

# 水稻叠盘出苗育秧的种子出苗特性及秧苗机插效果

陈惠哲<sup>1</sup> 向 镜<sup>1</sup> 王岳钧<sup>2</sup> 徐一成<sup>1</sup> 陈叶平<sup>2</sup>

张玉屏<sup>1</sup> 张义凯<sup>1</sup> 朱德峰<sup>1,\*</sup>

(<sup>1</sup>中国水稻研究所/水稻生物学国家重点实验室,浙江 杭州 310006; <sup>2</sup>浙江省种植业管理局,浙江 杭州 310020)

**摘要:**为给机插育秧技术发展提供合理模式,本研究以常规超级早籼稻中早 39 为材料,设置了叠盘出苗育秧(DP)、大棚摆盘育秧(BP)、传统育秧(CK)3 个处理,比较不同育秧模式的出苗温湿度环境差异、种子出苗特性、秧苗素质、机插效果和水稻产量等。结果表明,与传统育秧的温、湿度随外界环境、昼夜交替而大幅波动不同,DP 出苗室可控制温度在 29~32℃ 之间,相对湿度在 70%~90% 之间,有利于种子提前出苗,其种子  $\alpha$ -淀粉酶活性强,出苗率较 BP 和 CK 分别提高 19.45 和 15.70 个百分点;DP 的秧苗株高较 BP 和 CK 分别高 0.32 和 0.41 cm,且秧苗生长均匀,整齐度高,标准苗比例高;不同育秧模式的秧苗机插质量比较发现,每丛株数表现为 DP>BP>CK,漏秧率由高到低依次为 CK>BP>DP,表明 DP 可通过提高出苗率,降低机插漏秧;相同栽插密度下,水稻产量由高至低表现为 DP>BP>CK,DP 的平均籽粒产量分别较 BP 和 CK 增加 4.5% 和 13.1%,其增产主要原因是具有较高的有效穗数。综上所述,叠盘出苗育秧模式能提高种子出苗率,缩短出苗时间,提高秧苗均匀度,并降低机插漏秧率,提高机插质量,通过增加有效穗数从而实现增产效应,有利于促进育秧社会化服务及机插技术发展。

**关键词:**水稻;叠盘;出苗特性;机插;产量

DOI:10.11869/j.issn.100-8551.2020.12.2823

机械化种植是实现水稻全程机械化生产的关键<sup>[1-3]</sup>,机插秧是我国水稻机械化生产的主要发展方向,目前我国水稻机械化种植面积接近 45%,主要以机插秧为主。推广先进适用的育秧技术模式,解决育秧关键问题,培育标准化健壮机插秧苗,是我国机插秧技术发展的关键<sup>[4-5]</sup>。南方传统水稻机插育秧模式通常是流水线播种后直接摆盘,或大田泥浆摆盘后手工播种育秧,由于出苗环境不可控,难以保证出苗适宜的温湿度,育秧过程普遍存在出苗不整齐、烂种烂秧、秧苗病害严重等问题,秧苗素质差,影响机插效果。水稻叠盘出苗育秧模式,通过选用优良品种、育秧基质、先进播种装备、叠盘暗出苗、智能化出苗室、适宜温湿度控制等关键技术,由专业育秧中心集中完成育秧播种和出苗,将针状出苗秧连盘提供给育秧户,然后于大棚或秧田等不同育秧场所完成后续育秧过程。该模式具

有技术标准化程度高、育秧能力强、育苗成本低等特点,有利于促进机插育秧社会化服务发展<sup>[6]</sup>。暗室叠盘出苗育秧模式,在浙江诸暨、萧山、绍兴、衢江等地试验示范,已取得较好的应用效果<sup>[7-11]</sup>,认为育秧不受外界气温高低的影响,尤其是早稻育秧,出苗率高、出苗快、秧苗整齐健壮,可提高水稻机插产量。集中化、轻简化、自动化和智能化是水稻机插育秧的方向发展<sup>[12]</sup>,随着技术模式的进一步完善和成熟,水稻机插叠盘出苗育秧技术应用将越来越广,但对其出苗育秧环境、种子出苗特性及秧苗机插效果的研究仍不明确。本研究以超级早稻品种中早 39 为材料,通过比较不同育秧模式下的温湿度环境差异,并分析其对种子出苗特性、秧苗素质、机插效果和水稻产量等的影响,以期水稻机插秧高产高效栽培提供参考,促进机插秧技术模式创新。

收稿日期:2019-05-23 接受日期:2019-09-13

**基金项目:**新疆维吾尔自治区科技支疆项目(2019E0252),科技部科研院所技术开发研究专项(2013EG134237),浙江省重点研发项目(2019C02017),中国农业科学院基本科研业务费院级统筹专项(2020)

**作者简介:**陈惠哲,男,研究员,主要从事水稻高效栽培技术研究。E-mail:chenhuizhe@163.com

\* **通讯作者:**朱德峰,男,研究员,主要从事水稻高效栽培技术研究。E-mail:cnrice@qq.com

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试水稻品种为常规超级早籼稻中早 39, 由中国水稻研究所提供。

### 1.2 试验设计

试验于 2016 年在浙江诸暨育秧工厂及中国水稻研究所富阳试验基地进行, 设置 3 种育秧方式: ① 叠盘出苗育秧 (DP), 采用矢崎 SYS-1000C 播种流水线播种, 中锦牌水稻机插育秧全基质, 标准机插秧盘 (内径, 长 580 mm, 宽 280 mm, 高 28 mm) 育秧, 播种量 120 g/盘, 浸种催芽种子露白, 播种后每 20 只秧盘垂直叠放整齐, 置于暗室出苗, 暗室四周采用具有遮光、保温、保湿效果的泡沫夹芯板封闭, 利用浙江托普仪器有限公司开发的育秧智能化监测及控制平台控温控湿, 其中设置温度为 30~32℃, 湿度为 90%, 当种子 80% 出苗, 芽长约 0.5 cm 时统一放入大棚育秧管理, 具体操作过程如图 1; ② 大棚摆盘育秧 (BP), 采用矢崎 SYS-1000C 播种流水线播种, 中锦牌水稻机插育秧全基质, 播种量 120 g/盘, 与叠盘出苗育秧不同之处在于流水

线播种后, 直接置于大棚, 平铺摆盘育秧; ③ 传统育秧 (CK), 将稻田旱地土粉碎过筛, 每 100 kg 土加 250 g 复合肥 (N-P-K 有效成份 15-15-15), 搅拌均匀后做育秧土, 播种量 120 g/盘, 手工播种, 然后直接置于大棚, 平铺摆盘育秧。每处理 20 盘, 3 次重复。

于 3 月 22 日播种, 提前做好选种、晒种, 用 25% 咪鲜胺杀菌防病浸种 48 h, 催芽露白后按处理要求播种育秧, 至秧苗在三叶期以上, 秧苗秧龄 30 d 时, 统一于 4 月 21 日用洋马高速插秧机 VP-6 进行栽插, 不同处理机插取秧一致, 横向取秧次数 18 次, 纵向取秧设置在 7 档, 插后不补苗, 每种模式分别按 D1 (机插规格 30 cm×12 cm)、D2 (机插规格 30 cm×16 cm) 进行机插, 每处理种植面积 60 m<sup>2</sup> 以上, 3 次重复。大田肥水和病虫害管理各处理一致, 纯氮总量 180 kg·hm<sup>-2</sup>、五氧化二磷 45 kg·hm<sup>-2</sup>、氧化钾 112.5 kg·hm<sup>-2</sup>。氮肥为尿素, 基肥、分蘖肥和穗肥的比例分别为 50%、30% 和 20%, 分蘖肥在机插一周内施用; 磷肥为过磷酸钙, 全部作基肥施用; 钾肥为氯化钾, 在穗肥时一次性施入。采用好气灌溉的水分管理方法, 水稻生长期适时病虫害管理, 保持植株生长发育正常。

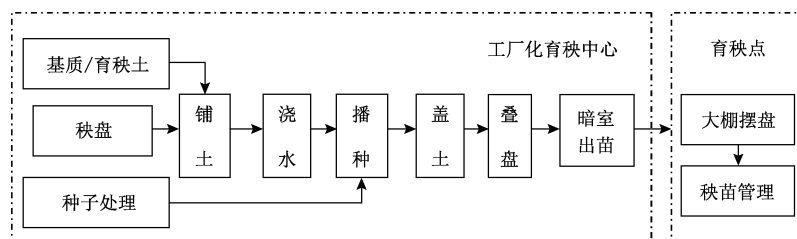


图 1 水稻叠盘出苗育秧工艺流程

Fig.1 Technological process of rice tray-overlaying seedling raising mode

### 1.3 测定项目及方法

1.3.1 出苗环境温度和湿度 在暗出苗室和育秧大棚放置温湿度记录仪, 每隔 1 h, 自动采集和记录暗室和育秧大棚的温度、湿度。

1.3.2 出苗速度及出苗率 每处理选择 3 盘, 放置 10 cm×10 cm 的正方形线圈, 播种后定期观察秧盘内种子的出苗情况, 每天 10:00 调查出苗数。秧苗生长至一叶一心期时, 调查不同处理的出苗数量, 统计出苗率。

1.3.3 种子淀粉含量及酶活性 在种子出苗 (播种 64 h) 后参照《现代植物生理学实验指南方法》<sup>[13]</sup> 测定种子淀粉含量, 并对不同处理的种子进行总淀粉酶活性和 α-淀粉酶活性测定。

1.3.4 秧苗素质 机插前各处理选取具有代表性植株 30 株, 测定秧苗株高、叶龄、根干重和地上部干重等, 并将植株地上部与地下部分离, 105℃ 杀青 15 min, 80℃ 烘干至恒重, 测定干物质重, 计算根冠比, 每个处理 3 次重复。

1.3.5 秧苗整齐度 从秧盘取 10 cm×10 cm 的秧块, 调查所有秧苗的高度, 根据苗高进行分类<sup>[14]</sup>; 以各处理的平均值为基准, 高度低于和高于基准值 30% 的分别归为小苗和大苗, 其他为标准苗, 统计各类秧苗占群体的比例, 计算秧苗整齐度。

1.3.6 机插质量 各处理选取代表点, 调查 2 行, 每行 30 丛, 调查每丛秧苗数、翻秧数 (翻倒但根部不漂的秧苗数)、漂秧数 (翻倒且根部起漂秧苗)、伤秧数和

漏插丛数,并根据数据统计基本苗数和漏插率<sup>[15-16]</sup>,3次重复。根据公式计算漏插率、漂秧率、伤秧率和翻秧率:

$$\text{漏插率} = \text{缺株丛数} / \text{调查总丛数} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{漂秧率} = \text{漂秧株数} / \text{调查总株数} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{伤秧率} = \text{伤秧株数} / \text{调查总株数} \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{翻秧率} = \text{翻秧株数} / \text{调查总株数} \times 100\% \quad (4)$$

1.3.7 茎蘖动态 不同处理机插后选取代表性的3个点,至高峰苗前每周定点考查秧苗分蘖数,每点考查20丛,穗数稳定后每14 d调查一次。

1.3.8 考种与测产 成熟期各处理调查有效穗,每小区调查30丛,计算每丛平均穗数,以平均穗数为标准,选取3丛代表性植株,测定每穗粒数、结实率和千粒重,每小区选6 m<sup>2</sup>实割,晒干换算成标准含水量后计算小区籽粒产量,每处理3次重复。

#### 1.4 数据分析

应用 Microsoft Excel 2010 进行数据处理及作图,采用 SAS 9.1 统计软件, LSD 法 ( $P < 0.05$ ) 对试验数据进行统计分析和显著性测验。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同育秧模式下种子出苗环境的温湿度差异

通过比较叠盘出苗育秧模式下出苗室及传统大棚育秧的温、湿度差异可知(图2),在出苗室叠盘育秧时,水稻种子出苗期间的温度相对稳定,播种后的秧盘刚放进时,温度为26.6℃,不到2 h 出苗室温度就上升至31℃以上,之后温度基本在29.5~32.2℃之间变化,出苗期间的平均温度为30.9℃;而在育秧大棚育秧时,水稻种子出苗期间的温度则随着昼夜交替而波动较大,晚间气温最低时可至2~3℃,晴天中午气温最高可达30℃以上,出苗期间的平均温度仅为13.4℃,远低于出苗室温度。比较出苗室及育秧大棚出苗期间的湿度可知,出苗室相对湿度基本在70%~90%之间,出苗期间的平均相对湿度为82.2%;而育秧大棚种子出苗期间的相对湿度同样随着昼夜交替而波动较大,晚间相对湿度在40%左右,而白天可高达95%以上,出苗期间的平均相对湿度为79.5%,与出苗室相差2.7个百分点。

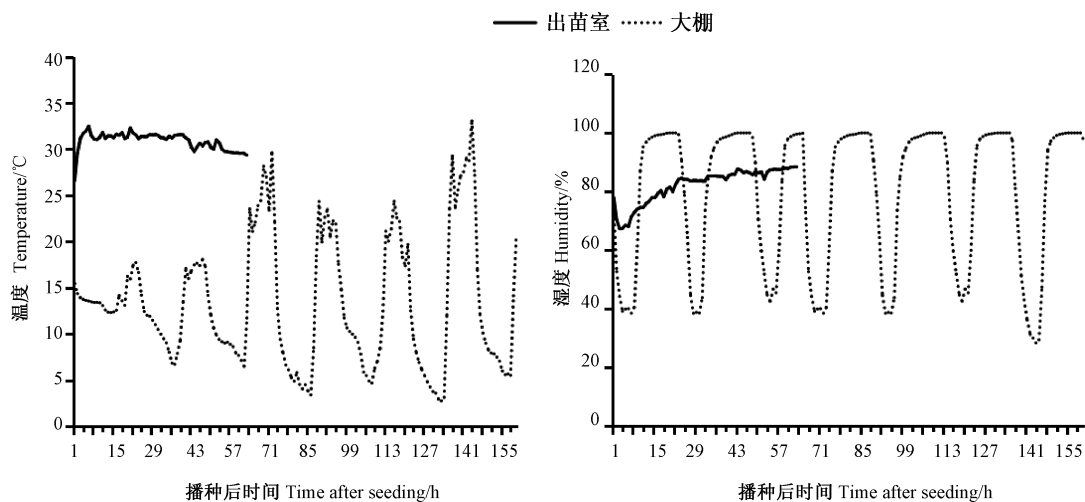


图2 不同育秧模式下种子出苗的温湿度差异

Fig.2 Temperature and humidity difference between different seedling raising modes

### 2.2 种子出苗及生理指标

比较不同育秧模式种子的出苗时间发现(表1),采用叠盘出苗育秧(DP),水稻种子出苗时间为64 h,而大棚摆盘育秧(BP)和传统育秧(CK)的出苗时间均为160 h;种子出苗率也是DP最高,达到65.59%,BP和CK的出苗率分别为46.14%和49.89%,说明通过叠盘出苗,控制温度和湿度,种子出苗时间可大幅度提前,且出苗率高。结合图2,按出苗期间的日平均温度及出苗天数计算出苗积温,

出苗室叠盘育秧所需积温为82.32℃,而大棚育秧出苗所需积温为89.07℃,二者差异不大。在育秧过程中,通过观测病害情况发现,CK秧苗的立枯病严重,而DP和BP由于采用基质育秧,基质做好了调酸和消毒,均未发现秧苗立枯病发生。

种子萌发指种子从开始吸水至胚根突破种皮的一系列有序的生理和形态发生过程。水稻种子萌发受环境、体内多糖等影响<sup>[17]</sup>,其中淀粉是水稻种子中最主要的成份,为种子萌发提供重要物质及能量。中早39

种子播种前测定的淀粉含量为 63.44%, 比较播种后不同处理种子的淀粉含量, 64 h 后 DP 的淀粉含量为 11.31%, 远低于 BP 和 CK 的 22.79% 和 23.15%, 且差异达显著水平。淀粉酶是水稻种子萌发初期最重要的水解酶, 水稻种子萌发过程中, 胚乳中的淀粉在淀粉酶的作用下分解为可溶性糖, 为胚芽生长提供所需的原料和能量<sup>[18-20]</sup>, 播种 64 h 后测定不同处理的总淀粉酶活性, 虽然 DP 最高, 为 12.75 mg·g<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>, 但与 BP 和 CK 差异不显著; 而 DP 的 α-淀粉酶活性为 12.72 mg·g<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>, 显著高于 BP 和 CK。结果表明, 叠盘出苗模式下 α-淀粉酶活性强, 有利于淀粉等消化, 促进种子萌发。

表 1 不同育秧模式的种子出苗时间、出苗率和病害情况

Table 1 Effects of different seedling raising modes on seed emergence time, seedling emergence rate and seedling disease			
处理 Treatment	出苗时间 Seed emergence time/h	出苗率 Seedling emergence rate/%	病害情况 Disease
叠盘出苗育秧 DP	64b	65.59a	无病
大棚摆盘育秧 BP	160a	46.14b	无病
传统育秧 CK	160a	49.89b	立枯病严重

注: 同列不同小写字母表示处理间差异显著 ( $P<0.05$ )。下同。  
Note: Different lowercase letters in the came column indicate significant difference at 0.05 level. The same as following.

表 3 不同育秧模式的秧苗素质

Table 3 Seedling quality of different seedling raising modes					
处理 Treatment	株高 Seedling height/cm	叶龄 Leaf age	地上部干重 Stem dry biomass/(mg/株)	根干重 Root dry biomass/(mg/株)	根冠比 Root-shoot ratio
叠盘出苗育秧 DP	14.22a	3.22a	24.96a	9.18a	0.368a
大棚摆盘育秧 BP	13.90b	3.21a	25.41a	9.62a	0.378a
传统育秧 CK	13.81b	3.24a	22.38b	7.58b	0.339b

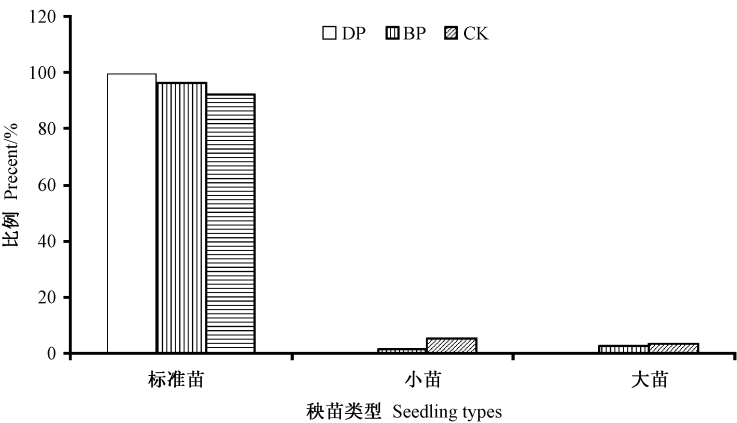


图 3 不同育秧模式的秧苗整齐度  
Fig.3 Seedling uniformity of different seedling raising models

表 2 育秧模式对种子淀粉含量及淀粉酶活性的影响

Table 2 Effect of Seedling raising mode on starch content and amylase activity of rice Seeds			
处理 Treatment	淀粉含量 Starch content /%	总淀粉酶活性 Total amylase activity / (mg·g <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	α-淀粉酶活性 α-amylase activity / (mg·g <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )
叠盘出苗育秧 DP	11.31b	12.75a	12.72a
大棚摆盘育秧 BP	22.79a	12.26a	11.38b
传统育秧 CK	23.15a	12.19a	11.30b

2.3 水稻秧苗素质

机插前取样, 对不同育秧模式的秧苗素质进行比较, 由表 3 可知, DP 秧苗的株高最高, 达 14.22 cm, 较 BP 和 CK 分别高 0.32 和 0.41 cm, 且差异显著; 不同处理的秧苗叶龄相差不大, 处理间差异不显著; 比较不同处理间的地上部重、根重、根冠比可知, DP 和 BP 间差异不显著, 但均显著高于 CK。

秧苗整齐健壮有利于机械作业。由图 3 可知, DP 的标准苗比例达 99.36%, 小苗比例为 0.64%; BP 的标准苗比例达 96.18%, 小苗和大苗比例分别为 1.27% 和 2.55%; CK 的标准苗比例仅为 92.05%, 而小苗和大苗比例分别达到 5.30% 和 3.31%, 表明叠盘出苗育秧模式下出苗快, 秧苗生长整齐均匀, 有利于培育机插标准秧苗。

2.4 不同育秧模式的水稻秧苗机插质量

比较不同育秧模式的秧苗机插质量(表4),方差分析结果表明,不同育秧模式处理对每丛株数,漂秧率、翻秧率和漏插率具有显著或极显著影响,但对伤秧率无显著影响;各处理内不同栽插密度对秧苗机插质量均无显著影响。DP的平均每丛株数为3.40株,较BP和CK分别高0.58、1.20株,这也与DP种子的出

苗率较高有一定关系,但BP的出苗率与CK相差较小,而机插后的每丛株数却高于CK,这可能与CK的秧苗立枯病严重,后期有较多秧苗枯死有关。机插漏秧率是衡量机插质量的一项重要指标,漏插率越高,机插质量越差。由表4可知,不同育秧模式的漏秧率由高到低依次为CK>BP>DP,其中CK的平均漏秧率分别较DP和BP高5.00和2.50个百分点。

表4 不同育秧模式的秧苗机插质量  
Table 4 Effects of different Seedling raising modes on transplanting quality

处理 Treatment	栽插密度 Planting density	每丛株数 No. of plants per hill	伤秧率 Hurted seedling rate/%	漂秧率 Floating seedling rate/%	翻秧率 Lodging seedling rate/%	漏插率 Unplanted hill rate/%
叠盘出苗 育秧 DP	D1	3.35a	3.33a	8.33a	5.00a	1.67a
	D2	3.45a	1.67b	6.67a	3.33a	3.33a
	平均值 Average	3.40	2.50	7.50	4.17	2.50
大棚摆盘 育秧 BP	D1	2.85a	1.67a	1.67b	5.00a	1.67b
	D2	2.78a	1.67a	8.33a	1.67a	8.33a
	平均值 Average	2.82	1.67	5.00	3.33	5.00
传统育秧 CK	D1	2.40a	1.67a	5.00a	3.33a	6.67a
	D2	2.00a	1.67a	5.00a	6.67a	8.33a
	平均值 Average	2.20	1.67	5.00	5.00	7.50
F 值 F value	T	97.47**	2.44	7.96**	15.23**	5.70*
	D	3.38	2.41	7.93*	5.11*	7.61*
	T×D	4.32	2.41	18.32**	65.93**	1.90

注:相同处理密度间不同的字母表示在0.05水平上差异显著。\*和\*\*分别表示在0.05和0.01水平影响显著和极显著;ns表示影响不显著;T:处理;D:密度;T×D:处理与密度互作。下同。  
Note: The values followed by the different letters are significantly different at 0.05 level within the same treatment in each column. \* and \*\* indicate significant and positive effects at 0.05 and 0.01 level, respectively. ns indicates that there is no prominent influence. T: Treatment. D: Density. T×D: Treatment and density interaction. The same as following.

2.5 不同育秧模式及栽插密度的水稻产量及产量构成

比较不同育秧模式及栽插规格对水稻产量及产量构成的影响,结果如表5所示。育秧模式对有效穗数、千粒重和籽粒产量有显著或极显著影响,对每穗粒数和结实率影响不显著,而栽插密度对有效穗数有显著影响。相同栽插密度下,不育秧模式的籽粒产量表现为DP>BP>CK,DP两种栽插密度的平均籽粒产量达7.88 t·hm<sup>-2</sup>,分别较BP和CK提高0.34和0.91 t·hm<sup>-2</sup>,增产分别达4.5%和13.1%;分析DP增产的原因,主要是其具有较高的有效穗数。相同育秧模式不同栽插密度间进行产量比较,均表现为D1>D2,表明机插水稻产量需要有合理的种植密度,以构建合理的高产穗数。

3 讨论

3.1 叠盘出苗育秧对种子出苗的影响及技术优势

以机插秧为主的机械化种植是我国稻作技术的发展方向<sup>[21-22]</sup>,机插秧需培育均匀、健壮、生长一致、无病及秧龄适宜的机插秧苗,以提高机插效果,发挥水稻增产潜力<sup>[23-25]</sup>。在生产上,尤其是早稻,种子出苗不整齐、出苗差、烂种烂芽一直是困扰机插育秧普遍存在的问题<sup>[26]</sup>,合理控温控湿,创造有利于种子出苗的环境,促进出苗是机插育秧模式发展的方向,水稻叠盘出苗采用二段育秧模式,播种出苗前在工厂化育秧中心完成,其中核心是室内叠盘、控温控湿,可有效解决出苗难题。研究表明,水稻叠盘出苗育秧模式,可解决

表 5 育秧方式和栽插密度对水稻产量及产量构成的影响

Table 5 Effects of seedling raising methods and planting density on yield and yield components

处理 Treatment	栽插密度 Planting density	有效穗数 Number of panicles /( $\times 10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$ )	每穗粒数 Grain per panicle	结实率 Seed-setting rate /%	千粒重 1000-grain weight /g	籽粒产量 Grain yield /( $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ )
叠盘出苗 育秧 DP	D1	301.57a	141.20a	76.60b	27.68a	8.34a
	D2	240.71b	127.57a	85.89a	27.66a	7.41b
	平均值 Average	271.14	134.28	81.25	27.67	7.88
大棚摆盘 育秧 BP	D	237.73a	156.90a	80.69a	27.54a	7.77a
	D2	220.68b	161.07a	76.27a	27.45a	7.31b
	平均值 Average	229.21	158.98	78.48	27.50	7.54
传统育秧 CK	D1	213.22a	159.90a	81.62a	28.08a	7.07a
	D2	204.79a	134.52a	78.33a	28.14a	6.87b
	平均值 Average	209.00	147.21	79.97	28.11	6.97
F 值	T	34.23**	4.09	1.24	5.59*	4.51*
F value	D	21.17*	2.73	0.09	0.01	4.49
	T×D	6.73*	1.49	8.10*	0.08	0.73

出苗期间传统育秧温、湿度大起大落的问题,出苗温度控制在 29~32℃ 合理范围,保证合理湿度,可使出苗相对稳定,如早稻出苗时间可提前 96 h,出苗率较大棚摆盘育秧和传统育秧提高 15.70~19.45 个百分点,且秧苗整齐。出苗后在大棚或秧田完成后续育秧,管理方便,并有利于培育壮秧<sup>[6]</sup>,该模式对提高水稻生产的专业化、规模化和机械化水平有重要作用。采用叠盘出苗,其空间置盘量可增加 6 倍,且可叠盘运输出苗秧盘,实现长距离供秧,大幅降低运输成本,育供秧效率提高 10 余倍<sup>[7]</sup>,从而有利于提高机插育秧服务能力和供秧范围。专业育秧中心通过叠盘出苗,采用集中育供秧模式后,育秧的规模扩大,更需要加强育秧风险防范,明确关键环节的育秧技术标准,强化出苗环节的质量和标准控制,提高技术水平。另外,一般温度越高种子出苗快,但温度过高也会负面影响出苗率,进而影响秧苗形态的建立,因此,既能较快出苗又能保持较高出苗率的适宜出苗温度范围仍需进一步明确。

3.2 叠盘出苗育秧的秧苗机插效果及产量

机插质量是影响水稻产量的重要因素,其中漏秧是一项重要指标,由于受到播种量、秧苗质量、机械和整田质量等因素的影响,机插水稻难免会出现秧苗漏插现象<sup>[27-29]</sup>,一般认为漏插率 5% 以内对水稻产量的影响不大。研究表明,叠盘出苗育秧的机插漏插率仅为 2.50%,远低于传统育秧的漏秧率(7.50%),表明通过育秧模式创新可以显著改善机插质量,分析原因,其主要通过提高种子出苗率,增加秧苗数量,在取秧量不变的前提下,减少机插漏秧和增加每丛株数,从

而增加有效穗数,实现机插增产。这与张洪程等<sup>[30]</sup>指出机插秧要以足量的群体穗数和较大的穗型协调出足够的群体颖花量,并保持正常的结实率与粒重,实现高产的结论基本一致。在本研究中,相同育秧条件下,机插密度较高,其最终的籽粒产量也较高,这可能与试验材料为双季稻有关,双季稻限制产量的主要因素是有效穗数不足,因此,需要保障合理的种植密度,建立高产的穗数群体。

4 结论

水稻叠盘出苗育秧,通过集中叠盘,种子出苗期间可控制出苗室的温度为 29~32℃,相对湿度为 70%~90%,避免了传统育秧模式下温湿度随外界环境、昼夜交替而出现的大幅波动,有利于水稻种子出苗整齐并提高出苗率,叠盘出苗育秧的种子出苗时间比大棚摆盘处理和传统育秧提前 96 h,出苗率也显著提高,且秧苗生长均匀,整齐度高;同时降低了漏插率,提高了产量。可见,叠盘出苗育秧通过二段育秧,具有提早出苗,提高出苗率等优势,并解决了育秧出苗差、不整齐、烂种烂秧等问题,有利于推动机插育秧模式转型和育秧社会化服务,实现机插高产高效。

参考文献:

[1] 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

[2] 朱德峰, 张玉屏, 陈惠哲, 向镜, 张义凯. 中国水稻高产栽培技

- 术创新与实践[J]. 中国农业科学, 2015, 48(17): 3404-3414
- [ 3 ] 白人朴. 关于“十三五”我国农业机械化发展的思考[J]. 中国农机化学报, 2014, 35(4): 1-5
- [ 4 ] 于林惠, 丁艳锋, 薛艳凤, 凌启鸿, 袁钊和. 水稻机插秧田间育秧秧苗素质影响因素研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(3): 73-78
- [ 5 ] 李杰, 邓建平, 杨洪建, 孙流庆. 江苏省水稻机插集中育秧技术的发展与应用[J]. 中国稻米, 2016, 22(3): 56-59
- [ 6 ] 朱德峰, 王岳钧, 陈惠哲, 徐一成, 陈一平. 水稻机插叠盘出苗育秧模式[J]. 中国稻米, 2018, 24(3): 7-9
- [ 7 ] 寿建尧, 杨长登, 戚航英, 吴森贤. 超级早稻中早 39 叠盘暗出苗机插育秧模式增产机理和操作规程[J]. 中国稻米, 2017, 23(2): 57-59
- [ 8 ] 周爱珠, 朱德峰, 金昌盛, 徐刚勇. 早稻机插叠盘出苗育秧效果试验[J]. 农业科技通讯, 2017(7): 104-106
- [ 9 ] 潘一峰, 高兴友. 水稻机插秧叠盘暗出苗育秧技术[J]. 上海农业科技, 2018(4): 52-53, 55
- [ 10 ] 鲁立明, 陈少杰, 蒋琪, 张怀杰. 叠盘出苗稀播技术对单季晚稻产量的影响[J]. 中国稻米, 2018, 24(4): 84-85
- [ 11 ] 赵青松, 狄霖, 胡锁军, 钟志仁. 叠盘暗化催芽处理对水稻秧苗素质的影响[J]. 中国稻米, 2016, 22(5): 71-73
- [ 12 ] 陈林涛, 马旭, 齐龙, 鹿芳媛, 孙国栋, 陈桂生, 谭永炘. 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, 268
- [ 13 ] 中国科学院上海植物生理研究所, 上海市植物生理学会. 现代植物生理学实验指南方法[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 123-123, 131-132
- [ 14 ] 张庆, 徐晓杰, 徐洁芬, 朱邦辉, 徐玉峰, 朱晓玉. 硬地喷灌育秧方式下播种量对“武运粳 30 号”机插秧秧苗素质的影响[J]. 上海农业科技, 2017(1): 30-31
- [ 15 ] 陈惠哲, 向镜, 徐一成, 林贤青, 张玉屏, 朱德峰. 水稻免耕机插质量、生长特性及产量形成[J]. 中国水稻科学, 2013, 27(6): 610-616
- [ 16 ] 陈惠哲, 徐一成, 向镜, 张玉屏, 朱德峰. 免耕条件下泡田对土壤容重及水稻机插质量的影响[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2015, 36(3): 79-82
- [ 17 ] 张文平, 杨臻, 吴佩佳, 李依扬, 程新, 李昆太. 乳酸菌胞外多糖对逆境胁迫下水稻种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 核农学报, 2019, 33(1): 138-147
- [ 18 ] Brown H T, Morris G H. Researches on the germination of some of the Gramineae[J]. Journal of the Chemistry Society, 1980, 57: 458-528
- [ 19 ] Palmiano E P, Juliano B O. Biochemical changes in the rice grain during germination[J]. Plant Physiology, 1972, 49: 751-756
- [ 20 ] 言普, 李桂双, 段俊. 高压对水稻种子细胞膜透性和淀粉酶活性的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2007, 33(2): 174-179
- [ 21 ] 张文毅, 袁钊和, 吴崇友, 金梅. 水稻种植机械化进程分析研究——水稻种植机械化由快速向高速发展的进程[J]. 中国农机化, 2011, 32(1): 19-22
- [ 22 ] 朱德峰, 张玉屏, 陈惠哲, 向镜, 张义凯, 王亚梁. 我国稻作技术转型与发展[J]. 中国稻米, 2019, 25(3): 1-5
- [ 23 ] 徐一成, 朱德峰, 赵匀, 陈惠哲. 超级稻精量条播与撒播育秧对秧苗素质及机插效果的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(1): 99-103
- [ 24 ] 姚雄, 杨文钰, 任万军. 育秧方式与播种量对水稻机插长龄秧苗的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(6): 152-157
- [ 25 ] Liu Q H, Wu X, Ma J Q, Chen B C, Xin C Y. Effects of delaying transplanting on agronomic traits and grain yield of rice under mechanical transplantation pattern[J]. PLoS One, 2015, 10(4): 123330
- [ 26 ] 邹应斌. 水稻育秧技术的历史回顾与发展[J]. 作物研究, 2018, 32(2): 163-168
- [ 27 ] 沈建辉, 邵文娟, 张祖建, 杨建昌, 曹卫星, 朱庆森. 水稻机插中苗双膜育秧落谷密度对苗质和产量影响的研究[J]. 作物学报, 2004, 30(9): 906-911
- [ 28 ] 徐一成, 朱德峰, 陈惠哲. 不同机插密度对免耕机插水稻生长及产量形成的影响[J]. 中国农机化学报, 2014, 35(5): 9-12
- [ 29 ] 陈惠哲, 徐一成, 张玉屏, 向镜, 张义凯, 朱德峰. 超级早稻钵形毯状秧苗机插效果及产量形成[J]. 中国农业科学, 2019, 52(23): 4240-4250
- [ 30 ] 张洪程, 赵品恒, 孙菊英, 吴桂成, 徐军, 端木银熙, 戴其根, 霍中洋, 许轲, 魏海燕. 机插杂交粳稻超高产形成群体特征[J]. 农业工程学报, 2012, 28(2): 39-44

## Seedlings Emergence Characteristics and Transplanting Quality Using the Tray-Overlaying Seedlings Raising Mode in Rice Mechanized Transplanting Systems

CHEN Huizhe<sup>1</sup> XIANG Jing<sup>1</sup> WANG Yuejun<sup>2</sup> XU Yicheng<sup>1</sup> CHEN Yeping<sup>2</sup>  
ZHANG Yuping<sup>1</sup> ZHANG Yikai<sup>1</sup> ZHU Defeng<sup>1,\*</sup>

(<sup>1</sup> China National Rice Research Institute/State Key Laboratory of Rice Biology, Hangzhou, Zhejiang 310006;

<sup>2</sup> Zhejiang Crop Production Administration Bureau, Hangzhou, Zhejiang 310020)

**Abstract:** In order to provide a reasonable mode for the development of machine transplanting technology, super early *indica* rice Zhongzao39 was raised in three modes, such as tray-overlaying seedling raising mode (DP), swing-plate seedling raising mode (BP), and traditional seedling raising mode (CK). The differences of temperature and humidity during seedlings emergence stage, seed emergence characteristics, seedling quality, transplanting quality and rice yield were investigated among different seedling raising modes. The results showed that, the temperature and humidity were fluctuated with day and night alternation in the traditional seedling raising mode; the temperature was kept in 29 to 32°C in the seedling emergence room for DP, and the relative humidity was kept in 70% to 90%, which was the best condition for the seedling emergence. The seedling emergence rate of DP was 19.45% and 15.70% higher than BP and CK, respectively, which was due to the higher activity of  $\alpha$ -amylase activity increase. For seedling characteristics of 30 days, the seedling height of DP treatment was 0.32 and 0.41cm higher than BP and CK, and presented a higher percentage of standard seedlings in DP than in BP and CK. The transplanting quality among all treatment showed that the seedling number per hill followed the order of DP > BP > CK, and missing seedling percentage abided by CK>BP>DP, which indicated the low missing seedling percentage related to high seedling emergence in DP. The treatments could be ranked from highest yield to lowest, as follows: DP > BP > CK. The yield of DP was higher 4.5% and 13.1% than BP and CK owing to the higher number of effective panicles in DP, respectively. The study indicated that, application of tray-overlaying seedling raising mode could enhance the seedling emergence rate, reduce the emergence duration, and increase the uniformity of seedlings, meanwhile the mode could significantly reduce the seedling missing percentage, and contribute to yield formation by increasing the number of effective panicles.

**Keywords:** rice, tray-overlay, seedling emergence characteristics, machine transplanting, yield