

株行距配置对吉林省水稻生长发育动态及物质生产的影响

金峰¹, 邵玺文^{1*}, 李彦利², 耿艳秋¹, 华霜¹, 王帅¹, 朱明霞¹, 韩康顺², 时羽²

(1. 吉林农业大学农学院, 长春 130118; 2. 通化市农业科学院, 吉林 梅河口 135000)

摘要:以通禾 833 和通禾 838 为试材, 研究不同氮素水平下株行距配置对吉林稻区水稻生长发育、光合及物质生产能力的影响。结果表明, 株行距配置对水稻各阶段株高影响不明显; 株行距配置(A)(22.3 cm×22.3 cm)群体条件下水稻叶龄进程加快, 有利于促进水稻生育进程和籽粒充实; 株行距配置(A)在促进水稻分蘖和增加有效分蘖数上具有一定优势; 同时, 株行距配置(A)有利于叶面积指数、叶片光合速率、物质生产能力及稻谷产量的提高, 分蘖数的增加和光合速率增强是株行距配置(A)物质生产能力和稻谷产量提升的主因。

关键词:株行距配置; 水稻; 生长发育; 物质生产

中图分类号: S511.044

文献标识码: A

文章编号: 1003-8701(2016)05-0017-07

Effects of Row-Spacing on Growth and Development, Photosynthetic Ratio and Matter Production of Rice in Jilin Province

JIN Feng¹, SHAO Xiwen^{1*}, LI Yanli², GENG Yanqiu¹, HUA Shuang¹, WANG Shuai¹, ZHU Mingxia¹, HAN Kangshun², SHI Yu²

(1. College of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun 130118; 2. TongHua Academy of Agricultural Sciences, Meihoku 135000, China)

Abstract: With japonica rice TongHe 833 and TongHe 838 as test materials, effects of row-spacing on growth and development, photosynthetic ratio and matter production of rice under different nitrogen application levels were studied. The effect of row-spacing on plant height was insignificant. The leaf age progress of row-spacing treatment A (22.3 cm×22.3 cm) was accelerated, that help facilitate the development of growing development and grain filling. The row-spacing treatment A had remarkable advantages on improve rice tillering and effective tillering. Furthermore the row-spacing treatment A also benefited to increase of leaf area index, photosynthetic rate, matter production and grain yield in Jilin Province. The increase of the number of tillers and photosynthetic rate were the main reason.

Key words: Row-spacing; Rice; Growth and development; Matter production

在水稻生产过程中, 行株距的合理配置对水稻生长发育具有显著作用^[1]。株行距配置直接影

响植株空间分布和水稻群体微气候环境, 从而间接影响水稻生长发育^[2]。作物产量是群体条件下的产量, 作物群体结构是否合理影响作物的光合和物质生产与积累, 从而影响作物产量的形成, 而作物植株在田间的株行距配置是决定其群体结构是否合理的关键因素^[2-6]。一定面积内, 水稻植株排列组合方式不同, 水稻个体及群体微气象环境不同^[7-9], 从而影响水稻群体的生长发育、光合及物质生产能力^[5, 9-18]。研究表明, 同一密度下因栽插时行距、株距的不同配比, 其群体“源-库”特征也受较大影响, 最佳密度要有行株距的合理配比^[6, 11-20]。王英满^[20]研究表明, 在确定适宜基本苗

收稿日期: 2016-05-21

基金项目: 吉林省重大科技攻关专项(20130204036NY); 吉林省青年科研基金项目(20150520124JH); 吉林省产业技术创新战略联盟项目(20130305035NY); 吉林省教育厅重点项目(2016189); 吉林省农业综合开发科技示范项目(2014-2016); 国家重点研发计划项目(2016YFD0300104; 2016YFC0501204)

作者简介: 金峰(1982-), 男, 讲师, 博士, 主要从事水稻栽培与生理生态研究。

通讯作者: 邵玺文, 男, 博士, 教授, E-mail: shaoxiwen@126.com

后,合理配置栽插行距有利于减少无效分蘖,提高成穗率和改善植株性状,获取水稻高产。不同生态条件下栽培方式对水稻“源-库”关系及产量形成的影响不尽一致^[7-10,21]。目前,有关株行距配置对水稻生长发育的影响报道较多^[5-7,19-26],但针对吉林生态环境条件下株行距配置对水稻的生长发育动态及物质生产的影响尚缺乏系统报道。

本研究以吉林省主栽水稻品种为试材,研究在相同密度下水稻株行距配置变化对水稻的生长发育动态、光合、物质生产及产量的影响,旨在为吉林省水稻株行距配置以及高产栽培提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地点及供试品种

2013~2014年在吉林省通化市农业科学院水稻所梅河口基地(东经 $125^{\circ}15'$ ~ $126^{\circ}03'$,北纬 $42^{\circ}08'$ ~ $43^{\circ}02'$)实施,该地区属北温带大陆性季风气候区,年平均气温 4.6°C ,降水量充沛,日照时数较长。土壤类型棕壤土,质地好, $0\sim 20\text{ cm}$ pH 7.2,耕层含有机质 24.5 g/kg 、全氮 12.0 g/kg 、速效磷 15.9 mg/kg 、速效钾 312.6 mg/kg 。

供试品种为通禾 833 (TH 833)、通禾 838 (TH 838),均为中晚熟品种,生育期 140 d。

1.2 试验设计及田间管理

试验采用裂区设计。以氮肥梯度水平为主区,设 3 个施氮水平, N1: 125 kg/hm^2 ; N2: 150 kg/hm^2 ; N3: 175 kg/hm^2 ; 以株行距配置为亚区,等株行距 (A): $22.3\text{ cm}\times 22.3\text{ cm}$; 宽行窄株距 (B): $30\text{ cm}\times 16.5\text{ cm}$ 和大垄双行 (C): $(20/50\text{ cm})\times 14\text{ cm}$ (即: 大垄行距 50 cm , 垄内行距 20 cm), 小区面积 34 m^2 。每处理重复 3 次,主区面积为 $36.5\text{ m}\times 16.8\text{ m}=615\text{ m}^2$ 。2013 年 4 月 16 日育苗,5 月 27 日移栽,2014 年 4 月 15 日育苗,5 月 25 日移栽;采用早育稀植方式培育壮秧,秧龄 4 叶一心期插秧,手插 3 苗/穴,各配置均栽插 20 穴/ m^2 。氮肥按基、蘖肥:补肥:穗肥:粒肥=4:2:3:1 比例施用;磷肥 (P_2O_5) 50 kg/hm^2 作基肥一次性施入;每公顷施用钾肥 (K_2O) 46 kg ,按基肥:穗肥=7:3 比例施用,水分管理及病、虫、草防除同常规生产田。

1.3 测定项目与方法

生长动态测定:每个处理选 10 株挂标签标记,作为调查点分别于返青后期(6 月 5 日)至抽穗开花期(7 月 25 日),每间隔 5 d 调查株高、叶龄进程和茎蘖数。

物质生产测定:每小区定点 10 穴分别于拔节期、抽穗期、齐穗期、灌浆期和成熟期调查茎蘖数,按平均茎蘖法取 5 穴(小区边行不取),分成叶片、茎鞘和穗(抽穗后)分别装袋,于 105°C 条件下杀青 60 min,再经 70°C 烘干至恒重,测定各处理植株干物质积累与分配情况。

剑叶光合速率测定:于水稻齐穗期和齐穗后 20 d 测定剑叶光合速率。

1.4 统计分析

两年试验结果趋于一致,部分数据选用 2014 年数据进行统计分析。运用 Microsoft Excel 处理数据,用 SPSS 17.0 系统软件分析数据。

2 结果与分析

2.1 不同株行距配置下水稻株高动态变化

从图 1 可以看出,水稻株高动态变化在不同株行距配置下无明显差异,均表现随生育进程的推进株高呈快速增长态势;在不同生育时间段 3 种株行距配置间差异均不显著;不同氮肥水平下,株高增长趋势表现基本一致,并有随氮素水平的增加而增高的趋势。

2.2 不同株行距配置下水稻叶龄动态变化

从不同株行距配置下水稻叶龄动态变化(图 2)可见,在 N1 (125 kg/hm^2) 水平下水稻叶龄以宽行窄株 (B) 高于其他两种配置方式,其中通禾 838 在 6 月 25 日差异达显著水平 ($P<0.05$);但随着氮素水平提高(即 150 kg/hm^2 和 175 kg/hm^2),水稻叶龄表现为等株行距 (A) 高于其他两种株行距配置方式,其中在 N2 (150 kg/hm^2) 水平下通禾 833 从 7 月 5 日到 25 日以及 N3 (175 kg/hm^2) 水平下通禾 838 在 7 月 15 到 25 日差异达到了显著水平 ($P<0.05$)。从整体上看,等株行距 (A) 叶龄各时期进程分别快于宽行窄株 (B)、大垄双行 (C) 0.05~0.2 和 0.1~0.3,表明株行距配置 (A) 有利于促进水稻生育进程。

2.3 不同株行距配置下水稻分蘖动态变化

由图 3 可以看出,不同氮素水平下 3 种株行距配置对水稻分蘖的影响基本一致,均表现在 6 月 30 日~7 月 5 日进入水稻分蘖高峰期,并达到最大值,7 月 20~25 日逐渐减少并稳定。分蘖数量上,各株行距配置构建的群体呈现出明显的差异。水稻进入分蘖盛期(6 月 20 日)后,分蘖数量均表现为等株行距 (A) > 宽行窄株 (B) > 大垄双行 (C),并在不同施氮水平下 (N1、N2、N3) 表现一致;其中通禾 833 在 N2 水平下 6 月 30 日~7 月 10

日、通禾 838 在 7 月 15 ~ 25 日以及在 N3 水平下通禾 833 在 6 月 30 日和通禾 838 在 7 月 5 日,等株行距(A)与大垄双行(C)的差异达到了显著水平($P < 0.05$)。3 种株行距配置所构建的群体,分蘖数量

均随着施氮量的提高呈增加趋势。以上分析表明,水稻株行距配置的变化对水稻分蘖数量有明显影响,等株行距(A)配置条件下有利于提高水稻分蘖数量,并获得较高的成穗数。

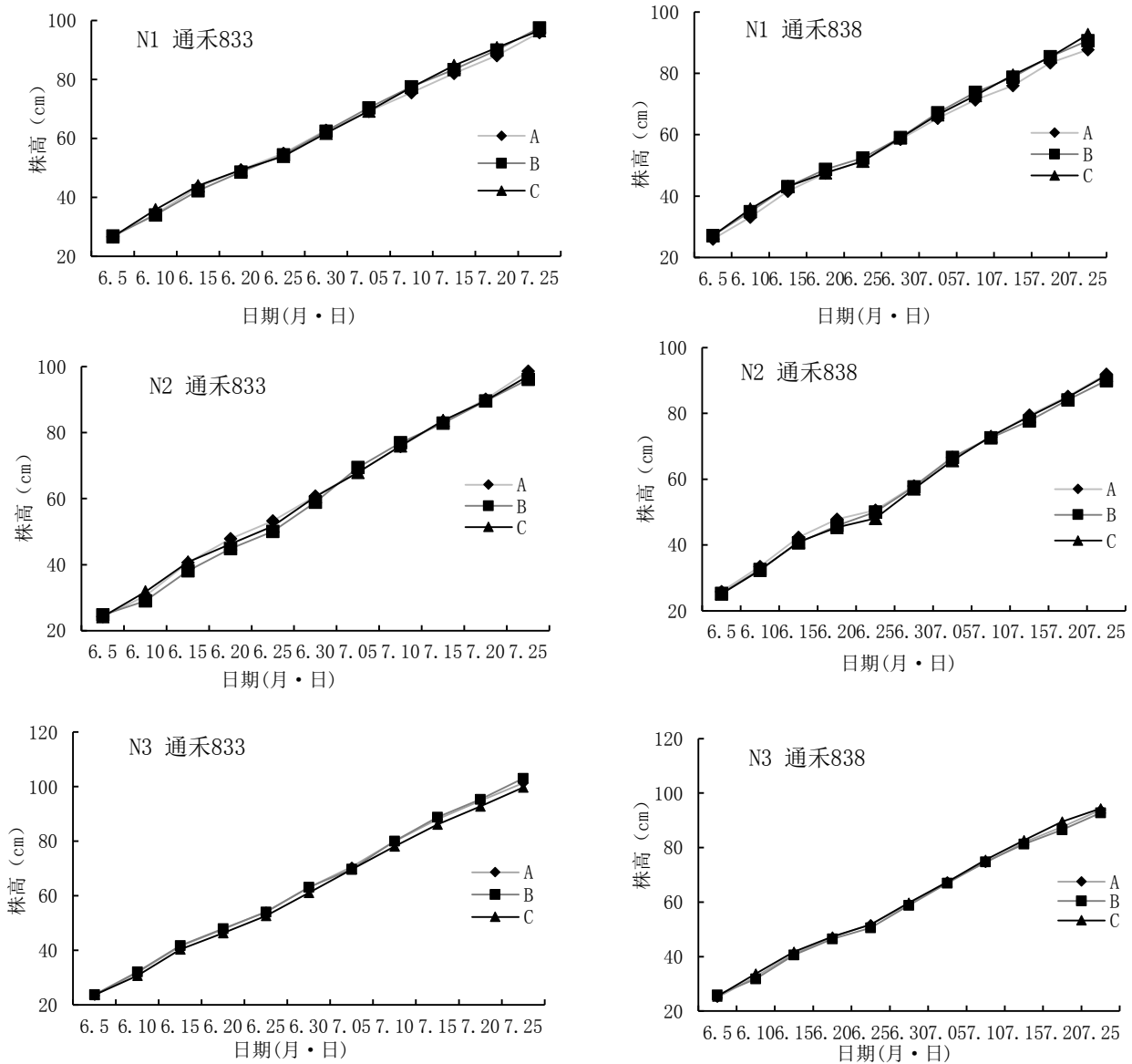
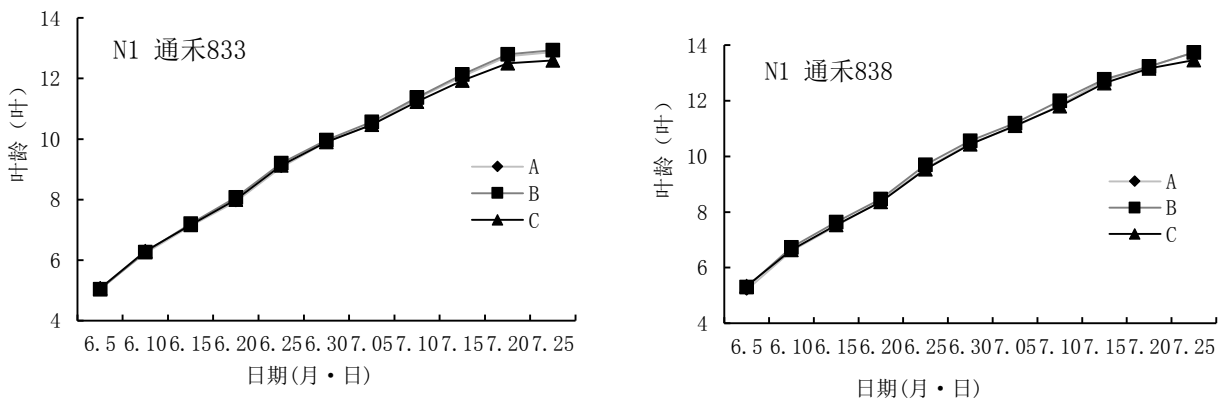


图 1 不同株行距配置下水稻株高变化动态

A: 22.3 cm×22.3 cm, B: 30 cm×16.5 cm, C: 20/50 cm×14 cm. N1: 125 kg/hm², N2: 150 kg/hm², N3:175 kg/hm², 下同



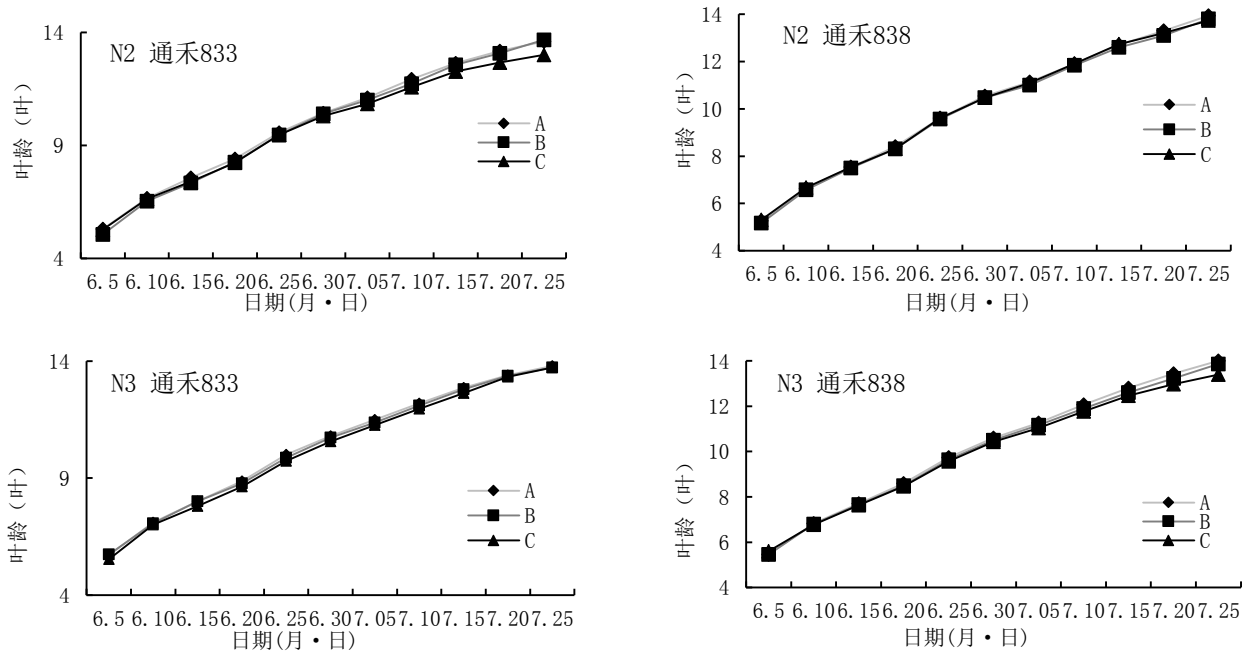


图2 不同株行距配置下水稻叶龄变化动态

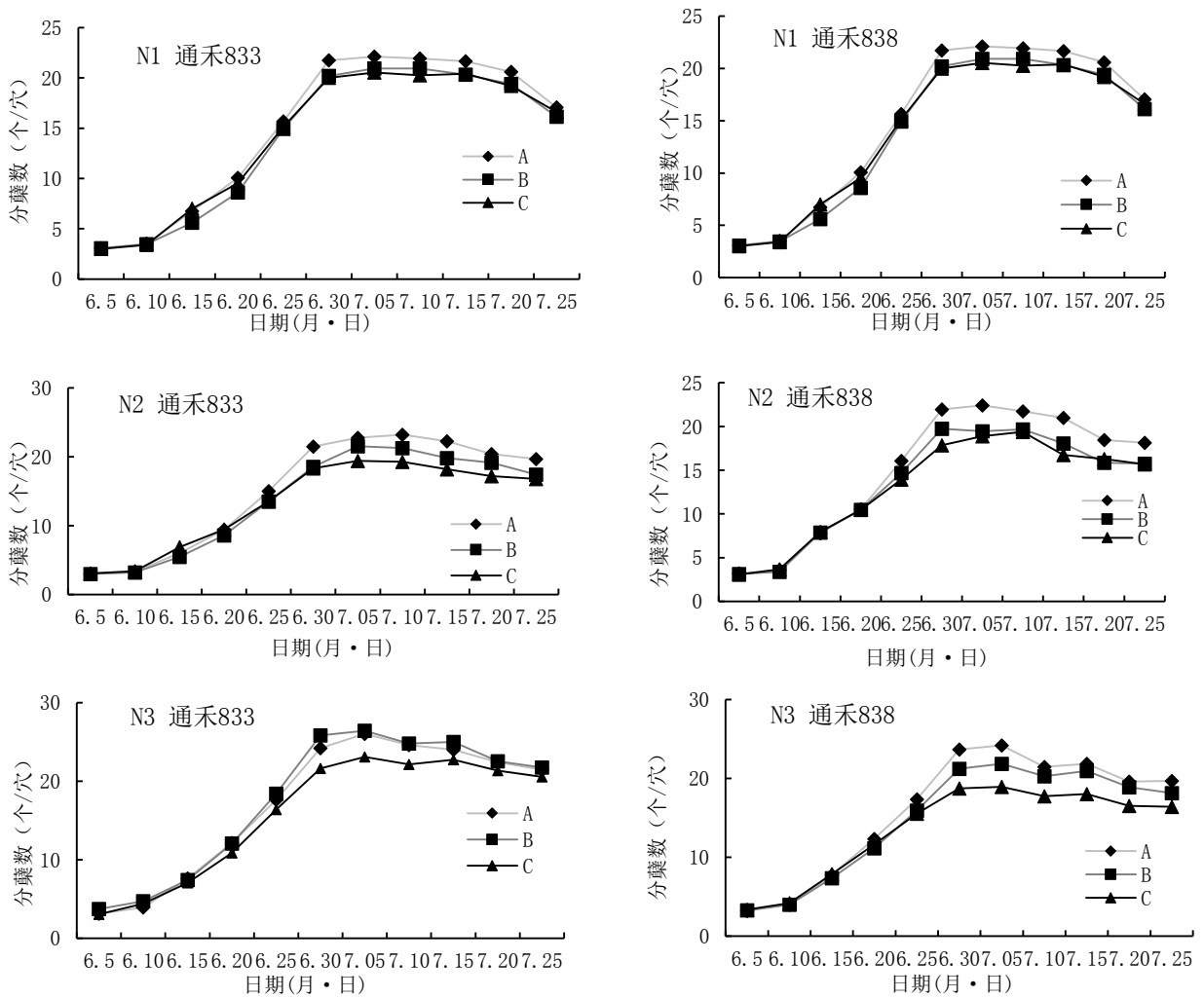


图3 不同株行距配置下水稻分蘖变化动态

2.4 株行距配置对水稻剑叶光合速率和叶面积指数的影响

2.4.1 株行距配置对水稻剑叶光合速率的影响

剑叶光合速率是衡量水稻物质生产能力的主要指标。由图4可以看出(N3水平下),齐穗期不同株行距配置植株剑叶的光合速率存在一定差异。通禾833和通禾838均以等株行距(A)配置

的剑叶光合速率最大,分别为 $17.85\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ 和 $17.98\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$;大垄双行(C)次之,分别为 $17.78\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ 和 $17.77\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$;而宽行窄株(B)最低,分别为 $16.90\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ 和 $17.16\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$;其中,等株行距配置剑叶的光合速率与宽行窄株差异达到了显著水平($P<0.05$)。齐穗后20d的测定结果与齐穗期基本一致。

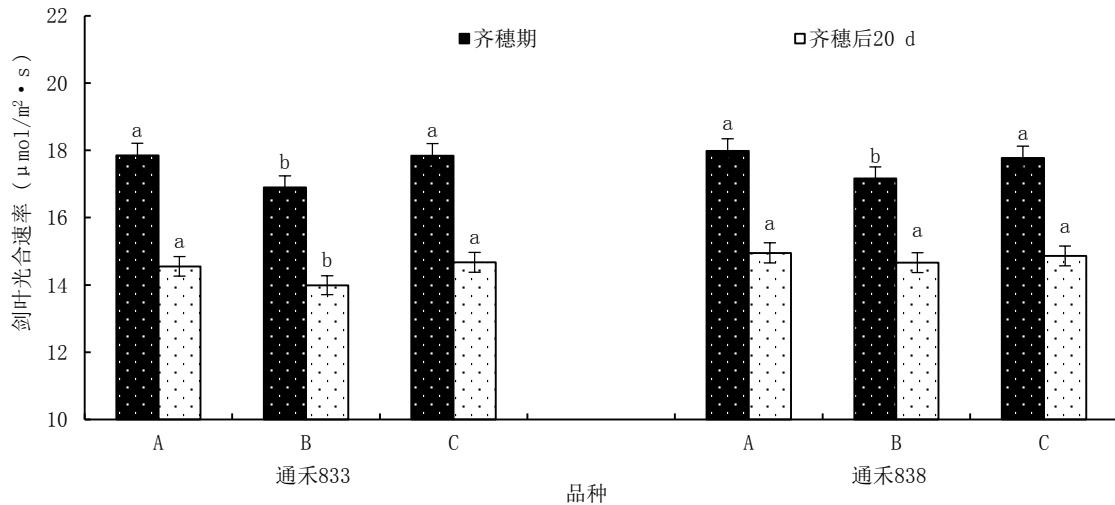


图4 不同株行距配置对水稻剑叶光合速率的影响

2.4.2 株行距配置对水稻叶面积指数的影响

群体叶面积被认为是“源”的重要指标。由表1可以看出(N3水平下),通禾833在齐穗期及成熟期等株行距(A)配置的叶面积指数(LAI)分别为5.94、1.16,宽行窄株(B)为5.36、0.99,而大垄双行(C)则为5.16、0.91,最高与最低之间差异显著。可能是由于等株行距配置植株在田间分布均匀,较其他两种配置在齐穗期和成熟期蘖茎数量增加,叶片数量增多,叶面积指数(LAI)随之增大。通禾838在不同行距配置下的LAI与通禾833的趋势相似。

表1 不同株行距配置水稻叶面积指数

品种	处理	叶面积指数(LAI)	
		齐穗期	成熟期
通禾833	A	5.94a	1.16a
	B	5.36ab	0.99a
	C	5.16b	0.91b
通禾838	A	6.98a	1.58a
	B	6.18b	1.46a
	C	5.89b	1.40a

注:不同字母分别表示在5%水平上差异显著,下同

2.5 株行距配置对物质生产特性的影响

表2表明(N3水平下),分蘖期至拔节期,不

同株行距配置方式间群体干物质积累量差异显著,两年两个品种都表现为等株行距(A)>宽行窄株(B)>大垄双行(C),差异达到显著水平($P<0.05$)。拔节期至抽穗期,不同株行距配置间群体干物质积累量存在显著差异,两个品种都表现为等株行距(A)最高,宽行窄株(B)次之,大垄双行(C)最低,通禾833等株行距(A)较宽行窄株(B)和大垄双行(C)两年分别高5.99%、7.20%和15.87%、33.09%,宽行窄株(B)较大垄双行(C)平均高9.32%和24.54%;通禾838等株行距(A)较宽行窄株(B)和大垄双行(C)两年分别高10.77%、5.39%和32.86%、19.05%,宽行窄株(B)较大垄双行(C)平均高19.94%和12.96%,该时期是不同株行距配置间物质积累量差异最大的时期;干物质积累量占总干物质积累量的24.15%~28.56%。抽穗期至成熟期,不同株行距配置间干物质积累量和稻谷产量亦存在显著差异,也都是等株行距(A)最高,宽行窄株(B)次之,大垄双行(C)最低;干物质积累量占总干物质积累量的比例在品种和年份间表现并不十分一致。不同株行距配置方式的收获指数在0.51~0.57之间,一般表现为宽行窄株(B)>大垄双行(C)>等株行距(A)。

表2 不同株行距配置水稻主要生育阶段群体干物质积累量及其比例

年份	品种	株行距配置 方式	分蘖期—拔节期		拔节期—抽穗期		抽穗期—成熟期		稻谷产量 (t/hm ²)	收获 指数
			积累量(t/hm ²)	比例(%)	积累量(t/hm ²)	比例(%)	积累量(t/hm ²)	比例(%)		
2013	通禾 833	A	2.46a	14.51	4.60a	27.19	9.67a	57.13	8.64a	0.51
		B	2.24b	14.40	4.34ab	27.96	8.66b	55.72	8.55a	0.55
		C	2.22b	14.83	3.97b	26.49	8.59b	57.35	7.80b	0.52
	通禾 838	A	2.91a	16.58	4.73a	26.99	9.69a	55.29	9.37a	0.53
		B	2.56a	16.68	4.27ab	27.82	8.32b	54.19	8.62ab	0.56
		C	2.43b	17.28	3.56b	25.26	7.89b	56.04	7.94b	0.56
2014	通禾 833	A	3.40a	18.71	5.06a	27.86	9.30a	51.24	8.68a	0.51
		B	2.92b	17.70	4.72a	28.56	8.52b	51.56	8.58ab	0.55
		C	2.76b	18.35	3.79b	25.24	8.16b	54.34	8.40b	0.56
	通禾 838	A	2.57a	15.05	4.50a	26.36	9.76a	57.18	9.4a	0.52
		B	2.32b	14.95	4.27a	27.50	8.75b	56.34	9.05ab	0.55
		C	2.41ab	15.49	3.78b	25.38	8.58b	57.57	8.69b	0.58

3 结论与讨论

合理的水稻群体结构是水稻获得高产的基础。许多研究表明^[3-6, 27-28],行株距配置对建立合理的群体结构、改善群体的生长环境,协调群体的生长发育及提高产量具有一定的调节作用。凌启鸿^[1]也认为基本苗确定后,行株距的合理配置对生长发育和产量亦产生显著的作用。凡是有利于提高光能利用,促进中、后期光合产物生产和积累的行株距配置,都有利于水稻的高产。某一特定品种在一定密度下行距与株距之比存在一个适宜值^[2],且不同品种对行株距的配置存在差异^[7-12]。有研究认为,宽窄行可以改善群体的通风透光环境,提高光能利用率,有利于增加稻谷产量^[29-30]。但在南方稻区也有研究发现,宽窄行距配置使水稻的分蘖数、穗数、粒重降低^[21-24]。本研究表明,株行距配置方式对水稻株高生长变化影响不明显,但对水稻叶龄进程和分蘖影响显著;株行距配置(A)群体叶龄进程加快,明显高于其他两种配置方式,有利于促进水稻生育进程及后期“库”的充实;株行距配置的变化对本文所用两个水稻品种的分蘖进程以及分蘖数量均有明显影响,株行距(A)可以加快分蘖速度,增加分蘖数量,最终获得较高的产量。

本研究同时发现,植株剑叶光合速率在水稻齐穗期和齐穗后20 d,株行距配置(A)最大,大垄双行(C)次之,宽行窄株(B)最小,株行距配置(A)与宽行窄株(B)配置差异达显著水平;分析其原因,尽管大垄双行(C)株行距配置群体冠层受

光态势等微生态环境略优,但也有可能行距过宽,株距过窄,虽然群体光照充足,也可能存在行距过宽而漏光等问题降低了光截获量,宽行窄株(B)也存在类似的现象;而株行距(A)配置秧苗在田间均衡分布,整个生育期具有较高的光截获量,增加了光能利用效率;同时,株行距配置(A)在群体物质生产能力和稻谷产量上具有一定的优势,表现出较高的分蘖数、较大的“源”(LAI)以及较高的光合生产效率,是其群体物质生产与积累和产量提高的主要因素。

综上所述,就本文所选的两个水稻品种而言,在确定插秧密度的前提下,适当扩大株距、缩小行距有利于促进水稻群体生育进程,提高分蘖数量;利于物质的生产与积累和水稻产量潜力的发挥。课题组将进一步对吉林省不同株型、产量水平的水稻品种以及在不同生态环境下的株行距配置对水稻生育及产量的影响进行深入研究,为吉林稻区的水稻生产确定最合适的株行距配置提供理论依据。

参考文献:

- [1] 凌启鸿.作物群体质量[M].上海:上海科学技术出版社,2000:150-154.
- [2] 王夫玉,张洪程.行株距对比对水稻群体特征的影响[J].甘肃农业学报,2001,13(3):38-42.
- [3] 夏松年.单晚杂交稻宽行窄株法高产栽培途径[J].安徽农业科学,2002,30(6):901-905.
- [4] 潘圣刚,曹凑贵,蔡明历,等.栽插密度及方式对杂交水稻“红莲优6号”产量和品质的影响[J].江西农业大学学报,2006,28(6):845-849.

- [5] 闫 川,丁艳锋,王强盛,等.行株距配置对水稻茎秆形态生理与群体生态的影响[J].中国水稻科学,2007,21(5):530-536.
- [6] 吴洪恺,纪风高,文正怀,等.水稻栽插不同株行距配比方式初探[J].耕作与栽培,2000(1):17-22.
- [7] 李小朋,王 术,黄元财,等.株行距配置对齐穗期粳稻冠层结构及产量的影响[J].应用生态学报,2015,26(11):3329-3336.
- [8] 孙湘来,谢 蔚,何志军,等.不同栽插方式对南繁杂交水稻制种产量的影响[J].安徽农业科学,2015,43(6):24-26.
- [9] 崔思远,曹光乔,张文毅,等.适宜机插株行距促进水稻生长提高产量[J].农业工程学报,2014,30(22):37-43.
- [10] 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.
- [11] 邓中华,郭 晨,侯文峰,等.机插株行距和施氮量对杂交水稻产量及氮素吸收利用的影响[J].杂交水稻,2015,30(2):75-79.
- [12] 王建林,徐正进.穗型和行距对水稻冠层受光态势的影响[J].中国水稻科学,2005,19(5):422-424.
- [13] Tadashi T, Takeshi H, Masao O. Filling percentage of rice spikelet as affected by availability of non-structural carbohydrates at the initial phase of grain filling[J]. Jan J Crop Sci, 1996, 65(3): 445-452.
- [14] 张洪程,王夫玉.中国水稻群体研究进展[J].中国水稻科学,2001,15(1):51-56.
- [15] 张俊宝,曹海峰,孙 涛,等.水稻三超宽行栽培对水稻生育及产量的影响[J].中国农业科技导报,2006,8(2):15-18.
- [16] 姚永平,宋子洲,叶 静.水稻宽窄行配置扩行增产机理研究[J].耕作与栽培,2000(6):41-42.
- [17] 徐正进,陈温福,张步龙,等.不同穗型水稻群体生态环境的比较研究[J].植物生理学通讯,1990,32(9):191-195.
- [18] 王建林,徐正进,衣先众.插秧量与行距配置对北方杂交稻和常规稻产量及其构成因子的影响[J].中国水稻科学,2006,20(6):631-637.
- [19] 夏 瑜,杨为芳,唐茂艳,等.不同耕作方式和栽培密度下强化栽培水稻的生长发育与产量形成[J].中国农学通报,2006,12(22):144-147.
- [20] 王英满,张海泉,庞其敬.武运梗7号相近基本苗的不同栽插行距对生长效应的影响[J].上海农业科技,1995(5):14-15.
- [21] 李旭毅.两种生态条件下氮肥调控和栽培方式对水稻库源构建和光合生产及产量的影响[D].雅安:四川农业大学,2011.
- [22] 伍玉春,吴 薇,牟锦武,等.早熟杂交水稻黔优107不同栽插方式和密度试验[J].贵州农业科学,2008,36(3):37-38.
- [23] 林洪鑫,潘晓华,石庆华,等.行株距配置对超高产早晚稻产量的影响[J].中国水稻科学,2011,25(1):79-85.
- [24] 陈正龙,周铭成,赵伯康,等.水稻“扩行、减苗”与群体质量关系的再论证[J].江苏农业科学,2005(5):32-34.
- [25] 赵海新,杨丽敏,陈书强,等.行距对两个不同类型水稻品种冠层结构与产量的影响[J].中国水稻科学,2011,25(5):488-494.
- [26] 童淑媛,杜震宇.宽窄行种植对水稻生长发育及产量的影响[J].黑龙江农业科学,2011(3):30-31.
- [27] 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(4):7-12.
- [28] 王成瑗,张文香,杨银阁,等.水稻稀植、超稀植栽培高产生育模式及促控技术的研究 I.水稻早熟品种公顷9000公斤产量的营养生长模式[J].吉林农业科学,1995(4):21-26.
- [29] 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(3):50-54.
- [30] 王晓蕾,董本春,李晓光,等.水稻高光效栽培技术对其产量及其构成因素的影响[J].安徽农业科学,2013,41(28):11304.

(责任编辑:王 昱)