

气力式水稻旱直播机气力系统负压特性试验

展鹏程 夏俊芳 周华 祝英豪

华中农业大学工学院, 武汉 430070

摘要 以风机转速、排种盘转速和播种行数为试验因素,对气力式水稻旱直播机气力系统进行排种器负压影响因素的台架试验研究。结果表明,排种器负压随风机转速的增大而增大,随排种器数量的增多而减小;排种盘转速对排种器负压影响不显著;各行排量一致性变异系数为2.10%~5.04%,气力系统排种器的排种量稳定性还有待进一步提高。分别建立气力系统的风机特性模型和排种器负压特性模型,决定系数在0.92以上,模型验证相对误差分别为-15.92%~12.12%和-2.70%~5.40%。

关键词 水稻旱直播; 气力系统; 负压特性; 精量排种

中图分类号 S 223.2 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2017)04-0095-07

气力系统是保证气力式水稻旱直播机作业质量的关键工作部件,主要包括风机、气管和气吸式排种器,其中气吸式排种器更是核心装置,由负压吸种和携种、正压投种来实现精量穴播^[1-6]。排种器吸种负压是影响排种器排种性能的重要因素,负压过低会导致排种器漏吸从而产生漏播,负压过高会导致重播,并且能耗过高^[7-8]。除了受风机的额定功率影响外,风机转速、排种器数量等参数也直接影响排种器的负压。风机额定功率及转速决定着排种器负压的大小,排种器数量的多少会影响排种器负压进口的进气量^[9],这两种情况都会影响排种器负压的大小从而影响排种性能。袁明月等^[10-11]通过对气吸式水稻芽种排种器气流场的仿真试验,探明了充种过程中的运动规律及其影响因素。王永维等^[12]以2BZQZ-300型水稻育秧播种机播种气室为研究对象,对气吸式水稻育秧整盘播种机进行了吸孔流场模拟与播种试验。Jafari等^[13-14]研究了排种盘的转速、型孔直径、真空度等因素对排种质量的影响。苏微等^[15]对气吸式播种机气力系统进行了研究,为风机选型提供了理论基础。上述关于气力式排种器的研究多集中在排种器内部气流仿真及腔室结构上,而对于排种器的配气机构的研究比较少。

笔者所在课题组研制的气力式水稻精量旱直播

机能一次完成平地、开肥沟、正下方深施肥、开种沟、播种、覆土、镇压等多个工序,省种省工省时^[16]。直播机田间试验发现,由于风机转速稳定性以及可控性较差从而导致排种器负压稳定性差,严重影响了排种器的排种性能。因此,水稻直播机气力系统的合理设计是保证排种器气压稳定、可靠,实现精量排种的关键。本研究针对同步实现开厢沟施肥平地的气力式水稻精量旱直播机气力系统开展台架试验研究,定量、定性分析气力系统的负压特性,明确气力系统结构和工作参数对排种器负压的影响规律,以期对直播机气力系统的优化设计提供参考。

1 材料与方法

1.1 气力系统设计

气力式水稻旱直播机气力系统试验平台结构如图1所示,主要由电机、风机、变频器、排种器、正负气压管道、气力系统检测平台等组成。试验平台运行时,由电机Ⅰ带动风机运行,分别通过正压管道和负压管道分压为排种器提供所需的正负气压,电机Ⅱ带动排种盘转动进行排种。分别通过变频器Ⅰ(型号为G5M-5.5T4-1A)和变频器Ⅱ(型号为FR-A740-3.7K-CHT)来控制调节电机Ⅰ、电机Ⅱ的转速。排种器负压进气口与气力系统检测平台通过

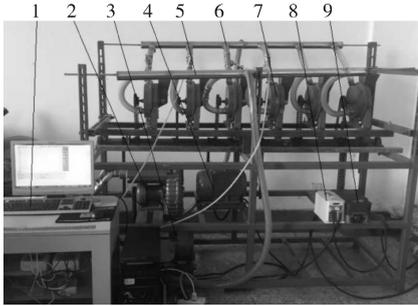
收稿日期: 2016-10-14

基金项目: 国家自然科学基金项目(051275196); 公益性行业(农业)科技专项(201203059); 大规模优质水稻生产全程技术及装备研究与示范(2014BAD06B00)

展鹏程, 硕士研究生, 研究方向: 现代农业装备设计与测控. E-mail: 1454874190@qq.com

通信作者: 夏俊芳, 博士, 教授, 研究方向: 现代农业装备设计与测控. E-mail: xjf@mail.hzau.edu.cn

PVC 钢丝软管连接,检测平台自动检测记录排种器负压进口的负压值并存储于计算机内,计算机实时显示读数和气压变化曲线,通过观察曲线的变化情况可以及时了解试验过程中的气压是否稳定,以便及时调整试验装置。



1.气力系统检测平台 Testing device of pneumatic system; 2.风机 Air blower; 3.电机 I Driving motor I; 4.电机 II Driving motor II; 5.正压管道 Positive pressure pipeline; 6.负压管道 Negative pressure pipeline; 7.排种器 Seeding-metering device; 8.变频器 I Frequency converter I; 9.变频器 II Frequency converter II.

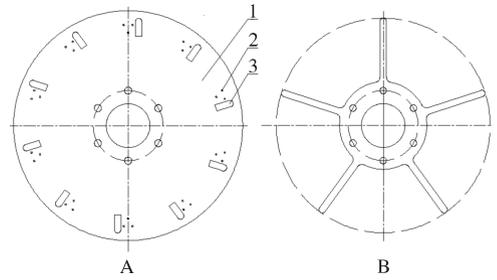
图 1 气力式水稻直播机气力系统试验平台

Fig.1 Experimental device of pneumatic system for rice direct seeding planter

为准确测量排种器的负压值,在气压较小时,气力系统检测平台采用 CP113-PO 型微差压变送器,量程为 $-5\ 000\sim 5\ 000\text{ Pa}$,测量精度为 $\pm 1\%$;在气压较大时采用量程更大的 CP114-PO 型微差压变送器,量程为 $-49\ 033\sim 0\text{ Pa}$,测量精度为 $\pm 1\%$ 。在试验平台运行稳定后,通过计算机上的 M400 数据采集软件,取 1 min 之内的气压平均值作为排种器的进口负压。试验风机为森森牌 HG-2200 型风机,功率 2.2 kW,流量为 $210\text{ m}^3/\text{h}$;排种器为笔者所在课题组自主研发的一种气力式杂交稻精量穴直播排种器,其排种盘上均布 10 组群组吸孔,每组吸孔数 3 个,吸孔直径为 1.6 mm,孔间距为 8 mm,在每组吸孔附近固定有梳种条,沿排种盘圆周方向均匀分布^[17],其梳盘结构如图 2 所示。试验水稻品种为华中地区优质杂交稻品种黄华占,干种,其长度在 $7.5\sim 10.5\text{ mm}$,宽度在 $2.0\sim 2.5\text{ mm}$,厚度在 $1.9\sim 2.5\text{ mm}$ ^[18]。

1.2 试验设计

依据前期对排种器进行的性能试验,排种盘转速在 $10\sim 35\text{ r/min}$ 之间时,排种合格率均在 80%以上,当排种盘转速为 15 r/min ,吸室真空度为 3.5 kPa 时,排种器的排种性能最好,合格率为 86.5%,在试验过程中排种器的正压均设定为 500 Pa ^[17]。



A:梳盘 Combing plate; B:搅种轮 Stir seeding plate; 1.排种盘 Metering disc; 2.吸孔 Sucking hole; 3.梳种条 Comb seeding branch.

图 2 梳盘结构示意图

Fig.2 Structure diagram of combing plate

经前期的试验发现功率为 $1\ 500\text{ W}$ 的风机无法为整个气力系统提供所需的负压,本次试验均采用功率为 $2\ 200\text{ W}$ 的风机。

1) 风机总负压与风机转速、排种器数量关系试验。排种器正常排种,排种盘转速为 15 r/min ,利用气力系统检测平台采集记录风机的负压,记录时间为 1 min,取平均值作为风机的总负压。

2) 排种器负压与风机转速、排种器数量关系试验。排种器正常排种,排种盘转速为 15 r/min ,由于低转速下的风机所产生的风压太小且不稳定,因此,试验中选取风机最低转速为 300 r/min ,试验因素及水平如表 1 所示。利用气力系统检测平台采集记录每个排种器的负压,记录时间为 1 min,取所有排种器的负压平均值作为群组的负压值。

表 1 风机转速试验因素及水平

Table 1 Factor and levels in experiment of air blower rotational speed

试验水平 Experimental level	风机转速/(r/min) Rotational speed of air blower	排种器数量 Number of seed-metering device
1	300	2
2	400	4
3	500	6
4	600	/
.....
26	2 800	/

3) 排种盘转速对排种器负压影响试验。试验因素及水平如表 2 所示,以 4 行排种器试验为例,选取 HG-2200 型风机,排种器正常排种,利用气力系统检测平台采集记录每个排种器的负压,记录时间为 1 min,取所有排种器的气压平均值作为群组的负压值。

表 2 排种盘转速试验因素及水平

Table 2 Factor and levels in experiment of metering disc rotational speed

试验水平 Experimental level	风机转速/(r/min) Rotational speed of air blower	排种盘转速/(r/min) Rotational speed of metering disc
1	800	15
2	1 200	21
3	1 600	27
4	2 000	/
6	2 400	/
7	2 800	/

4) 排种器排种量稳定性和各行排量一致性试验。较高的负压水平才能保证排种合格率,排种器负压在 3 000~4 000 Pa 均能满足要求^[17]。因此,试验选取 2 000 r/min 作为风机的最低工作转速,试验因素及水平如表 3 所示。以 4 行的排种试验为例,排种器正常排种,测量排种器在 3 min 内的排种量,每组试验重复 3 次,取平均值作为排种器的排种量。

表 4 不同排种盘转速、风机转速下的风机总负压值和排种器负压值

Table 4 Negative pressure of air blower and seed-metering device cavity under conditions of different rotation speed of metering disc and air blower

风机转速/ (r/min) Rotational speed	风机总负压 Pressure of air blower			排种器负压 Pressure of seed-metering device			风机转速/ (r/min) Rotational speed	风机总负压 Pressure of air blower			排种器负压 Pressure of seed-metering device		
	A	B	C	A	B	C		A	B	C	A	B	C
300	-343	-304	-245	-168	-81	-54	1 600	-5 127	-3 647	-3 157	-3 736	-1 631	-956
400	-490	-422	-333	-280	-138	-86	1 700	-5 755	-4 069	-3 529	-4 218	-1 819	-1 063
500	-676	-549	-441	-415	-201	-123	1 800	-6 392	-4 500	-3 873	-4 709	-2 015	-1 181
600	-892	-725	-588	-583	-278	-169	1 900	-7 049	-4 961	-4 265	-5 165	-2 199	-1 294
700	-1 157	-902	-745	-781	-357	-223	2 000	-7 696	-5 392	-4 608	-5 601	-2 381	-1 392
800	-1 471	-1 108	-931	-1 011	-463	-277	2 100	-8 333	-5 843	-5 029	-6 096	-2 591	-1 509
900	-1 824	-1 353	-1 137	-1 276	-574	-345	2 200	-9 069	-6 353	-5 471	-6 655	-2 813	-1 637
1 000	-2 176	-1 598	-1 363	-1 529	-693	-412	2 300	-9 765	-6 863	-5 892	-7 174	-3 031	-1 759
1 100	-2 569	-1 882	-1 588	-1 825	-824	-483	2 400	-10 549	-7 392	-6 353	-7 772	-3 274	-1 901
1 200	-3 020	-2 176	-1 863	-2 167	-958	-566	2 500	-11 304	-7 873	-6 824	-8 296	-3 493	-2 026
1 300	-3 510	-2 510	-2 147	-2 545	-1 112	-654	2 600	-12 314	-8 578	-7 451	-9 149	-3 813	-2 203
1 400	-3 951	-2 843	-2 431	-2 893	-1 265	-740	2 700	-13 216	-9 265	-7 961	-9 859	-4 092	-2 364
1 500	-4 539	-3 225	-2 784	-3 287	-1 435	-843	2 800	-14 186	-9 853	-8 500	-10 589	-4 386	-2 524

注:A、B、C 分别表示排种器个数为 2、4、6。Note:A、B、C represent the number of seed-metering device for 2、4、6 respectively.

2.2 风机转速、排种器数量对排种器负压影响

图 4 是排种器负压随风机转速、排种器数量变化趋势。由图 4 可知,排种器负压随着风机转速的增加而增大。排种器数量一定时,气力系统的总进气口横截面积恒定,随着风机转速增大,吸气量提高,排种器负压相应地增大。在风机转速不变的情

表 3 排种量试验因素及水平

Table 3 Factor and levels in experiment of feeding quantity

试验水平 Experimental level	风机转速/(r/min) Rotational speed of air blower	排种盘转速/(r/min) Rotational speed of metering disc
1	2 000	15
2	2 100	21
.....
9	2 800	/

2 结果与分析

2.1 风机转速、排种器数量对风机总负压的影响

表 4 是在不同排种盘转速、风机转速下的风机总负压值和排种器负压值。图 3 是风机总负压随风机转速、排种器数量变化图。由图 3 可知,当排种器数量一定时,随着风机转速的提高,风机总负压增大。在相同的风机转速下,排种器数量增加时,风机总负压相应地减小,随着排种器数量增加,排种盘负压吸孔的数量相应地增加,系统进气总量增加,导致风机在转速不变的情况下总负压值降低。

况下,排种器负压随排种器数量增加而减小。一方面是随着排种器数量增加,整个气力系统的总进气口横截面积变大,进气总量增加,导致在风机转速不变的情况下排种器负压值降低;另一方面排种器数量越多整个气力系统的负压管道总长相应地增加,导致沿程损失增大,排种器负压变小。

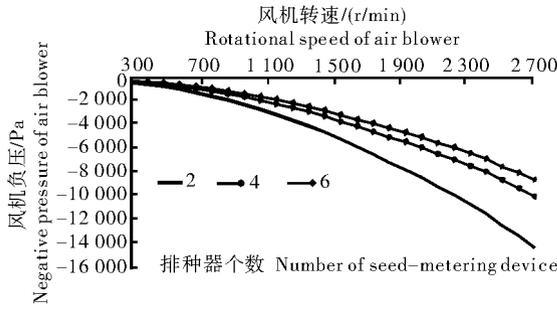


图 3 风机总负压随风机转速和排种器数量变化趋势
Fig.3 Relationship between negative pressure of air blower and air blower rotation speed and number of seed-metering device

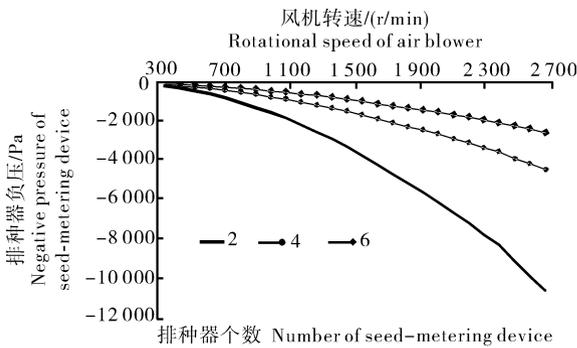


图 4 排种器负压随风机转速和排种器数量变化趋势
Fig.4 Relationship between negative pressure of seed-metering device and air blower rotation speed and number of seed-metering device

2.3 排种盘转速对排种器负压的影响

表 5 为排种器在不同排种盘转速、风机转速下的平均负值,表 6 为排种器在不同排种盘转速、风机转速下平均负值值的方差分析。由表 5 和表 6 可知,风机转速对排种器在一段时间内的平均负压有显著的影响,排种器负压随着风机转速增加而增大;排种盘转速对排种器在一段时间内的平均负压影响不显著,对排种器负压的平均值影响较小;排种器负压的波动周期基本与排种盘周期保持一致性,随着排种盘转速的提高排种器的负压波动频率增大,主要是由排种器排种盘与壳体之间存在的配合误差以及吸种状态的不同引起的。

表 5 排种器在不同排种盘转速、风机转速下的平均负值

Table 5 Negative pressure of seed-metering device cative under conditions of different rotation speed of metering disc and air blower Pa

风机转速/(r/min) Rotational speed of air blower	排种盘转速/(r/min) Rotational speed of metering disc		
	15	21	27
800	-441	-403	-421
1 200	-858	-844	-838
1 600	-1 467	-1 464	-1 438
2 000	-2 238	-1 983	-2 095
2 400	-2 848	-2 827	-2 939
2 800	-3 808	-3 820	-4 016

表 6 排种器在不同排种盘转速、风机转速下负压均值的方差分析

Table 6 Results of analysis of negative pressure of seed-metering device cative under conditions of different rotation speed of metering disc and air blower

差异源 Source	平方和 Sum of squares	自由度 Freedom	均方和 Mean square	F 值 F value	P	F _{0.01}
样本 Sample	25 194 233	5	5 038 847	946.526 4	4.88×10 ⁻¹³	5.636 326
列 Column	15 258.861	2	7 629.431	1.433 157	0.283 615	7.559 432
误差 Error	53 235.139	10	5 323.514			
总计 Total	25 262 727	17				

2.4 气力系统排种器排种量稳定性与各行排量一致性分析

图 5 为排种器排种量随风机转速、排种盘转速变化,表 7 为排种器负压为 3 500 Pa 时排种量随排种盘转速的变化。由图 5 可知,排种器的排种量随着排种盘转速的增大有所增加,在排种盘转速较低时,排种量随着风机转速增加有一定的增大,最终趋于稳定,在排种盘转速较高时排种量随风机转速增大有明显增加,稳定性比较差。由于排种器的负压随着排种盘转动会产生周期性的波动,排种盘转速

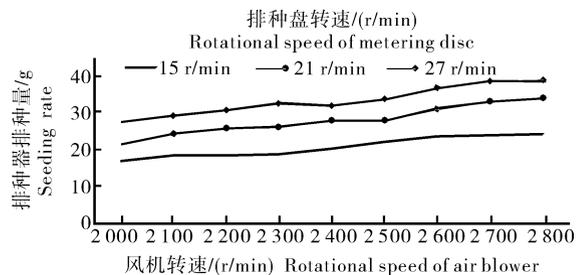


图 5 排种器排种量随风机转速和排种盘转速变化趋势
Fig.5 Relationship between seeding rate of seed-metering device and rotation speed of air blower and metering disc

越低时排种器的负压变化频率就越小, 气压相对稳定, 排种器的排种量稳定性就越好。由表 7 可知, 在保持负压不变的情况下, 各行排种器的排种量相差不大, 各行排量一致性变异系数 2.10%~5.04%, 各

行排量具有较好的一致性。

2.5 负压特性模型

1) 风机负压特性模型。由前述的试验分析可知, 气力系统风机总负压随风机转速的增加成正比

表 7 排种器在负压为 3 500 Pa 时排种量随排种盘转速的变化

Table 7 Relationship between seeding rate and rotation speed of metering disc when the negative pressure of seed-metering is 3 500 Pa

排种盘转速/(r/min) Rotational speed of metering disc	播种行编号 Sowing row number				平均值 Average	标准差 Standard deviation	各行排量一致性变异系数/ Consistency variability coefficient
	2	3	4	5			
15	22.445	22.568	23.098	21.949	22.515	0.471 859	2.10
21	28.233	31.347	31.304	29.470	30.089	1.515 111	5.04
27	34.144	35.454	34.705	33.775	34.520	0.730 977	2.12

增加。根据图 3 试验数据, 建立风机总负压与风机转速、排种器数量(播种行数)的关系模型, 得到决定系数为 0.92 时的方程如下:

$$P = -41.495 - 4.228x_1 - 556.150x_2 \quad (1)$$

r/min; x_2 为排种器数量, 个。

利用 2 200 W 风机的测量数据对模型进行验证, 结果如表 8 所示, 其中, 相对误差 = (拟合值 - 实测值) / 实测值 \times 100%。模型相对误差为 -15.92%~12.12%, 在可接受范围内。

表 8 风机负压回归方程(1)验证实验

Table 8 Verification test of regression equation (1)

序号 No.	排种器数量 Number of seed-metering device	风机转速/(r/min) Rotational speed of air blower	实测值/Pa Measured value	拟合值/Pa Fitted value	相对误差/% Relative error
1	2	2 200	-9 065	-8 232	-9.19
2	2	2 300	-9 761	-8 655	-11.34
3	2	2 400	-10 545	-9 077	-13.92
4	2	2 500	-11 299	-9 500	-15.92
5	4	2 200	-6 350	-7 119	12.12
6	4	2 300	-6 860	-7 542	9.95
7	4	2 400	-7 398	-7 965	7.67
8	4	2 500	-7 869	-8 388	6.59
9	6	2 200	-5 468	-6 007	9.86
10	6	2 300	-5 890	-6 430	9.17
11	6	2 400	-6 350	-6 853	7.92
12	6	2 500	-6 821	-7 276	6.66

2) 排种器负压与风机转速、排种器数量关系模型。据前述排种器负压与风机转速、排种器数量关系试验结果, 根据图 4 的数据, 在额定功率为 2 200 W 的风机供压时的数据进行分析, 分别针对不同的播种行数以风机转速作为输入量, 排种器负压作为输出量, 得到决定系数依次为 0.96、0.97、0.97 的回

归方程。

$$P_1 = 2279.124 - 4.415x_1 \quad (2)$$

$$P_2 = 897.688 - 1.719x_1 \quad (3)$$

$$P_3 = 507.081 - 0.992x_1 \quad (4)$$

式(2)~(4)中 P_1 为 2 行试验排种器负压值, Pa; P_2 为 4 行试验排种器负压值, Pa; P_3 为 6 行试验

表 9 排种器负压回归方程(2)~(4)方差分析

Table 9 Results of analysis of regression equation (2)~(4)

回归方程编号 Equation number	差异源 Source	DF	SS	MS	F
(2)	回归 Regression	1	2.51 \times 10 ⁸	2.51 \times 10 ⁸	672.91
	残差 Residuals	24	8 962 809	373 450.4	
	总计 Sum	25	2.6 \times 10 ⁸		
(3)	回归 Regression	1	4.31 \times 10 ⁷	4.31 \times 10 ⁷	802.83
	残差 Residuals	24	1 291 210	53 800.4	
	总计 Sum	25	4.45 \times 10 ⁷		
(4)	回归 Regression	1	1.44 \times 10 ⁷	1.44 \times 10 ⁷	844.94
	残差 Residuals	24	409 150.9	17 047.95	
	总计 Sum	25	1.48 \times 10 ⁷		

注: Note; DF: 自由度 Freedom; SS: 平方和 Sum of squares; MS: 均方和 Mean square; F: F 值 F value.

排种负压值, Pa; x_1 为风机转速, r/min。对回归方程(2)~(4)进行方差分析,如表 9 所示。查 F 表可知 $F_{0.01}(1, 24) = 7.82$, 表 9 中的所有 P 值均大于 7.82, 说明回归方程的拟和效果比较好。为了验证回归模型的准确性, 以额定功率为 2 200 W 风机为

气压源, 分别针对 2 行、4 行、6 行排种器, 在 5 种不同的风机转速下测量排种器的负压值。结果如表 10 所示, 验证得到相对误差为 $-2.70\% \sim 5.40\%$, 在可接受范围内。可以利用该模型直接计算在风机额定功率为 2 200 W 时, 要使排种器达到设计平均负

表 10 排种器负压回归方程(2)~(4)验证实验

Table 10 Verification test of regression equation(2)~(4)

回归方程编号 Number of regression equation	序号 No.	排种器数量 Number of seed- metering device	风机转速/(r/min) Rotational speed of air blower	实测值/Pa Measured value	拟合值/Pa Fitted value	相对误差/% Relative error
(2)	1	2	2 100	-6 096	-6 425	5.40
	2		2 200	-6 655	-6 840	2.78
	3		2 300	-7 174	-7 254	1.12
	4		2 400	-7 772	-7 669	-1.33
	5		2 500	-8 296	-8 083	-2.56
(3)	6	4	2 100	-2 591	-2 711	4.64
	7		2 200	-2 813	-2 883	2.49
	8		2 300	-3 031	-3 055	0.79
	9		2 400	-3 274	-3 227	-1.44
	10		2 500	-3 493	-3 399	-2.70
(4)	11	6	2 100	-1 509	-1 577	4.51
	12		2 200	-1 637	-1 676	2.40
	13		2 300	-1 759	-1 776	0.94
	14		2 400	-1 901	-1 875	-1.38
	15		2 500	-2 026	-1 974	-2.57

压值时所需的风机转速大小。

3 讨 论

本研究结果表明, 排种器负压随风机转速的增大而增大, 随排种器数量的增多而减小; 排种器负压随排种盘转动产生周期性的波动, 随着排种盘转速的提高排种器的负压波动频率增大, 排种盘转速对排种器负压均值影响不显著。台架排种试验表明, 试验所采用的排种器排种量的稳定性在高转速的情况下比较差, 各行排量一致性变异系数为 $2.10\% \sim 5.04\%$ 。建立了风机总负压与风机转速、排种器数量(播种行数)的关系模型, 决定系数为 0.92, 实验验证相对误差为 $-15.92\% \sim 12.12\%$, 主要是由于不同的排种器在加工过程中相互之间存在一定误差引起的。根据不同的播种行数, 分别建立了排种器负压与风机转速的关系模型, 分别得到决定系数依次为 0.96、0.97、0.97 的回归方程, 实验验证相对误差为 $-2.70\% \sim 5.40\%$, 可以利用该模型直接计算在风机额定功率为 2 200 W 时, 要使排种器达到设计平均负压值时所需的风机转速大小。气力系统台架实验所构建的排种器负压模型验证了水稻旱直播机

气力系统的可行性, 在不同的播种行数下, 所设计的气力系统均能够将风机的气流均匀分配给各行排种器, 保证了各行排种器能在稳定的工作压力下工作, 可以为气力系统的参数确定和实际生产提供指导。

本研究开展了风机转速、排种盘转速和排种器数量(播种行数)对排种器负压影响的试验, 对气力系统排种情况进行了台架试验, 其他因素如风机额定功率、气力系统正负气压输送管道的管径大小、不同的气压管道进出口排布位置等对排种器负压的影响有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 张国忠, 罗锡文, 臧英, 等. 水稻芽种气力播种技术研究概况 [C]// 中国农业工程学会. 中国农业工程学会 2011 年学术年会论文集. 北京: 中国农业工程学会, 2011: 33-39.
- [2] KARAYL D, BARATZ B, OZMERZI A. Mathematical modeling of vacuum pressure on a precision seeder [J]. Biosystems engineering, 2004, 87(4): 437-444.
- [3] SHEARER S A, HOLMS R G. Precision seed meeting with a sun-merged turbulent air-jet [J]. Transaction of the ASAE, 1991, 34 (3): 781-786.
- [4] 廖庆喜, 李继波, 覃国良. 气力式精量油菜排种器试验 [J]. 农业

- 机械学报,2009,40(8):44-48.
- [5] 舒彩霞,韦跃培,廖宜涛,等.油菜气力式排种系统参数对其负压特性的影响及风机选型[J].农业工程学报,2016,32(10):26-33.
- [6] 杨松,廖宜涛,廖庆喜.2BFQ-6型油菜精量联合直播机气力式排种系统的实验研究[J].农业工程学报,2012,28(17):57-62.
- [7] 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.
- [8] 何堤,陈立东,谢宇峰.气吸式排种器排种质量影响因素的试验研究[J].农机化研究,2006(1):175-176,179.
- [9] 廖庆喜,杨松,廖宜涛,等.菜精量联合直播机气力式排种系统性能和参数建模[J].农业工程学报,2013,29(17):9-15.
- [10] 袁明月,马旭,梁旭,等.气吸式水稻芽种直播排种器性能的试验研究[J].吉林农业大学学报,2014,26(6):690-693.
- [11] 袁明月,马旭,金汉学,等.气吸式水稻芽种排种器气流场研究[J].农业机械学报,2005,36(6):42-45.
- [12] 王永维,曹林,王俊,等.气吸式水稻育秧整盘播种机吸孔流场模拟与播种试验[J].农业机械学报,2014,45(4):96-102.
- [13] JAFARI F J, UPADHYAYA S K. Development and field evaluation of a hydropeumatic planter for primed vegetable seeds [J]. Transactions of the ASAE, 1994, 37(4): 1069-1075.
- [14] GUARELLA P, PELLERANO A, PASCUIZZI S. Experimental and theoretical performance of a vacuum seeder nozzle for vegetable seeds [J]. J Agric Engng Res, 1996, 64: 29-36.
- [15] 苏微,王福林,陈海涛,等.气吸式播种机气力系统研究[J].东北农业大学学报,2012,43(5):61-64.
- [16] 夏俊芳,周俊华,周勇,等.同步实现开厢沟施肥平地的气力式水稻精量旱直播机:201410529286.2[P].2014-10-10.
- [17] 翟建波,夏俊芳,周勇.气力式杂交稻精量穴直播排种器设计与试验[J].农业机械学报,2016,47(1):75-81.
- [18] 张顺,夏俊芳,周勇,等.气力滚筒式水稻直播精量排种器的设计与试验[J].农业工程学报,2015,31(1):11-17.

Effects of negative pressure on pneumatic system of pneumatic rice direct seedling planter

ZHAN Pengcheng XIA Junfang ZHOU Hua ZHU Yinghao

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

Abstract Bench test studies on effects of the negative pressure factors of seed-metering device including rotation speed of air blower, rotation speed of planting plate and planting rows on pneumatic system of pneumatic rice direct seedling planter were conducted. The results showed that negative pressure of seed-metering device increased with the increase of rotation speed of air blower and decreased with the growing number of seed-metering devices. Rotation speed of planting plate had no significant influence on negative pressure of seed-metering device. The stability of metering quantity of the seed-metering device in pneumatic system needs to be improved. The characteristics model of air blower and seed-metering device are established. The determination coefficients were more than 0.92. The relative errors of both model validation were within -15.92% - 12.12% and -2.70% - 5.40% , respectively. It will provide a reference for structural improvement and practical production of pneumatic system in pneumatic direct rice seedling planter.

Keywords rice direct seedling planter; pneumatic system; negative pressure; precision seed-metering

(责任编辑:陆文昌)