

稻麦兼用螺旋槽式排种器的设计与试验

何丽楠¹, 赵明明², 赵天才¹, 郝向泽³, 张绪争¹, 何瑞银^{1*}

(1.南京农业大学工学院/江苏省智能化农业装备重点实验室, 江苏 南京 210031; 2.苏州市相城区黄埭镇综合执法局, 江苏 苏州 215143; 3.苏州市相城区农业局, 江苏 苏州 215100)

摘 要:为满足苏北稻麦轮作区小麦条播、水稻旱穴直播的种植需求,解决外槽轮排种器播种不均匀、稻麦兼用性不良的问题,设计了一种稻麦兼用螺旋槽式排种器。该排种器主要工作部件为手轮、播量调节装置和排种轮,通过旋转手轮推动播量调节装置改变排种轮工作长度,进而控制排种轮槽大小,实现不同播量条件下的稻麦兼用。设计确定了排种器的螺旋角范围、排种轮槽的直径和高度、排种轮直径等关键结构参数,根据苏北地区稻麦种植的播量要求,划分了排种器的工作区段。为获得最佳螺旋角度,选取小麦开展试验,得到排种器最佳螺旋角为 30° ;最佳螺旋角条件下,以转速和工作长度为变量,开展水稻和小麦排种性能试验。结果表明:排种器播种小麦的最佳转速为 34.93 r/min ,最佳工作长度为 1.28 cm ;播种水稻的最佳转速为 35 r/min ,最佳工作长度为 0.6 cm ;构建了小麦排量预测模型,该模型决定系数 R^2 为 0.987 。对排种器播种宁麦13、苏麦11和水稻南粳46、苏秀867适用性进行验证,结果播种小麦的破碎率分别为 0.24% 和 0.27% ,变异系数分别为 1.71% 和 1.66% ,排种量与预测值间的偏差分别为 7.14% 和 7.78% ;播种水稻的合格指数分别为 92.40% 和 91.73% ,漏播指数分别为 3.73% 和 4.26% ,重播指数分别为 3.87% 和 4.01% ,变异系数分别为 3.11% 和 3.84% 。排种器对稻麦品种的适用性良好。

关 键 词:螺旋槽式排种器;小麦条播;水稻旱穴直播;转速;工作长度

中图分类号: S223.2⁺5 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2019)06-0657-07

Design and experimental of the spiral trough seed metering for rice and wheat

HE Li'nan¹, ZHAO Mingming², ZHAO Tiancai¹, HAO Xiangze³, ZHANG Xuzheng¹, HE Ruiyin^{1*}

(1.College of Engineering/Jiangsu Key Laboratory for Intelligent Agricultural Equipment, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210031, China; 2.Suzhou Xiangcheng District Huangdai Town Comprehensive Enforcement Bureau, Suzhou, Jiangsu 215143, China; 3.Suzhou Xiangcheng District Agricultural Bureau, Suzhou, Jiangsu 215100, China)

Abstract: In order to meet the planting needs of wheat drill and direct seeding in the dry hole of rice in the rice and wheat rotation area of northern Jiangsu province, and to solve the problems of uneven sowing and poor utilization of both rice and wheat for the outer groove seed metering, a spiral trough seed metering was designed for both rice and wheat. The main working parts of the seed metering are the handwheel, the sowing quantity regulating mechanism and the seed metering wheel. By rotating the handwheel, the sowing quantity regulating mechanism is pushed to change the working length of the seed metering wheel, and then the size of the seed metering wheel groove is controlled to realize the dual use of rice and wheat under different sowing quantity conditions. The key structural parameters such as the spiral angle range, the diameter and height of the seed row groove and the diameter of the seed row wheel were determined. Wheat was selected as experiment to obtain the optimal helical angle of seed metering, which is determined as 30° . Under the optimum helical angle, rice and wheat seeding performance tests were carried out with the rotation speed and the working length as variables. The results showed that the optimum speed of sowing wheat was 34.93 r/min , and the optimum working length was 1.28 cm . The optimal speed of sowing rice was 35 r/min , and the optimal working length was 0.6 cm . A wheat displacement prediction model was constructed, with a determination coefficient R^2 of 0.987 . The applicability of the planter was verified for the sowing wheat of Ningmai 13, Sumai 11 and rice of Nanjing 46 and Suxiu 867. The

results showed that the fragmentation rate of sowing wheat was 0.24% and 0.27%, the coefficient of variation was 1.71% and 1.66%, and the deviation between the sowing quantity and the predicted value was 7.14% and 7.78%, respectively. The eligible indexes of sowing rice were 92.40% and 91.73%, the unsown indexes were 3.73% and 4.26%, the replay indexes were 3.87% and 4.01%, and the coefficient of variation was 3.11% and 3.84%, respectively.

Keywords: spiral trough seed metering; wheat stripping; rice dry hole direct seeding; rotating speed; working length

苏北稻麦轮作区种植方式以小麦条播、水稻旱穴直播为主^[1-2]。水稻旱穴直播省略育秧和移栽工序,节省了秧田,降低了劳动力成本,播种后稻株根系发达,无损伤,密度均匀,通风透光较好,有利于水稻的生长发育^[3-4]。苏北稻麦轮作区多采用改装后的小麦条播机配备普通外槽轮式排种器完成稻麦播种作业,稻麦通用性较差,难以满足水稻旱穴直播的穴粒数要求^[2]。外槽轮式排种器,结构简单,通用性较好,但存在伤种率高、排种均匀性较差的问题,而螺旋槽式排种器能有效减少排种脉动现象,提高播种均匀性^[5]。王永梅等^[5]设计了一款螺旋槽轮式排种器,将 2 个不同螺旋角的螺旋槽轮和直槽轮进行了比较,认为槽轮的螺旋角度和转速对排种性能有影响,室内验证试验结果也表明,该螺旋槽轮式排种器能达到小麦精量播种要求。苟文等^[6]设计了一款螺旋槽轮式排种器,探究螺旋槽轮工作长度和直径对排种均匀性的影响,选定了最佳槽轮工作长度和直径。田立权等^[7]设计了一款用于水稻穴直播机的螺旋槽轮式排种器,应用 Matlab 软件对排种过程中螺旋槽内水稻芽种的运动轨迹进行研究,并开展室内试验,验证排种器的排种性

能,得到最佳螺旋升角、螺旋槽长度及工作转速,证明该排种器能满足水稻精量直播的作业要求。刘春波等^[8]设计了一种用于水稻旱直播的螺旋槽轮排种器,分别验证了螺旋角度、排种轴转速和开度对排种均匀性的影响,结果证明,排种轮转速、螺旋槽轮开度与播种量之间均存在显著的线性相关关系,说明通过调节螺旋槽轮开度和排种轴转速能调节播种量。以上这些研究分别只针对小麦或水稻,且排种器的工作长度无法灵活调节。有鉴于此,笔者尝试设计一种用于小麦条播和水稻旱穴直播的稻麦兼用螺旋槽式排种器,探究排种轮螺旋角角度、排种轴转速和工作长度对排种性能的影响,以期提高稻麦播种的作业效率和作业质量。

1 稻麦兼用螺旋槽式排种器的结构及工作原理

稻麦兼用螺旋槽式排种器以原有直槽轮排种器为基础,主要对排种轮和播量调节装置进行优化改进,排种器总体结构如图 1-a 所示,主要包括外壳、金属垫片、手轮、播量调节装置、弹簧、排种轮、主轴、毛刷、护种装置等。

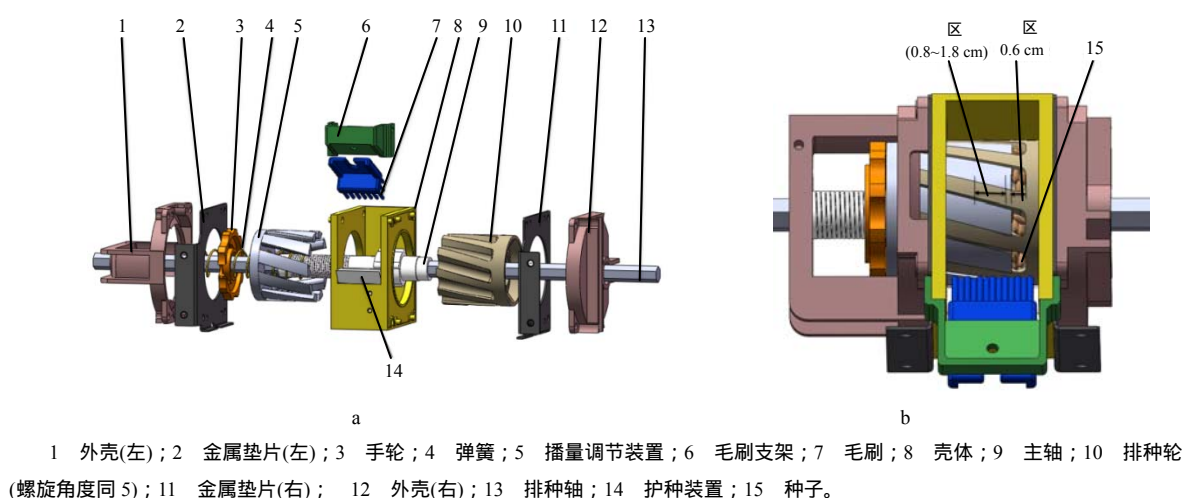


图 1 稻麦兼用螺旋槽式排种器的结构

Fig.1 The structure of spiral-groove seed metering for rice and wheat

排种器装配后如图 1-b 所示。排种轮上间隔均匀排布排种槽,在播量调节装置与排种轮之间安装弹簧,弹簧与手轮共同确定播量调节装置的位置。播种前旋转手轮推动播量调节装置,改变其末端至排种轮末端的距离。播种水稻时,使播量调节装置末端位于 I 区内;播种小麦时,位于 II 区内。排种器工作时,种子在自身重力和种子间作用力共同作用下进入排种轮,完成充种,电机驱动排种轴带动排种轮和播量调节装置转动,使轮槽内种子随排种轮转动至清种区,毛刷清理槽外多余种子,轮槽内种子经护种装置进入投种区,完成播种作业。

2 排种器主要参数的确定

为实现稻麦兼用,对排种轮的螺旋角角度范围、排种轮槽直径和高度、排种轮直径等关键参数进行确定,根据稻麦种植的农艺要求,划分播种水稻和小麦的排种区域。

2.1 螺旋角角度范围

螺旋槽轮排种过程中,排种轮在排种轴带动下旋转,充入型孔的稻种或麦种运动状况可分解为沿排种轮的径向旋转运动和平行于排种轴的轴向直线运动,如图 2 所示。螺旋槽轮绕轴线转动时,设种子质心位于 N 点,平行于螺旋线方向的相对速度 v_r 和垂直于轴线方向的牵连速度 v_e ,在理想状态下,可合成绝对速度 v' ,但由于种子与槽轮间存在摩擦,实际绝对速度 v 是理论绝对速度 v' 与因摩擦产生的速度 v_f 二者矢量和,偏离理论速度角度为 θ ,将实际绝对速度分解为轴向速度 v_z 和周向速度 v_t 。

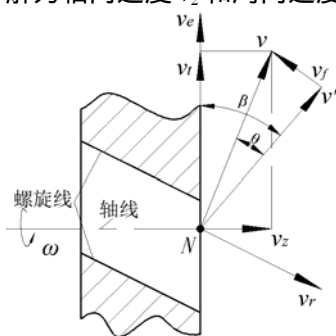


图 2 质点速度

Fig.2 Velocity diagram of particle

$$\begin{cases} \vec{v} = \vec{v}_f + \vec{v}' = \vec{v}_z + \vec{v}_t \\ \vec{v}' = \vec{v}_e + \vec{v}_r \end{cases} \quad (1)$$

由运动学理论可解得:

$$\begin{cases} v_t = \frac{2\pi n \cos \beta}{60 \cos \theta} \cos(\beta - \theta) \\ v_z = \frac{2\pi n \cos \beta}{60 \cos \theta} \sin(\beta - \theta) \end{cases}$$

使用 Matlab 绘制轴向速度 v_z 和周向速度 v_t 随螺旋角变化的曲线,如图 3 所示。

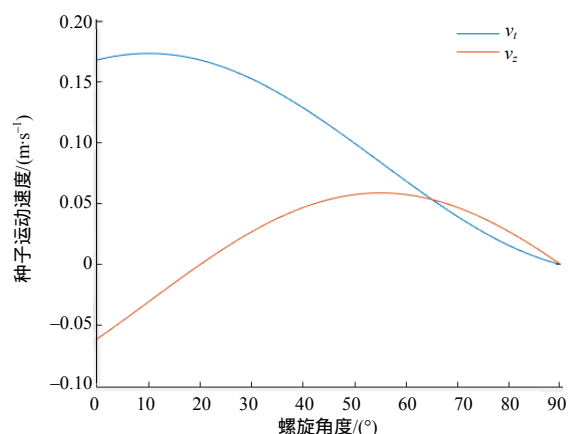


图 3 v_z 和 v_t 变化曲线

Fig.3 Curves of v_z and v_t dependent on the spiral angle

当排种器作业时,为保证排种充分,应使种子质点有较大的周向速度,以便种子顺利抛出,因此当周向速度 v_t 较大、轴向速度 v_z 较小时,排种器的排种性能较好^[8-9],根据图 3, v_t 与 v_z 曲线交点处对应螺旋角度约为 62.4° ,当螺旋角度小于 62.4° 时,周向速度 v_t 大于轴向速度 v_z ,此时种子在排出口易于排出;当螺旋角度大于 62.4° 小于 90° 时,轴向速度 v_z 大于周向速度 v_t ,此时排种口处种子易跟随排种轮继续转动,不利于种子排出。为方便排种器制造,此处取螺旋角 β 为 $0^\circ \sim 60^\circ$ 。

2.2 排种轮关键参数

排种轮槽截面形状影响充种和排种性能^[9-10]。徐浩等^[9]研究表明,钩勺形轮槽截面排种性能较好,因此选用钩勺形轮槽截面,该截面类型排种轮槽主要参数为轮槽直径和轮槽深度。罗锡文等^[10]、刘艳芬等^[11]研究表明,若每穴稻种为 3~8 粒,则稻种将多以“平躺”状态进入排种轮槽,因此轮槽的直径由稻种的最大长度确定,为稻种最大长度的 1.1 倍;轮槽深度影响排种轮的排种均匀性,由稻种厚度决定,应为待试验稻种平均厚度的 3 倍。选取苏北地区种植面积较大的水稻和小麦品种各 3 个,每个品种随机取 100 粒种子,测量外形尺寸,结果(表 1)表明,水稻种子的自然休止角大于小麦种子的,而

自然休止角越大,则流动性越差,越不利于充种^[12]; 可得轮槽直径为 9 mm, 轮槽深度为 8 mm。因此取最大长度为 7.94 mm, 平均厚度为 2.24 mm,

表 1 水稻和小麦种子的基本参数

Table 1 Parameters of the rice and wheat seeds

作物	品种	平均长度/ mm	平均宽度/ mm	平均厚度/mm	最大长度/mm	最大宽度/mm	最大厚度/mm	自然休止角/(°)
水稻	华粳 5	7.03	3.32	2.31	7.48	3.42	2.46	35.76
	南粳 46	6.79	3.10	2.15	7.14	3.36	2.33	32.18
	苏秀 867	7.41	3.25	2.27	7.94	3.73	2.44	34.45
小麦	淮麦 22	6.36	3.19	3.03	6.74	3.58	3.87	28.26
	苏麦 11	6.38	3.31	3.01	6.78	3.51	3.36	27.37
	宁麦 13	6.23	3.41	3.08	6.82	3.84	3.51	27.51

播种小麦时,要求排种轮槽最小深度要大于种子自身高度的一半^[13-14],且排种轮槽直径一般为 2~9 mm^[15-16]。结合水稻播种区段结构尺寸,为降低制造成本,设计播种小麦区段的截面结构尺寸与水稻区段一致。

排种轮直径和槽数是影响排种质量的重要因素^[13-14]。若排种轮直径过大,则排量一定时,转速就会变小,送种脉动性增加,充种时间过长;若排种轮直径过小,则相应转速增大,缩短充种时间,增大伤种率,根据播种量要求和相关经验,设计槽轮直径为 80 mm。为使排种均匀,播种小粒种子时槽数宜多,但槽数同时受排种轮直径和槽间距限制,综合考虑,取槽数为 10。

2.3 工作区段划分

苏北地区小麦播量为 18~30 g/m², 机具作业速度为 3~5 km/h, 将所设计的排种器安装在 12 行播种机上,有效幅宽 2.3 m, 因此,播种时单个排种器的播种流量 $q(t)$ 可以表示为:

$$q(t)=3.19Q(t)V(t) \quad (2)$$

式中: $q(t)$ 为单个排种器播种流量(g/min); $Q(t)$ 为单位面积的播种量(g/m²); $V(t)$ 为机具作业速度(km/h);

由此单个排种器播种小麦的流量为 172.5~479.2 g/min。

依据文献[17],将所设计的排种器基本参数整理带入,可得排种器的有效工作长度 L 。

$$L=\frac{6q(t)}{25\pi\psi} \quad (3)$$

式中: $q(t)$ 为单个排种器播种流量(g/min); ψ 为排种轴转速(r/min)。

由式(3)可得小麦最小有效工作长度为 0.79 cm, 最大为 1.73 cm, 圆整后取 0.80 和 1.80 cm, 确定排种轮播种小麦的工作长度为 0.80~1.80 cm。

对于水稻穴直播,若每穴至少 3 粒,且种子同时以“平躺”方式充入排种轮槽内,由排种槽设计参数可知,充种时,存在每层容纳 1 粒、共充种 3 层的极端情况,因此,设定播种水稻时最短工作长度为水稻的最大宽度,为便于充种排种,结合表 1 数据,取为 0.4 cm。

另外,播种水稻时,排种轮工作长度 l 应满足 $1.2l_{\max} < l < 1.8l_{\max}$ ^[17]。

为避免重播,取播种水稻的最大长度为 1.0 cm, 播种水稻区域的排种轮工作长度为 0.4~1.0 cm。

外槽轮排种器播种小麦时,槽轮工作长度应为 3.0~4.2 cm^[12]。综上,取排种器最大工作长度为 3.0 cm。

3 排种器排种性能的试验验证

以小麦淮麦 22 和水稻华粳 5 干种为试验材料,淮麦 22 千粒质量为 47.12 g, 含水率为 15.93%, 华粳 5 千粒质量为 29.86 g, 含水率为 16.42%。在南京农业大学工学院农机实验室的铺砂式排种器性能检测台进行试验。排种器采用 3D 打印,材料为 ABS。

小麦和水稻试验分别参照 GB/T 9478—2005^[18] 和 GB/T 6973—2005^[19] 进行试验设计。小麦以排量、变异系数和破碎率为评价指标,水稻以穴粒数合格指数、漏播指数、重播指数和穴粒数变异系数为试验指标。小麦试验时,收集排种器稳定工作 1 min 内的排量,每组重复 3 次,取平均值,并计算变异系数,记录破碎率。水稻试验时,取排种器稳定工作时连续排出的 250 穴稻种的每穴粒数^[20],以每穴

3~8 粒记为合格，每穴少于 3 粒记为漏播，每穴多于 8 粒记为重播。

3.1 排种器的最佳螺旋角角度

为确定排种器较优的螺旋角角度，以淮麦 22 为材料，参照苏北地区小麦播量要求，设置目标播量为 225 kg/hm²。在螺旋角角度理论设计范围内，随机选取 0、10、30、50° 4 个水平，根据试验台架实际作业条件，设置转速为 25、30、35、40 r/min 4 个水平。调整螺旋槽工作长度为 1.0 cm，进行试验，测定小麦种子的破碎率，结果列于表 2。

表 2 排种器不同螺旋角角度播种小麦的破碎率
Table 2 Experiments on the properties of sowing wheat with different helical angles

螺旋角 角度/(°)	转速/ (r·min ⁻¹)	排量/ (g·min ⁻¹)	变异系数/%	破碎率/%
0	25	189.67	3.32	0.26
	30	224.39	4.95	0.28
	35	266.75	4.11	0.37
	40	295.48	5.67	0.41
10	25	182.69	2.31	0.24
	30	221.30	2.67	0.27
	35	250.90	3.03	0.31
	40	279.03	4.41	0.36
30	25	188.37	2.39	0.22
	30	223.29	2.24	0.25
	35	259.58	1.78	0.19
	40	285.81	1.90	0.32
50	25	188.60	1.96	0.23
	30	225.19	2.31	0.36
	35	264.58	1.87	0.32
	40	298.22	3.30	0.35

由表 2 可知，当螺旋角角度一定时，转速越大，淮麦 22 的平均排量逐渐增大，变异系数和破碎率整体为先减小后增大趋势。同一转速下，螺旋角角度为 10°时，排量最小，螺旋角角度为 30°时变异系数和破碎率最低。当螺旋角角度为 0°时，变异系数和破碎率分别达 5.67%和 0.41%，因为 0°槽轮存在脉动性，导致排种不均匀，破碎率较大；当螺旋角角度为 50°时，种子破碎率最大，可达 0.36%；与 30°相比，当螺旋角角度为 10°时，排种器变异系数最大，可达 5.12%，破碎率为 0.36%，与同转速条件下的 30°相比，分别增加 19.20%和 12.5%。综合可知，当螺旋角角度为 30°时，排种器播种小麦的

破碎率为 0.19%，排种器的排种性能较好，变异系数为 1.78，排种均匀性较好。

3.2 转速和工作长度对排种性能的影响

为验证排种器播种小麦和水稻的作业效果，在确定较优螺旋角条件下，以工作转速和工作长度为变量开展试验。根据播种小麦和水稻的排种轮工作长度，设置小麦试验的排种轮工作长度为 1.0、1.2、1.4、1.6 cm，水稻的为 0.4、0.6、0.8、1.0 cm，选取排种轴转速为 25、30、35、40 r/min，在 30°螺旋角角度下，测定破碎率。

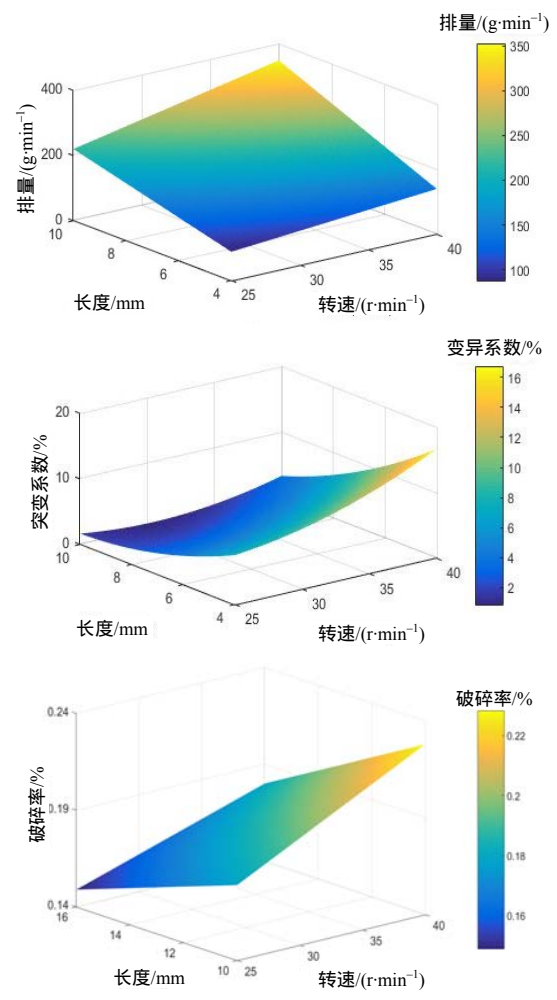


图 4 不同螺旋槽工作长度与转速的小麦排种性能
Fig.4 Spiral groove on wheat seeding under different working length and the rotating speed

由图 4 可知，随着工作长度和转速的增加，排量逐渐增大，当长度为 0.4 cm、转速为 25 r/min 时，排量为 100 g/min，最小；当长度为 10，转速为 40 r/min 时，排量约为 350 g/min；因此，播种小麦的排量为 100~350 g/min。变异系数随着工作长度和转

速的增加而逐渐增大,其中长度趋近于 10 mm、转速为 25 r/min 时,变异系数趋于 0;当长度为 4 mm、转速为 40 r/min 时,变异系数趋于 20%;因此,排种器播种小麦的变异系数范围为 0~20%。破碎率随着转速的增大逐渐增大,当长度为 16 mm、转速为 25 r/min 时破碎率最低,约为 0.14%;当长度为 10 mm、转速为 40 r/min 时破碎率最大,为 0.24%;因此,破碎率范围为 0.14%~0.24%。使用 Matlab 软件分析可得,当转速为 34.93 r/min、工作长度为 1.28 cm 时,变异系数最小,此时排种器作业性能最佳。

以工作长度和转速为变量,通过 Matlab 对小麦的排量进行回归拟合,得到方程(4),决定系数 R^2 为 0.987,说明该回归模型显著,能较好地模拟试验结果。

$$q_1 = 0.88xl - 28.606 \quad (4)$$

式中: q_1 为小麦排量(g/min); x 为排种轴转速(r/min); l 为排种轮工作长度(mm)。

在螺旋角角度为 30°时,使用华粳 5 进行水稻试验,对水稻的排种性能试验结果列于表 3。

表 3 不同工作长度和转速的水稻排种性能

Table 3 Analysis of rice planting performance test results under different working length and rotating speed

工作长度/cm	转速/(r·min ⁻¹)	合格指数/%	漏播指数/%	重播指数/%	穴粒数变异系数/%
0.4	25	89.86	7.74	2.40	5.87
	30	91.18	5.65	3.17	5.46
	35	92.25	3.91	3.84	2.44
	40	87.14	7.73	5.13	2.86
0.6	25	89.92	4.29	5.79	4.30
	30	92.69	3.33	3.98	3.66
	35	94.41	2.02	3.57	1.58
	40	93.23	3.16	3.61	2.31
0.8	25	80.31	4.35	15.34	4.38
	30	84.44	4.90	10.66	2.30
	35	83.46	6.92	9.62	1.86
	40	79.97	7.24	12.79	2.78
1.0	25	79.75	6.94	13.31	1.77
	30	82.87	7.26	9.95	4.40
	35	80.12	7.64	12.24	3.06
	40	81.53	8.29	10.18	3.08

由表 3 可知,当转速一定时,工作长度越大,排种器重播指数逐渐增大,当工作长度大于 0.6 cm 时,排种器的重播指数最小,为 9.62%,合格指数最大,为 84.44%;当工作长度为 0.4 cm 时,漏播指数增大,最大可达 7.74%,且变异系数最大,导

致排种性能较差。结合苏北地区水稻旱穴直播实际要求,排种器应在保证变异系数的同时,尽量提高合格指数,降低漏播指数和重播指数。综合分析发现,当排种器的工作长度为 0.6 cm、转速为 35 r/min 时,排种器播种水稻的合格指数为 94.41%,漏播指数为 2.02%,重播指数为 3.57%,穴粒数变异系数为 1.58%,排种器作业效果较佳;因此,确定排种器播种水稻的区域为排种轮工作长度 0.6 cm。

3.3 排种器对小麦品种的适应性

为考察排种器对小麦的品种适应性,并验证排量预测模型的准确性,使用宁麦 13 和苏麦 11 进行验证试验。经测定,宁麦 13 和苏麦 11 的千粒质量分别为 47.53 g 和 48.71 g,含水率分别为 16.09%和 17.27%。使用螺旋角角度为 30°的排种器,参照小麦排种试验模型预测最佳结果,设置转速为 34.93 r/min,排种轮工作长度为 1.28 cm。试验结果表明,排种器播种宁麦 13 和苏麦 11 的破碎率分别为 0.24%和 0.27%,均低于 0.3%^[21],变异系数分别为 1.71%和 1.66%,低于 1.8%^[22],排种量与预测值间的偏差分别为 7.14%和 7.78%,可满足排种器的性能要求,说明螺旋角角度为 30°的排种器对小麦品种有较好适应性。

3.4 对水稻品种的适应性

使用水稻南粳 46 和苏秀 867 进行水稻品种的播种适应性验证试验。南粳 46 和苏秀 867 千粒质量分别为 30.19 g 和 31.63 g,含水率分别为 16.76%和 17.80%,选用螺旋角角度为 30°的排种器,设置排种轴转速为 35 r/min,排种轮工作长度为 0.6 cm。

排种器播种南粳 46 和苏秀 867 的合格指数分别为 92.40%和 91.73%,漏播指数分别为 3.73%和 4.26%,重播指数分别为 3.87%和 4.01%,变异系数分别为 3.11%和 3.84%,满足水稻旱穴直播的播种要求,与播种华粳 5 的结果相近,说明排种器的品种适应性良好。

4 结论与讨论

设计的稻麦兼用螺旋槽式排种器,确定了排种轮螺旋角角度范围为 0°~60°。当排种器的螺旋角角度为 30°时,排种器播种小麦的破碎率低于 0.32%,变异系数低于 2.39%,排种均匀性较好;在排种器

的螺旋角为 30° ,转速为 35 r/min、工作长度为 0.6 cm 时,排种器播种水稻的合格指数为 94.41%,漏播指数为 2.02%,重播指数为 3.57%,穴粒数变异系数为 1.58%,满足水稻旱穴直播作业要求,且综合排种效果较好。

不同转速和工作长度对排种性能影响的试验证明,随着转速和工作长度的增加,排种器播种小麦的排量、变异系数和破碎率逐渐增大。以排种轮工作长度和转速为变量,构建了小麦的排量回归预测模型,决定系数 R^2 为 0.987,能较好地模拟试验结果。当转速为 34.93 r/min、工作长度为 1.28 cm 时,排种器作业性能最佳。

最佳工作参数组合下,排种器播种宁麦 13 和苏麦 11 的破碎率分别为 0.24%和 0.27%,均低于 0.3%,变异系数分别为 1.71%和 1.66%,低于 1.8%,排种量与预测值间的偏差分别为 7.14%和 7.78%。播种南粳 46 和苏秀 867 的合格指数分别为 92.40%和 91.73%,漏播指数分别为 3.73%和 4.26%,重播指数分别为 3.87%和 4.01%,变异系数分别为 3.11%和 3.84%,说明排种器对不同的稻麦品种的适应性良好。

稻麦兼用螺旋槽式排种器可满足苏北稻麦轮作区小麦条播和水稻旱穴直播的播种需求,播种均匀、破碎率较低、稻麦通用性较好,但使用的稻麦种子均是干种,而对于不同状态的种子如出芽、破胸露白种子的排种适应性以及不同田间环境条件的适应性则有待进一步试验验证。

参考文献:

- [1] 魏永霞,侯景翔,吴昱,等.不同水分管理旱直播水稻生长生理与节水效应[J].农业机械学报,2018,49(8): 253-264.
- [2] 张明华.水稻机械旱直播技术研究现状及发展[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,2011:5.
- [3] 曾山,黄忠林,王在满,等.不同密度对精量穴直播水稻产量的影响[J].华中农业大学学报,2014,33(3): 12-18.
- [4] 程建平,罗锡文,樊启洲,等.不同种植方式对水稻生育特性和产量的影响[J].华中农业大学学报,2010,29(1):1-5.
- [5] 王永梅,杨宛章,王希贵.螺旋槽轮式排种器的研究[J].新疆农业大学学报,2006(1):67-70.
- [6] 苟文.基于保护性耕作下 2BSF-4-5A 型小麦免耕播种机的设计[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,2011:4.
- [7] 田立权,王金武,唐汉,等.螺旋槽式水稻穴直播排种器设计与性能试验[J].农业机械学报,2016,47(5): 46-51.
- [8] 刘春波,臧英,罗锡文,等.水稻直播机螺旋槽轮排种器设计与试验[J].沈阳农业大学学报,2016,47(6): 734-739.
- [9] 徐浩,陶栋材,陶韵晖.水稻芽种直播槽轮排种器排种仿真与试验[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2018,44(2):222-224.
- [10] 罗锡文,刘涛,蒋恩臣,等.水稻精量穴直播排种轮的设计与试验[J].农业工程学报,2007,23(3):108-112.
- [11] 刘艳芬,林静,李宝筏,等.玉米播种机水平圆盘排种器型孔设计与试验[J].农业工程学报,2017,33(8): 37-46.
- [12] 周祖锴.农业物料学[M].北京:农业出版社,1994: 105-109.
- [13] 翟萌萌.基于 EDEM 的小麦宽幅精量播种装置优化设计与试验[D].泰安:山东农业大学,2018.
- [14] 中国农业机械化科学研究院.农业机械设计手册:上册[K].北京:中国农业科学技术出版社,2007:329-330.
- [15] 余洪锋,丁永前,谭星祥,等.施肥机施肥性能检测装置的设计与试验[J].南京农业大学学报,2016,39(3): 511-517.
- [16] 赵天才,余洪锋,郝向泽,等.基于 PID 算法的水稻直播机播量控制系统的设计与试验[J].华南农业大学学报,2019,40(2):118-125.
- [17] 李兆东,王晴晴,张亚兰,等.倾斜抛物线型孔轮式小麦供种装置设计与试验[J].农业机械学报,2018,49(5): 116-124.
- [18] GB/T 9478—2005 谷物条播机 试验方法[S].
- [19] GB/T 6973—2005 单粒(精密)播种机试验方法[S].
- [20] 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): 11-19.

责任编辑: 罗慧敏

英文编辑: 吴志立