

# 栽培方式对有机栽培水稻产量与品质的影响

侯文平<sup>1</sup>, 王成瑗<sup>1,2\*</sup>, 张文香<sup>1</sup>, 赵磊<sup>1</sup>, 赵秀哲<sup>1</sup>, 高良文<sup>1</sup>, 于亚彬<sup>1</sup>, 韩霖<sup>1</sup>, 李岩<sup>1</sup>, 曹国鸿<sup>1</sup>

(1. 通化市农业科学研究院, 吉林 梅河口 135007; 2. 通化师范学院, 吉林 通化 134002)

**摘要:**以优质水稻品种“五优稻4号”为试验材料,通过改变株、行距和插秧行向,形成2~4行组的插秧方式,从引入边行效应和改善通风透光环境角度,针对插秧方式与栽培密度对有机水稻栽培产量与稻米品质的影响进行了试验研究。结果表明,产量最高的处理为4行组等株距插秧(60.0 cm+30.0 cm+30.0 cm+30.0 cm)×13.3 cm,比对照30.0 cm×20.0 cm(16.67穴/m<sup>2</sup>)增产12.32%。通过提高单位面积插秧穴数,降低单穴分蘖数量,在保证单位面积穗数的前提下,提高主穗比例,有利于提高饱满粒率和稻米品质;2行组(50.0 cm+30.0 cm)×20.0 cm和(50.0 cm+30.0 cm)×13.3 cm(12.50穴/m<sup>2</sup>、18.80穴/m<sup>2</sup>)由于2行均处于边行位置,籽粒充实度提高,有助于提高稻米品质。

**关键词:**水稻;有机栽培;株、行距;边行效应;产量

中图分类号:S511

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2020)01-0001-07

## Effects of Transplanting Ways on Yield and Quality of Organically Cultivated Rice

HOU Wenping<sup>1</sup>, WANG Cheng<sup>1,2\*</sup>, ZHANG Wenxiang<sup>1</sup>, ZHAO Lei<sup>1</sup>, ZHAO Xiuzhe<sup>1</sup>, GAO Liangwen<sup>1</sup>, YU Yabin<sup>1</sup>, HAN Lin<sup>1</sup>, LI Yan<sup>1</sup>, CAO Guohong<sup>1</sup>

(1. Tonghua Academy of Agricultural Sciences, Meihekou 135007; 2. Tonghua Normal University, Tonghua 134002, China)

**Abstract:** In this paper, “Wuyoudao 4”, a high quality rice variety, was used as the experimental material to form a 2~4 row transplanting mode by changing the plant, row spacing and transplanting direction. From the perspective of introducing side row effect and improving the ventilation and light environment, the effects of transplanting mode and planting density on the cultivation yield and rice quality of organic rice were studied. The result showed that the treatment with the highest yield was transplanting rice seedlings with equal spacing (60.0 cm+30.0 cm+30.0 cm+30.0 cm) ×13.3 cm in the 4-row group, which increased the yield by 12.32% compared with that of 30.0 cm×20.0 cm (16.67 holes/m<sup>2</sup>) with the control group. By increasing the number of transplanting holes per unit area, reducing the number of tillers per hole, and increasing the proportion of main panicle on the premise of ensuring the number of panicle per unit area, which was conducive to improving the full grain rate and rice quality. In the 2-row group (50.0 cm+30.0 cm) ×20.0 cm and (50.0 cm+30.0 cm) ×13.3 cm (12.50 holes/m<sup>2</sup>; 18.80 holes/m<sup>2</sup>), the grain plumpness increased because both rows were in the side row position, which was helpful to improve rice quality.

**Key words:** Rice; Organic cultivation; Plant and row spacing; Edge effect; Yield

水稻有机稻米生产是在符合有机农产品的生产环境下,在不使用转基因种苗,化学合成的农药、化肥、生长调节剂等物质的基础上,全程利用农业资源,生产过程遵循自然规律和生态学原

理,并获得有机食品认证的农产品<sup>[1-2]</sup>。有机农产品的生产由于杜绝使用转基因种苗,化学合成的农药、化肥、生长调节剂等物质<sup>[3]</sup>,与现行高产栽培比较必然会出现群体生物产量、经济产量低。生育期间杂草基数大,与水稻争水争肥、降低通风透光与土壤温度等现象,这些因素自然会影响到水稻产量<sup>[4]</sup>。在有机栽培环境下,改变任何一项栽培措施,创造有利于水稻生长的环境都会达到提高产量、改善品质的效果。水稻的栽培方式

收稿日期:2019-07-26

基金项目:世行贷款项目(X-MHK-ZX-JY-2012-01-H-001)

作者简介:侯文平(1973-),男,副研究员,硕士,主要从事水稻育种与栽培研究工作。

通讯作者:王成瑗,男,博士,研究员,E-mail: chengaiw@126.com

会直接影响水稻产量和稻米品质,插秧株距增加或行距减小,会降低秧苗对太阳光的吸收量,导致糙米率、精米率、整精米率不同程度的下降<sup>[5]</sup>。自然田块边行至邻近的2~3行都会不同程度受到边行效应的影响,其中边行最大,次则邻近边行的第2~3行。采用不等株、行距插秧,实行宽、窄行搭配,增加边行和边2行的比例,宽行距不仅有利于有机稻田人工除草,而且还可以通过边行效应提高产量<sup>[6-9]</sup>。根据栽培区水稻生长季节太阳高度角及移动轨迹,调整行向,使每行的两侧均能受到阳光照射,增加太阳光照时间、提高地温、增强行间通风量,不仅有利于减轻水稻病害、增强抗倒伏能力,而且还可以提高单位面积产量<sup>[10-12]</sup>。本研究通过选择高光效品种,改变栽培方式,调整株、行距和行向,实行宽、窄行搭配,等株距与错位插秧和不同株距搭配等措施,引入边行效应建立合理的群体结构,增加通风透光能力、延长下部叶片寿命、最大限度地延长中、下部叶片的受光时间等技术措施,提高群体的光合生产力与干物质积累量,在保证有机农产品质量的前提下,提高有机生产田的经济产量,改善稻米品质,最终达到提高经济效益的目的。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验区概况

试验于2013~2014年在梅河口市曙光镇有机稻米生产基地进行,试验区位于吉林省东南部,北纬42°32',东经125°38',海拔339.9 m,无霜期140 d(终霜期5月5日,初霜期9月22日),苗期积温(4月10日至5月24日)573.6°C·d,日照292.5 h,降水45.2 mm,插秧到收获期(5月25日至

9月25日)积温2491.5°C·d,日照861.5 h,降水557.5 mm,适合于种植中熟和中晚熟优质稻品种。该区域土质为土壤肥力较高的白浆型水稻土,土壤有机质30.5 g/kg,全氮2.0 g/kg,速效氮124.5 mg/kg,全磷2.1 g/kg,速效磷9.8 mg/kg,速效钾49.9 mg/kg,pH值6.3。采用海龙水库水(梅河口市饮用水源)自流灌溉,该基地连续5年种植有机水稻,并获得国家及吉林省有机稻米认证。

### 1.2 试验材料

以“五优稻4号”品种为试验材料,生育期143 d(中晚熟),属长粒型优良食味品种。

### 1.3 试验设计

根据水稻高光效栽培原理,按照太阳光照射的度角及运行轨迹设置行向<sup>[10-12]</sup>,达到试验区所有行上、下午均能接受到太阳光照射,试验区行向设计固定为“东北—西南”行向,并利用常规插秧方式(30.0 cm×20.0 cm,16.7穴/m<sup>2</sup>)东—西行向作为对照,进行产量与品质的比较。利用混合稀植栽培原理,增加试验处理各行边行效应的原理设计插秧方式<sup>[6-9]</sup>,设计出宽行50~60 cm,窄行30 cm的不等行距和株距13.3 cm、20.0 cm搭配的2~4行组,从中筛选高产、优质试验处理。

在确定行向(东北—西南)的基础上,试验通过设置不等行距(宽、窄行距搭配)、混合株距(不等株距)、等株距错位插秧(中间行与边行错位),设计了9个处理(表1),以常规栽培(30.0 cm×20.0 cm)为对照,并同时试验区进行了高光效行向(东北—西南)和常规栽培(东—西)产量与品质比较。试验设3次重复,每次重复7组,对照区25行,小区宽7.7~10.5 m,长12.0 m,小区面积92.4~126.0 m<sup>2</sup>。

表1 不同插秧方式与插秧密度的试验设计

原代号	株行距(cm)	穴数 (穴/m <sup>2</sup> )	行向	组内 行数	插秧方式
H1	(50.0+30.0)×20.0	12.50	东北—西南	2	不等行距、等株距插秧
H2	(50.0+30.0)×13.3	18.80	东北—西南	2	不等行距、等株距插秧
H3	(50.0+30.0+30.0)×20.0	13.64	东北—西南	3	不等行距、等株距插秧
H4	(50.0+30.0+30.0)×20.0	13.64	东北—西南	3	不等行距、中间与边行错位插秧
H5	(50.0+30.0+30.0)×(20.0,13.3,20.0)	15.94	东北—西南	3	不等行距、不等株距插秧
H6	(50.0+30.0+30.0+30.0)×20.0	14.29	东北—西南	4	不等行距、等株距插秧
H7	(50.0+30.0+30.0+30.0)×20.0	14.29	东北—西南	4	不等行距、中间2行错位插秧
H8	(50.0+30.0+30.0+30.0)×(20.0,13.3,13.3,20.0)	17.88	东北—西南	4	不等行距、不等株距插秧
H9	(60.0+30.0+30.0+30.0)×13.3	20.05	东北—西南	4	不等行距、等株距插秧
CK	30.0×20.0	16.67	东北—西南	—	等行距、等株距插秧

## 1.4 试验方法

4月12日,采用塑料大棚盘育苗,5月28日插秧,在标注线固定点处插秧,每穴插3~4苗;每公顷施15 000 kg腐熟的有机肥,翻地前均匀施到试验地,6月25~30日人工拔除杂草,水分管理同常规有机田。9月25日在每个小区内选择有代表性的点,每个处理等长度采收1组(1.7~2.5 m<sup>2</sup>)测定产量,并在相邻区域每个行组的边行、边2行或中间行各采收10穴样本,风干后室内考种,测定产量性状。测产样品脱粒3个月后,采用上海嘉定粮油仪器有限公司生产的JGMJ8098稻谷·精米检测机测定糙米率、精米率与整精米率,用泰国产佳能Cano Scan 5600F彩色图像扫描仪检测垩白粒率、垩白度,用日本佐竹公司生产的JSWL200大米食味计测定直链淀粉、蛋白质含量及食味值,按照NY147-88《食用稻米品质测定方法》测定与计算各项稻米品质指标。

试验获取的数据用Microsoft Excel 2007和

DPS V3.11数据处理系统(专业版)统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同行向、插秧密度与插秧方式的产量表现

#### 2.1.1 行向对产量的影响

在生产中水稻插秧是根据稻池的形状、宽窄以及便于秧苗运输,方便插秧操作确定插秧行向。自从吉林省推广水稻高光效栽培技术以来,从合理利用太阳光能和水稻生长季节风流向的角度,提出了东北—西南行向插秧,使水稻群体所有行上、下午均能接受到太阳光照射,达到行向与生育季节风的流向相同,以此改善水稻群体的通风透光环境。本试验为了验证改变行向对产量的影响,设计了30.0 cm×20.0 cm(16.7穴/m<sup>2</sup>)相同插秧密度不同行向(东—西)插秧进行行向比较(表2)。由表2可以看出,行向由东—西改变成东北—西南行向产量增加11.15%,说明改变行向也是提高有机水稻栽培产量的一项有效措施。

表2 水稻不同行向插秧的产量表现

田间代号	株、行距(cm)	行向	穴数(穴/m <sup>2</sup> )	公顷产量(kg/hm <sup>2</sup> )	比CK增减(%)
高光效行向	30.0×20.0	东北—西南	16.67	5 293.19	11.15
常规行向(CK)	30.0×20.0	东—西	16.67	4 762.06	0.00

#### 2.1.2 插秧密度对产量的影响

由于本试验是以筛选栽培方式为主,所涉及的插秧密度是在设计处理中产生的密度梯度,各处理无均衡的梯度差,为了总结不同栽培方式所关联的密度效应,在此把密度作为对产量的一个影响因素进行分析。在混合株、行距插秧的情况下,产量最高的处理为H9,插秧密度为20.05穴/m<sup>2</sup>,产量为5 945.45 kg/km<sup>2</sup>,比对照区增产12.32%,此密度

是试验处理中密度最大的处理,并且为4行组处理,虽然H2插秧密度较高(18.80穴/m<sup>2</sup>),产量仅比对照增产1.60%。产量较低的处理为H3和H4,插秧密度均为13.64穴/m<sup>2</sup>,插秧密度相对较低,并且比对照减产6.68%~7.80%(表3)。从本试验所形成的插秧密度看,在试验区域有机栽培环境下,采用不等行距、缩小株距,增加插秧密度可以有效提高稻谷产量。

表3 不同插秧方式与插秧密度的产量表现

田间代号	株、行距(cm)	组内行数	行向	穴数(穴/m <sup>2</sup> )	公顷产量(kg/hm <sup>2</sup> )	比CK增减(%)
H1	(50.0+30.0)×20.0	2	东北—西南	12.50	5 412.37dD	2.25
H2	(50.0+30.0)×13.3	2	东北—西南	18.80	5 377.70deD	1.60
H3	(50.0+30.0+30.0)×20.0	3	东北—西南	13.64	4 880.22fEF	-7.80
H4	(50.0+30.0+30.0)×20.0(中间与边行错位插秧)	3	东北—西南	13.64	4 939.38FE	-6.68
H5	(50.0+30.0+30.0)×(20.0, 13.3, 20.0)	3	东北—西南	15.94	5 748.72bB	8.61
H6	(50.0+30.0+30.0+30.0)×20.0	4	东北—西南	14.29	5 553.93cC	4.93
H7	(50.0+30.0+30.0+30.0)×20.0(中间2行错位)	4	东北—西南	14.29	5 634.04cBC	6.44
H8	(50.0+30.0+30.0+30.0)×(20.0, 13.3, 13.3, 20.0)	4	东北—西南	17.88	5 898.95aA	11.44
H9	(60.0+30.0+30.0+30.0)×13.3	4	东北—西南	20.05	5 945.45aA	12.32
CK	30.0×20.0	—	东北—西南	16.67	5 293.19eD	0

注:表中大小写字母不同为5%差异显著,大写字母不同为1%差异显著,下同

### 2.1.3 栽培方式对产量的影响

由表3可知,在行向相同(东北—西南)的情况下,2行组增产1.60%~2.25%;3行组除H5增产8.61%以外,其余两个处理减产6.68%~7.80%;4行组增产4.93%~12.32%,产量最高的处理为H9[(60.0 cm+30.0 cm+30.0 cm+30.0 cm)×13.3 cm],4行组宽行行距60.0 cm,窄行行距30.0 cm,株距均为13.3 cm,比对照(30.0 cm×20.0 cm, 16.67穴/m<sup>2</sup>)增产12.32%,说明改变株、行距引入边行效应也可以作为提高产量的一项有效措施。

### 2.2 插秧行向对籽粒充实度及稻米品质的影响

由表4可以看出,在相同插秧方式及插秧密度条件下,改变行向(东北—西南)后,饱满千粒重比对照(东—西行向)提高了4.48%,糙米率、精米率和整精米率分别增加了0.50%、1.94%和3.07%,垩白粒率、垩白度降低了6.67%和1.87%,蛋白质含量降低了0.17%,直链淀粉和食味值没有显著差异。说明改变行向后,改善和提高了稻米的加工品质,降低了垩白粒率和垩白度及蛋白质含量,稻米品质有效改善。

表4 不同行向插秧的品质性状表现

田间代号	行向	饱满千粒重(g)	糙米率(%)	精米率(%)	整精米率(%)	垩白粒率(%)	垩白度(%)	蛋白质(%)	直链淀粉(%)	食味值
高光效栽培	东北—西南	27.51	82.97	63.37	56.37	23.66	2.30	7.13	18.17	80.80
CK	东—西	26.33	82.47	61.43	53.30	30.33	4.17	7.30	18.17	80.93

注:稻谷脱粒后3个月,稻米水分14.0%~14.3%条件下的测定结果,下同

### 2.3 不同插秧密度对稻米品质的影响

为了便于分析本文把稻米品质划分为三个类别,即:加工品质(糙米率、精米率和整精米率)、外观品质(垩白粒率、垩白度)和食味品质(蛋白质含量、直链淀粉含量和食味值)。在食味品质评鉴中,多数研究认为:稻米蛋白质含量降低食味值提高,直链淀粉含量降低可以提高米饭的适口性,增加柔软度,所以本文把蛋白质含量和直链淀粉含量与食味值归结为食味品质。

#### 2.3.1 插秧密度对饱满千粒重的影响

稻米品质的测定是利用风选后的稻谷为样本,风选后的稻谷多为籽粒饱满和近于饱满的稻谷,所以对稻米品质影响较大的因素主要是稻谷的充实度,而籽粒的充实度可以通过饱满千粒重评价。从表5可以看出,籽粒风选后饱满千粒重较高的处理H1、H2和H9,饱满千粒重超过27.05 g,与对照相近,这3个处理包含了插秧密度最低(12.50穴/m<sup>2</sup>)和最高的处理(18.80~20.05穴/m<sup>2</sup>)。说明插秧密度低,通风透光良好,边行效应值大,有利于提高分蘖穗籽粒的饱满度;插秧密度大,主穗比例增大,主穗籽粒充实度高。除了H3和H6(13.64穴/m<sup>2</sup>和14.29穴/m<sup>2</sup>)饱满千粒重较低(25.94~26.01 g)外,插秧密度中等的H4、H5、H7、H8(插秧密度13.64~15.94穴/m<sup>2</sup>、14.29~17.88穴/m<sup>2</sup>),饱满千粒重介于中间水平。

#### 2.3.2 插秧密度对加工品质的影响

由表5可知,糙米率较高的处理为插秧密度较低的H1、H3、H4,插秧密度为12.50~13.64穴/m<sup>2</sup>

和插秧密度较高的处理H2、H7和H9,插秧密度为14.29~20.05穴/m<sup>2</sup>,糙米率为82.30%~83.60%,除了H7(14.29穴/m<sup>2</sup>)以外,插秧密度≤13.64穴/m<sup>2</sup>或≥18.80穴/m<sup>2</sup>的处理糙米率较高,并与对照相近。而插秧密度14.29~17.88穴/m<sup>2</sup>的H5、H6和H8,糙米率较低(81.90%~82.13%)。精米率较高的处理为H1、H2和H9,精米率为66.27%~67.37%,插秧密度除了H1(12.5穴/m<sup>2</sup>)外,其他两个处理均为插秧密度较高的处理(18.80~20.05穴/m<sup>2</sup>)。整精米率差异趋势与精米率相似。这充分说明在有机栽培环境下,通过调整株、行距,引进边行效应等措施,降低或提高插秧密度均有利于提高稻米的加工品质。

#### 2.3.3 插秧密度对稻米外观品质的影响

垩白粒率和垩白度较低的处理为H1、H2和H9处理,插秧密度为12.50穴/m<sup>2</sup>和18.80~20.05穴/m<sup>2</sup>,垩白粒率和垩白度为20.67%~26.33%和2.23%~3.30%;垩白粒率、垩白度较高的处理为H3、H6和H7,插秧密度为13.64~14.29穴/m<sup>2</sup>,垩白粒率和垩白度分别为32.67%~36.67%和3.40%~3.70%,但是这些处理与对照在统计上无显著差异。通过本试验可以看出,在有机栽培环境下通过增加插秧密度(18.80~20.05穴/m<sup>2</sup>)来提高主穗比例或降低插秧密度(12.50穴/m<sup>2</sup>)改善通风透光环境均有利于降低垩白粒率和垩白度,改善稻米外观品质。

#### 2.3.4 插秧密度对稻米食味品质的影响

稻米食味品质的评价中,多数研究认为“蛋白

质含量增高稻米食味值下降,直链淀粉含量增加,稻米的柔软性与适口性下降<sup>[13-17]</sup>。从表5可以看出,除了H7蛋白质含量较低外,其他处理无显著差异( $P>0.05$ )。蛋白质含量小于7%的处理还有H6和H9,插秧密度为14.29穴/m<sup>2</sup>和20.05穴/m<sup>2</sup>,蛋白质含量为6.70%~6.97%;其他处理虽然与对照在统计上无显著差异,但是除了H8蛋白质含量高于对照外,其他处理均低于对照。直链淀粉含量基本可分为两个档次,含量较低的处理有H2、H6、H8和H9,直链淀粉含量为17.30%~17.93%,

插秧密度为14.29穴/m<sup>2</sup>,17.88~20.05穴/m<sup>2</sup>,除了H6外,其他3个处理(H2、H8和H9)均为插秧密度较高的处理;其余处理(H1、H3、H4、H5和H7),插秧密度12.50~15.94穴/m<sup>2</sup>,直链淀粉含量较高,与对照无显著差异,且高于对照。稻米食味值除了H8低于对照外,其他处理均高于对照,食味值较高的处理为H7和H9,插秧密度为14.29穴/m<sup>2</sup>和20.05穴/m<sup>2</sup>,食味值为83.03~83.30。从整体上看,插秧密度偏大的处理(17.88~20.05穴/m<sup>2</sup>)蛋白质、直链淀粉含量较低,食味值较高。

表5 不同插秧方式与插秧密度对稻米品质的影响

田间代号	饱满千粒重 (g)	糙米率 (%)	精米率 (%)	整精米率 (%)	垩白粒率 (%)	垩白度 (%)	蛋白质 (%)	直链淀粉含量 (%)	食味分值
H1	27.05abcAB	83.37ab	66.27aA	61.20abA	26.00deCD	3.30bcBC	7.03abAB	18.60aA	82.16abABC
H2	27.36abA	83.23abc	66.43aA	60.26abcAB	26.33cdeCD	2.23eE	7.03abAB	17.93cCD	81.10bcBC
H3	26.01cdB	82.93abc	62.00bcB	55.23defCD	36.67aA	3.70abAB	7.10aAB	18.30abcAB	81.97abcABC
H4	26.83abcdAB	82.66abc	62.73bcB	55.67defBCD	29.67bcdBC	3.23bcdBC	7.10aAB	18.33abcAB	82.30abABC
H5	26.76abcdAB	81.90c	63.20bcB	57.87bcdeABCD	29.67bcdBC	2.97cdBCDE	7.07aAB	18.40abAB	81.83abcABC
H6	25.94dB	82.03bc	62.87bcB	56.20defBCD	32.67abAB	3.50bcAB	6.97abAB	17.43dCD	82.13abABC
H7	26.90abcdAB	82.30abc	61.13cB	54.17efCD	33.66abAB	3.40bcABC	6.27bB	18.07bcAB	83.30aA
H8	26.84abcdAB	82.13bc	63.17bcB	58.17bcdABC	30.00bcdBC	3.03cdBCD	7.17aAB	17.33dD	80.23cC
H9	27.46aA	83.60a	67.37aA	62.20aA	20.67fE	2.63deCDE	6.70abAB	17.30dD	83.03aAB
CK	27.51aA	82.97abc	63.37bB	56.37cdefBCD	30.33bcBC	4.17aA	7.13aAB	18.17abcAB	80.80bcC

## 2.4 不同插秧方式对稻米品质的影响

### 2.4.1 插秧方式对加工品质的影响

糙米率较高的处理为插秧方式2行组(H1、H2)、3行组(H3、H4)和4行组(H7、H9)处理,糙米率为82.30%~83.60%,以H9最高,并与对照无显著差异。精米率较高的处理为H1、H2和H9,精米率为66.27%~67.37%,插秧方式为2行区(株距20.0 cm和13.3 cm)和4行组(株距13.3 cm)。整精米率差异趋势与精米率相一致(表5)。这充分说明在有机栽培环境下,通过调整株、行距,引进边行效应等措施,缩小组内行数或在增大宽行行距(60.0 cm)的基础上,增加组内行数均有利于提高稻米的加工品质。

### 2.4.2 插秧方式对稻米外观品质的影响

垩白粒率和垩白度较低的处理为H1、H2和H9,垩白粒率和垩白度为20.67%~26.33%和3.40%~3.30%,插秧方式为2行组(宽行行距50.0 cm,株距20.0 cm和13.3 cm)和4行组(宽行行距60 cm,株距13.3 cm)。垩白粒率、垩白度较高的处理为H3、H6和H7,垩白粒率和垩白度分别为32.67%~36.67%和3.40%~3.70%,分别为3行组和4行组,株距均为20.0 cm,并且与对照在统计

上无显著差异。通过本试验可以看出,减少组内行数降低插秧密度,通过改善通风透光环境提高分蘖穗的充实度或加大宽行行距、增加组内行数和提高插秧密度,提高主穗比例均有利于降低垩白粒率和垩白度,改善稻米外观品质。

### 2.4.3 插秧方式对稻米食味品质的影响

从表5可以看出,蛋白质含量小于7%的处理有H6、H7和H9,蛋白质含量为6.27%~6.97%,插秧方式均为4行组。其他处理蛋白质含量为7.03%~7.17%,在统计上虽然与对照无显著的差异,但是除了H8蛋白质含量高于对照外,其他处理均低于对照。直链淀粉含量基本可分为两个档次,含量较低的处理有H2、H6、H8和H9,直链淀粉含量为17.30%~17.93%,插秧方式除了H2为2行区外,其他处理均为4行区,其余插秧方式(2行组H1,3行组H3、H4和H5及4行组H7)直链淀粉含量大于18.07%,与对照无显著差异。稻米食味值较高的处理为H7和H9,食味值83.03~83.30,插秧方式均为4行组;其他处理(H2、H3和H5)食味值81.10~81.97,为2行组和3行组。试验结果表明,除了H8的食味值低于对照外,其他处理的食味值均高于对照。

提高稻米品质的主要措施是提高籽粒的充实度, H1和H2虽然单位面积穴数有差异(12.50穴/m<sup>2</sup>和18.80穴/m<sup>2</sup>), 但是这两个处理均为2行组, 2行均处于边行位置, 有助于提高分蘖穗籽粒的充实度; H9宽行行距增大(60 cm), 株距缩小(13.3 cm), 单位面积插秧穴数增加(20.05穴/m<sup>2</sup>), 4行组内有50%行处于边行, 50%的行处于边2行位置, 由于单位面积穴数增加, 单穴分蘖数量减少, 主穗比例增加, 穗粒数降低, 通过引入边行效应使籽粒充实度提高, 进而稻米品质提高。说明提高籽粒充实度是提高稻米品质的主要措施。

### 3 结 论

改变行向(东北—西南)可以改善通风透光环境, 合理利用光能; 改变行距形成宽、窄行, 宽行所处的位置相当于边行, 中间行相当于邻近边行的第2行, 使所有行均引入了边行效应, 改变株距可以调整秧苗在组内的分布格局, 也是调整插秧密度的主要手段。在相同株、行距和插秧密度条件下, 改变行向可以提高产量11.15%, 并且可以改善稻米品质。采用4行区, 加大宽行行距(50~60 cm)缩小株距(13.3 cm)或采取边行株距20 cm、中间2行株距13.3 cm, 以此提高插秧密度, 提高单位面积穴数(17.88~20.05穴/m<sup>2</sup>), 其中(60.0 cm+30.0 cm+30.0 cm+30.0 cm)×13.3 cm插秧方式, 插秧密度20.05穴/m<sup>2</sup>, 产量可以达到5 945.45 kg/hm<sup>2</sup>, 比常规栽培30.0 cm×20.0 cm(16.7穴/m<sup>2</sup>)增产12.32%。通过增加插秧密度来增加主穗数量和保留低节位分蘖穗的数量, 改变株、行距引入边行效应, 再通过改变行向来改善通风透光环境, 在保证单位面积粒数的基础上, 提高饱满粒率和混合千粒重来提高产量。

插秧密度小(12.50穴/m<sup>2</sup>)的2行组(H1)和插秧密度较高的H2和H9糙米率、精米率和整精米率较高, 垩白粒率和垩白度较低; 插秧密度14.29穴/m<sup>2</sup>和20.05穴/m<sup>2</sup>的4行组蛋白质含量较低; 而插秧密度较高的2行组(H2)和4行组(H8、H9)直链淀粉较低; 食味值则是插秧密度较低的2行组(H1)和插秧密度14.29穴/m<sup>2</sup>和20.05穴/m<sup>2</sup>的4行组(H6、H9)最高。通过本试验可以看出, 插秧密度较低(12.5穴/m<sup>2</sup>)和插秧密度较高(18.80~20.05穴/m<sup>2</sup>)插秧方式为2行组和4行组有利于提高稻米品质和食味值。4行组插秧密度大(17.88~20.05穴/m<sup>2</sup>), 主穗所占比例增大<sup>[18]</sup>, 2行组边行效应增大, 籽粒充实度高, 所以这三个处

理(H2、H8和H9)糙米率、精米率、整精米率高于其他处理, 垩白粒率、垩白度和直链淀粉含量相对较低于其他处理。通过改变行向、引入边行效应, 提高饱满粒率和籽粒充实度, 可以达到提高产量和改善稻米品质的目的。综上所述, 在试验区域内最佳插秧方式为(60.0 cm+30.0 cm+30.0 cm+30.0 cm)×13.3 cm(4行组), 插秧密度20.05穴/m<sup>2</sup>, 采取东南—西北行向插秧, 产量和稻米品质均高于其他处理。

### 4 讨 论

有机栽培是以施用农家肥为主, 整个生育期不施用化肥, 水稻分蘖期秧苗较小, 需肥量低, 有机肥基本上能满足水稻生长的需求, 单苗分蘖数量不会受到太大的影响; 但是生育后期(灌浆期)往往会出现脱肥现象; 由于不使用除草剂, 人工除草滞后或难以人工拔除的低矮及恶性杂草(茨藻、牛毛毡及水葱等)不可避免会与秧苗争肥, 甚至影响地温。加之有机栽培施用的农家肥多为基肥, 含氮量低, 不像高产栽培那样, 按照水稻的需肥规律定期定量施用不同种类的化肥, 所以表现为群体的生物量低, 成熟粒率和籽粒充实度下降, 产量降低, 部分品质指标变劣等现象。在这种情况下, 采用任何一种对水稻生长发育有利的栽培措施都会对水稻生育、产量及品质产生不同程度的影响。本试验从改善通风环境, 充分利用太阳光能的角度调整插秧行向, 以及改变株、行距形成宽、窄行和组内不等株距及错位插秧, 邻近宽行的行所处的位置相当于边行, 中间行相当于边2行, 使每一行都不同程度地引入边行效应<sup>[7-9]</sup>, 可以延缓中、下部叶片衰老的时间, 并且宽行区域有利于除草作业, 也不会伤及秧苗; 改变行向有利于生长季节风顺行间吹入田间, 不仅可以增加行间通风量, 而且使每一行上、下午均能接受到日光的照射<sup>[10-12]</sup>, 也有利于减轻病害, 防止成熟期倒伏。

水稻的分布密度会影响稻米的品质, 插秧太密减少了秧苗所占空间, 不仅使中、下部叶片寿命缩短, 而且还会降低中、下部叶片对太阳光的吸收量, 导致糙米率、精米率、整精米率不同程度下降<sup>[5]</sup>。自然田块边行至邻近的2、3行, 通过边行效应产量可提高41.93%~15.68%, 其中边行增产41.93%, 邻近边行的第2、3行增产17.32%~15.68%, 每穴穗数增加43.27%~18.78%, 单位面积粒数增加31.27%~14.40%, 采用不等株行距插

秧,实行宽、窄行搭配,增加边行、边2行的比例,宽行距不仅有利于有机稻田人工除草,而且还可以通过边行效应提高产量<sup>[6-9]</sup>。实行宽、窄行距搭配,根据栽培区水稻生长季节太阳高度角及移动轨迹调整行向,使每行的两侧均能受到阳光照射,增加光照时间、提高地温、增强行间通风透光,有利于减轻水稻病害、防止倒伏,提高单位面积产量<sup>[10-12]</sup>。本研究集边行效应利用及改善通风透光环境为一体,对于吉林省东南部地区有机水稻生产具有一定的参考价值,如果结合有机降解地膜覆盖,不仅可以有效地防除杂草,还可以提高生育前期地温,促进水稻生育。由于试验区的插秧为人工插秧,大面积推广会受到限制。建议将来研究和推广不等株行距插秧的机械设备,为有机水稻高产、优质栽培提供机械支持。

#### 参考文献:

- [ 1 ] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,国家标准化管理委员会.(GB/T 19630.1-2011)中华人民共和国国家标准.有机产品第1部分:生产[S].北京:中国标准出版社,2012.
- [ 2 ] 中华人民共和国农业部.(NY/T 2410-2013)有机水稻生产质量控制技术规范[S].2013.
- [ 3 ] 吴立滨.有机食品水稻生产栽培技术[J].农民致富之友,2018(12):159.
- [ 4 ] 康学耕,禹航,杨利民,等.吉林省几种主要稻田杂草对水稻子实产量的影响[J].吉林农业科学,1994(3):47-49.
- [ 5 ] 刘崇明.水稻栽培技术措施对稻米品质产生的影响[J].农业开发与装备,2018(4):155-159.
- [ 6 ] 王成瑗,张文香,周广春,等.北方水稻栽培研究与实践[M].北京:中国农业出版社,2017:397-432.
- [ 7 ] 王成瑗,张文香,赵磊,等.水稻混合稀植栽培技术的研究 I.水稻混合稀植栽培的增产机理[J].吉林农业科学,2000,25(4):7-12.
- [ 8 ] 王成瑗,张文香,赵磊,等.水稻混合稀植栽培技术的研究 II.水稻混合稀植高产栽培技术[J].吉林农业科学,2001,26(2):15-19.
- [ 9 ] 王成瑗,张文香,赵磊,等.水稻混合稀植栽培技术的研究 III.混合稀植栽培高产群体的生育规律及产量构成[J].吉林农业科学,2002,27(3):11-15.
- [ 10 ] 王保华,翟洪凯,张兴华,等.水稻高光效宽窄行栽培试验研究[J].北方水稻,2014,44(6):33-34,46.
- [ 11 ] 仇长礼,刘辉,宋国志,等.北方水稻高光效栽培技术[J].北方水稻,2013,43(3):50-54.
- [ 12 ] 刘祥宝,孙丽.北方水稻高光效栽培技术[J].吉林农业,2015(4):56.
- [ 13 ] 马兆惠,李坤,程海涛,等.表观直链淀粉和蛋白质双低型粳稻食味的关联性状分析[J].沈阳农业大学学报,2019,50(1):10-18.
- [ 14 ] 张启莉,谢黎虹,李仕贵,等.稻米蛋白质与蒸煮食味品质的关系研究进展[J].中国稻米,2012,18(4):1-6.
- [ 15 ] 曲红岩,张欣,施利利,等.水稻食味品质主要影响因子分析[J].江苏农业科学,2017,45(6):172-175.
- [ 16 ] 程海涛.不同直链淀粉含量稻米品质特性研究[A].中国作物学会—2015年学术年会论文摘要集[C],2015:100.
- [ 17 ] 李晓光,金正勋,刘海英,等.水稻杂种后代籽粒直链淀粉和蛋白质含量选择对产量和品质性状的影响[J].东北农业大学学报,2011,42(4):13-17.
- [ 18 ] 王成瑗,王伯伦,张文香,等.栽培密度对水稻产量及品质的影响[J].沈阳农业大学学报,2004(4):318-322.

(责任编辑:刘洪霞)