



曹亮,王明瑶,王孟雪,等.栽插密度对不同基因型水稻产量的影响[J].黑龙江农业科学,2019(8):39-42,46.

栽插密度对不同基因型水稻产量的影响

曹 亮,王明瑶,王孟雪,任春元

(黑龙江八一农垦大学 农学院,黑龙江 大庆 163319)

摘要:为促进水稻高产优质栽培,采取随机区组设计进行垦稻 26 和龙粳 31 高产优质群体优化研究。结果表明:垦稻 26 以 5 苗 \cdot 穴 $^{-1}$ 、行距 30.0 cm、株距 12.6 cm 为最佳群体,产量高达 11 481.0 kg \cdot hm $^{-2}$,较对照增产 4.4%;龙粳 31 以 5 苗 \cdot 穴 $^{-1}$ 、行距 28.5 cm、株距 13.3 cm 为最佳配置,产量达 8 553.0 kg \cdot hm $^{-2}$,较对照增产 3.6%。因此,合理配置穴苗数和行株距是实现水稻高产优质最为快捷、最为经济有效的措施。

关键词:水稻;株行距;穴苗数;产量

水稻是我国主要的粮食作物之一,约有 2/3 的人口以稻米为主食,提高水稻的产量和品质是目前水稻生产的主要目标^[1-3]。发展和优化水稻高产高效优质栽培技术,对我国粮食生产的高效持续发展具有重要作用^[4]。三江平原属温带湿润、半湿润大陆性季风气候,夏季温暖,雨热同季,适于优质水稻的生长^[5]。在水稻高产栽培研究中,植株的合理搭配和株行距的配置对产量提高起重要作用,行株距的变化不仅影响水稻的栽插密度,而且影响微环境的变化,从而保证产量的提高^[6-7],适宜的栽插密度能有效地利用光能,充分地利用地力,保证个体的正常发育和群体的协调发展,使单位面积上作物的穗数、粒数和千粒重得到统一,从而获得高产^[8]。对于不同生态区进行群体结构优化研究,这是充分利用当地的自然资源、实现水稻高产最为快捷、十分经济有效的技术措施^[9]。本研究针对三江平原主栽品种进行了群体结构优化研究,以明确高产群体的最适株行距和穴苗数配置,旨在为寒地水稻高产优质栽培提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2017 年在黑龙江省建三江管局创业农场科技园区进行,供试土壤是草甸白浆土,土壤耕层深度在 20 cm,土壤碱解氮含量

158.5 mg \cdot kg $^{-1}$,有效磷含量 44.4 mg \cdot kg $^{-1}$,速效钾含量 163.7 mg \cdot kg $^{-1}$,有效镁含量 28.9 mg \cdot kg $^{-1}$,有效锌含量 0.1 μ g \cdot kg $^{-1}$,有机质含量 35.8 g \cdot kg $^{-1}$,土壤 pH 6.4,有效硅含量 346.0 mg \cdot kg $^{-1}$,前茬为水稻,秋翻。

1.2 材料

供试水稻品种为垦稻 26 和龙粳 31。垦稻 26 主茎 11 片叶,抗倒性中等,分蘖力较强;龙粳 31 主茎 11 片叶,抗倒性和分蘖力一般。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 如表 1 所示,根据前期的垦稻 26 和龙粳 31 产量及品质试验的优化结果,试验采用随机区组设计,以前期的产量和品质的优化结果为处理,以常规群体为对照,深入探讨三江平原地区主栽水稻品种高产优质群体比较,重复间均放在同一池子中进行,靠近池子边的小区设置了保护行,按照水稻“三化二管”栽培技术进行栽培管理。水稻 4 月 10 日播种,5 月 10 日移栽,于 10 月 4 日成熟期收获。当地常规施肥总量 420 kg \cdot hm $^{-2}$,其中尿素(N46%)是 187.5 kg \cdot hm $^{-2}$,硫酸钾(K₂O 50%)为 112.5 kg \cdot hm $^{-2}$,磷酸二铵(N18%、P46%)为 120 kg \cdot hm $^{-2}$ 。施肥时期、灌溉、防虫、除草等农事活动均按叶龄跟踪和生产现状进行,播种、插秧、取样、收获均在同一天内完成,调查取样时,各小区同法、同时进行。

1.3.2 调查项目及方法 每 7 d 用常规方法调查茎数。分蘖成穗率(%)=(有效穗数-基本苗数)/(最大茎数-基本苗数) \times 100。

于分蘖期、孕穗期、抽穗期、齐穗期、成熟期找长势均匀的十穴调查茎数,按照平均茎数取样 3 穴,分叶片、茎鞘、穗 3 部分,105 $^{\circ}$ C 杀青,80 $^{\circ}$ C

收稿日期:2019-02-27

基金项目:“十二五”国家科技支撑项目(2015BAD23B05-08);农垦总局“十三五”重点科技计划项目(HNK135-02-02)。

第一作者简介:曹亮(1990-),男,在读博士,从事作物栽培生理研究。E-mail:caoliang66@163.com。

通讯作者:王孟雪(1978-),女,博士,副教授,从事农业水土工程研究。E-mail:wangmengxue1978@163.com。

烘干至恒重,3 次重复,考察各部分干重,用长宽系数法测定上三叶的叶面积,并据此求算出干物质生产动态、叶面积指数动态。

水稻收获前,每小区选取长势均匀的 3 点,每点连续选择 10 株,数出单株的茎数,并据此测算平方米穗数,风干后考种。考种项目:穗长、一次

枝梗数、二次枝梗数、每穗粒数、结实率、千粒重,并据此计算出单位面积理论产量。同时每样点割取 2 m² 脱谷,自然风干,作为实测产量。

1.3.3 数据分析 相关系数采用 Excel 2013 和 DPS 7.05 进行数据处理。

表 1 随机区组设计
Table 1 Randomized block design

品种 Varieties	处理 Treatments	穴苗数 Seedling number per hole	行距 Row spacing/cm	株距 Plant spacing/cm
垦稻 26 Kendao 26	KD ₁	5	30.0	12.6
	KD ₂	5	26.6	10.0
	KD _{CK}	5	30.0	12.0
龙粳 31 Longjing 31	LJ ₁	5	28.5	13.3
	LJ ₂	5	26.2	13.3
	LJ _{CK}	5	30.0	12.0

2 结果与分析

2.1 不同处理对垦稻 26 和龙粳 31 叶面积指数的影响

如表 2 所示,垦稻 26 齐穗期的叶面积指数最大,齐穗期以处理 KD₁ 最高,极显著高于 KD_{CK};

龙粳 31 齐穗期的叶面积指数以处理 LJ₁ 最高,显著高于 LJ_{CK}。结果表明,叶面积指数大小因品种而异,垦稻 26 株距的增加利于水稻叶面积指数的提高,对于分蘖力较差的龙粳 31,适当的减少行距利于叶面积指数提高。

表 2 不同处理各时期的叶面积指数差异比较

Table 2 Difference comparison of the leaf area during different period of different treatments

处理 Treatments	分蘖期 Tillering stage	孕穗期 Booting stage	抽穗期 Heading stage	齐穗期 Full panicle stage	成熟期 Maturation stage
KD ₁	3.0±0.3 aA	6.2±0.7 aA	6.7±0.5 aA	6.9±0.1 aA	3.1±1.1 aA
KD ₂	2.7±1.1 bB	5.7±1.2 cC	6.0±2.1 bA	6.1±1.0 cC	2.4±1.2 bB
KD _{CK}	2.8±0.9 bB	5.9±1.2 bB	6.0±1.5 bA	6.6±0.5 bB	2.7±0.7 bB
LJ ₁	2.9±0.1 aA	6.6±1.2 aA	6.6±1.2 aA	5.1±1.2 aA	2.9±1.0 aA
LJ ₂	2.3±0.7 bB	5.6±0.7 cC	5.9±0.3 bB	4.1±0.3 bB	2.4±0.8 bB
LJ _{CK}	2.7±1.4 aA	5.9±1.7 bB	6.3±1.4 bAB	5.0±1.4 bAB	2.4±1.2 bB

同列数据后不同大、小写字母表示差异极显著($P<0.01$)或显著($P<0.05$),下同。
Different capital and lowercase letters after the same column data indicate significant difference at 0.01 and 0.05 level,the same below.

2.2 不同处理对垦稻 26 和龙粳 31 干物质质量的影响

如表 3 所示,垦稻 26 在分蘖期、抽穗期、齐穗期干物质差异均不显著,成熟期的干物质质量以处理 KD₁ 最高,极显著高于对照;龙粳 31 各时期的干物质质量除孕穗期外均以处理 LJ₁ 最高,不同处理间的成熟期干物质质量差异达到了极显著水平。

结果表明,干物质质量的大小因品种而异,垦稻 26 株距的增加利于水稻干物质质量的积累,对于分蘖力较差的龙粳 31,适当的减少行距利于干物质质量的增大。

2.3 水稻叶面积指数和干物质质量与产量的相关性

如表 4 所示,垦稻 26 在分蘖期、孕穗期、抽穗

期的叶面积指数与产量呈正相关,其中分蘖期和抽穗期的叶面积指数与产量的相关性达显著水平,齐穗期、成熟期的叶面积指数与产量呈负相关;龙粳 31 在分蘖期、齐穗期、成熟期的叶面积指

数与产量呈正相关,齐穗期的叶面积指数与产量的相关性达显著水平。垦稻 26 在分蘖期、孕穗期的干物质量与产量呈显著正相关,龙粳 31 在齐穗期、成熟期的干物质量与产量呈显著正相关。

表 3 垦稻 26 和龙粳 31 不同处理各时期的干物质量差异比较 (g·株⁻¹)

Table 3 Difference comparison of dry matter weight during different period of different treatments					
处理	分蘖期	孕穗期	抽穗期	齐穗期	成熟期
Treatments	Tillering stage	Booting stage	Heading stage	Full heading stage	Maturation stage
KD ₁	6.8±1.1 aA	21.8±1.3 abA	27.5±1.4 aA	44.0±1.4 aA	68.5±1.2 aA
KD ₂	6.5±1.0 aA	20.9±1.0 bA	26.6±1.0 aA	42.3±1.7 aA	58.8±1.2 bA
KD _{CK}	6.1±1.5 aA	22.0±1.4 aA	27.3±1.1 aA	43.2±1.8 aA	66.8±1.4 cB
LJ ₁	7.7±1.5 aA	18.6±1.4 aA	22.8±1.1 aA	41.4±1.2 aA	65.4±1.5 aA
LJ ₂	5.1±1.1 bB	18.7±1.3 aA	18.9±1.3 cB	35.3±1.0 bB	56.9±1.1 cC
LJ _{CK}	5.1±1.2 bB	16.5±1.2 bB	19.7±1.4 bB	37.0±1.2 bB	61.3±1.0 bB

表 4 垦稻 26 和龙粳 31 不同时期叶面积指数和干物质量与产量的相关系数

Table 4 The correlation coefficient of leaf area and yield of Kendao 26 and Longjing 31 during different periods				
项目	生育时期	垦稻 26 产量	龙粳 31 产量	相关系数临界值
Items	Growth period	Yield of Kendao 26	Yield of Longjing 31	Correlation coefficient critical value
叶面积指数 Leaf area index	分蘖期	0.7393 *	0.1180	a=0.05 时,r=0.6664
	孕穗期	0.5201	-0.2901	a=0.01 时,r=0.7977
	抽穗期	0.7029 *	-0.1007	
	齐穗期	-0.0670	0.7347 *	
	成熟期	-0.3950	0.4109	
干物质量 Dry matte	分蘖期	0.6665 *	-0.2298	a=0.05 时,r=0.6664
	孕穗期	0.6689 *	0.2833	a=0.01 时,r=0.7977
	抽穗期	0.1662	0.5651	
	齐穗期	-0.0565	0.6671 *	
	成熟期	-0.0658	0.6684 *	

* P<0.05.

2.4 不同处理对垦稻 26 和龙粳 31 产量及产量构成的影响

如表 5 所示,垦稻 26 穗数、穗粒数在处理 KD₁ 最高,穗数较对照提高了 2.2%;结实率、千粒重以处理 KD₂ 最高,与对照差异达极显著水平。产量方面垦稻 26 以处理 KD₁ 为最高,为 11 481.0 kg·hm⁻²,处理 KD₁ 的产量与处理 KD₂、KD_{CK} 间的差异达到了显著或极显著水平,较对照增产 4.4%。龙粳 31 在穗数、穗粒数以处理 LJ₁ 最高,显著高于对照,穗数较对照提高了 2.3%;结实率以处理 LJ₂ 最高,与对照差异达极显著水

平;不同处理间的千粒重差异均不显著。龙粳 31 的产量以处理 LJ₁ 为最佳配置,产量达到 8 553.0 kg·hm⁻²,较对照增产 3.6%。

2.5 水稻产量性状间的相互关系

如表 6 所示,垦稻 26 的穗数与穗粒数呈显著负相关;龙粳 31 的穗数、穗粒数与产量呈显著或极显著正相关。因此从增产角度考虑,栽培时要注意行株距的调控,增大空间,减少植株间的竞争,促进有效分蘖,提高穗数、穗粒数,从而达到增产的目的。

表 5 不同处理对垦稻 26 和龙粳 31 产量、产量构成及变异系数的影响

Table 5 Effects of different treatments on yield,yield composition and variation coefficient of Kendao 26 and Longjing 31

品种 Varieties	处理 Treatments	穗数 Panicles per square meter	穗粒数 Spikelets per panicle	结实率 Setting percentage/%	千粒重 1000-grain weight/g	产量 Yield/ (kg·hm ⁻²)
垦稻 26 Kendao 26	KD ₁	463.1±1.2 aA	114.3±0.9 aA	85.7±0.1 cC	24.9±0.1 bB	11481.0±8.6 aA
	KD ₂	445.0±1.5 cC	109.0±0.7 bB	88.6±0.1 aA	25.3±0.1 aA	10681.5±5.7 bB
	KD _{CK}	453.1±0.7 bB	111.7±1.1 abAB	87.2±0.2 bB	25.0±0.2 bB	10993.5±5.8 bAB
变异系数 Variation coefficient/%		1.8	2.5	1.5	0.9	3.5
龙粳 31 Longjing 31	LJ ₁	430.3±1.7 aA	90.8±0.5 aA	91.8±0.4 bB	23.9±0.1 aA	8553.0±4.8 aA
	LJ ₂	414.8±1.8 cB	87.8±0.1 bB	94.7±0.3 aA	23.6±0.1 aA	8125.5±7.9 bB
	LJ _{ck}	420.8±0.6 bB	88.7±0.3 bB	92.8±0.1 bB	23.9±0.1 aA	8253.0±3.3 bB
变异系数 Variation coefficient/%		1.7	1.6	1.5	0.9	2.9

表 6 垦稻 26 和龙粳 31 产量与产量构成因素的相关系数

Table 6 Correlation coefficient between yield and yield components of Kendao 26 and Longjing 31

项目 Items		穗数 Panicles	穗粒数 Spikelets per panicle	结实率 Setting percentage	千粒重 1000-grain weight	产量 Yield
垦稻 26 Kengdao 26	穗数	1				
	穗粒数	−0.6780 *	1			
	结实率	−0.4509	−0.3626	1		
	千粒重	−0.4397	−0.4241	0.3614	1	
	产量	0.6724 *	0.7702 * *	−0.6252 *	−0.1373	1
龙粳 31 Longjing31	穗数	1				
	穗粒数	−0.4729	1			
	结实率	−0.1006	−0.4923	1		
	千粒重	−0.3842	−0.3579	0.3846	0.2574	1
	产量	0.7467 * *	0.6324 *	−0.4467	−0.5350	1

3 结论与讨论

栽培技术的研究一直是科研人员调控产量、降低成本最直接有效的手段,合理密植则对提高寒地水稻产量具有重要的作用。本试验研究表明寒地水稻高产群体因品种而异,垦稻 26 以行距 30.0 cm、株距 12.6 cm、穴苗数 5 苗的处理时,分蘖成穗率高,产量显著高于对照,这与凌启鸿^[10]基本苗确定后,行株距的合理配置对产量亦产生显著的作用研究一致。龙粳 31,以 5 苗·穴⁻¹、行距 28.5 cm、株距 13.3 cm 的处理有效地提高了单位面积穗数,增产效果显著。这与徐春梅等^[11]研究

的随着栽培密度的增加产量下降的研究结果相同。因此,寒地水稻高产栽培要因地区和品种进行穴苗数和行株距的设计。本研究发现,合理密植可以提高寒地水稻的产量,如何协调群体各构成因素来实现不同品种高产是应努力开展的研究工作。

参考文献:

[1] 季红娟,董长生,赵步洪,等. 播期和栽插密度对水稻扬粳 805 产量与品质的影响[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版),2018,39(2):10-15.
[2] 蔡洪法.我国水稻生产现状与发展展望[J]. 中国稻米, 2000(6):5-8.

(下转第 46 页)

Physiological and Ecological Adaptability of *Pinus massoniana* Seedlings Under Different pH Conditions

LI Xiao-yong¹, ZHOU Yun-chao²

(1. Forestry Survey and Planning Institute of Guizhou, Guiyang 550025, China; 2. College of Forestry, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract: In order to explore the optimum pH for the physiological and ecological adaptation of *Pinus massoniana*, the annual *Pinus massoniana* seedlings were planted in sand culture. The physiological and ecological adaptability of *Pinus massoniana* seedlings under different pH conditions was studied by adjusting the pH concentration of nutrient solution in sand culture. The results showed that the morphological indexes of *Pinus massoniana*, such as seedling height, ground diameter, root length and needle length, increased first and then decreased at pH 3.0-7.0. In physiological indexes, root activity increased first and then decreased; MDA decreased first and then increased; SOD showed a trend of "S" curve change; CAT showed a trend of decreasing first and then rising. It is concluded that the growth of *Pinus massoniana* is most favourable under the condition of pH 4.0-5.0. The growth of *Pinus massoniana* is inhibited to some extent by excessive or low pH.

Keywords: *Pinus massoniana*; pH; physiology and ecology

(上接第 42 页)

- [3] Wang Z Q, Zhang W Y, Sarah S B, et al. Grain yield: water and nitrogen use efficiencies of rice as influenced by irrigation regimes and their interaction with nitrogen rates[J]. *Field Crops Research*, 2016, 193: 54-69.
- [4] 成臣, 曾勇军, 王祺, 等. 施氮量对晚粳稻甬优 1538 产量、品质及氮素吸收利用的影响[J]. *水土保持学报*, 2018, 32(5): 222-228.
- [5] 褚春燕, 王锦冬, 孙桂玉, 等. 三江平原水稻发育中后期低温对水稻品质的影响[J]. *中国农学通报*, 2018, 34(26): 1-7.
- [6] 汪秀志, 刘崇文, 许谊强, 等. 行株距配置对寒地水稻产量与品质的影响[J]. *湖北农业科学*, 2013, 52(4): 758-762.
- [7] 金峰, 王帅, 邵玺文, 等. 株行距配置对吉林稻区水稻产量及群体微气象因子的影响[J]. *东北农业科学*, 2017, 42(5): 6-14.
- [8] 殷春渊, 王书玉, 刘贺梅, 等. 播量和施氮量对直播稻产量和品质的影响[J]. *中国农学通报*, 2018, 34(20): 1-6.
- [9] 郑桂萍, 王升旭, 苗得雨, 等. 三江地区主栽水稻品种高产群体优化研究[J]. *种子*, 2012, 31(2): 51-56.
- [10] 凌启鸿. 作物群体质量[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2000: 150-154.
- [11] 徐春梅, 王丹英, 邵国胜, 等. 施氮量和栽插密度对超高产水稻中早 22 产量和品质的影响[J]. *中国水稻科学*, 2008(5): 507-512.

Effects of Planting Density on Yield of Rice with Different Genotypes

CAO Liang, WANG Ming-yao, WANG Meng-xue, REN Chun-yuan

(Agricultural College of Heilongjiang Bayi Agricultural Reclamation University, Daqing 163319, China)

Abstract: In order to promote high-yield and high-quality cultivation of rice, random block design was used to optimize the high-yield and high-quality population of Kendao 26 and Longjing 31. The results showed that the best rice population, Kendao 26, was planted in the configuration of 5 rice seedlings per hole, row spacing of 30.0 cm, and plant spacing of 12.6 cm; its yield reached 11 481.0 kg·hm⁻² and the yield rate was increased by 4.4% in comparison with that of the control group. The best configuration was the one applied on Longjing 31, in which the rice population was sown in a manner of 5 rice seedlings per hole, row spacing of 28.5 cm, and plant spacing of 13.3 cm; its yield reached 8 553.0 kg·hm⁻² and the yield rate was increased by 3.6% in comparison with that of the control group. Hence, the reasonable configuration of rice seedlings per hole, row spacing, and plant spacing is the fastest, the most economic, and the most effective measure to achieve high yield and high quality of rice.

Keywords: rice; plant spacing; seedling number; yield