

气吸式排种器性能试验及预测分析

那晓雁¹, 赵春雁², 孙士明³, 张兆国^{1*}

(1.昆明理工大学现代农业工程学院, 云南 昆明 650500; 2.东北林业大学机电工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150040; 3.黑龙江省农业机械工程科学研究院, 黑龙江 哈尔滨 150081)

摘要:利用 JSP-12 排种器性能检测试验台, 分别检测 2BQ 系列玉米播种机的气吸式排种器播种杜玉一号、龙单 38、先玉 335 和鑫鑫 6 号玉米种子的合格率, 利用回归预测模型与 BP 神经网络模型进行拟合预测。结果表明: 在播种机前进速度为 6.0~12 km/h 时, 气吸式排种器播种 4 个品种玉米种子的播种合格率分别为 86%~96%、71%~94%、79%~92%、78%~96%; BP 神经网络模型对气吸式玉米排种器合格率有较好的拟合能力。

关键词:玉米种子; 气吸式排种器; 合格率; BP 神经网络; 回归分析

中图分类号: S223.3 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2015)04-0440-03

Performance test and forecast analysis for air suction seed metering device

Na Xiaoyan¹, Zhao Chunyan², Sun Shiming³, Zhang Zhaoguo^{1*}

(1.Modern Agricultural Engineering Institute, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China; 2.College of Mechanical and Electrical Engineering, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China; 3.Heilongjiang Province Institute of Agricultural Machinery Engineering Science, Harbin 150081, China)

Abstract: Qualified rate of the air suction seed metering device of 2BQ series corn seeder in seeding Duyu1, Longdan38, Xianyu335 and Xinxin6 was tested by using JSP-12 metering device. Regression prediction model and the BP neural network model was used to forecast the gas suction qualified rate of corn seed metering device. The results show that in the speed of 6.0-12 km/h, sowing Duyu1 the percent of pass is 86%-96% of seed, Longdan38 the percent of pass is 71%-94%, Xianyu335 the percent of pass is 79%-92% of seed, Xinxin6 the percent of pass is 78%-96%. The BP neural network model for gas suction qualified rate of corn seed metering device has good fitting capability and relatively high prediction accuracy.

Keywords: suction seed; air metering device; aualified rate; the BP neural network; regression analysis

排种器是精密播种机的核心部件, 分为机械式和气吸式 2 种^[1]。机械式排种器结构简单, 但对种子尺寸要求高, 排种频率低, 无法适应高速作业的要求^[2-5]; 气吸式排种器具有省种、不伤种、播种均匀性好、易实现精密播种等诸多优点^[6]。

气吸式排种器在播种玉米种子时, 受到转速、工作中的撞击和振动、前进速度、种箱剩余种子数量等因素的影响, 试验状况复杂多变, 需建立一种评价模型对气吸式玉米精密排种器合格率进行预测。笔者采用 2BQ 系列玉米播种机, 对 4 个玉米品种进行播种试验, 检测气吸式排种器的性能, 通过

回归预测法^[7]和 BP 神经网络方法^[8]建立了气吸式玉米排种器合格率的预测模型 现将结果报道如下。

1 材料与方 法

1.1 材料

2BQ 系列播种机由哈尔滨沃尔科技有限公司生产, 其气吸式排种器的排种盘有 30 个吸孔, 排种盘直径 215 mm, 风压-6.6 kPa。供试玉米种子: 杜玉一号(马齿大粒, 黑龙江省杜尔伯特蒙古族自治县种子管理站)、龙单 38(马齿小粒, 黑龙江省农科院玉米研究所)、先玉 335(圆形大粒, 铁岭先锋种子研究

有限公司); 鑫鑫 6 号(圆形小粒, 黑龙江省鑫鑫种子有限公司)。供试种子的物理参数列于表 1。

表 1 玉米种子的物理参数

Table 1 Physical parameters of the corn seed

品种	千粒重/g	含水率/%	种子长/mm	种子宽/mm	种子厚/mm
杜玉 1 号	410	7.62	13.43	8.83	4.88
龙单 38	268	6.59	8.54	5.48	4.05
先玉 335	430	7.90	10.41	9.36	6.06
鑫鑫 6 号	223	5.22	5.82	5.56	3.70

1.2 方法

检测试验台采用 JSP-12 排种器性能检测试验台(黑龙江省农业机械工程科学研究院博纳科技有限公司出品)。由于气吸式排种器的田间前进速度为 6~12 km/h^[9], 因此, 试验选取的速度确定为 6~12 km/h, 每递增 0.5 km/h, 测定 4 个品种玉米种子的排种合格率。每组试验均取 200 粒种子, 每个速度进行 3 次重复试验, 通过检测试验台可直接测定重播率、漏播率和合格率。

表 2 玉米种子的排种合格率

Table 2 The qualification rate of corn seed metering

品种	前进速度/(km·h ⁻¹)	合格率/%	重播率/%	漏播率/%	标准差
杜玉一号	6.0	96.34	1.86	1.80	0.10
	6.5	97.01	1.50	1.49	0.11
	7.0	97.71	0.49	1.80	0.11
	7.5	95.21	2.32	2.47	0.12
	8.0	95.77	1.30	2.93	0.12
	8.5	95.82	1.70	2.48	0.11
	9.0	93.37	3.32	3.31	0.13
	9.5	92.76	3.38	3.86	0.14
	10.0	93.03	3.48	3.48	0.14
	10.5	90.74	5.09	4.17	0.15
	11.0	88.80	5.27	5.93	0.16
	11.5	89.18	4.77	6.05	0.17
12.0	86.06	5.84	8.01	0.18	
龙单 38	6.0	93.63	2.94	3.43	0.09
	6.5	93.48	2.86	3.67	0.09
	7.0	91.00	3.83	5.18	0.09
	7.5	92.23	2.91	4.85	0.11
	8.0	89.66	4.93	5.42	0.10
	8.5	86.25	7.70	6.05	0.11
	9.0	85.71	7.67	6.61	0.12
	9.5	86.00	7.00	7.00	0.14
	10.0	85.26	8.14	6.60	0.15
	10.5	84.93	7.80	7.27	0.13
	11.0	81.40	10.55	8.05	0.14
	11.5	75.29	14.36	10.36	0.16
12.0	71.01	16.75	12.24	0.17	
先玉 335	6.0	91.72	5.66	2.61	0.10
	6.5	91.58	5.65	2.77	0.11
	7.0	91.78	6.36	3.86	0.14
	7.5	90.80	7.64	2.56	0.14
	8.0	88.67	8.15	3.17	0.13
	8.5	86.76	9.58	3.65	0.14
	9.0	86.15	9.46	4.38	0.12
	9.5	88.76	8.75	4.48	0.17
	10.0	85.88	8.95	5.65	0.15
	10.5	84.59	9.24	6.16	0.18
	11.0	83.80	9.12	7.07	0.16
	11.5	81.06	10.72	8.21	0.17
12.0	78.98	10.77	10.23	0.19	
鑫鑫 6 号	6.0	96.00	2.00	2.00	0.14
	6.5	96.00	2.00	2.00	0.12
	7.0	94.50	3.00	2.50	0.12
	7.5	94.78	2.36	2.86	0.10
	8.0	93.34	3.39	3.27	0.14
	8.5	92.15	3.92	3.93	0.15
	9.0	90.34	4.89	4.77	0.13
	9.5	90.31	4.85	4.85	0.16
	10.0	89.14	5.36	5.50	0.14
	10.5	85.89	7.70	6.41	0.16
	11.0	83.32	9.43	7.32	0.15
	11.5	80.20	8.88	10.92	0.17
12.0	78.36	9.09	12.55	0.18	

2.2 模型建立

2.2.1 气吸式排种器合格率的回归模型

利用 SPSS 数学分析软件对排种器前进速度和种子的长、宽、厚与排种合格率进行回归分析, 回

试验采用静态试验, 即: 使排种器处于静止状态, 排种装置在实际作业转速下运转, 不考虑排种器打滑的情况, 其速度与排种器的前进速度相当。

2 结果与讨论

2.1 气吸式排种器的排种合格率

气吸式排种器台架试验结果(表 2)的标准差比较小, 数据的分散程度比较小, 结果比较稳定。由于合格率是检测排种器性能的主要指标, 因此, 合格率的大小即能较好地反映排种器的性能。

由表 2 可知, 气吸式排种器对不同粒型和不同尺寸的玉米种子都有比较好的性能表现, 杜玉一号合格率最高, 为 97.71%, 排种性能最好, 其次是鑫鑫 6 号, 最高合格率为 96.00%, 龙单 38 与先玉 335 的合格率为 91%~93%, 排种性能相当。可以看出气吸式排种器的排种性能随着速度的升高而下降。

归系数列于表 3。由表 3 可以看出, 此模型的自变量长、宽、厚存在严重的多重共线性。多重共线性说明 OLS 估计量的方差增大, 难以区分每个解释变量的单独影响, 变量的显著性检验失去意义, 回归

模型缺乏稳定性, 预测结果无意义, 参数估计值与实际相悖。Spss 中逐步回归法是按偏相关系数的大小次序将自变量逐个引入方程, 对引入方程中的每个自变量偏相关系数进行统计检验, 效应显著的自变量留在回归方程内, 循此继续遴选下一个自变量, 并且可以消除存在多重共线性的自变量。其回归系数见表 4。

表 3 回归系数

模型 1	非标准化系数		标准系数	t	Sig.	共线性统计量	
	B	标准误差				容差	VIF
常量	95.443	2.405		39.69	0.000		
前进速度	-2.484	0.158	-0.800	-15.768	0.000	1	1
长	-6.251	0.722	-2.149	-8.652	0.000	0.042	23.945
宽	-17.235	1.914	-5.042	-9.005	0.000	0.008	121.756
厚	39.649	4.252	7.056	9.324	0.000	0.004	222.372

表 4 去除三轴尺寸的回归系数

模型 2	非标准化系数		标准系数	t	Sig.	共线性统计量	
	B	标准误差				容差	VIF
常量	111.248	2.420		45.966	0.000		
前进速度	-2.484	0.263	-0.8	-9.433	0.000	1.000	1.000

其回归预测模型为

$$P_r = 111.248 - 2.484X_1 \quad (1)$$

式中: P_r 为合格率; X_1 为前进速度。

由于线性回归分析将不同种子的尺寸作为非显著因素进行了剔除, 因而不同尺寸类型的种子对气吸式排种器的性能没有显著影响。

2.2.2 气吸式排种器合格率的 BP 神经网络模型

BP 神经网络模型是人工神经网络的重要模型之一。其一般建模步骤为网络初始化, 隐层输出计算, 输出层计算, 全值更新, 阈值更新, 判断算法是否迭代结束^[10]。

利用 MATLAB 软件进行 BP 神经网络的计算。训练函数为 TRAINLM, 学习函数为 LEARNGDM, 传递函数为 TANSIG, 隐层节点 5, 迭代次数 100, 学习率 0.1, 目标 0。

2.2.3 回归模型与 BP 神经网络模型预测结果的对比

回归模型与 BP 神经网络模型预测的结果见图 1。

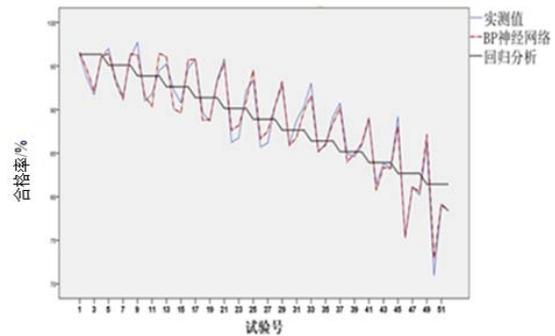


图 1 排种器合格率实测值与模型预测值

Fig.1 Metering device qualification rate of the measured values and the model prediction

由图 1 可知, BP 神经网络预测模型对于预测非线性模型有很好的预测精度, 考虑的因素也比较全面, 证明 BP 神经网络可以对气吸式排种器的性能进行预测。回归分析的预测不能将种子的类型与尺寸等因素考虑在模型内, 故线性回归预测不能很好地对气吸式排种器的实际性能作出精确的预测。另外, 随着试验的进行, 合格率会受到诸多因素的影响, 单纯依靠试验不能完全反映前进速度对排种器合格率的影响。运用 BP 神经网络对排种器性能进行初步的判断, 可对后续的研究提供参考。

参考文献:

- [1] 赵佳乐, 贾洪雷, 姜鑫铭, 等. 大豆播种机偏置双圆盘气吸式排种器[J]. 农业机械学报, 2013, 44(8): 78-83.
- [2] 刘文忠, 赵满全, 王文明, 等. 气吸式排种装置排种性能理论分析与试验[J]. 农业工程学报, 2010, 26(9): 133-138.
- [3] 廖庆喜, 高焕文. 玉米水平圆盘精密排种器排种性能试验研究[J]. 农业工程学报, 2003, 19(1): 99-103.
- [4] 于建群, 马成林, 左春桢, 等. 组合内窝孔玉米精密排种器的试验研究[J]. 农业工程学报, 1997, 13(4): 94-97.
- [5] 周祖良, 钱筒可. 指夹式玉米精密播种排种器[J]. 农业机械学报, 2013(1): 47-53.
- [6] 赵晓顺, 于华丽, 张晋国, 等. 槽缝气吸式小麦精量排种器[J]. 农业机械学报, 2013, 44(2): 48-51.
- [7] 冯莉, 赵春雁, 那晓雁. 聚乙烯基木塑复合材料动态弹性模量预测模型[J]. 东北林业大学学报, 2015(6): 110-112.
- [8] 王吉权, 王福林, 邱立春, 等. 基于 BP 神经网络的农机总动力预测[J]. 农业机械学报, 2011, 42(12): 121-126.
- [9] 孙士明, 那晓雁, 靳晓燕, 等. 不同形态玉米种子分选单粒播性能试验研究[J]. 农机化研究, 2015(7): 171-175.
- [10] 柳松青. MATLAB 神经网络 BP 网络研究与应用[J]. 计算机工程与设计, 2003(11): 81-88.

责任编辑: 罗慧敏
英文编辑: 吴志立