

水稻秧盘形变测度方法与等级评价研究

陈林涛¹ 马旭¹ 李泽华² 李宏伟¹ 郭林杰¹ 陈涛¹

(1. 华南农业大学工程学院, 广州 510642; 2. 华南农业大学数学与信息学院, 广州 510642)

摘要: 水稻秧盘因长期使用或运输不当等原因出现形变,影响高效工厂化自动育秧生产线作业性能。以形变毯状硬秧盘为研究对象,提出一种水稻秧盘形变测度方法。定义了破裂长度、扭翘度和弯曲变形度3个形变参数指标,据此将形变秧盘划分为轻度、中度、中重度和重度形变4种等级,并规范其适用准则。为验证形变秧盘等级评价的科学性,以供盘成功率、叠盘成功率和种子外露率作为验证评价指标,利用2SJB-500型水稻精密播种育秧生产线进行了不同形变等级秧盘的生产性能试验。结果表明:4类形变秧盘,随着生产率递增,供盘成功率与叠盘成功率均呈下降趋势,种子外露率呈上升趋势。轻度形变与中度形变秧盘均属小变形,对于轻度形变秧盘,可继续使用;对于中度形变秧盘,翻边或盘底若存在较大破损,作业时应适当剔除,可用于生产率低的育秧生产线。对于中重度形变秧盘,形变参数指标值较大,作业时应剔除,边缘破损过多、盘底裂缝较大、扭翘严重的秧盘应直接剔除。对于重度形变秧盘,作业时直接剔除。本研究提出的水稻秧盘形变测度方法简单易操作,能直观、形象地评价形变秧盘等级。

关键词: 水稻秧盘; 形变测度; 等级评价; 育秧性能; 识别检测

中图分类号: S233.71 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2018)06-0159-08

Deformation Measurement Technology and Grade Evaluation of Rice Seedling Trays

CHEN Lintao¹ MA Xu¹ LI Zehua² LI Hongwei¹ GUO Linjie¹ CHEN Tao¹

(1. College of Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China

2. College of Mathematic and Information, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The present status of research and application of rice seedling trays was introduced, and the operation performance of the industrialization automatic seedling nursing production line after deformation due to long-term use or improper transportation was detailed. Regarding deformation of hard tray like blanket as the research object, a deformation measurement technology was put forward. Three indexes of deformation, such as rupture length, twist warp and bending deformation, were introduced into the study. According to the above results, the deformable seedlings were divided into four grades, mild, moderate, slightly severe and severely deformed seedlings, and the applicable criteria of four kinds of deformation seedling plates were standardized. In order to verify the reasonableness and feasibility of the grading evaluation of the deformed seedling tray, from the point of improving the mechanical reliability of precision seeding seedling production line, deformation seedling tray was selected in maximum for seedling nursing production line. The success rate of tray feeding and tray stacking and the seed exposed rate as the evaluation index, 2SJB-500 precision rice sowing seedling nursing production lines were used to test various deformed seedling trays' seedling nursing performance. The test proved the evaluation accuracy of the grading of deformed seedling tray and revealed the relationship between the deformation of the seedling tray, the index of the deformation amount and the productivity. For the four types of deformed tray, the success rate of tray feeding and the success rate of tray stacking showed an obviously

收稿日期: 2017-12-16 修回日期: 2018-03-13

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFD0700802)、广东省科技计划项目(2016A020210101)和现代农业产业技术体系建设专项资金项目(CARS-01-43)

作者简介: 陈林涛(1993—),男,博士生,主要从事现代农业技术与智能装备研究,E-mail: 1574287180@qq.com

通信作者: 马旭(1959—),男,教授,博士生导师,主要从事现代农业技术装备研究,E-mail: maxu1959@scau.edu.cn

declined trend, the seed exposure rate showed an increased trend with the increase of productivity. The tray with mild deformation and moderate deformation had small deformation, the tray of mild deformation can keep going on using; for moderate deformed tray, if the flange or the bottom of the tray existed a little broken, it should be properly removed on the operation, which can be used for the seedling nursing production line in lower productivity; for slightly severe deformed tray, if there was a larger deformation index, it should be selectively removed on the operation. As for the tray edge with many broken areas, the large bottom crack, the serious twist degree in some seedling trays, it can be directly removed; for the severe deformed seedling tray, it should be directly removed on the operation, otherwise it would affect the final seedling nursing performance in the factory production line. The proposed technology of the deformation measurement in tray was simple and easy-to-operate for evaluating the deformation degree of tray intuitively and vividly. Meanwhile, this guideline provided a research basic for the automatic identification, detection and elimination system of deformed seedling trays in the subsequent seedling production lines.

Key words: rice seedling tray; deformation measurement degree; grade evaluation; seedling nursing performance; identification and detection

0 引言

随着中国现代农业的快速发展,水稻育秧逐步向工厂化育秧中心发展^[1-4]。水稻工厂化育秧中心采用集秧盘自动供送、铺床土、淋洒水、精密播种、覆表土、压实、自动叠盘等作业工序为一体的高效自动化精密播种育秧生产线进行育秧作业,可见秧盘是播种育秧生产线中必不可少的专用工具,发挥着重要作用^[5]。然而,秧盘因长期使用或运输不当等原因易出现形变,影响了工厂化自动育秧生产线的作业性能。马旭等^[6-7]研究表明,高效自动化精密播种育秧生产线在自动供盘与叠盘作业时,当秧盘出现不同程度形变后,供盘成功率、叠盘成功率及种子外露率等技术指标会受到较大影响,引起生产线自动化作业失准或失效,严重影响育秧质量,并降低了生产率。因此,分析水稻秧盘形变并进行等级评价,对提高育秧生产线作业可靠性具有重要意义。

美国和欧洲等国家研发了 Marksman、Hamilton 等作业质量好、自动化程度高的育秧生产线;日本设计了多种含自动供盘和叠盘装置的成套水稻工厂化育秧生产线。国内,江苏云马农机制造有限公司、台湾亦祥企业有限公司、华南农业大学、南京农业机械化研究所和浙江理工大学等多家单位研制了全自动育秧生产线^[8-18],以上生产线的生产率略有不同,但作业时对秧盘的选用、新旧秧盘适用性方面均有一定的技术指标要求。对于自动供盘与叠盘工序,大多数生产线利用秧盘触发传感器,产生电平信号控制供、叠盘装置上的夹持或抬放盘部件运动以实现秧盘的有效夹持、抬升与落放,完成自动化作业。若盘底或翻边护沿处加强筋条受损、断破过多、秧盘弯曲严重,则无法完成准确触发、有效作业。此外,扭翘严重的秧盘不能顺利通过输送带,铺(刮)土或

播种作业易失效。断破处数量多、裂缝距离过大的秧盘会产生种土外撒、漏水等问题,最终导致工厂化自动育秧作业中断,浪费种子、育秧土和人工等问题。目前针对秧盘形变情况主要采用感官评定法,即在实际育秧时操作人员根据经验对形变秧盘进行预判,对形变严重的秧盘进行剔除,该法仅能粗略评价秧盘形变等级。若形变秧盘剔除过多,育秧成本也将提高。随着育秧作业自动化技术的发展,人们希望能对秧盘的质量进行自动识别,剔除不合格的秧盘,以满足生产实际需要。为此,需要建立秧盘形变的测度和等级评价方法,为实现秧盘自动识别检测、剔除系统的设计及系统故障自动诊断技术等提供理论支撑。因此,研究水稻秧盘形变测度方法并对其进行等级评价具有重要意义。

针对水稻秧盘形变问题,从提高精密播种育秧生产线可靠性出发,以形变毯状硬秧盘为研究对象,提出一种形变测度方法,并定义形变参数指标,据此将形变秧盘划分为轻度、中度、中重度和重度形变秧盘 4 种等级,并编制其适用准则。为验证形变秧盘等级评价的科学性,进行不同形变秧盘的育秧性能试验,旨在为形变秧盘等级评价研究提供一种直观形象、简单易操作的方法,同时为后续对变形秧盘自动识别检测与剔除系统的设计及系统故障自诊断技术的研究奠定基础。

1 水稻秧盘与形变影响分析

1.1 水稻秧盘研究应用现状

为适应水稻机械化栽插,国内外现有的育秧方式均采用秧盘育秧^[19-24]。依据秧盘的材质不同,可分为软盘育秧和硬盘育秧;依据秧苗的外观形状不同,可分为毯状苗育秧、钵体苗育秧和钵体毯状苗育秧。图 1 为常见的 6 种机插育秧秧盘。

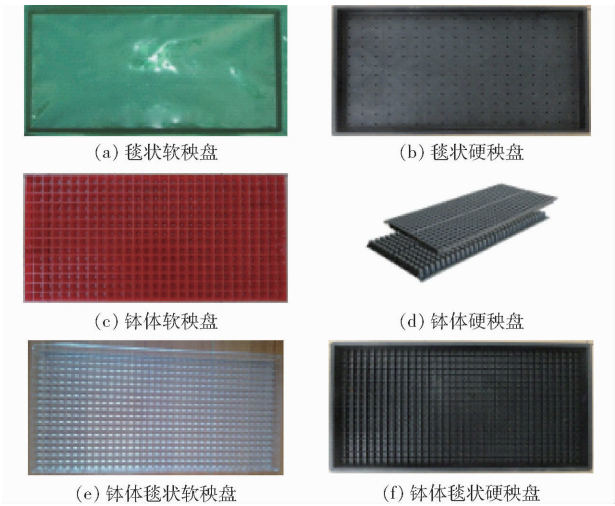


图 1 机插育秧盘

Fig. 1 Seedling trays for rice transplanting with machine

为适应标准化作业,秧盘内部规格通常是固定的,如软秧盘的内部尺寸为 580 mm × 280 mm × 25 mm,和硬质秧盘内部尺寸一致。钵体盘的型号相对较多,有 406 孔、434 孔和 561 孔等。这些秧盘育成的秧苗有 3 种类型,即毯状苗、钵体毯状苗和钵体苗(图 2)。

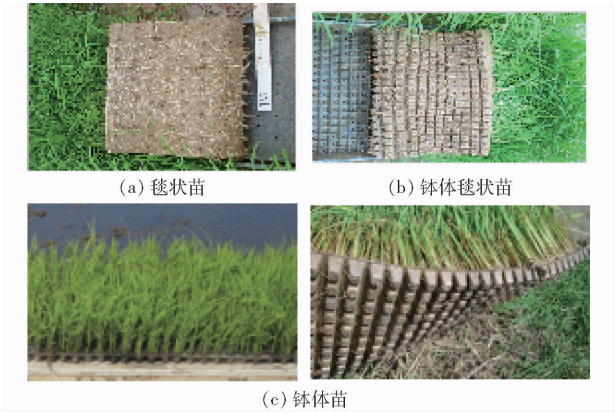


图 2 机插秧苗

Fig. 2 Rice seeding for transplanting with machine

为满足水稻工厂化秧盘育秧生产线自动化要求,通常硬质秧盘可直接进行自动供盘与叠盘作业,而软塑秧盘需配套硬质托盘(也称复合托盘)才可完成机械自动化。毯状硬秧盘(图 3)主要由盘底、护沿、翻边、加强筋条等构成,长 × 宽 × 高为 600 mm × 300 mm × 30 mm。毯状硬秧盘采用聚丙烯材料制造,护沿上有向外的翻边,并布置有若干筋条,秧盘通过嵌套配合进行定位,实现自动供叠盘。

国内从经济性和轻简化栽培技术原则出发,越来越多地使用软秧盘育秧。由于软秧盘盘体弱,需配套硬质托盘才能实现自动化。当前使用一种可嵌套层叠的、抽取软秧盘便捷的复合托盘(图 4),长(L) × 宽(W) × 高(H)为 600 mm × 300 mm × 30 mm。软秧盘复合托盘采用 PVC 材料压制成型,外

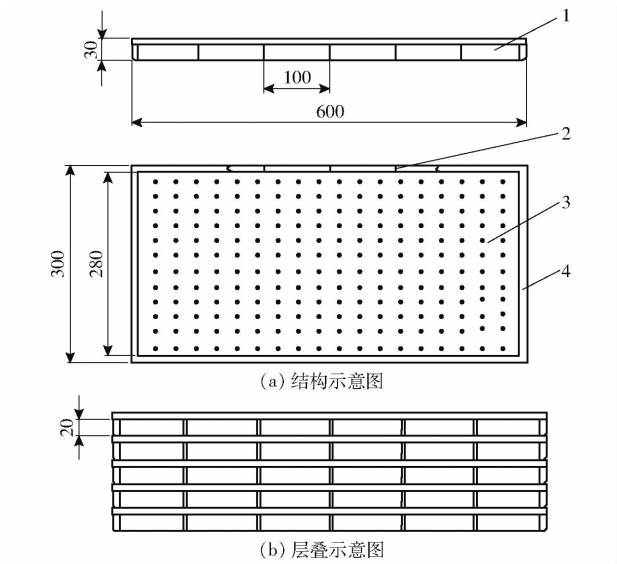


图 3 毯状硬秧盘

Fig. 3 Hard tray of blanket seedlings

1. 护沿 2. 加强筋 3. 盘底 4. 翻边

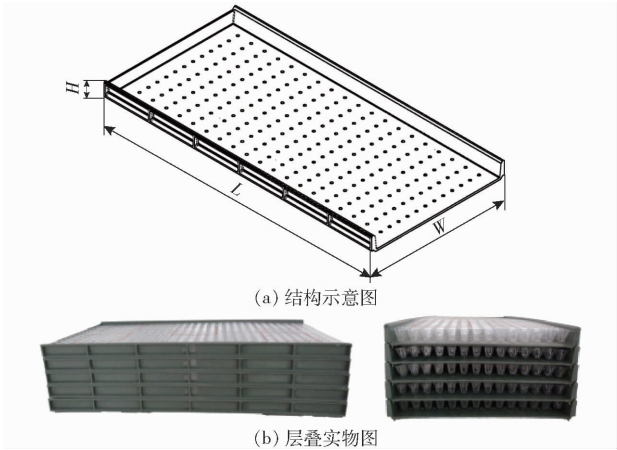


图 4 软秧盘复合托盘

Fig. 4 Soft plastic tray composite trays

形尺寸与硬秧盘一致,能实现软硬秧盘通用化自动供叠盘作业。

1.2 水稻秧盘形变影响分析

形变秧盘影响高效工厂化自动育秧生产线作业性能,在自动供盘、自动输送和自动叠盘环节,对秧盘的分级选用、新旧秧盘适用性有较高的技术要求。本节基于目前国内外研制的一些育秧生产线在自动供盘与叠盘时的作业原理,详细探究秧盘形变对高效工厂化自动育秧生产线的具体影响。

国外,日清、三菱等株式会社设计有螺旋式、导杆式和摆臂式等自动供盘装置,久保田公司研制了 S-ST 系列自动叠盘装置,洋马公司研制了 YAS 系列自动叠盘装置,上述装置作业时,利用传感器检测秧盘,并利用抬放盘部件实现秧盘升落与下放,完成秧盘自动供盘或叠盘^[11-15]。国内,马旭等^[7]设计了一种电控式软硬秧盘自动供盘装置(软秧盘作业

需配套托盘),由接近开关检测等待供送的层叠秧盘,控制秧盘供送装置上的舵机实现对层叠秧盘的自动升落与供送;周海波^[8]研制了双层秧盘供送机构,利用前进秧盘挤压行程开关产生电平信号,通过控制驱动支撑气缸的活塞杆托板进行伸缩运动,实现秧盘自动下落供送;南京农业机械化研究所^[16]提出了一种与盘育苗播种装备配套使用的自动供盘器,利用电动机驱动凸轮机构进行间歇性自动供给秧盘;谭永忻^[9]设计了一种秧盘自动叠放的装置,以 PLC 为控制核心,由接近开关检测待叠秧盘,控制秧盘升降机构升降秧盘来实现秧盘的自动叠放;台湾亦祥企业有限公司研制的自动叠盘装置,利用气动式驱动机构控制夹持秧盘翻边边缘,进行自动叠盘;浙江理工大学^[17-18]研制的拨轮式秧盘叠盘机,利用前后拨轮上边轴的同步转动实现叠盘。

综上,现有的高效工厂化自动育秧生产线大都使用硬秧盘作业,为实现秧盘自动供盘、自动输送和自动叠盘,秧盘检测通常是经盘底加强筋条触发传感器,完成有效检测作业,若秧盘变形严重,盘底加强筋条受损、断破过多,易造成秧盘“漏检测”;若秧盘翻边或边缘断裂过多,抬放盘部件无法完成对秧盘的有效夹持与抬放,将严重影响自动供叠盘作业性能。此外,若秧盘长期使用存在破裂,完成了铺床土、淋水与播种工序的秧盘,因整体质量加大,会产生较大内应力,更易导致秧盘裂口进一步增大,引起秧盘漏水、种土外撒,还影响表土压实作业。秧盘弯曲变形后,易造成秧盘在作业或输送时的限位与扫(刮)土失效;若秧盘扭翘严重,在秧盘自动输送时,将无法顺利通过输送带。若软秧盘复合托盘变形严重,软秧盘则无法嵌入托盘内,托盘本身层叠性能效果也会变差。

2 形变测度方法与等级评价

基于秧盘形变对播种育秧生产线可靠性的影响分析,本文以形变毯状硬秧盘为研究对象,提出一种形变测度方法,定义破裂长度、扭翘度和弯曲变形度 3 个形变参数指标,用于表征秧盘形变程度。据此将形变秧盘划分成轻度、中度、中重度和重度形变 4 种等级,并编制其适用准则。

2.1 形变参数指标及测度方法

(1) 秧盘破裂

秧盘破裂是指盘底破裂或关键部位断破的一种变形。破裂程度通过破裂长度进行特征表征。测度破裂长度,需重点判别盘底或边缘是否有裂缝,获取全部裂缝后,对其断破轨迹进行求和处理。将秧盘放置于水平基准面上,找出底面或关键部位中出现

严重破裂的区域,利用细软线沿着各个断破轨迹处进行长度考量,用钢尺测出细软线拉直后的距离,将各距离求和,即破裂长度 P 。

如图 5 所示,秧盘 $ABCD$ 盘底面有 3 处出现严重断破: x 、 y 、 z 。将秧盘 $ABCD$ 放置于水平基准面上,获取裂缝 x 、 y 、 z ,分别沿着裂缝轨迹进行长度标定,然后测出 3 个长度标定的具体距离后求和,得出破裂长度 P 。

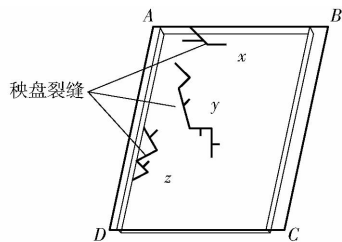


图 5 秧盘破裂

Fig. 5 Rupture of seedling trays

(2) 秧盘扭翘

秧盘扭翘是指当秧盘发生扭翘形变后,人工掰直、修正后无效,具体是指盘底角远离水平基准面的变形。秧盘盘底 4 个角不在同一个水平基准面上,可能是有任意其中 3 个角在同一平面上,而另 1 个角形成翘起的状态,即秧盘的角翘起。秧盘扭翘程度通过秧盘扭翘度 Q 进行特征表征。

如图 6 所示,将秧盘放置于水平基准面上,由于扭翘,秧盘中有 3 个角与水平基准面接触,用足够的力压住 3 个角后,最后 1 个角为悬空角,用钢尺测出翘起角到水平基准面的垂直距离 Q_1 ,与上述测法类似,更换与水平基准面接触的 3 个角,依次测出其它翘起角到水平基准面的垂直距离 Q_2 、 Q_3 、 Q_4 ,扭翘度 Q 计算公式为

$$Q = \max(Q_1, Q_2, Q_3, Q_4) \quad (1)$$

式中 Q ——秧盘扭翘度,mm

Q_1 、 Q_2 、 Q_3 、 Q_4 ——不同翘起角到水平基准面的垂直距离,mm

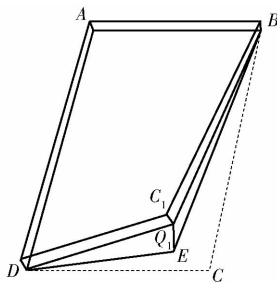


图 6 秧盘扭翘

Fig. 6 Distortion of seedling trays

(3) 秧盘弯曲

弯曲变形是指秧盘变形后在宽度方向上的长度与标准秧盘宽度不相等的一种变形。秧盘弯曲变形

后,即由原来的规则形状变为不规则形状,具体有 2 种表现形式:扩宽弯曲变形和收缩弯曲变形。当秧盘在宽度方向上的距离大于标准秧盘宽度标定值,属于扩宽弯曲变形;当秧盘在宽度方向上的距离小于标准秧盘宽度标定值时,属于收缩弯曲变形。秧盘弯曲通过秧盘弯曲变形度 B 进行特征表征。

如图 7 所示,测量一个底部拥有 4 个角的秧盘 $ABCD$ 的弯曲变形度。将秧盘 $ABCD$ 放置于水平基准面上;秧盘弯曲变形后,即由原来的规则形状 $ABCD$ (实线部分表示的秧盘图形)变为不规则变形形状 $A_1B_1C_1D_1$ (虚线部分表示的秧盘图形)。测出变形后的秧盘 $A_1B_1C_1D_1$ 在宽度方向上的最大宽度 $L_{\max}$ (扩宽弯曲变形)与最小宽度 $L_{\min}$ (收缩弯曲变形),将 $L_{\max}$ 和 $L_{\min}$ 分别与标准秧盘宽度 L_0 作比较,确定秧盘弯曲变形度

$$B = \max \left(\frac{L_0 - L_{\min}}{L_0}, \frac{L_{\max} - L_0}{L_0} \right) \times 100\% \quad (2)$$

式中 B ——弯曲变形度,%
 L_0 ——标准秧盘宽度,取 285 mm

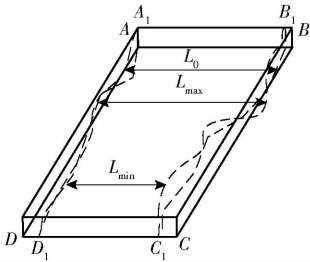


图 7 秧盘收缩弯曲
Fig. 7 Shrink of seedling trays

制定一种判别秧盘是否存在形变的方法:检测秧盘扭翘度、弯曲变形度、破裂长度,若扭翘度、弯曲变形度和破裂长度中至少有一个大于零,则该秧盘存在形变。

2.2 形变秧盘等级评价

秧盘分为无形变与形变 2 大类。秧盘形变是多种变形产生的一种综合结果,即秧盘可能存在单一或多种形变。基于形变参数指标与形变检测方法,依据多次育秧试验研究与工程经验,界定出秧盘形变等级,如表 1 所示。将形变秧盘分为轻度形变秧盘、中度形变秧盘、中重度形变秧盘和重度形变秧盘,形变秧盘实物如图 8 所示。

按上述规范对秧盘准确定级后,规范其适用准则:

(1)轻度与中度形变秧盘均属小变形。对于轻度形变的秧盘,可继续使用。对于中度形变秧盘,若翻边或盘底存在稍大断破,作业时应予剔除。

表 1 形变秧盘等级规范

Tab.1 Level specification of tray deformation

扭翘度 Q/mm	弯曲变形度 $B/\%$	破裂长度 P/mm	等级评定
0	0	0	无形变
0 ~ 10	0 ~ 10	0 ~ 25	轻度形变
10 ~ 25	10 ~ 20	25 ~ 45	中度形变
25 ~ 40	20 ~ 30	45 ~ 70	中重度形变
≥ 40	≥ 30	≥ 70	重度形变

注:形变秧盘有多种变形时,评定等级取指标高的形变参数所对应的等级。

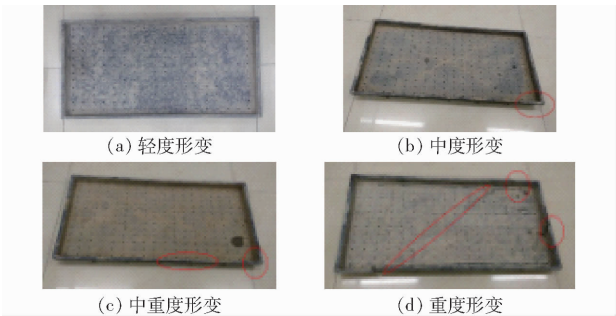


图 8 形变秧盘实物图

Fig. 8 Physical maps of deformed trays

(2)对于中重度形变的秧盘,变形量较大,作业时应选择剔除。若秧盘关键区域处遍布多条断裂缝、破裂长度较大,盘底加强筋条破损严重的形变秧盘则直接剔除。

(3)对于重度形变的秧盘,作业时直接剔除,否则会导致工厂化自动育秧作业中断,浪费种子、育秧土和人工等。

3 试验

为了验证形变秧盘等级评价的科学性,以供盘成功率、叠盘成功率和种子外露率作为试验验证评价指标,利用 2SJB-500 型水稻精密播种育秧生产线进行不同形变秧盘的育秧性能试验。

3.1 试验平台及主要技术参数

2SJB-500 型水稻精密播种育秧生产线(含自动供盘与叠盘装置)如图 9 所示,主要技术参数见表 2。该生产线适用于不同水稻品种、不同规格软(硬)秧盘(钵体盘、钵体毯状盘、毯状盘)的工厂化秧盘育秧精密播种作业。该生产线可一次性完成自动供盘、铺床土、压(刮)床土、淋洒水、精密播种(撒、条和穴播)、覆表土、压盘、清扫、自动叠盘等多



图 9 2SJB-500 型水稻精密播种育秧生产线

Fig. 9 Precision seeding planter on rice factory seedling nursing with 2SJB-500

项作业工序。

试验前对生产线进行检定,校准。接通电源开关,调整控制箱中的电动机变频器旋钮,加入种子和土壤;铺扫土等装置调至正常工作状态,在正常的排种压强条件下进行精密播种;对于自动供盘与自动叠盘装置,启动前调整气阀进气量,接通电源,调整生产率;将形变秧盘放入试验台,进行育秧试验。

表 2 主要技术参数
Tab.2 Main technical parameters

参数	数值/型式
输送方式	橡胶滚轮
样机外形尺寸(长×宽×高)/ (mm×mm×mm)	9 800×550×1 300
机体质量/kg	650
生产率/(盘·h ⁻¹)	400~1 000
调速方式	旋钮调速
供种方式	螺旋勺轮与电磁振动
自动供(叠)盘	气动式
种箱容积/cm ³	2.4×10 ⁴
床土箱容积/cm ³	8.0×10 ⁴
表土清土方式	左右螺旋刷清土

3.2 试验设计

3.2.1 试验材料

收集一批使用过的形变毯状硬秧盘,按照上述等级评价规范,筛选出符合上述指标量的 4 类形变秧盘(不含无形变类型的秧盘)各 60 个,这 60 个秧盘中,单一形变、含 2 种形变和 3 种形变同存的秧盘分别 20 个,共计 240 个形变秧盘。试验地点为华南农业大学工程学院实验室,试验配套使用土壤为稻田沙壤土(粉碎处理后经 3 目筛网筛选,含水率 14%~20%),催芽稻种(培杂泰丰杂交稻,芽长小于等于 2 mm,含水率达到 24%左右^[25-27]),试验现场如图 10 所示。



图 10 试验现场

Fig.10 Test on precision seeding planter on rice factory seedling nursing with 2SJB-500

3.2.2 验证评价指标选定

2SJB-500 型水稻精密播种育秧生产线的自动供盘与叠盘环节,作业时均需对秧盘进行准确限位、触发检测、有效夹持或抬升边缘翻边,才可完成自动化作业。尤其在叠盘环节,对秧盘的新旧、形变等级有更高的指标要求。一般而言,若能达到自动叠盘技术指标的秧盘,可满足自动供盘、自动输送等前工

序的机械化操作。综合考虑,试验选取供盘成功率、叠盘成功率和种子外露率 3 个技术指标作为验证评价指标。

供盘成功率、叠盘成功率和种子外露率 3 个指标定义如下:供盘成功率是指供盘成功数与总供盘数的百分比;叠盘成功率是指叠盘成功数与总叠盘数的百分比;种子外露率是指选取区域(预试验得知,土壤外露主要发生在顶层秧盘前端和后端边缘区域;因此分别选取秧盘前、后 3 排统计种子外露)的种子外露穴数与总穴数的百分比。

3.2.3 试验安排

水稻秧盘育秧生产线的生产率一般为 400~800 盘/h。根据实际生产,将生产率调至 400、600、800 盘/h 3 个水平进行精密播种育秧;自动供盘装置设定每次供送 10 个层叠的形变秧盘(每种形变秧盘共 6 次作业);自动叠盘装置设定叠盘数目为 3 盘/次(每种形变秧盘共 20 次作业);按照轻度、中度、中重度、重度形变秧盘的顺序进行试验,每组试验重复 10 次,试验结果取平均值,统计计算出不同形变秧盘的供盘成功率、叠盘成功率、种子外露率。

3.3 试验结果

4 类形变秧盘的试验结果见表 3,供盘成功率、叠盘成功率及种子外露率的变化趋势如图 11~13。

表 3 试验结果
Tab.3 Test results

形变秧盘 类型	生产率/ (盘·h ⁻¹)	供盘成功率/ %	叠盘成功 率/%	种子外露 率/%
轻度形变	400	100	100	0.11
	600	98	99	0.47
	800	97	96	0.82
中度形变	400	100	99	0.48
	600	97	95	2.21
	800	96	94	4.53
中重度形变	400	95	91	4.74
	600	93	89	5.67
	800	89	84	7.82
重度形变	400	85	84	7.79
	600	84	80	10.75
	800	83	74	12.84

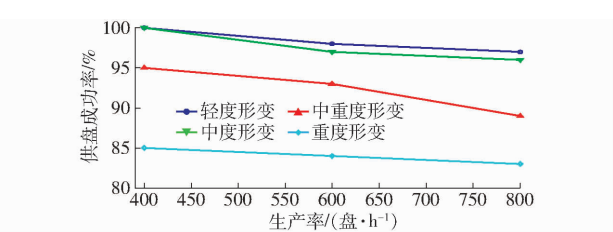


图 11 供盘成功率变化曲线

Fig.11 Changing curves of feeding success rate of deformation trays

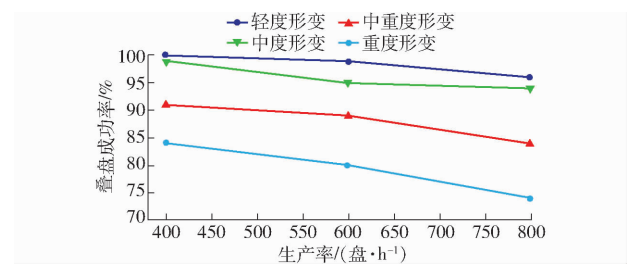


图 12 叠盘成功率变化曲线

Fig. 12 Changing curves of stacking success rate of deformation trays

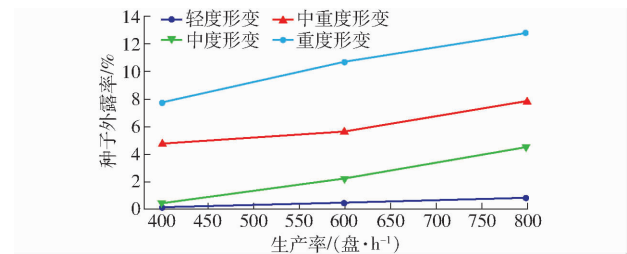


图 13 种子外露率变化曲线

Fig. 13 Changing curves of seed exposed rate of deformation trays

(1) 对于轻度与中度形变秧盘,当生产率为 400 ~ 800 盘/h,2 种形变秧盘供盘成功率大于等于 96%,叠盘成功率大于等于 94%,种子外露率小于 5%,满足工厂化自动精密育秧生产线作业的技术要求。2 类秧盘均属小变形。对于轻度形变秧盘,可继续使用;对于翻边存有稍大断破、盘底有较大裂缝的中度形变秧盘在自动供盘与叠盘作业时,抬放秧盘可靠性有所下降,存在供盘不顺、土壤外撒、夹持失准等问题。

(2) 对于中重度形变秧盘,当生产率为 400 ~ 800 盘/h,供盘成功率与叠盘成功率有明显的下降趋势,种子外露率有明显的上升趋势。当生产率等于 800 盘/h,供盘成功率小于 90%,叠盘成功率小于 85%,种子外露率大于 7%,该种形变秧盘虽可实现叠盘,但叠好的秧盘错位偏差距离大;扭翘较重、翻边破损多的秧盘在供盘时甚至出现无法抬盘现象,

象,盘底有较大裂缝的秧盘作业时,土壤外撒严重。

(3) 对于重度形变秧盘,随生产率递增,供盘成功率与叠盘成功率呈下降趋势,小于等于 85%,种子外露率呈明显增加趋势,大于 7%。自动供盘时存在严重卡盘现象,无法供盘;自动叠盘后的秧盘错位偏差距离远超过 5 cm、前后几乎不对齐;土壤外撒、漏土现象很严重;扭翘严重的秧盘不能顺利通过输送带,导致工厂化育秧操作失败。

4 结论

(1) 针对水稻秧盘形变问题,提出了一种形变测度技术,定义了形变参数指标,据此将形变秧盘进行等级评价,并编制其适用准则。秧盘因长期使用或运输不当等原因出现形变,影响工厂化育秧生产线的作业性能,以形变毯状硬秧盘为研究对象,提出一种形变测度方法,定义了破裂长度、扭翘度和弯曲变形度 3 个形变参数指标,据此将形变秧盘划分为轻度、中度、中重度和重度形变秧盘 4 种等级,并规范其适用准则。

(2) 为验证形变秧盘等级评价的科学性,进行了不同形变等级秧盘的育秧性能试验。以供盘成功率、叠盘成功率和种子外露率作为验证评价指标,利用 2SJB-500 型水稻精密播种育秧生产线进行了不同形变等级秧盘的生产性能试验。试验表明:对于 4 类形变秧盘,轻度形变与中度形变秧盘均属小变形。对于轻度形变秧盘,可继续使用;对于中度形变秧盘,翻边或盘底若存在较大断破迹象,作业时应当剔除,可用于生产率低的育秧生产线。对于中重度形变秧盘,形变参数较大,作业时应予剔除,边缘断破过多、盘底裂缝较大、扭翘严重的秧盘应直接剔除。对于重度形变秧盘,作业时直接剔除。

(3) 本研究提出的形变测度技术简便且易操作,能直观、形象地评价秧盘形变等级。

参 考 文 献

- 1 臧英,罗锡文,周志艳. 南方水稻种植和收获机械化的发展策略[J]. 农业机械学报,2008,39(1):60-63.
ZANG Ying,LUO Xiwen,ZHOU Zhiyan. Development strategy on rice planting and harvesting mechanization in south China[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2008,39(1):60-63. (in Chinese)
- 2 ZHANG Yuping,ZHU Defeng,XIONG Hong,et al. Development and transition of rice planting in China[J]. Agricultural Science & Technology,2012,13(6):1270-1276.
- 3 何瑞银,罗汉亚,李玉同,等. 水稻不同种植方式的比较试验与评价[J]. 农业工程学报,2008,24(1):167-171.
HE Ruiyin,LUO Hanyan,LI Yutong,et al. Comparison and analysis of different rice planting methods in China[J]. Transactions of the CSAE,2008,24(1):167-171. (in Chinese)
- 4 张洪程,龚金龙. 中国水稻种植机械化高产农艺研究现状及发展探讨[J]. 中国农业科学,2014,47(7):1273-1289.
ZHANG Hongcheng,GONG Jinlong. Research status and development discussion on high-yielding agronomy of mechanized planting rice in China[J]. Scientia Agricultura Sinica,2014,47(7):1273-1289. (in Chinese)
- 5 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 Haibo, 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)
- 6 马旭, 谭永炘, 齐龙, 等. 水稻秧盘育秧精密播种流水线软硬秧盘自动叠放装置[J/OL]. 农业机械学报, 2016, 47(3): 29–36. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20160305&journal_id=jcsam. DOI: 10.6041/j.issn.1000-1298.2016.03.005.
- MA Xu, TAN Yongxin, QI Long, et al. Automatic tray stacking device for hard and soft tray of rice precision seeding for nursing seedlings pipeline[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(3): 29–36. (in Chinese)
- 7 马旭, 陈林涛, 黄冠, 等. 水稻秧盘育秧播种生产线电控式软硬秧盘自动供盘装置[J/OL]. 农业机械学报, 2017, 48(6): 41–49. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20170605&journal_id=jcsam. DOI: 10.6041/j.issn.1000-1298.2017.06.005.
- MA Xu, CHEN Lintao, HUANG Guan, et al. Electric controlled automatic tray feeding device for hard and soft tray of rice precision seeding for nursing seedlings planter [J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2017, 48(6): 41–49. (in Chinese)
- 8 周海波. 水稻秧盘育秧精密播种机的关键技术研究与应用[D]. 长春: 吉林大学, 2009.
- ZHOU Haibo. Research and application on key technologies of precision seeders for tray nursing seedlings of rice[D]. Changchun: Jilin University, 2009. (in Chinese)
- 9 谭永炘. 气动式自动供盘与自动叠盘装置研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2015.
- TAN Yongxin. Study on pneumatic type automatic tray feeder and automatic tray stacker[D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2015. (in Chinese)
- 10 陈林涛, 马旭, 齐龙, 等. 水稻秧盘育秧流水线自动叠盘装备现状与展望[J]. 农机化研究, 2017, 39(6): 260–264.
- CHEN Lintao, MA Xu, QI Long, et al. Research and prospect of automatic tray stacking device of rice precision seeding for nursing seedlings pipeline[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2017, 39(6): 260–264. (in Chinese)
- 11 井關農機株式会社. 播種機用育苗箱自動供給装置: 昭 60–199304[P]. 1985–10–08.
- 12 久保田鐵工株式会社. 育苗箱供給装置: 昭 62–87008[P]. 1987–04–21.
- 13 鈴木鍛工株式会社. 播種裝置の育苗箱供給装置: 昭 61–58507[P]. 1986–03–25.
- 14 株式会社クボタ. 育苗箱積重ね機構: 2003246450[P]. 2003–09–02.
- 15 井關農機株式會社. 苗箱の段積裝置: 200347343[P]. 2003–02–18.
- 16 农业部南京农业机械化研究所. 自动供盘器: ZL 98227269.3[P]. 1999–08–04.
- 17 李革, 李明杰, 王益君, 等. 拨轮式秧盘叠盘机: 103086158A[P]. 2013–05–08.
- 18 应孔月, 李革, 王益君, 等. 一种多拨片秧盘供给机: 204124837U[P]. 2015–01–28.
- 19 马旭, 李泽华, 梁仲维, 等. 我国水稻栽植机械化研究现状与发展趋势[J]. 现代农业装备, 2014(1): 30–36.
- MA Xu, LI Zehua, LIANG Zhongwei, et al. Research status and development trend of rice transplanting mechanization in China [J]. Modern Agricultural Equipments, 2014(1): 30–36. (in Chinese)
- 20 ZHANG W, NIU Z J, LI L H, et al. Design and optimization of seedling-feeding device for automatic maize transplanter with maize straw seedling-sprouting tray[J]. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 2015, 8(6): 1–12.
- 21 LI L H, WAN C, ZHANG X Y. Improvement and optimization of preparation process of seedling-growing bowl tray made of paddy staw[J]. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 2014, 7(4): 13–22.
- 22 LIU K S, WIATRTRK P. Corn production response to tillage and nitrogen application in dry-land environment[J]. Soil and Tillage Research, 2012, 124: 138–143.
- 23 PIRASTEH-ANOSHEH H, EMAM Y, ASHRAF M. Impact of cycocel on seed germination and growth in some commercial crops under osmotic stress conditions[J]. Archives of Agronomy and Soil Science, 2014; 60(9): 1277–1284.
- 24 SULEWSKA H, SMIATACZ K, SZYMANSKA G. Seed size effect on yield quantity and quality of maize (*Zea mays* L.) cultivated in South East Baltic region[J]. Zemdirbyste- Agriculture, 2014, 101(1): 35–40.
- 25 孙涛, 商文楠, 金学泳, 等. 不同播种粒数对水稻生育及其产量的影响[J]. 中国农学通报, 2005, 21(7): 134–137.
- SUN Tao, SHANG Wennan, JIN Xueyong, et al. Effects of different seeding quantity on rice growing and yield [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2005, 21(7): 134–137. (in Chinese)
- 26 YI S J, LIU Y F, WANG C, et al. Experimental study on the performance of bowl-tray rice precision seeder[J]. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 2014, 7(1): 17–25.
- 27 赵立新, 郑立允, 王玉果, 等. 振动气吸式穴盘播种机的吸种性能研究[J]. 农业工程学报, 2003, 19(4): 122–125.
- ZHAO Lixin, ZHENG Liyun, WANG Yuguo, et al. Seed suction performance of vibrational air-suction tray seeder[J]. Transactions of the CSAE, 2003, 19(4): 122–125. (in Chinese)