the CSAE, 2001, 17(6): 64—69. (in Chinese with English abstract)

[10] 廖庆喜, 李继波, 覃国良. 气力式油菜精量排种器试验[J]. 农业机械学报, 2009, 40(8): 44—48.

Liao Qingxi, Li Jibo, Qin Guoliang. Experiment on pneumatic precision metering device for rapeseed[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(8): 44—48. (in Chinese with English abstract)

[11] 梁素钰, 封俊, 曾爱军, 等. 新型组合吸孔式小麦精密排种器性能的试验研究[J]. 农业工程学报, 1996, 7(2): 84—87.

Liang Suyu, Feng Jun, Zeng Aijun, et al. Performance experiments of the seed-meter device with combined suckers[J]. Transactions of the CSAE, 1996, 17(2): 84—87. (in Chinese with English abstract)

[12] Arzu Yazgi, Adnan Degirmencioglu. Optimisation of the seed spacing uniformity performance of a vacuum-type precision seeder using response surface methodology[J]. Biosystems Engineering, 2007(97): 347—356.

[13] Karayel D, Barut Z B, Ozmerzi A. Mathematical modeling of vacuum pressure on a precision seeder[J]. Biosystems Engineering, 2004, 87(4): 437—444.

[14] Singh R C, Singh G, Saraswat D C. Optimization of design and operational parameters of a pneumatic seed metering device for planting cottonseeds[J]. Biosystems Engineering, 2005, 92(4): 429—438.

[15] 李宝筏. 农业机械学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003, 48—85.

[16] 张智星. MATLAB 程序设计与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002, 345—353.

[17] 何宁, 吴黎兵, 腾冲. 统计分析系统 SAS 与 SPSS[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008, 116—124.

[18] 同济大学应用数学系. 微积分[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006, 225—292.

Distribution of rapeseed sowed by 2BFQ-6 precision planter

Yang Song, Liao Qingxi^{*}, Chen Li, He Dali

(College of Engineering, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract: In order to study the distribution of rape seedlings sowed by 2BFQ-6 precision planter for rapeseed, fifty-eight samples which totally contained about 7,041 seedlings were collected using the Grid method, and statistical analysis was carried out by the methods of Curve fitting, ANOVA and Duncan multiple range test. Results indicated that the spacing of rape seedlings for each row obeyed exponential distribution whose parameters were 0.0245, 0.0296, 0.0264, 0.0294, 0.0283 and 0.0308, respectively. The range of correction coefficient for theoretical spacing was from 1.172 to 1.250. The stability of total seeding quantity for the planter was reliable. The error between the real row spacing and the theoretical row spacing was less than 5%, and the triangle expression of Fourier series could be used to analysis the stability of real row spacing. The distribution obtained from this experiment provides a basic reference for the optimization of structure and the improvement of seeding process, and it is also of great value to the operation of 2BFQ-6 precision planter.

Key words: crops, distribution function, testing, seeder, curve fitting