

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2014.04.015

气吸式水稻育秧整盘播种机吸孔流场模拟与播种试验*

王永维¹ 曹林¹ 王俊¹ 程绍明¹ 王建²

(1. 浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 杭州 310058; 2. 温州市发展和改革委员会, 温州 325009)

摘要: 以 2BZQZ-300 型水稻育秧播种机播种气室为研究对象, 建立了不同孔径吸孔的局部吸种模型, 运用 Fluent 软件对吸孔在空载工况、种子被横向和纵向吸附的负载工况时吸孔周围流场特性进行数值模拟, 对其播种性均匀性进行了验证试验。结果表明: 在空载和负载时, 气室下部吸孔的上下负压区相对压力分布均匀, 气室内吸孔之间的气流没有明显干涉; 种子被横向和纵向吸附时, 种子表面的气流主要集中于吸孔与种子间; 随着吸孔直径增加, 种子表面的有效受力面积基本呈线性增加, 种子被横向吸附时有效受力区域的相对压力随孔径增加明显升高, 而种子被纵向吸附时有效受力区域的相对压力变化较小, 种子被横向吸附时受到的表面力明显高于纵向吸附时的表面力, 有利于提高吸种率和携种稳定性。播种试验表明, 播种后水稻种子在秧盘内分布均匀, 总体播种均匀性系数为 94.9%。

关键词: 水稻播种机 吸种性能 数值模拟 播种试验

中图分类号: S223.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)04-0096-07

引言

水稻种植技术分为直播和移栽两种体系, 育秧移栽是我国水稻种植的主要形式^[1-2]。杂交水稻育秧对播种装备提出了每穴 1~2 粒的高要求, 由于气吸式水稻精密播种不伤种、对种子适应性好、播种精度高、单粒率高, 是杂交水稻育秧播种的理想方式^[3-4]。目前, 气吸式水稻精密播种分为吸针式、滚筒式和吸盘式三种主要方式, 其中吸盘式播种机内部结构简单、气流运动平稳、播种性能良好^[5-6]。为保证播种后种子在秧盘内分布均匀, 防止漏播, 气室内的同一高度负压应均匀分布, 这就要求吸盘的结构符合空气运动规律。国内外学者对吸盘式播种机的气流场进行较多研究, 陈进等研究了吸孔型式及其结构参数、气室流量、负压以及吸种高度等因素对吸种性能的影响^[7-12]。但上述研究以单个吸孔在空载条件的研究较多, 对吸盘的整体流场、负载条件下种子与吸孔耦合作用下的局部流场研究较少。为探明复杂流场中的气流与种子相互作用, 须对种子在吸孔处流场特性进一步深入研究。

前期研究表明, 2BZQZ-300 型气吸式水稻育秧整盘播种机吸室内流场的压力与流速与压力分布均

匀, 本文在整体气室数值模拟的基础上对不同孔径吸孔空载及负载情况下的流场进行模拟, 为吸盘结构优化奠定基础。

1 气吸式水稻育秧整盘播种机

2BZQZ-300 型气吸式水稻育秧整盘播种机结构组成示意图如图 1 所示。待播种子在底部均匀设有小孔的种盘内形成均匀的种子薄层, 气吸式播种

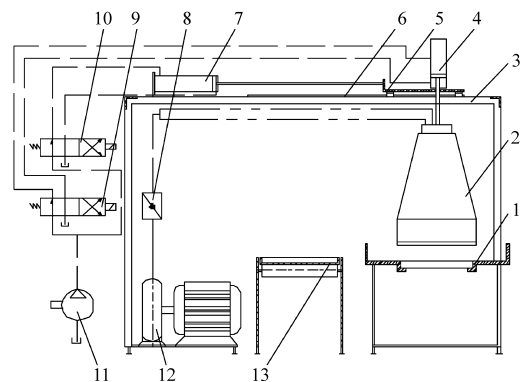


图 1 2BZQZ-300 型气吸式水稻育秧整盘播种机

Fig. 1 Schematic of 2BZQZ-300 rice seeder

1. 种盘 2. 播种部件 3. 机架 4. 升降气缸 5. 平移支架
6. 平移轨道 7. 平移气缸 8. 蝶阀 9. 升降换向阀 10. 平移换向阀
11. 空气压缩机 12. 鼓风机 13. 秧盘

收稿日期: 2013-09-21 修回日期: 2013-12-24

* 公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(201203052)、浙江省“三农六方”专项资金资助项目和浙江省重大科技专项(优先主题)农业资助项目(2008C120601)

作者简介: 王永维, 副教授, 主要从事种植机械研究, E-mail: wywzju@zju.edu.cn

通讯作者: 王俊, 教授, 博士生导师, 主要从事农业机械和农产品加工研究, E-mail: jwang@zju.edu.cn

部件下部均匀设有吸孔,吸孔的间距与浙江省地方标准 DB33/T 681—2008《机插水稻盘式育秧技术操作规程要求》^[13]中要求的水稻育秧播种种子间距一致,移动播种部件至种子薄层,由鼓风机为播种部件的气室提供负压,种子便被吸附在播种部件底部的吸孔上,然后将吸种部件移动至已填床土的秧盘上,通过蝶阀使气室内压力恢复至常压,种子在重力作用下落至秧盘,完成播种过程^[14-15]。

2 吸孔流场特性数值模拟

2.1 物理模型

气吸式播种部件是 2BZQZ-300 型气吸式水稻育秧整盘播种机的核心部件,由气室、吸种板组成

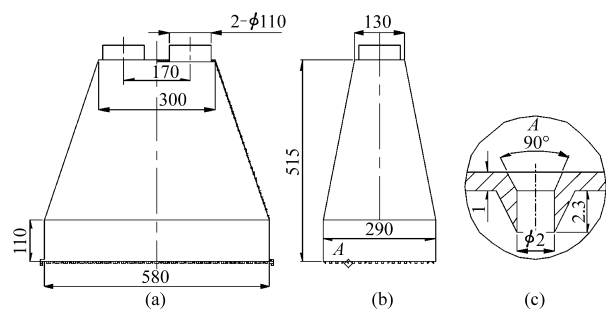


图2 播种部件结构图

Fig. 2 Structure diagram of suction cup model

(a) 主视 (b) 侧视 (c) 局部吸孔

(图2)。气室为梯形台,上部与鼓风机进口通过波纹管连接,下部安装吸种板;按 DB33/T 681—2008^[13]中杂交稻 1~1.5 粒/cm²和秧盘规格要求,吸种板有效吸种区宽 290 mm,长 580 mm,吸种区为均匀纵向开设共 20 行、每行 80 孔共 1 600 个锥形吸孔,呈矩形分布,吸孔孔径 2 mm,冲压加工成形后向下突出 2.3 mm,锥角 45°。

2.2 建模及网格划分

由于气室与吸孔的尺寸悬殊,整体模拟难以反映吸孔附近的气流运动情况,为进一步探索气吸式播种部件的吸种性能,有必要研究吸孔局部的周围气流场分布。为便于分析,对模型作如下假设:①流体介质为 20℃ 的不可压缩空气。②流场进出口的压力均匀恒定。③仅考虑 1 个种子存在的情况,参考多个品种杂交水稻外形尺寸^[16],将水稻种子简化成三轴长分别为 7 mm、2.5 mm、2.5 mm 的椭球体,并忽略种子表面的摩擦阻力。

基于上述假设,在 Gambit 软件内建立吸孔局部流场模型:①截取气室内部长方体区域以及气室外部长方体区域,内部区域高度为吸孔直径的 10 倍,根据播种要求,底部的长方体种子层高度取 10 mm。②根据吸孔尺寸建立吸孔模型,气室内、外通过吸孔

连通。

选用适应性较好的 Tet/Hybrid 类型网格及 TGrid 方式划分网格^[17],并对吸孔入口及种子表面区域进行网格加密。

2.3 控制方程及求解方式

由于气室在达到稳定状态下才进行吸种,因此将模拟视为三维定常流动。同时模型内部结构为梯形锥台,气流的速度方向较为一致,流场不存在强旋流、弯曲壁面流动等复杂流态,但部分区域截面有所变化,导致流速变化,易形成湍流,因此控制方程采用 $k-\varepsilon$ 标准湍流模型,其通用形式描述为^[18]

$$\frac{\partial(\rho\varphi)}{\partial t} + \text{div}(\rho\mathbf{u}\varphi) = \text{div}(\Gamma\text{grad}\varphi) + S \quad (1)$$

式中 ρ ——空气密度 φ ——通用传输量

\mathbf{u} ——流体速度矢量

Γ ——广义扩散系数 S ——广义源项

2.4 边界条件

对于底部吸孔流场周期性重复的特点,设置四周侧面为平移周期性边界^[18]。吸孔下部为压力入口,与大气相连,相对压力为零,吸孔上部为压力出口。参考玉米、高粱等作物气吸式播种时所需风压范围为 2 156~4 312 Pa^[19],综合 2BZQZ-300 型水稻播种机采用鼓风机工作相对压力为 -3 579 Pa,计算知相对静压力为 -2 488 Pa,据此对气室整体仿真而得到离吸孔 20 mm 的气室截面处平均相对静压力为 -2 172 Pa,且压力分布均匀,故局部模型的出口相对压力设为 -2 172 Pa。

2.5 数值求解

吸孔孔径对其吸种性能有明显影响,为获得不同孔径对吸孔负载下气流与压力的分布情况,分别建立 1.50、1.75、2.00、2.25 和 2.50 mm 5 个不同孔径的仿真模型。考虑吸孔吸附种子为单粒情况,当水稻种子被吸附时,气流只能从吸孔与种子之间的狭窄空隙进入吸孔,种子与吸孔将产生复杂的耦合作用,导致负载与空载时的流场有显著的差别。同时,不同的种子吸附姿态对流场也有较大影响,因此分别针对吸孔空载、种子横置和种子竖直两种负载工况时,利用 Fluent 6.3 软件,采用 $k-\varepsilon$ 标准湍流模型,以改进的压力耦合方程组的半隐式方法(SIMPLEC)对吸孔周围的流速、压力进行数值求解。

3 仿真结果分析

3.1 吸孔流速与压力分布

通过数值求解得到不同工况时不同吸孔直径吸孔内部与进出口处的压力与流速分布,因在 1.5~2.5 mm 的吸孔直径范围内,不同孔径下气流的压力

与速度场分布规律的仿真结果类似,即孔径在 1.5 ~ 2.5 mm 内吸孔周围空气的流态并未发生显著变化,

故仅以吸孔直径 2.0 mm 的吸孔压力与流速分布为例进行分析,数值模拟结果如图 3、4 所示。

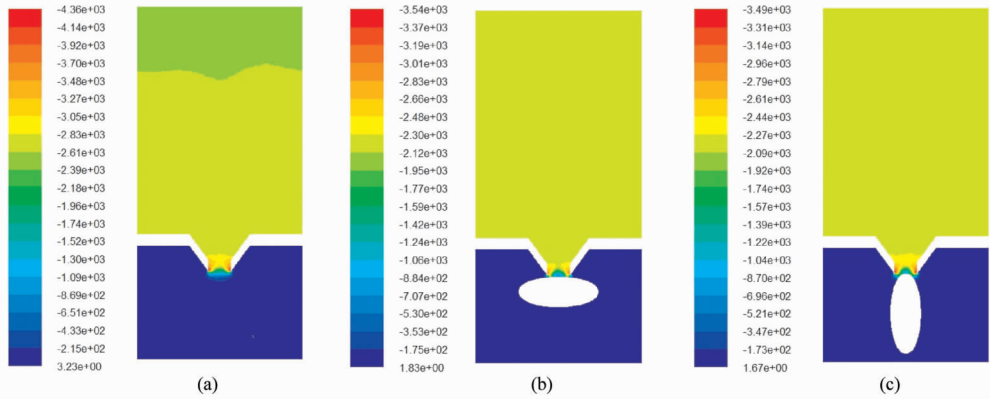


图 3 局部吸孔压力分布

Fig. 3 Distribution of pressure in local region

(a) 空载静压分布 (b) 种子横置静压分布 (c) 种子竖置静压分布

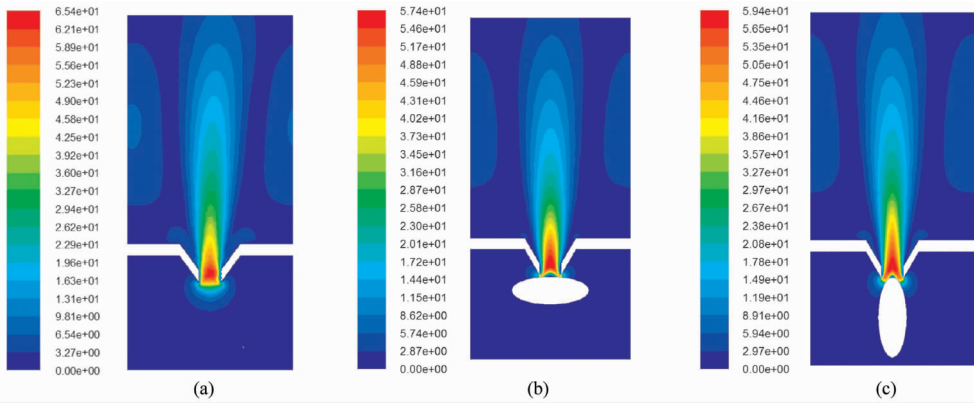


图 4 局部吸孔速度分布

Fig. 4 Distribution of velocity in local region

(a) 空载速度分布 (b) 种子横置速度分布 (c) 种子竖置速度分布

由图 3 知,空载和负载时,吸孔的上、下区域负压区明显,上方气室内相对压力在 $-2\ 000 \sim -2\ 500$ Pa 之间,与播种时要求的吸种压力范围基本一致,且吸孔周围的负压平稳,满足气吸式播种要求,吸孔下方则接近于大气压且较稳定,吸孔上、下两区域压力分布总体均匀。在吸孔内部,入口处管壁处压力明显高于中间,对照图 4 可知,这主要是由于狭窄的孔道导致孔道中心处速度较大造成的,入口处的高负压区也有利于吸种与携种的稳定。

由图 4 知,无论是空载还是负载,气流均高速通过吸孔,并在吸孔正上方形成气流高速度区,在气室内形成抛物线形等速线,流速自孔中心向孔壁逐渐降低,气流流动方向基本竖直向上,没有出现明显的旋流,相邻吸孔间的气流速度等值线几乎没有重叠,经计算周期性边界上的流量占总流量的比例在 5% 以下。可见,吸孔附近的气流运动以惯性力为主导,吸孔间气流相互影响较小。但吸孔空载以及种子被横向吸附、纵向吸附时吸孔周围的竖置速度分布的

各不相同,这是由于种子与空气耦合作用造成的。

为了进一步分析气流在种子周围的分布情况,仿真得到负载时种子横置和竖置情况下吸孔周围气流的速度矢量图如图 5 所示。

由如图 5 知,负载时无论种子横向吸附于吸孔,还是纵向吸附在吸孔,种子表面的气流运动主要集中于吸孔正下方的种子顶部,而种子底部气流速度接近于零。可见,气流运动对种子产生的推动作用很小,吸孔主要依靠静压差吸附种子。

3.2 孔径对吸种性能的影响

种子沿竖直方向上所受的表面力是吸孔吸种性能主要评价指标,种子吸附力主要由静压差产生,因此影响吸附力的主要因素为上、下表面的相对压力差值及有效受力面(种子表面受到负压作用的区域在竖直方向上的投影面)大小。仿真结果得到不同孔径情况下种子的有效受力面、沿竖直方向所受表面力及与吸孔孔径关系,如图 6、7、8 所示。

由图 6、7、8 知,种子被吸孔横置吸附时,随着吸

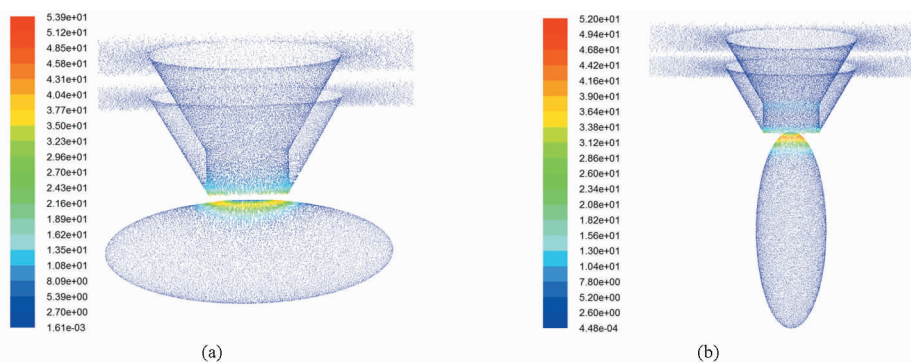


图 5 负载时吸孔周围的速度矢量图

Fig. 5 Velocity vector diagram of loaded suction area

(a) 种子横向吸附 (b) 种子纵向吸附

孔孔径的增加,吸附区域的相对压力增加。这主要是吸孔孔径加大,使得种子与吸孔之间的空气流速增加,进一步增加了相对压力,同时有效受力面积随吸孔孔径加大也增加,但有效受力面积增加与吸孔孔径增加基本呈线性增加。而种子被吸附在吸孔时,所受的表面力与吸附区域的相对压力、种子表面的有效受力面积均呈正比,因此随着吸孔直径的增加,种子受到的表面力显著增加。可见,增大吸孔的孔径能够增大种子有效受力面积,明显提高顶部表面的相对压力,从而明显提高吸种性能,但为保证种子不被吸入孔内,根据常见水稻种子长度及长宽比,吸孔孔径应小于 2.5 mm。

水稻种子被吸孔纵向吸附时,随着孔径的增大,竖置种子表面吸附区域的相对压力略有下降,但变化较小。这主要是由于水稻种子端部吸入吸孔内,吸孔均处于半堵塞状态,使孔径对所吸附种子表面吸附区段的相对压力影响较小;另外,竖置种子表面的有效受力面积也随吸孔孔径加大也基本呈线性增加,竖置种子受到的表面力也呈线性增加,但其增加值是由于吸孔直径增加使被吸附种子表面有效受力面积增加引起的,而种子表面吸附区域的相对压力对表面力增加的影响较小,因而由于吸孔直径增加引起种子所受表面力增加的梯度较小。当吸孔吸孔直径相同时,种子横置时受到的表面力明显大于纵置吸附时所受的表面力。可见,种子被吸孔横置吸附时更容易被吸起,携种过程更稳定。

此外,根据多个品种常规水稻和杂交水稻的千粒质量为 24.5 ~ 31.8 g^[20],忽略摩擦及其他阻力的情况下,直径为 1.5 ~ 2.5 mm 的吸孔对种子的吸附力远大于水稻种子的重力,均能满足吸种、携种要求。

4 播种均匀性试验

为了验证 2BZQZ-300 型气吸式水稻育秧整盘

播种机吸种部件的流体力学特性对播种的影响,进行了播种均匀性试验,试验现场如图 9 所示。

试验方法:整机生产率调整至约 300 盘/h,鼓风机在额定工况条件下工作,整机正常工作后,在秧盘均匀布置内径为 73 mm 的圆形取样器 9 只,如图 10 中①~⑨。为便于清点每个取样器的种子粒数,秧盘不进行填床土、淋水工序,直接进行播种,种子为单季杂交稻中浙优 1 号。播种后对落入取样器中的种子分别清点粒数,然后计算取样器中种子粒数的均值、标准差、变异系数、均匀性系数,落入取样器种子粒数均值为^[21]

$$\bar{X} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2)$$

式中 X_i ——落入第 i 个取样器种子粒数

n ——取样器数量

标准差为^[21]

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (3)$$

变异系数为^[21]

$$C = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100\% \quad (4)$$

播种均匀性系数为^[21]

$$K = 1 - C \quad (5)$$

试验于 2011 年 4 月进行,因试验结果数据较多且类似,现仅以 20 次试验结果数据进行分析,部分试验结果数据如表 1 所示。

以表 1 数据为基础,计算落入每个秧盘中 9 个取样器种子粒数的盘平均值、盘标准差、盘变异系数、盘均匀性系数以及落入 20 个秧盘内所有取样器种子粒数的总平均值、总标准差、总变异系数、总均匀性系数如表 2 所示。

由表 1、表 2 知,育秧播种时,落入每个取样器的种子 71 ~ 82 粒,平均值为 76.5 粒,同一秧盘内不同取样器接收种子粒数的变异较小,各盘取样器接

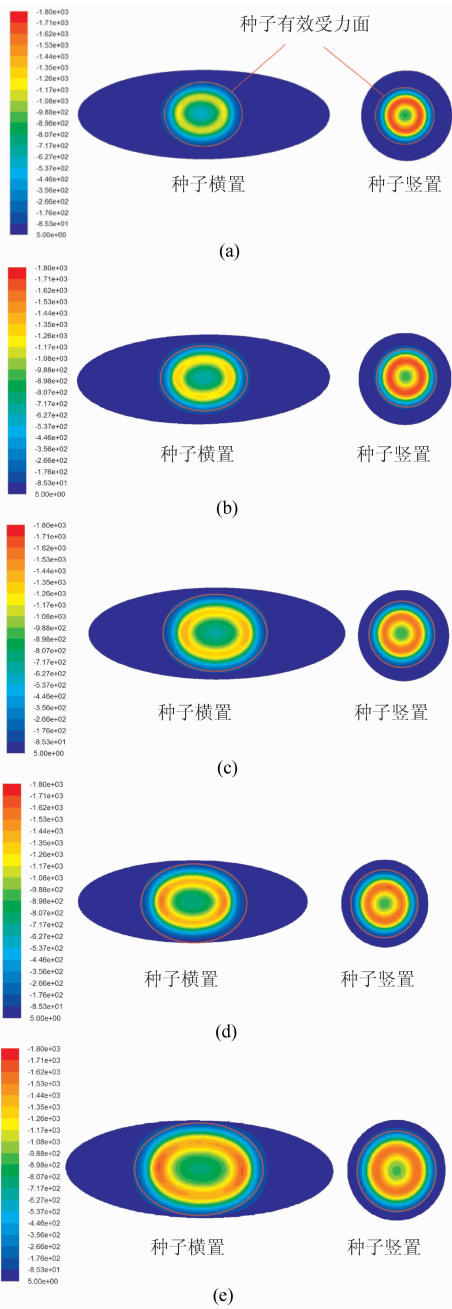


图6 不同孔径时种子有效受力面与静压分布

Fig.6 Seed effective face in different pore size model

(a) 1.50 mm (b) 1.75 mm (c) 2.00 mm
(d) 2.25 mm (e) 2.50 mm

收种子量的均匀性系数在 94.7% ~ 95.8% 之间, 所有秧盘内取样品落入种子粒数的总体均匀系数为 94.9%。可见, 2BZQZ-300 型气吸式水稻育秧整盘播种机育秧播种时种子在秧盘内分布均匀的, 这主要是各吸孔间气流相互影响较小、气室内吸孔上方负压区相对压力均匀为其播种均匀奠定了基础。

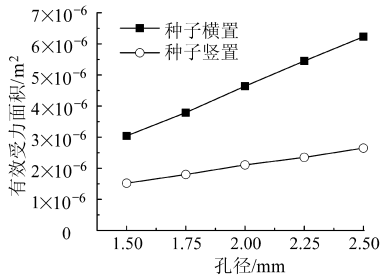


图7 种子吸附位置不同时种子表面有效受力面积随孔径的变化曲线

Fig.7 Curves of effective stress area of seed surface on different adsorption location changes with nozzle diameter

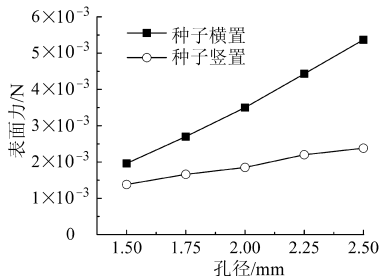


图8 种子吸附位置不同时种子表面受力随孔径的变化曲线

Fig.8 Curves of seed surface forces on different adsorption location changes with different nozzle diameter



图9 试验现场

Fig.9 Testing site

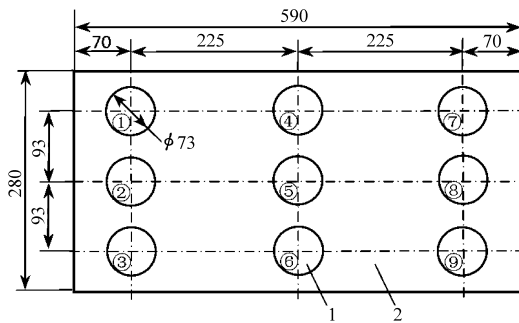


图10 取样器在秧盘内布置示意图

Fig.10 Sketch of samplers arranged in seeding tray

1. 采样器 2. 秧盘

表1 秧盘内取样器落入种子粒数

Tab.1 Number of seed planted in each sampler

取样器 编号	秧盘编号						
	1	2	3	4	5	...	20
1	80	75	81	75	81	...	79
2	75	80	80	80	73	...	80
3	80	78	74	73	80	...	73
4	82	81	74	81	74	...	81
5	73	79	81	80	73	...	71
6	74	75	79	81	75	...	74
7	81	71	74	75	79	...	73
8	74	71	73	75	81	...	80
9	73	72	73	81	72	...	72

表2 播种均匀性指标计算结果

Tab.2 Result of seeding uniformity index

参数	秧盘编号						
	1	2	3	4	5	...	20
盘平均值/粒	76.9	75.8	76.6	77.9	76.4	...	75.8
盘标准差/粒	3.8	3.9	3.6	3.3	3.7	...	4.0
盘变异系数/%	4.9	5.1	4.7	4.2	4.9	...	5.3
盘播种均匀系数/%	95.1	94.9	95.3	95.8	95.1	...	94.7
总平均值/粒	76.5						
总标准差/粒	3.8						
总变异系数/%	5.1						
总播种均匀系数/%	94.9						

5 结论

(1) 2BZQZ-300型气吸式水稻育秧整盘播种机在空载和负载时,其吸孔上、下区域负压区相对压力分布均匀;种子被横向和纵向吸附时,种子表面的气流主要集中于吸孔正下方的种子顶部,种子底部气流速度接近于零,气流对种子推力小,吸孔间气流相互影响较小。

(2) 随着气室吸孔直径增加,无论种子被横向、纵向吸孔吸附,种子表面有效受力面积均基本呈线性增加;种子被横向吸附时,有效受力区域的负压相对压力随孔径增加明显升高,使种子受到的表面力迅速增加;但种子被纵向吸附时,有效受力区域的负压区相对压力随孔径增加变化较小且略有下降,种子受到表面力的增加梯度较小;相同吸孔直径时,种子被横向吸附受到的表面力明显高于纵向吸附的表面力,种子横置比竖置状态更容易被吸附。

(3) 2BZQZ-300型气吸式水稻育秧整盘播种机在额定生产率300盘/h、鼓风机额定工况下工作进行育秧播种时,种子在秧盘内分布均匀,总体播种均匀性系数为94.9%。

参 考 文 献

- 梁宝忠,赵永亮,赵金英,等.水稻直播机设计与试验[J].农业机械学报,2012,43(增刊):63-66.
Liang Baozhong, Zhao Yongliang, Zhao Jinying, et al. Design and test of rice direct seeder[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(Supp.): 63-66. (in Chinese)
- 陈进,周韩,赵湛,等.基于EDEM的振动种盘中水稻种群运动规律研究[J].农业机械学报,2011,42(10):79-83,100.
Chen Jin, Zhou Han, Zhao Zhan, et al. Analysis of rice seeds motion on vibrating plate using EDEM[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 42(10): 79-83, 100. (in Chinese)
- 左彦军,马旭,玉大略,等.水稻芽种窝眼窄缝式气吸滚筒排种器流场模拟与试验[J].农业机械学报,2011,42(2):58-62.
Zuo Yanjun, Ma Xu, Yu Dalue, et al. Flow field numerical simulation of suction cylinder-seeder for rice bud seed with socket slot[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(2): 58-62. (in Chinese)
- Vondricka J, Lammers P S. Measurement of mixture homogeneity in direct injection systems[J]. Transactions of the ASABE, 2009, 52(1): 61-66.
- 周海波,马旭,姚亚利.水稻秧盘育秧播种技术与装备的研究现状及发展趋势[J].农业工程学报,2008,24(4):301-306.
Zhou Haiibo, Ma Xu, Yao Yali. Research advances and prospects in the seeding technology and equipment for tray nursing seedlings of rice[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(4): 301-306. (in Chinese)
- 俞亚新,赵匀,张斌.水稻精密播种器的研究现状及展望[J].农机化研究,2007(9):5-8.
Yu Yaxin, Zhao Yun, Zhang Bin. Review for the research of the rice precision seeder[J]. Journal of Agriculture Mechanization Research, 2007(9): 5-8. (in Chinese)
- 陈进,李耀明,王希强,等.气吸式排种器吸孔气流场的有限元分析[J].农业机械学报,2007,38(9):59-62.
Chen Jin, Li Yaoming, Wang Xiqiang, et al. Finite element analysis for the sucking nozzle air field of air suction seeder[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(9): 59-62. (in Chinese)
- 李耀明,刘彩玲,陈进.水稻育苗播种装置气力吸种部件的研究[J].农业机械学报,1999,30(6):46-50,101.
Li Yaoming, Liu Cailing, Chen Jin. Study on vacuum seed-metering device of rice seedling precision mechanism[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 1999, 30(6): 46-50, 101. (in Chinese)
- 李耀明,赵湛,陈进,等.气吸振动式排种器吸种性能数值模拟与试验[J].农业机械学报,2008,39(10):95-99,104.
Li Yaoming, Zhao Zhan, Chen Jin, et al. Numerical simulation and experiment on the seeds pickup performance of precision air-suction seeder[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(10): 95-99, 104. (in Chinese)
- 刘彩玲,宋建农,王继承,等.吸盘式精密播种装置气力吸种部件流场仿真分析[J].中国农业大学学报,2010,15(1):116-120.

- Liu Cailing, Song Jiannong, Wang Jicheng, et al. Analysis of flow field simulation on vacuum seed-metering components of precision metering device with sucker[J]. Journal of China Agricultural University, 2010, 15(1):116-120. (in Chinese)
- 11 张敏, 吴崇友, 张文毅. 吸盘式水稻育秧播种器吸孔气流场仿真分析[J]. 农业工程学报, 2011, 27(7):162-167, 393. Zhang Min, Wu Chongyou, Zhang Wenyi. Airflow field simulation on suction nozzle of cupule-type disseminator for rice seedling [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2011, 27(7):162-167, 393. (in Chinese)
- 12 Guarella P, Pellerano A, Pascuzzi S. Experimental and theoretical performance of a vacuum seeder nozzle for vegetable seeds[J]. Agricultural Engineering Research, 1996, 64(1):29-36.
- 13 DB33/T 681—2008 机插水稻盘式育秧技术操作规程要求[S]. 2008.
- 14 王永维, 曹林, 王俊, 等. 一种吸嘴式水稻育秧精量自动播种装置: 中国, 201220199829.5[P]. 2012-12-26.
- 15 马礼良, 王俊, 舒伟军, 等. 气吸式水稻工厂化育秧盘播装置: 中国, 200710070632.5[P]. 2008-02-06.
- 16 罗俊涛, 况浩池, 曾正明, 等. 2006~2009年四川省通过审定的水稻品种品质分析与评价[J]. 安徽农业科学, 2011(8):4450-4451.
- 17 Fluent Inc. Fluent user's guide[M]. Fluent Inc., 2003.
- 17 王福军. 计算流体动力学分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- 19 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册: 上册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- 20 罗德强, 江学海, 周维佳, 等. 黔中地区杂交水稻产量及其构成因素的相关与通径分析[J]. 贵州农业科学, 2013, 41(3):16-18. Luo Deqiang, Jiang Xuehai, Zhou Weijia, et al. Correlation and path analysis of yield and yield components of hybrid rice in central part of Guizhou province[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2013, 41(3):16-18. (in Chinese)
- 21 袁志发, 周静芋. 试验设计与分析[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.

Flow Field Simulation and Seeding Experiment on Suction Nozzle of Cupule-type Rice Seeder

Wang Yongwei¹ Cao Lin¹ Wang Jun¹ Cheng Shaoming¹ Wang Jian²

(1. School of Biosystems Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China

2. Wenzhou Municipal Commission of Development and Reform, Wenzhou 325009, China)

Abstract: In order to analyze the influence of flow field distribution of cupule-type rice seeder on seeding performance, a 2BZQZ-300 seeder was investigated with Fluent software. Models of different nozzle diameters were built and both horizontal and vertical seed were considered in seed suction model. Then, planting experiment was conducted to confirm seed uniformity. The results showed that, the static pressure was well-distributed whether above the nozzle or below it, and there was no significant coupling effect of airflow to adjacent nozzles. And when the considered seed was picked up, most airflow appeared at the area between nozzle and seed. The effective stress area of seed surface increased linearly with the increase of nozzle diameter. The negative pressure in the effective stress areas obviously rised with the aperture increasing during horizontal suction, while there were no obvious varieties during vertical suction. Therefore, the seed surface stress in horizontal suction was significantly higher than that of vertical adsorption, which would be helpful for improving the adsorption rate and the stability of seed carrying. The pickup performance was enhanced when diameter of nozzle increased. Because of the coupling effect of seed and airflow, the surface thrust of a horizontal seed was obviously larger than a vertical one, therefore a horizontal seed was much easier to suck up and more stable to carry. As the test showed, seeds were well distributed in trays, and total uniform coefficient reached 94.9%.

Key words: Rice seeder Pickup performance Numerical simulation Planting experiment