

基于气力式精量排种器的谷子吸种与排种试验

王磊, 廖宜涛, 韦跃培, 廖庆喜*

(华中农业大学工学院, 湖北 武汉 430070)

摘要: 针对谷子播种机械化程度不高, 出苗后间苗用工量大的生产实际, 提出利用气力式精量排种器, 以实现种子精少量播种, 并适度重播的目的。分析确定了谷子种子的物理机械特性参数, 试验研究了型孔结构、负压、转速对排种器吸种和排种性能的影响。结果表明: 排种盘型孔选用直孔或锥孔, 均可实现适度重吸, 孔径 1.2 mm、锥度 30° 的锥孔的适度重吸效果最佳; 当正压区压力值为 200 Pa, 负压区压力值为 1 800 Pa, 转速为 20 r/min 时, 吸种稳定性变异系数小于 5.47%; 当正压区压力值为 200 Pa, 负压区压力值为 2 200 Pa, 转速为 24 r/min 时, 种子合格穴数可达 95.7, 重穴数低于 11, 种子粒数变异系数为 6.98%, 每穴种子粒数均在 1~6 粒。发芽试验表明, 经排种器排出的种子发芽率在 93% 以上, 与未处理种子发芽率无显著差异, 表明气力式精量排种器可用于谷子种子的实际播种。

关键词: 谷子; 气力式精量排种器; 适度重播; 吸种; 排种

中图分类号: S233.2⁺5

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2014)06-0655-05

Seed-grain sucking and metering test based on pneumatic precision metering device

WANG Lei, LIAO Yi-tao, WEI Yue-pei, LIAO Qing-xi*

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

Abstract: Considering the facts that the mechanization level of seed-grain sowing is low and that in practice thinning after seedling emergence demands a large amount of labor, pneumatic precision metering device was used to realize the purpose of the little precision seeding and the moderate reseeding of seed-grain. The physical and mechanical characteristics parameters of seed-grain were analyzed and determined and the effects of the structure of type holes, negative pressure, and rotating speed on sucking and metering performance of the metering device were observed. The results indicated that straight hole or the taper hole, all could achieve moderate resucking and the moderate resucking effect of taper hole whose diameter and taper were respectively 1.2 mm and 30° was the best. The stability variability coefficient of sucking was less than 5.47%, when the positive pressure was 200 Pa, the negative pressure 1 800 Pa, and the rotating speed 20 r/min. The number of qualified sowing hole was 95.7, the number of over sowing hole was below 11, the variability coefficient of seed quantity was 6.98%, and the seed quantity of each hole ranged from 1 to 6, when the positive pressure was 200 Pa, the negative pressure 2 200 Pa, and the rotating speed 24 r/min. The germination experiment revealed that the germination rate of seeds thrown by the metering device was above 93%, which showed no significant difference with that of untreated seeds. It concluded that the pneumatic precision metering device could be used in the actual planting of seed-grain.

Key words: seed-grain; pneumatic precision metering device; moderate reseeding; sucking; metering

收稿日期: 2014-07-01

基金项目: 国家自然科学基金项目(51275197); 国家油菜产业技术体系专项(CARS-13); 中央高校基本科研业务费项目(2014PY033); 武汉市高新技术产业科技创新团队(2014070504020240)

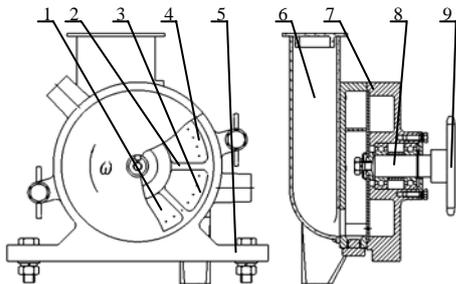
作者简介: 王磊(1988—), 男, 山东潍坊人, 硕士研究生, 主要从事现代农业装备设计与测控研究, wangchong12356@126.com; *通信作者, liaoxq@mail.hzau.edu.cn

谷子的播种方式分条播和穴播。条播分畜力条播和机械条播。条播用种量大,排种不均匀,出苗后间苗工作量大,劳动强度大,成苗率低,不利于谷子高产。穴播可实现谷子播种相对成穴,减少间苗工作量,但目前谷子穴播播种技术装备落后,适应性与操作性差,难以满足谷子播种成穴的农艺要求。

针对目前谷子播种机械化程度低、劳动强度大、出苗后间苗用工量大的生产实际^[1-2],笔者采用2BFQ-6型油菜精量联合直播机的核心部件——气力式精量排种器^[3-7],开展谷子种子的吸种、排种、发芽试验,研究了型孔结构、负压、转速对排种器吸种和排种性能的影响。通过谷子发芽试验,验证气力式精量排种器对谷子精少量排种并适度重播的可行性。

1 排种器结构及工作原理

气力式精量排种器是2BFQ-6型油菜精量联合直播机实现小粒径种子播种的核心部件^[8-9],结构如图1所示。排种器实现有效工作的负压为200~2 400 Pa,正压为50~800 Pa,排种盘转速为10~30 r/min。排种器的工作分为充种、吸种、携种、投种4个过程。工作时,链轮带动排种盘顺时针旋转,种箱中的种子在负压区被吸附到排种盘型孔上,并随排种盘一起转动,转至马蹄形正压区后,种子在正压吹送力和重力共同作用下从型孔上脱落,完成排种过程。



1 负压气室;2 气室隔板;3 正压气室;4 排种盘;5 气室壳体;6 种箱;7 气室罩壳;8 排种轴;9 链轮。

图1 排种器结构

Fig.1 Structure of the metering device

2 材料与方 法

2.1 材 料

试验用谷子品种为晋谷21。种子为阔卵形,千

粒重4.184 g,采用堆积法^[10-11],测得种子自然休止角为30.12°。测量100粒种子的长、宽、高尺寸,得出种子长、宽、高的概率密度曲线,如图2所示。

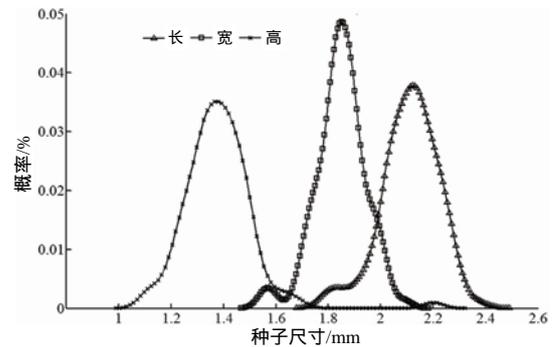


图2 谷子种子尺寸的概率密度曲线

Fig.2 Probability density curve of seeds' size

由图2可知,谷子种子的长度值最大,高度值最小。利用Matlab软件对谷子3轴尺寸进行分析,种子的长、宽、高均服从正态分布,长度均值为2.11 mm,宽度均值为1.85 mm,高度均值为1.38 mm。根据谷子种子长、宽、高的尺寸分布,得种子的球度为75%~95%,种子球度概率直方图如图3所示。

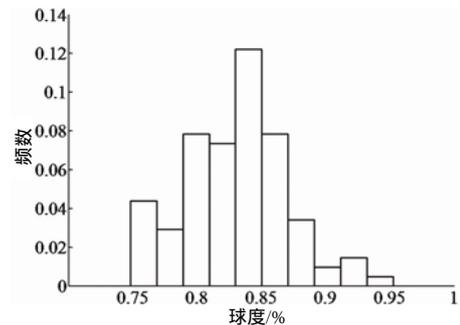


图3 谷子种子球度概率直方图

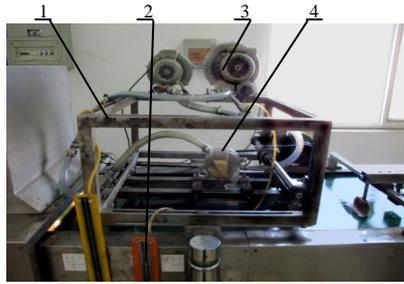
Fig.3 Probability histogram of seeds' sphericity

基于谷子种子球度较大,球形种子型孔直径的选定,可根据公式^[12] $d_x=(0.64 \sim 0.66)b$ 来确定(b 为种子平均宽度,mm)。

晋谷21种子平均宽度为1.56~2.11 mm,经计算孔径为0.99~1.39 mm。为实现谷子精少量播种与适度重播,排种盘型孔直径选择1.2 mm。

2.2 试验装置与试验设计

试验装置(图4)包括:JPS-12型排种器性能检测试验台, HG-260和HG-500型漩涡风泵,U型管测压计、气力式精量排种器。



1 JPS-12 型排种器性能检测试验台; 2 U 型管测压计; 3 风泵; 4 排种器。

图 4 试验装置

Fig.4 Experimental device

2.2.1 吸种性能试验

选用排种盘型孔数为 40 个，设定转速为 20 r/min，正压为 200 Pa，负压为 200 ~ 2 400 Pa，每间隔 200 Pa 为 1 个水平，共 12 个水平，用相机拍摄型孔在负压区吸附谷子种子粒数的照片，每个试验水平重复拍摄 20 组。评价指标包括单粒率、重吸率、漏吸率、总粒数和吸种稳定性变异系数。单粒率是指型孔吸附单粒种子的概率；重吸率是指型孔吸附多粒种子的概率；漏吸率是指型孔未吸附种子的概率；总粒数是指排种盘转 20 转的型孔吸附的种子粒数；吸种稳定性变异系数是指型孔不同负压区压力值下拍摄的 20 组照片排种盘吸种粒数的变异系数。

吸种试验采用的排种盘型孔分为直圆柱孔和锥圆柱孔，其中直孔 1 与直孔 2 孔径均为 1.2 mm，直孔 1 的排种盘厚度为 1.2 mm，直孔 2 的排种盘厚度为 1.8 mm；锥孔 1 与锥孔 2 孔径均为 1.2 mm、锥度 30°，

锥孔 1 的排种盘厚度为 1.2 mm，锥孔 2 的排种盘厚度为 1.8 mm。

2.2.2 排种性能试验

根据吸种性能试验结果，选用锥孔 2 作为排种性能试验型孔。设定正压为 200 Pa，负压范围为 200 ~ 2 400 Pa，每间隔 200 Pa 为 1 个水平，转速范围为 16 ~ 36 r/min，每间隔 4 r/min 为 1 个水平，每个试验水平重复 3 组。根据谷子播种农艺要求，调节 JPS-12 型排种器性能检测试验台种床带的前进速度，保证谷子种子排种的理论株距为 60 mm。为获得落到种床带上相邻种子之间的准确距离，试验中未采用检测试验台自动检测种子的合格指数、重吸指数及漏播指数，而是采用卷尺测量种床带上 6 m 范围内种子的坐标值。

2.2.3 发芽试验

经排种器负压吸附后排出和未经过排种器排出的 2 组种子，每组取 300 粒，每 100 粒放入 1 个培养皿上进行发芽试验^[13]，分别于 3 d 和 6 d 后观察记载种子发芽状况。

3 结果与分析

3.1 型孔结构和负压对吸种性能的影响

负压在 200 ~ 2 400 Pa 变化时，直孔 1、直孔 2、锥孔 1、锥孔 2 对吸种性能的影响如图 5 所示。

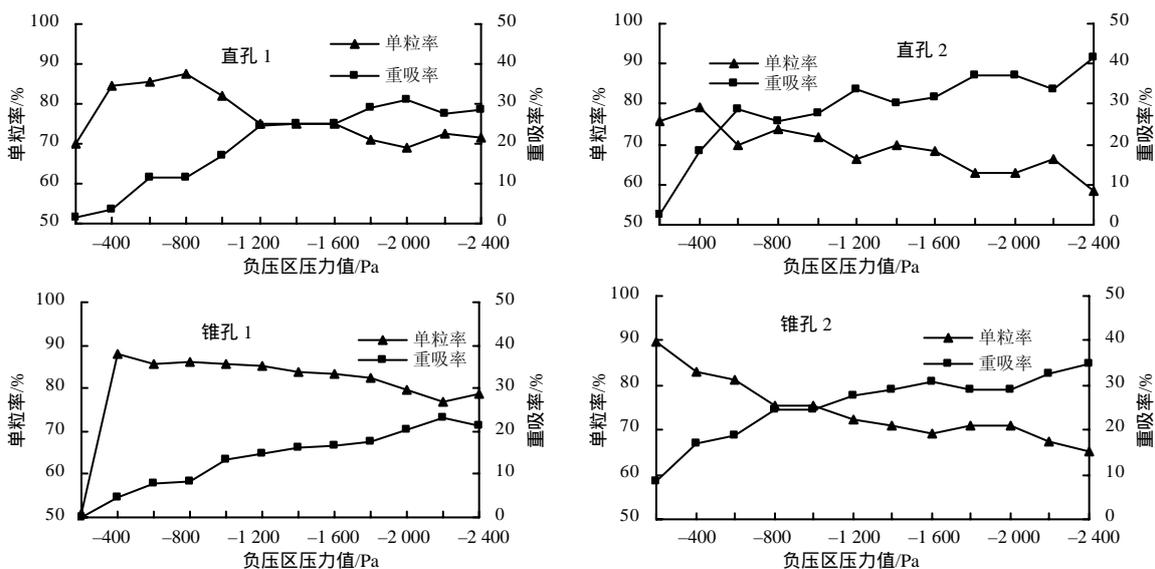


图 5 不同型孔和负压下的吸种性能

Fig.5 Seed sucking performance with different types of holes and negative pressures

随着负压区压力值的增大，4 种不同结构型孔

的重吸率均呈上升趋势，这是由于谷子种子形状不

规则, 被型孔吸附形态不同引起的。一定量的种子重吸, 可满足谷子种子播种相对成穴的农艺要求。

随着负压区压力值的增大, 直孔1和锥孔1的单粒率先上升后下降, 直孔2的单粒率先上升后波动下降, 锥孔2的单粒率不断下降。

负压在200~2 400 Pa变化时, 4种不同结构型孔的重吸总粒数如图6所示。

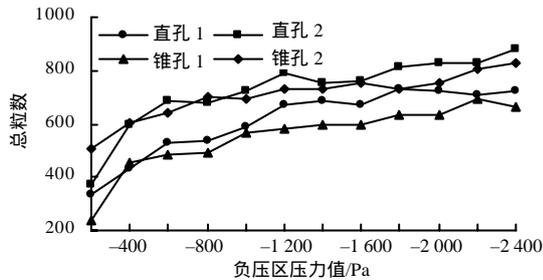


图6 不同结构型孔的排种盘吸种总粒数
Fig.6 Sucking seeds quantity of planter plate under different structural type holes

负压区压力值在200~2 400 Pa变化时, 假设排种盘每个型孔均吸取单粒种子, 每个水平拍摄20组照片的条件下, 排种盘理论吸种总粒数为460粒。由图6可知, 直孔1、直孔2、锥孔1在负压区压力值较小时, 实际排种盘吸种总粒数小于理论吸种总粒数, 存在漏吸现象。基于排种盘的单粒率、重吸率、漏吸率之和为100%, 结合图5可知, 负压区压力值为200 Pa时, 4种型孔均存在漏吸现象; 负压区压力值在400~2 400 Pa时, 锥孔2无漏吸现象, 直孔1、直孔2、锥孔1均存在漏吸现象, 锥孔2无漏吸的负压区压力范围最大。

根据农艺要求, 需从精少量播种和适度重播两方面对型孔的吸种性能进行评价。由图6可知, 负压区压力值在合适的范围时, 4种结构的型孔均可实现适度重吸, 但锥孔2实现重吸的负压区压力范围最大, 且存在漏吸的负压区压力范围最小, 漏吸率最低。

不同负压区压力值下, 直孔1的平均吸种稳定性变异系数为13.93%, 直孔2的为14.77%, 锥孔1的为12.33%, 锥孔2的为9.11%。锥孔2的平均吸种稳定性变异系数最小, 吸种稳定性最好, 当负压区压力值为1 800 Pa时, 锥孔2的吸种稳定性变异系数小于5.47%。锥孔2为吸种效果最优的型孔。

3.2 负压和转速对排种性能的影响

以NY/T 987—2006, 铺膜穴播机作业质量^[14]为依据, 假定测得种子的理论株距均为60 mm, 则6 m范围内, 以原点坐标开始, 共有101穴谷子种子,

种子穴的编号为1, 2, 3, 4, ..., 101, 种子的理论坐标值为0, 60, 120, 180, 240, ..., 60(N-1), 其中N为种子穴的编号。以合格穴数, 重穴数, 空穴数作为排种性能评价指标。将落入 $60(N-1) \pm 24$ mm范围内的种子作为1穴, 所有落入该范围穴的总数为合格穴数, 将101穴中 $60(N-1) \pm 24$ mm范围内未有种子落入的穴的总数作为空穴数, 将落入 $[60(N-1) + 24] \sim [60(N-1) + 36]$ 的种子作为一个重穴, 所有落入该范围穴的总数为重穴数。转速、负压区压力值对合格穴数和重穴数影响曲面如图7所示。

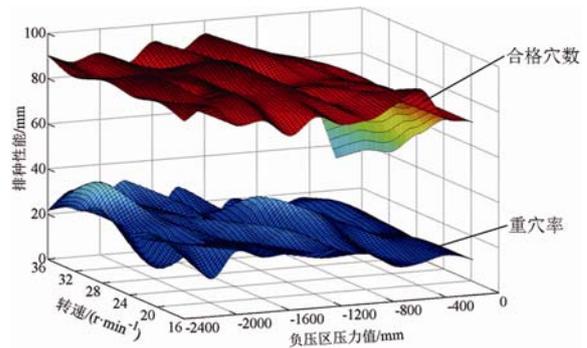


图7 负压与转速组合下的排种器性能
Fig.7 Performance of metering device under different combinations of negative pressure and rotating speed

在负压区压力值不变的条件下, 随着排种盘转速的增加, 排种器的合格穴数先上升后下降, 重穴数在6~38个变化; 随着转速的增加, 当负压区压力值为2 200 Pa时, 排种器的平均合格穴数最大, 为89.4个, 当负压区压力值为200 Pa时, 排种器的平均重穴数最小, 为12.7个。负压区压力值在200~2 400 Pa变化时, 转速对排种器的影响明显。

在转速不变的条件下, 随着负压区压力值的增大, 排种器的合格穴数先上升后下降, 重穴数总体不断上升; 随着负压区压力值的增大, 当转速为20 r/min时, 排种器的平均合格穴数最大, 为85.5个, 当转速为36 r/min时, 排种器的平均重穴数最小, 为19.2个。转速在16~36 r/min时, 负压区压力值对排种器的合格穴数和重穴数影响明显。

根据谷子种植中相对成穴的农艺要求, 当转速为24 r/min, 负压区压力值为2 200 Pa时, 种子合格穴数可达95.7个, 重穴数为11个, 排种器各排种性能较优。

当转速为24 r/min, 负压区压力值为2 200 Pa时, 3次重复种床带上6 m范围内平均种子粒数为199粒, 种子粒数变异系数为6.98%。统计谷子种子每穴种子粒数的频率分布直方图, 如图8所示。

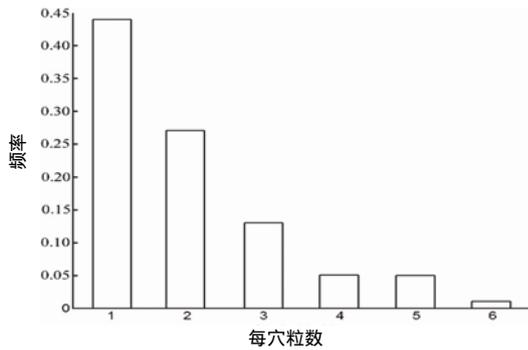


图 8 每穴种子粒数的频率分布直方图

Fig.8 Frequency distribution histogram of seed quantity in each hole

谷子种子每穴种子粒数在1~6粒，其中每穴1粒种子的合格穴数最多，占总合格穴数的44.3%。由谷子种子每穴粒数的分布情况可得出，通过气力式精量排种器进行谷子排种试验，每穴种子粒数均在合适的范围内，既可保证谷子种子的簇生型和群体生长能力，又可免去出苗后的间苗工作，可实现种子的相对成穴和适度重播。

转速为24 r/min，负压区压力值为2 200 Pa时，根据每穴种子粒数情况，统计每穴粒数超过1粒的穴内种子粒距如表1所示。

表 1 穴内种子粒距

| 穴内粒数 | 粒距最小值 | 粒距最大值 | 平均粒距 |
|------|-------|-------|------|
| 2 | 1.00 | 35.00 | 8.75 |
| 3 | 2.00 | 16.50 | 6.49 |
| 4 | 1.33 | 14.00 | 5.43 |
| 5 | 1.25 | 8.75 | 4.57 |
| 6 | 2.40 | 5.40 | 3.85 |

由表1可知，随着每穴内种子粒数的增加，粒距最小值为1~2.4 mm，粒距最大值不断减小，平均粒距呈线性减小。这是由于种子穴与穴之间的理论穴距均为60 mm，在穴距不变的条件下，随着每穴内种子粒数的增加，种子之间的粒距必然减小。

3.3 排种方式对种子发芽的影响

3 d和6 d后，经排种器排出和未经排种器排出的种子的发芽率如表2所示。

表 2 种子发芽率

| 排种方式 | 发芽时间/d | 发芽率/% |
|-------|--------|-------|
| 经过排种器 | 3 | 94.67 |
| 未经排种器 | 3 | 95.67 |
| 经过排种器 | 6 | 95.33 |
| 未经排种器 | 6 | 96.67 |

采用不同方式处理的谷子种子，6 d后比3 d后种子发芽率高；采用不同方式处理的谷子种子，相同发芽时间内，未经过排种器的谷子种子比经过排种器的谷子种子的发芽率略高。6 d后，未经过排种器的谷子种子和经过排种器的谷子种子的发芽率均在93%以上。通过以上对比分析可知，经气力式精量排种器排出的种子的发芽率与原种子发芽率相差较小，说明气力式精量排种器对谷子种子的机械损伤极小，气力式精量排种器可用于谷子种子的实际播种生产。

参考文献:

- [1] 边胤, 马永康, 张振国. 往复式排种器用于谷子精密播种机的初探[J]. 农业工程学报, 2007, 23(2): 122-127.
- [2] 田聪, 刘占良, 陈林. 谷子精量播种机的研究现状与开发设想[J]. 农机化研究, 2013(1): 10-13.
- [3] 廖庆喜, 张猛, 余佳佳, 等. 气力集排式油菜精量排种器[J]. 农业机械学报, 2011, 42(8): 30-34.
- [4] 刘晓辉. 小粒径作物气力滚筒式精量集排器设计与试验研究[D]. 武汉: 华中农业大学工学院, 2013.
- [5] Singh R C, Singh G, Saraswat D C. Optimisation of design and operational parameters of a pneumatic seed metering device for planting cottonseeds [J]. Biosystems Engineering, 2005, 92 (4): 429-438.
- [6] Ahmadi Ebrahim, Ghassemzadeh, Hamid Reza, et al. Development of a precision seed drill for oilseed rape [J]. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 2008, 32(5): 451-458.
- [7] 刘佳, 崔涛, 张东兴, 等. 玉米种子分级处理对气力式精量排种器播种效果的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(9): 109-113.
- [8] 廖庆喜, 李继波, 覃国良. 气力式油菜精量排种器试验[J]. 农业机械学报, 2009, 40(8): 44-48.
- [9] 廖庆喜, 李继波, 覃国良. 气力式油菜精量排种器气流场仿真分析[J]. 农业机械学报, 2009, 40(7): 78-82.
- [10] 田晓红, 李光涛, 张淑丽. 谷物自然休止角测量方法的探究[J]. 粮食加工, 2010, 35(1): 68-71.
- [11] 孙骊, 王佳, 王月婷. 种子休止角的初步研究[J]. 农业机械学报, 1988(4): 96-99.
- [12] 张孝安. 农业机械设计手册: 下册[K]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007: 358-359.
- [13] 廖宜涛, 黄海东, 李旭, 等. 浸种预处理对油菜籽气力精量排种性能的影响[J]. 农业机械学报, 2013, 44(1): 72-76.
- [14] NY/T 987—2006, 铺膜穴播机作业质量[S].

责任编辑: 罗慧敏

英文编辑: 罗维