

吉林省西部不同行距水稻群体冠层结构与产量的关系

王洪君¹, 王雪², 王楠¹, 栾天浩¹, 梁晓葵¹, 陈宝玉^{1*}, 卢景忠^{1*}

(1. 吉林省农业科学院/农业部东北植物营养与农业环境重点实验室, 长春 130033; 2. 吉林省国际人才交流服务中心, 长春 130000)

摘要:以水稻不同行距配置为基础, 构建不同的群体冠层结构, 于乳熟期系统测定水稻群体光分布情况, 于成熟期测定产量及产量构成指标, 分析冠层 PAR 截获率、消光系数与产量关系。结果显示, 产量与冠层 PAR 截获率达到极显著相关, 且为正相关; 产量与群体消光系数达到极显著相关, 且为负相关。在吉林省西部水稻区, 行距 30 ~ 20 cm 和行距 40 ~ 25 cm 配置冠层结构优良, 且能有效提高水稻群体产量。

关键词:吉林省西部; 水稻; 行距; 冠层结构; 产量

中图分类号: S511

文献标识码: A

文章编号: 1003-8701(2017)05-0001-05

Relationship between Yield and Canopy Structure of Rice Population with Different Row Spacing in the West Jilin Province

WANG Hongjun¹, WANG Xue², WANG Nan¹, LUAN Tianhao¹, LIANG Xiaokui¹, CHEN Baoyu^{1*}, LU Jingzhong^{1*}

(1. Jilin Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Plant Nutrition and Agro-Environment in Northeast Region, Ministry of Agriculture, P. R. China, Changchun 130033; 2. Jilin Provincial Service Center for International Exchange of Personnel, Changchun 130000, China)

Abstract: Based on different row spacing allocation of rice, different structures of rice population were established. Light distribution and yield components were measured on milk-ripe stage and mature stage, respectively, to analyze relationship among PAR interception amount from canopy, extinction coefficient and yield. The results showed that yield was extremely significant positively related to interception amount of PAR canopy. Yield was extremely significant negatively related to extinction coefficient of population. In rice zone of the west Jilin Province, row spacing with 30-20 cm and 40-25 cm could establish well canopy structure and enhance yield of rice population effectively.

Key words: The West Jilin Province; Rice; Row spacing; Canopy structure; Yield

作物进行光合作用生产的干物质是其产量的直接来源^[1-2], 作物产量的 90% ~ 95% 来自于光合作用形成的有机物质, 群体光截获率和光能利用率是决定作物产量的重要因素^[3-5]。因此, 通过优化水稻群体冠层结构, 使光在冠层结构中的分布更加合理, 提高群体有效辐射的利用率, 进而提高产量, 是实现水稻超高产的重要途径^[6-10]。吉林省西部地区具有光照时间长、有效积温高等独特

的先天优势, 如合理利用对提高区域水稻的单产具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在吉林省白城市洮北区德顺乡东十家子村(N 45°25', E 122°51')进行, 试验区属温带大陆性季风气候, 年均日照时数 2 885.8 h, 年均气温 5.2℃, 无霜期 157 d, 年均降水量 399.8 mm。土壤肥力: 水解性氮 129.08 mg/kg、有效磷 46.90 mg/kg、速效钾 167.00 mg/kg、有机质 34.90 g/kg、水溶性盐分总量(电导率)0.53 mS/cm、pH 值 7.24。

1.2 试验设计

以吉粳 88 为试验材料, 试验设行距单因素,

收稿日期: 2017-07-09

基金项目: 吉林省科技厅科技支撑计划(20130206006NY)

作者简介: 王洪君(1981-), 男, 副研究员, 硕士, 主要从事农田生态方面的研究。

通讯作者: 陈宝玉, 男, 博士, 副研究员, E-mail: bych76@126.com

卢景忠, 男, 研究员, E-mail: ljz195906@163.com

行距采用 30~20 cm、35~20 cm、30~30 cm (CK)、40~20 cm、40~25 cm、40~30 cm、45~20 cm、50~20 cm,共 8 个处理,株距均为 14.2 cm。每个处理 3 次重复,每个小区面积 50 m²,共 24 个小区,采用随机区组设计。处理名称用宽窄行距来表示。

各小区肥料用量及方法如下:纯氮(N) 180 kg/hm²、有效磷(P₂O₅) 100 kg/hm²、有效钾(K₂SO₄) 60 kg/hm²,氮肥分 3 次施入(底肥 50%、返青分蘖肥 30%、穗肥 20%),磷肥全部作为底肥 1 次施入,钾肥分为底肥和孕穗期追肥 2 次施入,用量各占 50%,除草等田间管理与一般生产田相同。

1.3 观察测定项目与方法

1.3.1 产量及产量构成测定

于成熟期调查穗数,取样测定穗粒数、结实率、千粒重;各小区随机选取 3 个样点,每个样点 2 m²进行测产,单独脱粒晒干并风选后,称干谷重,同时测定干谷水分含量,然后计算折合含水量为 14.5%(粳稻)的稻谷产量。

1.3.2 群体光分布

乳熟期(8月20日)选择天气晴朗日的 10:00~11:00(这一时间段观测值具有代表性,基本可以反映一天中冠层的实际截获光合有效辐射量),用 Sun Scan 冠层分析系统(英国 Delta 公司生产)测定。每个处理按下层(略高于水面)测定各层 LAI(Leaf Area Index,叶面积指数)、PAR(Photosynthetically Active Radiation,光合有效辐射)、Total PAR(直射光 PAR 与漫射光 PAR 的和,总 PAR)等冠层数据,在行间按对角线方式,宽窄行分别测定取平均值。

(1)冠层 PAR 截获率的计算

$$FIPAR_i = (1 - PAR_i / PARTC) \times 100\%$$

式中,FIPAR_i为第 i 冠层高度的 PAR 截获率;PAR_i为第 i 冠层高度的 PAR(μmol·m⁻²·s⁻¹);PARTC 为冠层顶部的 PAR(μmol·m⁻²·s⁻¹)。

(2)冠层消光系数的计算

群体的日同化量大都表示为冠层截获光合有效辐射量的函数,而群体对 PAR 的截获量可通过到达冠层顶部的 PAR 在通过作物群体时的衰减进行计算,衰减程度用消光系数(K)表示。在假定冠层均质且叶片方位随机的前提下,比尔模型认为植被群体的光合有效辐射主要受到植被群体叶面积指数(Leaf Area Index,简称为 LAI)和消光系数 K 值的影响^[11]。

消光系数是作物群体的一个特征量,在一定程度上反映了该群落的结构及受光状态,是光合模型中的一个重要参数,也是衡量冠层结构优劣模型的一个重要参数。利用比尔定律计算消光系数^[11]:

$$K = -\ln(PAR/TPAR)/LAI$$

式中:PAR 是冠层底层测得的瞬时光合有效辐射(μmol·m⁻²·s⁻¹),TPAR 是冠层顶部测得的瞬时光合有效辐射(μmol·m⁻²·s⁻¹),LAI 是观测日的叶面积指数。

1.3.3 数据处理

数据处理运用软件 Excel 和 Sigma Plot。

2 结果与分析

2.1 各处理产量及产量构成因素

表 1 为综合 3 年(2013~2015 年)田间试验平均数值,由表 1 可知:相比于行距 30~30 cm 处理(CK),每平方米穗数行距 30~20 cm、行距 40~25 cm、行距 40~20 cm 处理均显著高于对照;穗粒数只有行距 35~20 cm 处理显著高于对照;结实率行距 40~20 cm、行距 50~20 cm 处理显著高于对照;千粒重行距 40~30 cm、行距 40~25 cm、行距 50~20 cm 处理显著高于对照;产量方面有 5 个处理高于对照,且增产幅度区间为 1.65%~13.60%,其中行距 30~20 cm 处理增产幅度为 13.60%、行距 40~25 cm 处理增产幅度为 11.88%、

表 1 各处理产量及产量构成因素

行距配置	穗数(个/m ²)	穗粒数(个)	结实率(%)	千粒重(g)	产量(kg/hm ²)	增减产(%)
30~20	416 a	156 b	93.86 c	20.62 c	12 593.40 a	13.60
40~25	394 ab	153 bc	94.67 bc	21.81 a	12 401.88 ab	11.88
35~20	377 bc	172 a	94.62 bc	20.11 d	12 349.85 b	11.41
40~20	383 b	151 bc	95.84 a	21.32 bc	11 785.22 b	6.31
40~30	372 bc	145 cd	95.23b	21.93 a	11 268.45 bc	1.65
45~20	338 d	158 b	93.65 c	21.36 bc	10 719.93 cd	-3.30
50~20	333 d	140 d	96.42 a	21.67 ab	9 747.20 d	-12.07
30~30	360 c	157 b	95.13bc	20.65 c	11 085.30 c	—

行距 35 ~ 20 cm 处理增产幅度为 11.41%、行距 40 ~ 20 cm 处理增产幅度为 6.31%、行距 40 ~ 30 cm 处理增产幅度为 1.65%，且行距 30 ~ 20 cm、行距 40 ~ 25 cm、行距 35 ~ 20 cm、行距 40 ~ 20 cm、行距 40 ~ 30 cm 处理显著高于对照。

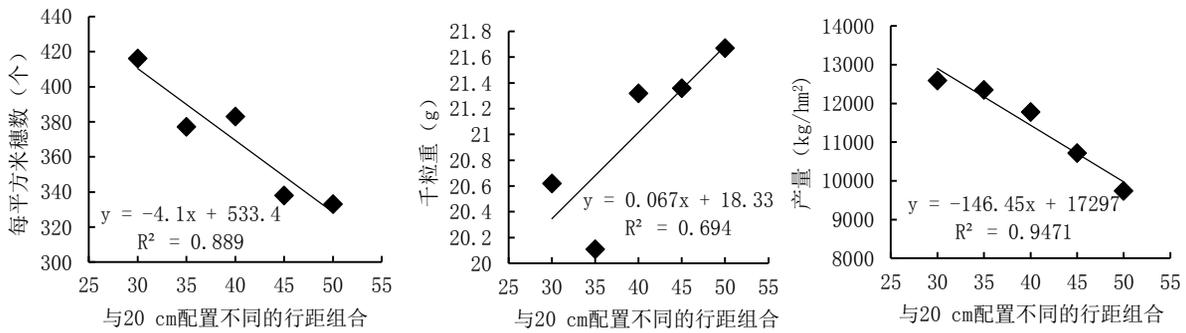


图1 穗数、千粒重及产量对行距调整的响应

由图 1 可知：以 20 cm 行距为基数配置 30 ~ 20 cm、35 ~ 20 cm、40 ~ 20 cm、45 ~ 20 cm、50 ~ 20 cm 行距组合，随着配置行距宽度的增加（种植密度的减少）单位面积穗数及产量呈减少趋势，且达到显著水平，千粒重呈增加趋势，由此说明适当的行距调整对穗数、千粒重及产量具有一定的影响。

2.2 各处理群体冠层结构比较

2.2.1 不同处理冠层 PAR 截获率比较

各处理冠层 PAR 截获率情况如图 2 所示。8 个处理中冠层 PAR 截获率依次为：行距 40 ~ 25 cm > 行距 35 ~ 20 cm > 行距 30 ~ 20 cm > 行距 40 ~ 30 cm > 行距 40 ~ 20 cm > 行距 45 ~ 20 cm > 行距 30 ~ 30 cm (CK) > 行距 50 ~ 20 cm。可见 8 个处理中有 1 个处理冠层 PAR 截获率低于对照，有 6 个处理冠层 PAR 截获率高于对照，其中，行距 40 ~ 25 cm、行距 35 ~ 20 cm、行距 30 ~ 20 cm、行距 40 ~ 30 cm 处理冠层 PAR 截获率为 97.69%、97.32%、97.20%、97.18%，相比于行距 30 ~ 30 cm (CK) 处理的 96.19% 均达到显著水平。

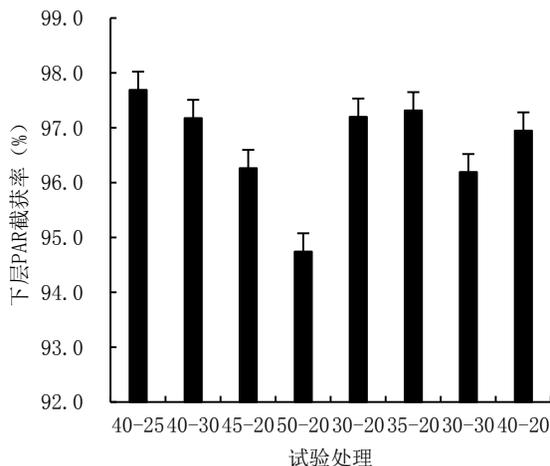


图2 不同处理冠层 PAR 截获率的比较

2.2.2 不同处理群体消光系数比较

各处理冠层消光系数情况如图 3 所示。8 个处理中消光系数依次为：行距 50 ~ 20 cm > 行距 30 ~ 30 cm > 行距 35 ~ 20 cm (CK) > 行距 40 ~ 30 cm > 行距 40 ~ 25 cm > 行距 30 ~ 20 cm > 行距 45 ~ 20 cm > 行距 40 ~ 20 cm。可见 8 个处理中有 1 个处理群体消光系数高于对照，有 6 个处理群体消光系数低于对照，其中，行距 40 ~ 25 cm、行距 40 ~ 20 cm、行距 30 ~ 20 cm 处理群体消光系数值分别为 0.39、0.3889、0.3818，相比于行距 30 ~ 30 cm (CK) 处理的 0.4007 均达到显著水平，且降低幅度分别为 2.67%、2.94%、4.71%。

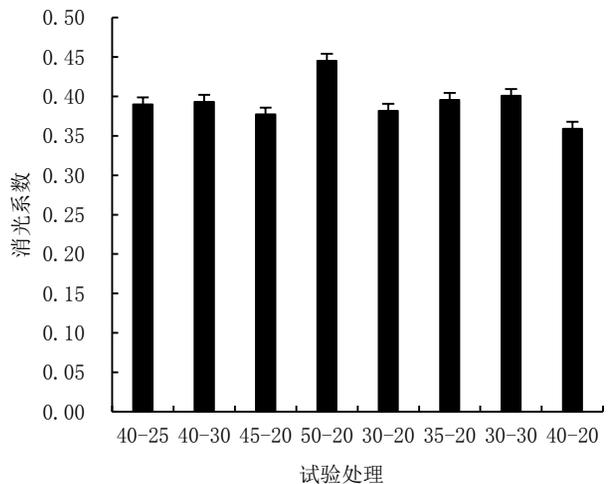


图3 不同处理冠层消光系数的比较

2.3 各处理冠层结构相关参数与产量相关性分析

2.3.1 不同处理冠层 PAR 截获率与产量相关性分析

将各处理冠层 PAR 截获率作为自变量，产量作为因变量，拟合相关方程，得出回归方程为： $y = 955.8x - 80925$ ($R^2 = 0.841$, $P = 0.0013^{**}$)，见图 4。经相关性分析表明，产量与冠层 PAR 截获率达到极

显著相关,且为正相关。

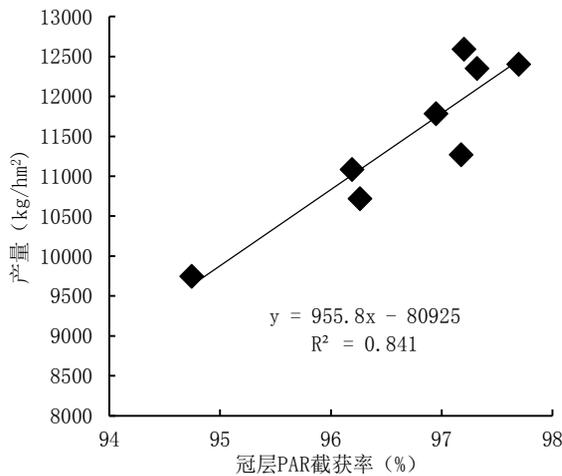


图4 冠层PAR截获率与产量相关性

2.3.2 各处理群体消光系数与产量相关性分析

将各处理群体消光系数值作为自变量,产量作为因变量,拟合相关方程,得出回归方程为: $y = -43125x + 28811$ ($R^2 = 0.817$, $P = 0.002^{**}$),见图5。经相关性分析表明,产量与群体消光系数达到极显著相关,且为负相关。

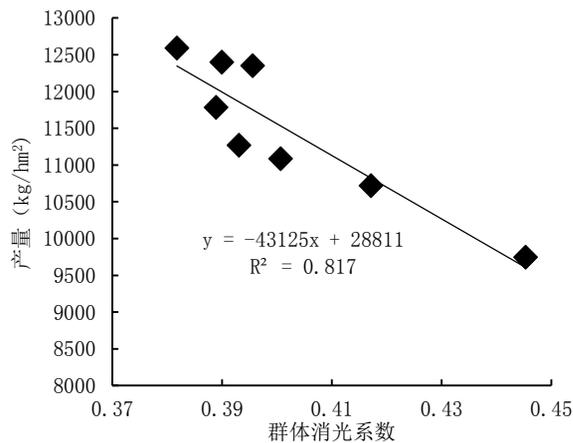


图5 群体消光系数与产量相关性

3 讨论与结论

在合理群体下,稳定穗数、提高成穗率,有利于改善冠层结构和群体质量,改善中后期群体光照条件,延长功能叶片寿命,提高抽穗后群体光合效率,获取高产^[12]。作物产量的形成是产量构成因子共同作用的结果,而穗数是最重要的产量构成因子,较多的穗数可增加籽粒的库容量^[13]。本研究结果显示,在合理的密度范围内,调整水稻行距的配置,能够明显提高单位面积的穗数、穗粒数及产量,即说明通过改变群体分布来提高产量在生产上是可行的。

作物群体光能利用率反映了作物干物质生产能力,与产量密切相关^[14]。PAR截获率、利用率的提高对穗数和收获指数的提高有显著影响,因此提高栽插密度和施氮量主要通过影响每公顷穗数来调控产量。光能利用率体现了作物对光能的利用效率,但作物全生育期的入射辐射量也是影响产量的重要因素之一^[15]。本研究表明,水稻PAR截获率与产量呈显著正相关(图4),说明提高群体PAR截获率是提高作物群体产量的有效途径,这与前人的研究结果一致^[9, 16]。

群体对PAR的截获量可通过到达冠层顶部的PAR在通过作物群体时的衰减进行计算,衰减程度用消光系数(K)表示^[11]。本研究得出产量与群体消光系数达到极显著相关,且为负相关(图5),说明消光系数小,有利于群体透光率提高,尤其是群体中下层的光环境得到改善,与前人研究结论一致^[17]。

综上所述,在保持株距不变的前提下,通过适当行距调整,可以做到优化水稻群体冠层结构,提高群体产量的目标;通过冠层结构和产量指标,筛选出优良行距30~20 cm和行距40~25 cm配置,为吉林西部稻区的水稻生产确定合适的行距配置提供理论依据。

参考文献:

- [1] 程建峰,沈允钢.作物高光效之管见[J].作物学报,2010,36(8):1235-1247.
- [2] 敖和军,王淑红,邹应斌,等.超级杂交稻干物质生产特点与产量稳定性研究[J].中国农业科学,2008,41(7):1927-1936.
- [3] Shannon M C, Grieve C M. Tolerance of vegetables crops to salinity[J].Sci Hort, 1998, 78(1): 35-38.
- [4] 李迪秦,唐启源,秦建权,等.水稻光能辐射利用率与产量的关系[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2011,37(1):1-6.
- [5] 郑丕尧.作物生理学导论[M].北京:北京农业大学出版社,1992:37-42.
- [6] 陈温福,徐正进,张步龙.水稻超高产育种生理基础[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,2003:45-48.
- [7] 李霞,焦德茂,刘友良.不同水稻品种各层叶片光合能力的比较[J].江苏农业学报,2004(4):213-219.
- [8] 陈雨海,余松烈,于振文.小麦生长后期群体光截获量及其分布与产量的关系[J].作物学报,2003,29(5):730-734.
- [9] 李艳大,汤亮,张玉屏,等.水稻冠层光截获与叶面积和产量的关系[J].中国农业科学,2010(16):3296-3305.
- [10] 刘凤丽.控制灌溉对水稻冠层结构和干物质增长影响研究[D].南京:河海大学,2005.
- [11] 高晓飞,谢云,王晓岚.冬小麦冠层消光系数日变化的实验研究[J].资源科学,2004,26(1):137-140.

[12] 李绪孟,王小卉,郑华斌,等.水稻群体冠层结构及其光分布研究进展[J].作物研究,2012,26(5):591-595.

[13] 苏祖芳,孙成明,张亚洁,等.高产水稻生育前期株型指标的研究[J].作物学报,2002,28(5):660-664.

[14] 杨国敏,孙淑娟,周勋波,等.群体分布和灌溉对冬小麦农田光能利用的影响[J].应用生态学报,2009,20(8):1868-1875.

[15] 汤亮,朱相成,曹梦莹,等.水稻冠层光截获、光能利用与产量的关系[J].应用生态学报,2012,23(5):1269-1276.

[16] 李迪秦,唐启源,秦建权,等.施氮量与氮管理模式对超级稻产量和辐射利用率影响[J].核农学报,2010,24(4):809-814.

[17] 李志勇,郭永新,王璞,等.几种水氮模式处理下冬小麦冠层结构的差异[J].麦类作物学报,2007,27(6):1085-1088.

(责任编辑:王昱)



《植物遗传资源学报》2018年征订启事

《植物遗传资源学报》是中国农业科学院作物科学研究所和中国农学会主办的学术期刊,中国科技核心期刊、全国中文核心期刊、中国科学引文数据库(CSCD)核心期刊,被国内多家数据库收录,被CA化学文摘(美)(2014)收录,荣获2015年度中国自然资源学会高影响力十佳期刊。据《中国科技期刊引证报告》(核心版)统计:2016年影响因子1.181,在农艺学类期刊中排名第3。据CNKI《中国学术期刊影响因子年报》统计:2016年复合影响因子1.495,在48种农艺学类期刊排名第4,期刊综合影响因子1.256。

报道内容为有关植物遗传资源基础理论研究、应用研究方面的研究成果、创新性学术论文和高水平综述或评论。如种质资源的考察、收集、保存、评价、利用、创新,信息学、管理学等;起源、演化、分类等系统学;基因发掘、鉴定、克隆、基因文库建立、遗传多样性研究。

双月刊,A4开本,216页,彩色铜版纸印刷。定价68元,全年408元。各地邮局发行。邮发代号:82-643。国内连续出版物号CN11-4996/S,国际连续出版物号ISSN1672-1810。本刊编辑部常年办理订阅手续,如需邮挂每期另加3元。

地 址:北京市中关村南大街12号《植物遗传资源学报》编辑部
 邮 编:100081 电 话:010-82105794 010-82109494 网 址:www.zwyczy.cn
 E-mail:zwyczyxb2003@163.com zwyczyxb2003@caas.cn zwyczyxb2003@sina.com