

周立宏,李秀芬,王伯伦,等. 稻田小气候特征及其对水稻产量和品质的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(5):81-85.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.05.022

稻田小气候特征及其对水稻产量和品质的影响

周立宏,李秀芬,王伯伦,王艳华

(沈阳农业大学农学院,辽宁沈阳 110866)

摘要:为了研究不同水稻品种群体中的小气候状况及其对产量和品质的影响,以辽优20、辽粳294等8个品种为供试品种,观测群体中的温度、湿度和光照,收获后测定产量和品质,分析各气象因子在群体中的分布和变化情况以及与产量和品质的关系。结果表明,不同品种群体中温度、湿度生长后期差异较大,其中湿度差异大于温度差异。水稻群体中温湿度的日变化规律与大气温湿度一致,中午群体中的温度在灌浆期高于大气,成熟期低于大气。群体中光照度从上至下逐渐减弱。太阳高度角较低时,群体上部光强减弱得快,下部减弱较慢;太阳高度角较高时,上部和下部减弱的差异不大。群体中平均透光率与产量成抛物线关系。品质与10:00—14:00时透光率的关系较为明显,直链淀粉含量与10:00的透光率显著负相关。

关键词:水稻;小气候特征;温度;湿度;光照;产量;品质

中图分类号: S162.5⁺.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)05-0081-04

影响水稻产量和品质的因素主要是遗传和环境两大方面,同一品种在不同地点和不同栽培方式下的产量和品质表现并不一致,存在显著的基因型×环境互作效应。彭俊华认为,产量总变异中环境效应最大,基因型×环境互作效应次之,基因型效应居第三^[1]。现代株型育种通过群体结构和受光态势的综合改良来改善群体小气候环境,从而提高群体的光合作用效率和物质生产能力,陈温福等认为,直立穗型群体的光照、温度、湿度、气体扩散等生态条件优越,因此生物产量明显高于半直立和弯曲穗型,但直立穗型品种品质不如弯曲穗型^[2-3]。王伯伦等也认为,适口性特好的品种基本为弯曲穗型,半矮秆、半直立穗型品种产量较高,品质较好^[4]。但大量研究表明,穗型和品质之间并无直接关系,产量和品质的关系也不密切,栽培技术却与品质有密切关系,这可能是产量高的品种通常品质差的原因之一^[2]。因此,对不同穗型水稻群体中的小气候状况还需进行深入研究,也可以为株型育种提供理论依据。

目前对影响水稻产量和品质的气象因素的研究,主要集中在大范围的气候环境层面,而且具有地域性,但温度普遍被认为是影响水稻产量与品质的最显著因子,尤其是日均温度^[5-10],其次是光照。李秀芬等认为,辽宁省沈阳地区8月中旬至9月中旬是影响稻米品质的气候关键期,这一阶段的温度是影响品质的最主要因子,其次为日照总时数,降水的影响最小^[11]。

小气候观测易受人为影响,尤其是温度和湿度的测定准确性较差,研究难度较大,因此这方面的研究较少。本试验研

究不同穗型品种水稻群体中的光照、温度和湿度分布及差异状况,并初步探讨小气候条件与水稻产量和品质的关系。

1 材料与方法

试验于2012年在沈阳农业大学农学院教学科研基地试验田进行。

选择的品种有辽优20、辽粳294、奥羽316、辽粳326、辽粳9号、沈稻9号、沈稻8号、沈农8718共8个品种。其中,辽优20是辽宁省稻作研究所育成的弯穗杂交稻,沈农8718是弯穗常规品种,奥羽316是日本弯穗超高产品种,辽粳326是直立穗,其余是半直立穗品种。试验采用随机区组设计,3次重复;小区长5 m,宽1.8 m,小区面积9 m²;每小区6行,行、株距为30 cm×13.3 cm,单株插秧,施氮量180 kg/hm²,施磷量20 kg/hm²,井水灌溉,本田管理参照水稻模式化栽培^[12]。

测定选择晴朗无风的天气,于8月17日08:00、10:00、12:00、14:00、16:00时用GI-1型棍式照度计测定在植株1/3、2/3、3/3高度的光照度。并于7月末、8月中旬和9月中旬水稻生长的不同时期,用HOBO(HO8-007-02)温湿度采集器,每隔10 min采集1次数据,测得植株2/3高度的温度和湿度。高士杰等研究发现,夜间不同水稻群体中温湿度相差^[3],所以本试验仅观测白天的温湿度。

收获后自然风干,脱粒测定小区产量。储藏3个月后测定米质的各项指标,包括糙米率、精米率、整精米率、垩白率、食味值、蛋白和直链淀粉含量等,测定标准采用农业部NY147—1988《米质测定方法》。

2 结果与分析

2.1 不同品种群体内温湿度变化特征

2.1.1 不同品种群体内温度的变化 辽宁沈阳地区7月下旬至8月上旬为雨季,以多云天气为主,晴天较少,8月中旬以后晴天多,阴天少。本试验于7月23日上午、7月28日、8月17日、8月18日和9月17日分别观测不同品种群体内

收稿日期:2015-04-23

基金项目:国家自然科学基金(编号:31201124)。

作者简介:周立宏(1969—)女,黑龙江佳木斯人,硕士,讲师,从事应用气象专业的教学和科研工作。Tel:(024)88487135;E-mail:zhouli@live.com。

通信作者:李秀芬,博士,副教授,从事应用气象专业的教学和科研工作。Tel:(024)88487135;E-mail:395732892@qq.com。

2/3 高度处的温度和湿度。

7月23日和7月28日是多云天气,各群体内气温非常相近。不同品种间的温度差异很小,温差基本不超过0.8℃,方差分析结果表明,各群体内的温度差异不显著。

8月17日、8月18日和9月17日为晴天,白天不同品种群体内气温的变化趋势相同,各品种间的气温差异明显大于7月下旬阴天的2 d。图1是8月18日和9月17日辽粳294的温度变化曲线及回归曲线,回归方程中的 x 为时间比率,将1 d 24 h 设为1,00:00—12:00为0.5。从图1可见,群体中温度变化呈明显的单峰曲线,中午温度高,早晚温度较低,与大气温度日变化一致,并且9月17日温度变化大于8月17、18日,这是因为8月昼长大于9月,空气湿度又大,大气昼夜温差小于9月,加之9月水稻生长后期,田间基本无水,水分对群体中温度的调节作用减小,使群体内气温变化幅度增大。群体中最高温度出现时间要早于大气,大气最高温度出现在14:00左右,群体中最高温度则出现在12:30—13:00。8月17、18日,群体中温度在中午时高于大气温度,早晚则低于大气温度;9月17日白天群体中温度都低于大气温度。

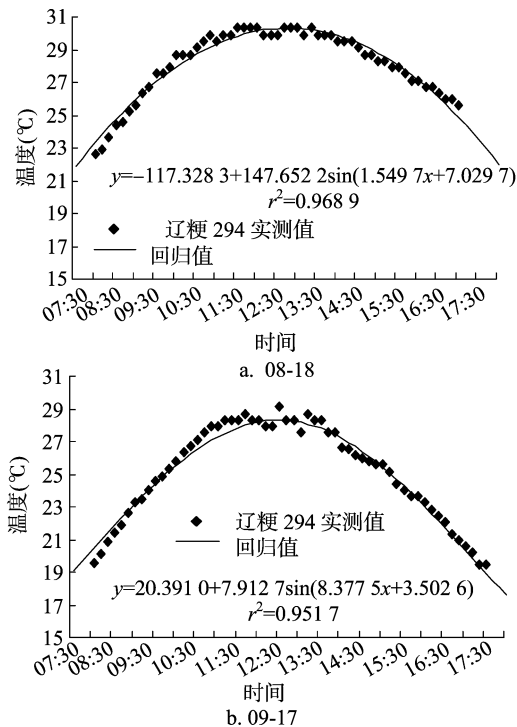


图1 辽粳294群体中温度变化曲线

表1是8月17日、8月18日、9月17日这3 d不同品种群体间温度差异的统计数据,其中9月17日群体之间的温差比8月中旬更大。

表1 08:00—17:00时不同品种群体间温度差异

日期	最大温差(℃)	最小温差(℃)	平均温差(℃)
8月17日	1.68	0.78	1.29
8月18日	2.41	0.80	1.75
9月17日	2.69	1.15	1.80

方差分析结果表明,8月17日、18日各群体间气温差异显著($F=2.24^*$),9月17日则差异极显著($F=9.93^{**}$)。8月17日、18日各品种群体内温度变化基本是相同的,直穗的

辽粳326温度较高,弯穗的沈农8718温度较低,这与高士杰的研究结果^[3]相一致;辽优20的温度在这2 d的表现不一致,8月17日较高,8月18日较低,应该是误差所致。在9月17日,弯穗的辽优20群体内的温度最高,半直立穗的沈稻9号和沈稻8号较低,而弯穗的沈农8718与半直立穗的辽粳294温度非常接近,都比较高,仅次于辽优20。

2.1.2 不同品种群体内湿度的变化 8月17日、18日不同品种群体内相对湿度的变化相似。图2是8月18日和9月17日辽粳294相对湿度的变化曲线和回归曲线, x 是时间比率,与温度回归方程中的相同。7月28日阴天的相对湿度变化明显小于8月17日、18日和9月17日,无论是不同群体中的总变化范围还是单个群体中的变化量,均是7月28日最小,9月17日最大。这主要是受空气湿度的影响,沈阳地区7月下旬至8月上旬为雨季,空气湿度大,日变化比较小,8月中旬以后空气湿度逐渐减小,相对湿度的日变化增大。

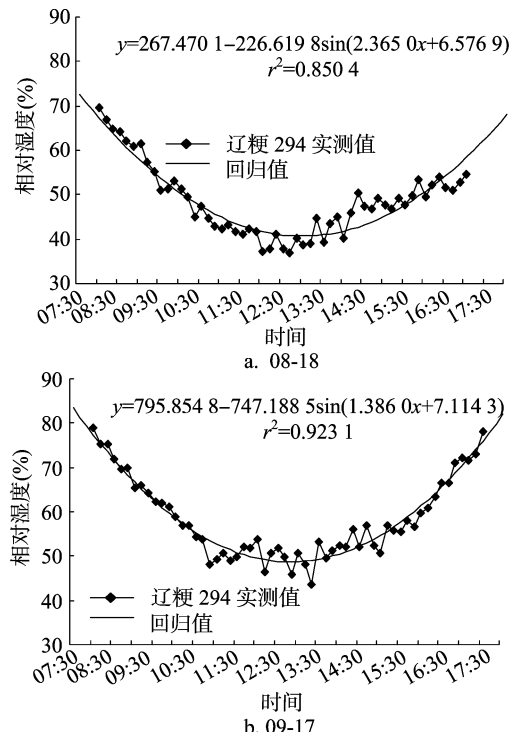


图2 辽粳294群体中相对湿度变化曲线

相对湿度不仅与水汽含量有关,还与温度有关,9月17日群体中的露点温度整体低于8月中旬,说明水汽含量少于8月中旬,但因温度低,尤其是早晚的时候,所以相对湿度比8月18日还要高。

各群体间湿度的差异也比温度大,方差分析结果表明,除7月23日相对湿度和露点温度差异不显著外,其余几日均为差异极显著。表2是这几日相对湿度变化的统计数据,可以看出,9月17日群体间相对湿度的差异大于8月17日、18日。总体来说,沈稻9号群体内的相对湿度最高,辽粳326相对湿度较低,辽粳294、辽粳9号最接近。

2.2 不同品种群体内光照的分布特征

2.2.1 光照度的日变化 各品种群体中的光照度日变化趋势基本一致。图3是辽粳294在1 d中不同时刻光照度的变化,冠层顶的光照度日变化即是到达地面的太阳辐射日变化,

表2 08:00—17:00 不同品种群体内相对湿度变化

日期	最大差值(%)	最小差值(%)	平均差值(%)
7月28日	7.6	3.6	5.5
8月17日	11.3	4.6	7.3
8月18日	14.5	6.4	9.6
9月17日	19.3	8.0	12.6

群体中光照度的变化总体趋势与冠层顶相同,早晚低,随太阳高度角的增大而增大,中午光照度达最大,上下午基本是对称的。但群体内光照度的增加没有冠层顶快,维持高光照度的时间也短于冠层顶,尤其是1/3高度,光照度在10:00之前和14:00变化比较缓慢。2/3高度光照度的日变化介于冠层顶和1/3高度之间。图3中3个高度的光照度日变化回归方程见表3, x 为北京时间。

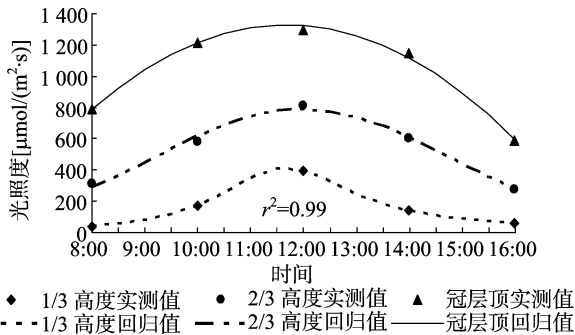


图3 辽梗 294 群体内中光照度的日变化

表3 辽梗 294 光照度日变化回归方程

高度	回归方程	R ²
冠层顶	$y = -39.48x^2 + 923.84x - 4077.83$	0.9953
2/3 高度	$y = 791.5124 \exp[-(3.0349 - 0.2534x)^2]$	0.9886
1/3 高度	$y = x / (1.6508 - 0.2807x - 0.0121x^2)$	0.9997

2.2.2 群体内不同层次的光照度 各群体内光照度从冠层顶向下减弱,1 d 中不同时刻群体内光照度随高度减弱的快慢而不同。图4分别是08:00和12:00测得的4个品种群体内不同层次的太阳光照度,其余品种光照度略小于辽梗294,高于奥羽316和辽优20。由此可以看出,08:00从冠层到2/3高度光照强度减弱较快,2/3高度到1/3高度光照强度减小得较慢;在12:00各群体内从上到下光照度的变化接近一条直线,上部与下部光照度的减弱速度差别不大;10:00群体中的光照度变化介于08:00和12:00之间;14:00和10:00近似;16:00和08:00近似。说明在早晚太阳高度角较小时,冠层截获光能的比率较大,下层得到光能的比率较小,随着太阳高度角的增大,透过冠层到达下层的光照比率增大。直立穗和半直立穗品种群体中的光照度高于弯穗品种。

2.2.3 不同品种群体内的透光率 根据测得的光照度计算出不同品种水稻群体中的透光率,图5是8个品种2个高度的透光率。从图5可以看出,2/3高度和1/3高度的透光率均为中午最大,早晚较小。无论是1/3高度还是2/3高度,弯穗沈农8718、辽优20和奥羽316的透光率小于其他直立和半直立穗品种,2个杂交稻品种最接近,透光率最小,5个直立、半直立穗品种相差不大。

2.3 光照与产量和品质的关系

2.3.1 光照与水稻产量的关系 相关分析结果(表4)表明,

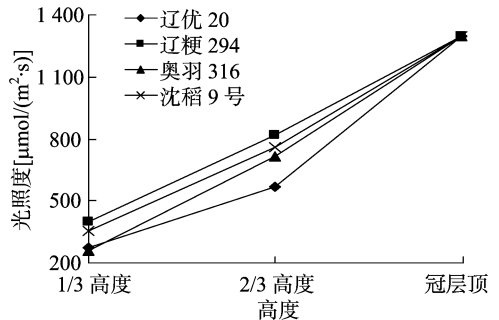
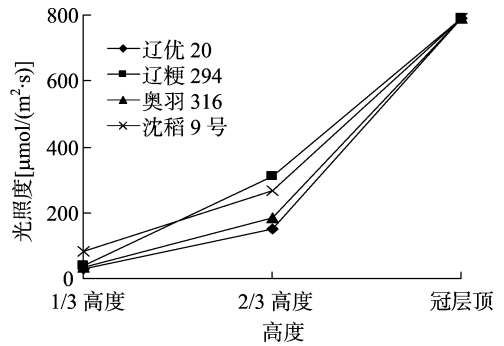


图4 各品种群体内不同高度的光照度

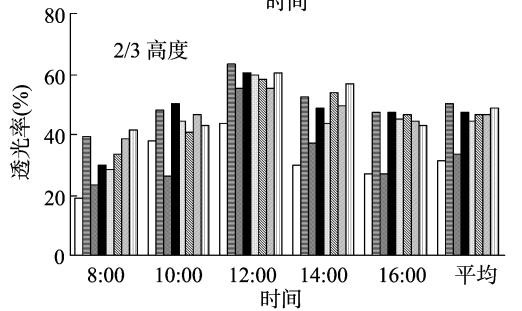
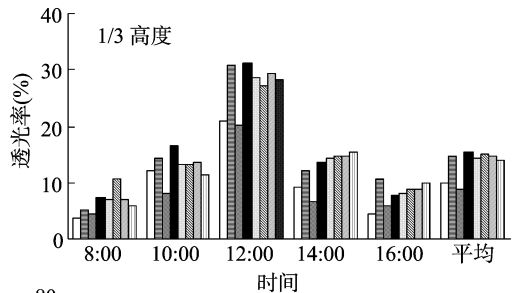


图5 不同品种群体中的透光率

产量与透光率之间有显著的相关性。平均产量与不同高度和不同时间的透光率之间均为负相关,说明群体中透光率大不利于产量的提高。平均产量与2/3高度透光率的关系大于1/3高度,并且与12:00的透光率相关性最显著。2/3高度在10:00、12:00的透光率和平均透光率与产量的相关都达到显著水平,08:00、14:00、16:00的相关虽未达到显著水平,但相关系数也是比较大的。1/3高度的相关系数只有12:00达到显著水平,16:00的相关系数也较大。

通过回归分析可知,平均产量(y)与08:00时1/3高度透光率(L_8)和12:00时1/3高度透光率(L_{12})呈线性关系:

$$y = 847.181 - 11.035L_{12} + 10.078L_8, R^2 = 0.961。$$

中午时下层的透光率高,使产量降低;而早晨下层透光率

表4 平均产量与透光率的相关系数

透光率	不同测定时间下的相关系数					
	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	平均
1/3 高度	-0.104	-0.450	-0.878*	-0.388	-0.791	-0.713
2/3 高度	-0.743	-0.860*	-0.858*	-0.652	-0.741	-0.828*

注：* 表示在 0.05 水平（双侧）上显著相关。

高，则产量增加。

取 2 个高度平均透光率的平均值为群体总平均透光率。平均产量与群体中 2 个高度的平均透光率和总平均透光率的关系非常相近，均为二次曲线，图 6 为平均产量和群体总平均透光率的回归曲线，由此可以看到，透光率过高或过低对产量均不利，透光率在一定范围内，可维持较高的产量。

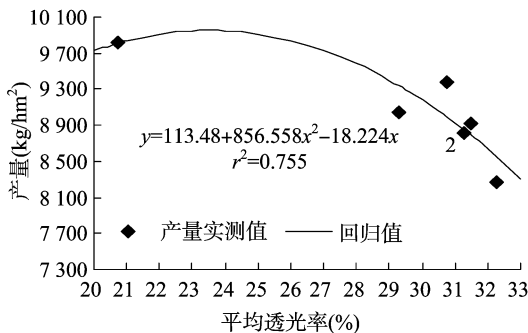


图6 群体总平均透光率与产量的关系

2.3.2 光照与水稻品质的关系 稻米品质与透光率的相关性见表 5（表中未列出的时段透光率与品质各指标相关均不显著）。整精米率与 10:00 时 2/3 高度的透光率显著负相关，垩白率与 10:00 时 1/3 高度的透光率、糙米率与 12:00 时 2/3 高度的透光率显著正相关；食味值、蛋白含量与 08:00 时 1/3 高度的透光率显著相关，其中食味值与透光率是负相关，蛋白含量与透光率则为正相关。直链淀粉含量与 10:00 的透光率相关最大，在 2 个高度上都为极显著负相关，说明透光率高则直链淀粉含量减少。

表5 品质与透光率的相关系数

品质	与透光度的相关系数				
	1/3 高度透光率			2/3 高度透光率	
	08:00	10:00	14:00	10:00	12:00
糙米率	0.531	0.134	0.529	0.345	0.738*
精米率	-0.002	-0.468	0.096	-0.193	0.325
整精米率	-0.234	-0.633	-0.612	-0.753*	0.099
垩白率	0.136	0.708*	0.049	0.471	-0.134
食味值	-0.743*	-0.313	-0.671	-0.426	-0.359
蛋白含量	0.772*	0.279	0.672	0.391	0.380
直链淀粉含量	-0.482	-0.922**	-0.589	-0.848**	-0.227

注：* 表示在 0.05 水平（双侧）上显著相关；** 表示在 0.01 水平（双侧）上显著相关。

总体来说，10:00 的透光率与品质的关系最大，08:00 的 1/3 高度的透光率与营养品质的关系比外观品质更明显。14:00 的 2/3 高度的透光率与各品种指标的相关性虽均未达到显著水平，但除精米率和垩白率外，与其他几个指标的相关系数都是比较大的。糙米率、垩白率和蛋白含量与透光率之间基本是正相关，整精米率、食味值和直链淀粉含量与透光率基本为负相关。

3 结论与讨论

张文香等认为，寒冷地区灌浆期到成熟期温度高有利于提高产量和品质^[13]；矫江等认为，东北地区水稻垩白率的发生与当地的活动积温呈显著负相关^[14]；秦阳等认为，灌浆结实期温度日较差对品质性状的影响较大，且为正效应^[15]。在本试验中，根据温湿度与产量和品质的相关分析，虽然多数未达到显著水平，但总的来说，温度与产量和品质的关系比湿度更大一些，并且 8 月的影响大于 9 月，8 月中旬的温度对品质指标中的食味值、蛋白含量、糙米率、精米率的影响较为明显。

本试验测得 8 月中旬和 9 月中旬灌浆期、成熟期水稻群体内中午的温度高于大气温度，这与以前的研究结果^[3]不相符，但在东北地区，温度高无疑对产量和品质是有利的。本试验中各弯穗和半直立穗品种的温湿度表现不太一致，弯穗沈农 8718 的温度较低，但杂交稻的温湿度表现较为复杂，因此单考虑穗型对温湿度的影响可能具有片面性，还应该考虑品种本身的影响。本试验并未发现弯穗群体中相对湿度明显大于直立穗群体的现象。根据现有观测数据，温度、湿度与产量和品质的具体关系尚无法确定。因群体中的温湿度变化较为复杂，须要长期连续观测，困难较大，还须做进一步的研究工作。

有研究认为，直立穗群体中透光率高于弯穗群体^[3]。在本试验的 8 个品种中，弯穗的辽优 20、奥羽 316、沈农 8718 透光率较低，其余直立、半直立、弯穗品种并无明显差异。透光率最低的辽优 20 反而产量较高，表明产量与透光率并不是简单的线性关系，而是呈抛物线，透光率在适当范围内才能取得较高的产量。

从本试验产量和 08:00、12:00 1/3 高度透光率的线性关系来看，早晚太阳辐射较弱时，群体下层的透光率高，有利于提高产量；而中午太阳辐射强，下层透光率高反而会使产量下降。

关于光照与品质的关系，总体来说，10:00—14:00 光照对品质的影响较为明显。蛋白含量、垩白率与透光率呈正相关，与前人的研究结果^[16-17]一致。

水稻群体中温湿度的日变化规律与大气温湿度一致。不同品种水稻群体中温度差异在 8 月中旬小于 9 月中旬；中午群体内的最高温度高于大气温度；直立穗群体中的温度较高。群体中相对湿度的差异大于温度，8 月中旬至 9 月中旬差异均极显著，且 9 月差异大于 8 月。

群体中光照度从上至下逐渐减弱。太阳高度角较低时，群体上部光强减弱得快，下部减弱较慢；太阳高度角较高时上下减弱的速度差异不大。群体中平均透光率与产量成抛物线关系。品质与 10:00—14:00 透光率的关系较为明显，直链淀粉含量与 10:00 的透光率呈极显著负相关，糙米率、垩白率、蛋白含量与透光率之间基本是正相关，整精米率、食味值和直链淀粉含量与透光率基本为负相关。

参考文献：

- [1] 彭俊华. 水稻产量的基因型 × 环境互作分析及生态类型区的划分[J]. 四川农业大学学报, 1991, 9(3): 327-333.
- [2] 陈温福, 徐正进. 水稻超高产育种理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 211-227.

王小虎,方云霞,张 栋,等. 水稻根基粗适宜取样量及其与抗倒伏性状的相关分析[J]. 江苏农业科学,2016,44(5):85-89.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.05.023

水稻根基粗适宜取样量及其与抗倒伏性状的相关分析

王小虎^{1,2,3}, 方云霞⁴, 张 栋², 祝阳舟², 余海平², 胡 江², 钟卫国³,
潘斌清³, 俞 良³, 端木银熙³, 梁国华¹, 钱 前²

(1. 扬州大学农学院/江苏省遗传生理重点实验室/教育部植物功能基因组学重点实验室,江苏扬州 225009;

2. 中国水稻研究所/水稻生物学国家重点实验室,浙江杭州 310006;

3. 江苏省常熟市农业科学研究所/江苏省杂交晚粳工程技术研究中心/国家杂交水稻工程技术研究中心常熟分中心,江苏常熟 215500;

4. 江西省农业科学院水稻研究所,江西南昌 330200)

摘要:利用典型的籼粳交(窄叶青8号/京系17)的 F_1 代花培加倍单倍体(DH)分离群体为材料,通过水培法在齐穗期考查了与抗倒伏相关根基粗等性状。根基粗在DH群体中呈明显的连续性变异分布。根基粗总平均数与10、20、30、40、50、60、70、80、90、100个最粗根基粗平均数均存在极显著正相关,且根基粗总平均数(Y)与10~100个最粗根基粗平均数(X)两者关系符合直线回归方程 $Y = a + bX$ 。根基粗总平均数与30、40个最粗根基粗平均数的相关系数最大。根基粗与水稻抗倒伏相关的地下部根系性状以及地上部性状的相关分析表明,根基粗与总根数、最大根长、根干物质量、根冠比等根系性状之间存在着极显著正相关;除分蘖数外,根基粗与地上部株高、株周长、单蘖直径、地上部干物质量之间也存在着极显著正相关。根基粗与地上部性状的多元回归分析表明,根基粗只与单蘖直径、地上部干物质量成显著线性关系,这说明单蘖直径和地上部干物质量对根基粗的影响较大。本研究旨在寻求水稻根基粗的最适调查方法,为水稻根系育种提供理论参考。

关键词:水稻;根基粗;取样量;抗倒伏性状;相关分析

中图分类号: S511.03 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)05-0085-05

根系是水稻重要的地下组织器官,具有固定植株、吸收水分和养分、合成内源激素等众多功能^[1-2]。此外,水稻根系还

是地上与地下各部分物质及信息交换的系统之一^[3]。

根基粗是水稻根系统的重要性状之一,在水稻根系的遗传^[4-5]、抗旱^[6-8]、抗倒伏^[9-10]等诸多研究中是必不可少的研究因子。其他的根系性状如总根数、根长、根干物质量、根冠比等数据调查相对简单,在实验室均可操作。而根基粗数据调查相对复杂,费时又费力^[7,11],同时随着测量群体的增大,出现误差的概率相应增加。目前,公认调查根基粗较为准确、快速和便捷的方法是利用WinRHIZOLA6400XL根系专用大幅面透视扫描仪对根系进行透视扫描,然后用根系专用WinRHIZOPRO软件分析扫描图片获取数据。这种方法虽可获得根系准确、完整的表观数据,但也有其缺点,应用此方法

收稿日期:2015-12-03

基金项目:国家自然科学基金(编号:31201194);江苏省科技计划后补助项目(编号:BE2015378);江苏省苏州市农业科技创新工程项目(编号:SNG201509)。

作者简介:王小虎(1979—),男,江西南昌人,博士研究生,高级农艺师,从事水稻遗传育种研究。E-mail:jcsnkswxh188@163.com。

通信作者:梁国华,研究员,主要从事水稻分子育种研究,E-mail:ricegh@yzu.edu.cn;钱前,研究员,主要从事水稻分子生物技术及育种研究,E-mail:qianqian188@hotmail.com。

[3]高士杰,张龙步,陈温福. 直立穗型水稻群体小气候环境研究[J]. 中国农业气象,2000,21(3):23-26.

[4]王伯伦,王 术,黄元财,等. 水稻优化育种方法的研究[J]. 沈阳农业大学学报,2004,35(4):298-303.

[5]季彪俊. 影响水稻产量因子的研究[J]. 西南农业大学学报:自然科学版,2005,27(5):579-583.

[6]刘 建. 环境因子对稻米品质影响研究进展[J]. 湖北农学院学报,2002,22(6):550-554.

[7]孟亚利,高如嵩,张嵩午. 影响稻米品质的主要气候生态因子研究[J]. 西北农业大学学报,1994,22(1):40-43.

[8]杨化龙,杨泽敏,卢碧林. 生态环境对稻米品质的影响[J]. 湖北农业科学,2001(6):14-16.

[9]杨联松,白一松,李少恒,等. 气候条件对稻米品质性状的影响[J]. 安徽农业科学,2003,31(3):341-342,344.

[10]吕文彦,邵国军,曹 萍,等. 灌浆结实期日均温度对稻米品质

之影响[J]. 辽宁农业科学,1998(4):3,5,4,7-8.

[11]李秀芬,贾 燕,黄元财. 沈阳地区气候因子对稻米品质的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2005,36(5):523-527.

[12]王伯伦. 水稻优化栽培[M]. 北京:农业出版社,1993:99-124.

[13]张文香,王成媛,王伯伦,等. 寒冷地区温度、光照对水稻产量及品质的影响[J]. 吉林农业科学,2006,31(1):16-20.

[14]矫 江,王伯伦. 我国东北地区稻米垩白发生规律研究[J]. 作物学报,2003,29(2):311-314.

[15]秦 阳,蒋文春,张 城,等. 不同水稻品种播期与品质的关系[J]. 沈阳农业大学学报,2004,35(4):328-331.

[16]李 林,沙国栋,陆淮淮. 灌浆结实期温光因子对稻米品质的影响[J]. 中国农业气象,1996,5(2):33-38.

[17]Kato T. Effect of the shading and rachis branch clipping on the grain filling process of rice cultivars differing in the grain[J]. Japan J Crop Sci, 1986, 55(2):252-260.