

电磁振动组合式毯状秧苗播种装置的设计与试验

郑丁科, 李志伟, 区颖刚

(华南农业大学 工程学院, 广东 广州 510642)

摘要:从理论方面探讨了精密播种对机插质量的影响,采用外槽轮的播种原理和电磁振动相结合的排种理论,设计出一种新的毯状秧苗精密播种装置.试验结果表明:采用电磁振动式播种装置进行排种的合格率和均匀度比外槽轮式播种装置的高,排种稳定性好.以每平方厘米 2~4 粒为合格时,其合格率可达 92.8% 以上,能够满足水稻毯状秧苗精量播种的农艺要求,为提高机插质量打下基础.

关键词:水稻; 毯状秧苗; 播种装置; 电磁振动

中图分类号:S223.2.5

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2004)01-0103-04

Design and test on mechanism of electromagnetic vibrating type rice seeder for flat seedling

ZHENG Ding-ke, LI Zhi-wei, OU Ying-gang

(College of Engineering, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: This paper discusses the seeding measure effect on machine mechanical transplant in theory, and according to the seeding principle of feed roller and electromagnetic vibrating theory, a new device of flat seedling metering was designed. This test result indicated, compared with roller, this mechanism had better eligible ratio, uniformity and stability of seeding. If every square centimeter need 2~4 grains, the eligible ratio was 92.8%, and the average grain was 2.49. It could satisfy agriculture requirement of rice seeding for flat seedling, providing scientific basis and technical guidance for mechanical transplant.

Key words: rice; flat seedling; seeding device; electromagnetic vibration

目前,插秧仍然是我国水稻移栽的主要方法^[1].随着插秧机械化的发展,提高毯状秧苗的播种精度有着重要的意义.常规的毯状秧苗播种基本上采用外槽轮式排种器,该方法虽然结构简单,可靠性高,但精度不够高,直接影响了机插的均匀度^[2].因此,笔者在分析播种精度对机插质量的影响以及常规外槽轮排种器对播种均匀度影响的基础上,设计出一套采用外槽轮定量排种与电磁振动精密排种相结合的组合式毯状秧苗精密播种装置并进行了试验.

1 理论分析

1.1 播种精度对插秧均匀度的影响

毯状秧主要是为配合插秧机用秧而育的秧,因

此,秧苗的疏密程度应与插秧爪取秧的规格相适应.目前,广泛使用的高速插秧机采用的是规格化带土秧苗——毯状秧苗,采用分置式插秧,它具有横向和纵向送秧机构,通过调节横向传送调节手柄和纵向取苗量手柄来确定插秧爪所取出的每穴株数^[3].穴株数均匀与否,除受机械性能决定之外,更主要是受毯状秧苗的均匀度和秧苗质量的影响.因此,要保证毯状秧苗的机插质量,首先要提高播种均匀度.

1.2 外槽轮排种器的排种特点

目前,用于水稻毯状秧苗精密播种的排种器主要是上排式外槽轮排种器.农艺上要求稻种需先破胸露白,这样,水稻芽种含水率高,表面水较多,相互之间具有一定的粘聚力且与接触物表面之间具有粘

附力,容易粘附播种轮,使种子在槽轮上从不同角度下落,甚至有的不能脱离槽轮,播种均匀度受到大大的影响.李志伟等^[4]采用拌土粉处理破胸露白后的种子,可以基本上解决种子粘附槽轮的问题,但外槽轮的排种是靠上方的凹槽装盛种子,而没有凹槽的部分则不能装盛种子,因而形成间或式排种,这同样影响了播种均匀度.另外,单一采用外槽轮排种时,种子从槽轮上下落到育秧盘的高度过高,种子下落后容易弹跳,也影响了播种均匀度.

1.3 电磁振动组合式排种方案的提出

振动可以大大减小物料的内摩擦系数和增加物料的流动性.当成堆的物料落入振动盘时,利用振动和物料的自重可以使成堆的物料向四周散开,在振动输送过程中,由于物料之间的互相挤逼而形成均匀的物料层流.通过控制平面沿一定方向振动可实现物料沿某一方向作滑行运动或抛掷运动.但是电磁振动排种机构本身无法从供种箱中较好地分离出种子并精确控制排种量,故播种量的控制可选用槽轮供种装置调速控量.另外,不同的地区和不同的种子对插秧密度的要求不同,要根据不同插秧密度和不同的种子千粒质量来确定播种量.在一般生产条件下,如果采用行距20~30 cm、穴距8~10 cm时,每穴株数为3~5株^[3],而在低水平条件下时,每穴株数可以是2~6株.因此,为了满足播种量变化和插秧均匀度的要求,采用转速可调的外槽轮排种控量与电磁振动排种相结合,既可以调整排种量,又可以提高种子落入育秧盘时的均匀性,如图1所示.

2 播种装置的设计

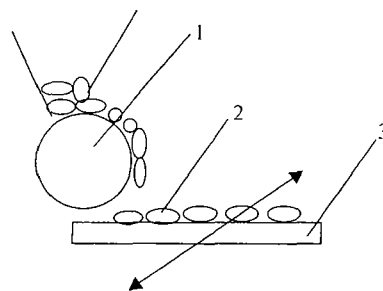
2.1 总体结构设计

电磁振动组合式毯状秧苗播种机由可调速的外槽轮定量供种装置和电磁振动排种装置两部分组成.振动排种平盘的宽度和外槽轮排种的有效长度与育秧平盘的内宽度相同.工作时,由外槽轮连续定量排出的种子落入振动盘,在振动力作用下在向前运动时,由于相互间具有横向挤迫作用均匀地充满整个平面,而不会堆积在振动盘上,然后均匀地落入育秧盘,实现精密排种.

2.2 外槽轮定量供种装置

外槽轮定量供种装置由种箱、调速电机和外槽轮等组成,如图2所示.种箱中的导种板1和导种板2采用交叉结构,可以保证外槽轮与种子接触的高度相对稳定,使外槽轮排出到振动盘上的种量恒定.外槽轮采用上排式的“匙式”横截面直槽外槽轮,通过

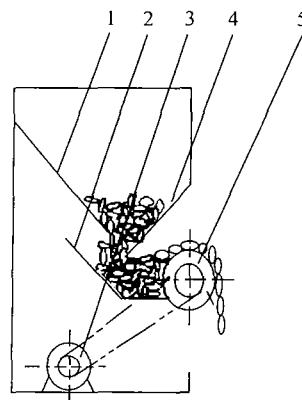
调速电动机调节外槽轮的转速,实现精确控制播种量,并可根据不同稻种、不同穴粒数在线调整^[5].



1. 外槽轮 external groove; 2. 种子 seed; 3. 振动盘 vibrating pan

图1 外槽轮与电磁振动式组合排种示意图

Fig. 1 The seeding scheme of the external groove wheel and electromagnetic vibrating



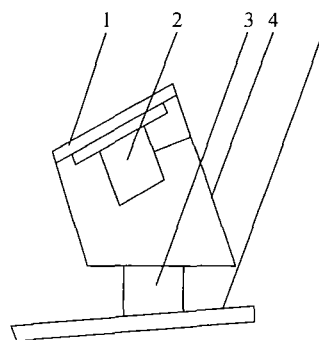
1. 导种板 1 guiding seed plank 1; 2. 导种板 2 guiding seed plank 2; 3. 调速电机 timing electromotor; 4. 导种板 3 guiding seed plank 3; 5. 外槽轮 external groove

图2 外槽轮定量供种装置结构示意图

Fig. 2 The structural scheme of the external groove quantitative seeding device wheel and electromagnetic vibrating

2.3 电磁振动式排种装置

电磁振动式排种装置由龙门架、电磁铁、连接架、弹簧板和振动平盘等组成,如图3所示.



1. 龙门架 vibrating frame; 2. 电磁铁 electromagnet; 3. 连接架 binding mechanism; 4. 弹簧板 spring batten; 5. 振动排种平盘 vibrating seeding pan

图3 电磁振动式排种装置结构示意图

Fig. 3 The structural scheme of electromagnetic seeding device

振动机构采用“反吊”的结构形式,即振动底座在上方,用“龙门架”方式安装底座,振动排种平盘在下方,以降低振动排种平盘与育秧平盘间的高度,避免在排种过程中因种子下落的高度过大而使种子到达育秧穴盘时无序弹跳,降低排种精度。机架和排种平盘之间用弹簧片和加强筋板连接。另外,为了有利于实现种子在振动作用下种子之间相互挤迫而形成均匀的种子流层,振动排种平盘向上倾斜 10° 安装。

2.4 振动的控制方法

为了保证不同排种量播种时振动排种平盘中的种子能够保持均匀的种子流层,种子之间既相互挤迫又不会重叠,需要通过改变排种平盘的有关参数或控制种子在振动排种平盘中向前运动的速度来实现。由于物料在振动排种平盘上的运动与排种平盘本身的结构和种子的物料性质两方面的因素有关^[6],在播种过程中种子本身的物料特性参数和种子与排种盘之间的摩擦阻力基本上都是常数,所以,种子在振动排种盘上的运动速度可以认为是主要与振动频率、振幅、振动方向角和振动排种平盘倾角有关。考虑到播种机在生产过程中振动方向角和排种盘倾角一般不再作调整,这时,对于不同尺寸的稻种或播量、生产率等只可通过调整振动频率、振幅来实现。因此,采用专门研制的电压和频率调控装置可实现振动排种平盘的频率和振幅的控制。

3 播种试验

3.1 试验材料与方法

试验用材料为广东省主要种植的籼稻“中二软粘”的种子,含水率 13.4% (w)时千粒质量为 28.7 g 。种子试验前按农艺要求进行选种、浸种、破胸催芽,芽长小于 1 mm 。破胸催芽后的种子在晾干表面水分至不粘手、含水率约 31% 时(千粒质量为 36 g)混入少量土粉作为试验用材料。本试验采用电磁振动式毯状秧苗播种装置进行,并以外槽轮式播种装置进行对比试验,采用与久保田插秧机配套使用的 $284\text{ mm} \times 580\text{ mm}$ 平底硬塑育秧盘。播种作业生产率为纯工作小时 550 盘。

根据插秧机横向传送调节手柄的横向传送量($18/14/11\text{ mm}$)和取苗量调节手柄的纵向传送量($8 \sim 18\text{ mm}$)可以确定播种量。如果以幼苗(两叶一针)为插秧期,则秧爪取1株秧苗的面积可定为 $11\text{ mm} \times (8 \sim 18)\text{ mm}$ 。穴株数因条件而异,一般为 $3 \sim 5$ 苗。由此可以计算出,播种的粒数约为 $15.2 \sim 56.8$

千粒 $\cdot\text{m}^{-2}$,以实验用种为例计算,则播种量为 $471.2 \sim 1760.8\text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,每盘的播种量为 $77.6 \sim 290\text{ g}$ 。加土粉后的播量范围为每盘 $97.6 \sim 364.9\text{ g}$ 。

将电磁振动组合式毯状秧苗播种装置安装在华南农业大学研制的水稻联合播种机上,通过调节排种轮的转速以达到合适的播量,以电磁振动排种平盘来精密排种。在不同的振动频率和电压组合下进行播种测试。

每组试验播种9盘,播土量为 20 mm ,不进行覆土;在每组的每一盘中按对角线取5个 $90\text{ mm} \times 90\text{ mm}$ 的测量区,每个区取9个 $11\text{ mm} \times 13\text{ mm}$ (取秧爪的取秧规格)的测量点(相当于穴盘的每个穴),测量每个点内的谷粒个数,以此来衡量播种的均匀度,以每测量点内的谷粒数 $3 \sim 5$ 粒为合格,计算每盘的合格测量点数和合格率,以及每组试验每盘的平均穴粒数。

作为对比的外槽轮式播种装置的试验采用同一台水稻联合播种机,只是没有电磁振动式毯状秧苗播种装置,而直接采用定量排种轮(外槽轮式)进行播种,测试方法与电磁振动式播种装置相同。

3.2 结果与分析

电磁振动组合式排种和外槽轮式排种的试验结果如图4、5所示。

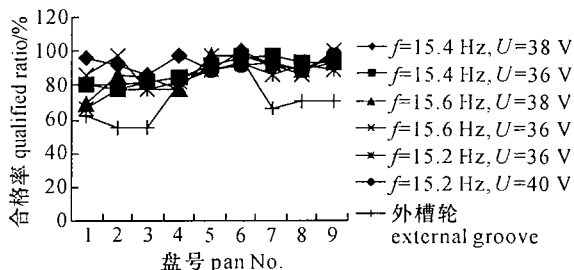


图4 播种合格率分析图

Fig. 4 Analytical graph of seeding qualification rate

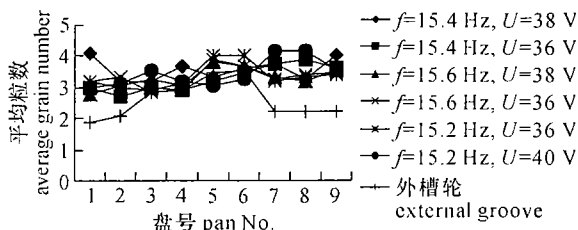


图5 平均粒数分析图

Fig. 5 Analytical graph of average grain number

对形成图5的数据进行方差分析和相关统计量的计算,得到表1的单因素方差分析结果和表2的相关统计量表。将各组试验均值排序,进行组间均值

比较检验,从最大的平均数开始在其下方标记 a 字,并将该平均数与下一个平均数比较,凡相差不显著的都标上相同的字母,直至某一平均数与之相比较差异显著者即标以 b 字,再从第二个开始往下比较,余类推,结果如表 3。

表 1 单因素方差分析结果 ANOVA
Tab. 1 Analytical result of one-way ANOVA

	离差平方和 sum of squares	ν	均方 mean square	F	显著性 sig.
组间 between group	5.199	6	0.866	4.766	0.001
组内 within group	10.181	56	0.182		
总和 total	15.379	62			

表 2 统计量表
Tab. 2 Descriptive statistics

序 号	$f/$ Hz	U/V	平均粒数 average grain number	标准差 standard error	变异系数 variation coef. /%	平均合格率 qualified ratio /%
1	15.4	38	3.561 1	0.355 7	9.988 5	92.8
2	15.4	36	3.277 8	0.423 7	12.926 4	88.4
3	15.6	38	3.302 2	0.329 2	9.969 1	87.7
4	15.6	36	3.330 0	0.326 4	9.801 8	90.4
5	15.2	36	3.355 6	0.404 5	12.054 5	83.7
6	15.2	40	3.448 9	0.452 2	13.111 4	87.4
7	CK ¹⁾		2.600 0	0.619 3	23.819 2	72.1

1) CK 为外槽轮播种装置

表 3 组间均值比较检验结果
Tab. 3 Result of multiple comparisons

$\bar{x}_1$	$\bar{x}_6$	$\bar{x}_5$	$\bar{x}_4$	$\bar{x}_3$	$\bar{x}_2$	$\bar{x}_7$
3.56	3.45	3.36	3.33	3.30	3.23	2.60
a	a	a	a	a	a	b
	a	a	a	a	a	b
		a	a	a	a	b
			a	a	a	b
				a	a	b
					a	b

由表 1 单因素方差分析结果可知, $F = 4.766$, $P = 0.001 < 0.05$, 所以可以否定无效的假设, 说明不同的播种方法对排种均匀度有显著差异。

表 3 组间均值比较检验的结果表明, 采用外槽

轮式播种装置进行试验的均值与采用电磁振动式播种装置进行试验的各组均值相比较均有显著性差异 ($P < 0.05$), 而采用电磁振动式播种装置进行试验的各组均值间的差异并不显著 ($P > 0.05$)。

从图 4、图 5 和表 2 的数据可以看出, 当穴粒数以 3~5 粒为合格时, 如果采用电磁振动式播种装置进行排种, 在不同频率和电压组合下, 每组试验的平均穴粒数在 3.2~3.6 粒, 变异系数都小于 15%, 平均合格率最高可达 92.8%, 能够满足插秧穴株数的农艺要求。而外槽轮式播种装置的平均穴粒数只有 2.6 粒, 变异系数大于 15%, 平均合格率只有 72.1%。

4 结论

(1) 试验表明, 外槽轮式播种与电磁振动式播种 2 种不同的播种方法对排种均匀度有显著差异。采用电磁振动式播种装置进行排种的合格率和均匀度要比外槽轮式播种装置的高, 排种稳定性好。

(2) 当穴粒数以 3~5 粒为合格时, 采用振动频率为 15.4 Hz、振动电压为 38 V 的组合播种精度最高, 合格率可达 92.8% 以上, 平均穴粒数 3.561 1, 变异系数为 9.988 5%。

参考文献:

[1] 袁钊和, 陈巧敏, 杨新春. 论我国水稻抛秧、插秧、直播机械化技术的发展[J]. 农业机械学报, 1998, 29(3): 181-183.

[2] CHAUHAN A M, BHATIA B S, DHINGRA H S. Seed placement behaviour of sunflower planter[J]. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, 1999, 30(4): 9-12.

[3] 晏国生, 毕文平. 农作物高产农机农艺综合实用配套技术[M]. 北京: 中国计量出版社, 1995. 264-266.

[4] 李志伟, 李就好, 王付勇, 等. 水稻芽种拌干土粉处理对机播性能的影响[J]. 农业工程学报, 2001, 11(1): 81-86.

[5] 李志伟, 邵耀坚. 电磁振动式水稻穴盘精量播种机的设计与试验[J]. 农业机械学报, 2000, 31(5): 32-34.

[6] 屈维德, 唐恒龄. 机械振动手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000. 203-205.

【责任编辑 李晓卉】