

利用农垦 58 衍生系研究浙江省晚粳产量和植株形态的改良

王丹英, 章秀福, 李 华, 徐春梅, 钱 前, 廖西元

(中国水稻研究所, 杭州 310006)

摘要: 【目的】阐明晚粳稻产量与植株形态的关系。【方法】以农垦 58 及其衍生系为材料, 通过在同一生态条件下的种植试验, 比较不同时期水稻品种的产量、叶部、茎部和穗部性状, 分析近几十年浙江省晚粳品种改良过程中产量及植株形态的演变, 并进行产量和植株性状的相关分析。【结果】浙江省晚粳产量增加最快的阶段是 60 年代, 此阶段的水稻品种类型可分为穗粒兼顾型和穗数型; 70 年代后产量增幅较慢, 品种多为穗粒兼顾型。在植株形态中, 近代品种(育成年份 1985~1995 年)的剑叶长度、上 3 叶的叶基角小于早代品种(1985 年以前育成), 倒 3 叶长度、剑叶和倒 3 叶的宽度大于早代品种; 近代品种较矮, 各节间长度均小于早代品种, 但茎秆密度和单位叶鞘重于早代品种, 而着粒密度高于早代品种。植株性状和产量的相关分析表明, 剑叶和倒 2 叶的长度、上 3 叶的叶基角和叶片曲率、倒 1 和倒 2 节节间长度与产量存在显著负相关, 结实率与产量显著正相关。【结论】水稻产量的提高和植株形态的改良有很大的关系, 提高浙江省晚粳单产的可行途径是在保持高结实率的前提下适当增加每穗粒数。

关键词: 晚粳; 衍生系; 产量; 植株形态

Study of Yield and Morphological Character Development of Late Japonica Rice in Zhejiang Province Using Derived Varieties of Nongken 58

WANG Dan-ying, ZHANG Xiu-fu, LI Hua, XU Chun-mei, QIAN Qian, LIAO Xi-yuan

(China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006)

Abstract: 【Objective】This study was designed to elucidate the relationship between grain yield and morphological characters of late japonica rice. 【Method】The variety Nongken 58 and its 18 derived varieties were grown at China National Rice Research Institute Farm in Zhejiang province in 2003 and 2004. Yield and plant morphological characters of varieties at different period were compared. The correlations among yield and morphological characters were analyzed. 【Result】The results showed that the yield of late japonica rice in Zhejiang province increased greatly in 1960s. The varieties released at this stage could be divided as compatible panicle-kernel type and multi-panicle type. The yield of late japonica rice after 1970s increased slowly, most of the varieties released at this stage were compatible panicle-kernel type. In plant morphological characters, compared to the former varieties (released before 1985), the latter varieties (released in 1985-1995) had short flag leaf length, small leaf original angle, longer third leaf length and wider flag and third leaf width; the plant height, internode length of the latter varieties were shorter than that of the former varieties, but in terms of stem density, sheath weight and grain density per panicle, the latter varieties were larger than the former varieties. Correlation analysis showed that there were significant negative correlations between length of the upper two leaves, original angle, leaf curvature, length of the upper two internodes and grain yield, positive correlations exist between 3rd leaf length, leaves width, biomass yield, seed setting rate and yield. 【Conclusion】The results suggest that there is a close relationship between rice grain yield and plant type. It is possible to increase the yield of late japonica rice in Zhejiang province by increasing grains per panicle.

Key words: Late Japonica rice; Derived varieties; Yield; Morphological characters

收稿日期: 2005-10-20; 接受日期: 2006-02-23

基金项目: 国家粮食丰产科技工程(2004BA520A12-C5)

作者简介: 王丹英(1975-), 女, 浙江义乌人, 助研, 研究方向为水稻高产优质栽培。Tel: 0571-63370584; E-mail: wdanying@hotmail.com。通讯作者廖西元(1964-), 男, 湖北天门人, 研究员, 研究方向为粮食安全。E-mail: liaoxiyuan@mail.hz.zj.cn

0 引言

【研究意义】水稻产量的突破在很大程度上依赖于理想株型的塑造与杂种优势利用的结合^[1], 20 世纪 60 年代的矮化育种和 70 年代中期的杂交稻育种, 使水稻产量出现了两次重大飞跃。杂种优势要表现为现实产量, 需要通过构建理想株型来实现, 而这将依靠株型的系统研究与理念提升作支撑。【前人研究进展】目前关于水稻理想株型的报道很多, 从光能利用、群体结构、源库结构、物质积累和转运、抗倒伏等各方面提出了水稻叶片、茎秆、穗型的理想指标^[2-7]。主要的株型模式有 IRRI 的超级稻新株型模式^[8]、超级杂交稻株型模式^[9]、直立大穗型^[6,10]、半矮生密穗型^[11,12]等, 在与气候条件、生产条件和耕作制度等相适应的条件下, 上述模式对各地水稻品种类型的成功选育和推广均起了重要的指导作用。晚粳在浙江粮食生产中占有重要地位, 晚粳米是居民的主食。70 年代以来, 浙江省晚粳种植面积一直保持在 5.6×10^5 ha 以上^[11]。在品种改良上, 浙江省晚粳从“农家型”、“农垦型”、“农虎型”过渡到“密穗型”和“半矮生型”, “半矮生型”和“密穗型”分别从“强源”、“扩库”的角度使水稻单产较以前有较大的提高^[11,12]。但自 80 年

代中后期以来, 浙江省晚粳新品系增产幅度一般都不大, 究其原因是植株形态没有根本的改变, “没有类型的突破就没有产量的突破”已成为浙江育种界的共识。【本研究切入点】在研究水稻品种的株型演变中, 多以不同年代的主栽品种为材料^[4, 13, 14], 或基于分析历史数据^[10], 这类研究方法虽具有一定的代表性, 但在品种的选择主观性非常大, 基于历史数据的研究方法未能排除生态环境的作用, 对试验结果的准确性可能会有影响。【拟解决的关键问题】由于浙江省晚粳品种多为农垦 58 的衍生系, 其衍生品种如农虎 6 号、秀水 48、秀水 11 均为当时的主栽品种。以不同时代农垦 58 的衍生系为材料, 通过在同一生态条件下的种植比较试验, 探讨近几十年浙江省晚粳品种改良过程中被保留和被淘汰植株形态性状, 研究植株形态特征的改良在晚粳产量改良中的作用, 对今后的超高产株型育种有着重要的理论与指导意义。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2003~2004 年在中国水稻研究所试验农场进行, 供试品种为晚粳农垦 58 及其衍生系, 共 19 个品种 (图 1)。

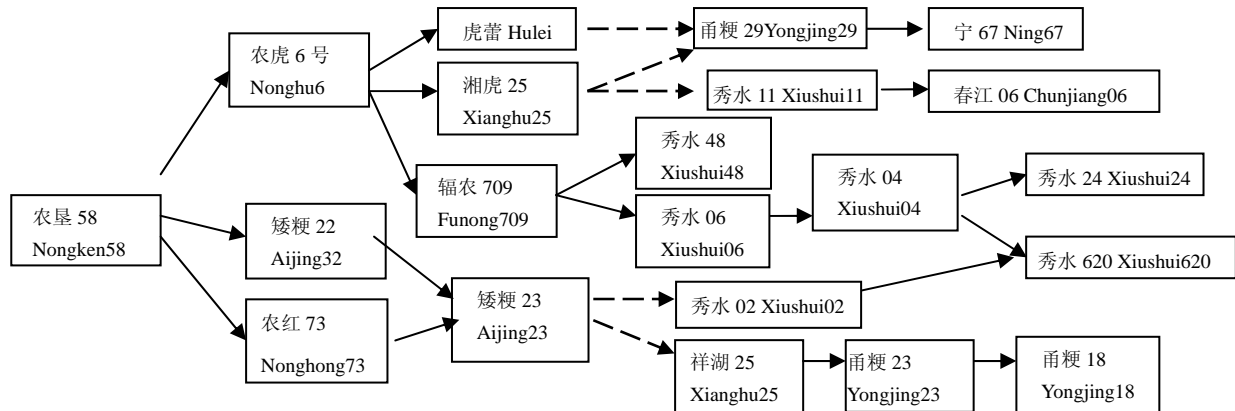


图 1 农垦 58 衍生系统系谱

Fig. 1 Derived varieties (lines) of Nongken 58

2003 年为预备试验, 5 月 25 日同期播种, 6 月 25 日移栽, 每品种插 30 丛, 种植密度为 $25 \text{ cm} \times 20.0 \text{ cm}$, 观测每品种的生育期、植株形态。2004 年据 2003 年资料采取分期播种、分期移栽, 使各水稻品种于同一时期抽穗 (前后相差不超过 5 d)。试验采取随机区组设计, 3 次重复, 小区面积 $2.0 \text{ m} \times 2.0 \text{ m}$, 种植密度

为 $25.0 \text{ cm} \times 16.7 \text{ cm}$ 。NPK 施用量为 $\text{N } 180 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ } 75 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ 、 $\text{K}_2\text{O } 180 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, 其中磷肥为底肥一次性施入, 钾肥按基、蘖肥各 50% 分 2 次施入, 氮肥按基肥: 分蘖肥: 穗肥=5:3:2 分 3 次施入。其它栽培管理措施同一般大田。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 茎、叶性状的测定 齐穗期每处理取 3 个 3 丛测叶长、叶宽, 茎节长度、粗度, 并分器官测定干物质重。

1.2.2 叶基角和叶片弯曲度的测定 齐穗期测量, 每小区测 5 丛, 每处理 3 次重复。叶基角用量角器测量, 叶片弯曲度的测定参照吕川根 (1991) 的方法^[4], 用叶片弯曲度用叶片曲率表示, 叶片曲率 $R=[2 \times \arccos(b/a)]/a$, 其中叶片长度为 a , 自然状态下叶片两 endpoints 距离为 b , 叶片曲率越小叶片越挺, 当叶片曲率 $>0.01 \text{ cm}^{-1}$ 表示叶片较弯^[4]。

1.2.3 穗部性状与产量构成分析 成熟期每处理按平均有效穗数随机取样 3 个 3 丛用于考种, 考查有效穗数、穗长、每穗总粒数、实粒数、千粒重和 1、2 次枝梗数。各小区实收, 按穴数 (扣除齐穗期取样的 3 穴) 折算实收产量, 成熟期取样的考种后称量计入

产量。

2 结果与分析

2.1 产量及其构成

从主栽品种的推广更替情况看, 浙江省晚粳品种从农虎系统、矮粳 23→秀水 48→秀水 04→秀水 11→宁 67、秀水 17→秀水 63、甬粳 18。其中秀水 11 作为中期育成的 1 个优质高产粳稻品种, 仅 1991 年的推广面积就达 21.4 万公顷, 占总面积的 41.2%, 是中国南方稻区和浙江省晚粳稻品种区试和生产试验的对照品种, 为长江中下游地区晚粳稻生产起了承上启下的重要作用。以秀水 11 的育成年份为标志, 大致可将农垦 58 的衍生品种分为两个部分, 1985 年前育成的早代品种和 1985 年后育成的近代品种。

下表列出了农垦 58 的 18 个衍生品种的产量、产量

表 晚粳农垦 58 及其衍生系的产量及产量构成

Table Grain yield and its components of late japonica rice Nongken 58 and its derived varieties

品系 Varieties	育成年份 Year released	有效穗数 Effective (panicles/m ²)	千粒重 1000-grain weight (g)	穗粒数 Grains per panicle	结实率 Seed setting rate(%)	收获指数 Harvest index(%)	生物重 Biomass yield (g·m ⁻²)	实收产量 Grain yield (g·m ⁻²)	理论产量 Theoretical grain yield(g·m ⁻²)
I ¹⁾ 农垦 58 Nongken 58	57	284.57	23.37	121.5	80.74	46.81	1521.7	644	652
II 农虎 6 号 Nonghu6 hao	65	284.57	29.41	119.79	83.36	50.52	1403.8	747	836
矮粳 22 Aijing 22	63	336.00	27.68	114.42	87.65	52.34	1660.8	863	933
农红 73 Nonghong 73	67	368.57	27.74	91.3	90.31	46.72	1671.9	811	843
虎蕾 Hulei	~68 ²⁾	345.14	27.82	110.00	80.17	50.3	1668.0	717	847
辐农 709 Funong 709	70	274.29	29.35	118.63	84.37	50.33	1792.1	732	806
矮粳 23 Aijing 23	74	337.14	27.42	113.17	88.78	51.46	1626.8	854	929
秀水 48 Xiushui 48	79	309.71	26.81	117.0	85.87	49.2	1503.2	708	834
秀水 06 Xiushui 06	81	234.29	28.33	151.17	81.54	52.55	1505.6	727	818
III 秀水 04 Xiushui 04	85	306.29	27.58	128.4	86.44	53.76	1523.4	768	938
秀水 11 Xiushui 11	85	307.43	27.66	108.04	89.98	49.81	1446.5	732	827
秀水 02 Xiushui 02	~86	284.57	27.6	112.13	86.84	53.45	1489.6	712	765
甬粳 29 Yongjing 29	~87	292.57	30.93	127.04	88.00	50.51	1723.6	902	1012
秀水 620 Xiushui 620	89	315.00	26.77	113.25	88.45	48.32	1421.3	793	845
秀水 24 Xiushui 24	~88	315.43	25.77	114.71	88.69	55.43	1587.1	803	827
春江 06 Chunjiang 06	92	268.57	31.4	111.58	92.37	52.19	1584.0	762	869
宁 67 Ning 67	91	288.00	28.44	109.50	94.65	49.54	1763.6	825	849
甬粳 23 Yongjing 23	~93	286.86	25.88	139.38	91.07	50.23	1524.8	828	942
甬粳 18 Yongjing 18	95	257.14	29.53	127.31	93.28	50.28	1635.9	843	902
I 农垦 58 Nongken 58	57	284.57	23.37b	121.5	80.74b	46.81b	1521.7b	644b	652b
II Average	63-85	311.21	27.92a ³⁾	116.94	85.26ab	50.43a	1604.1a	770a	856a
III Average	85-95	292.19	28.16a	119.13	89.98a	51.35a	1570.1ab	797a	878a

¹⁾ I: 农垦 58; II: 早代品种, 1985 年前育成; III: 近代品种, 1985-1995 年育成; ²⁾~表示品种的大致育成年份; ³⁾同一列不同字母表示在 0.05 的水平上差异显著性。下同

¹⁾ I: Nongken 58; II: The former varieties, released before 1985; III: The latter varieties, released between 1985-1995. ²⁾~indicate the estimated release year;

³⁾Means in a row followed by the same letters are not significant at 0.05 level. The same as below

构成、经济系数及生物产量。从表可见：（1）18 早代品种的实收产量和理论产量分别比农垦 58 增加 19.56% 和 31.29%；近代品种的实收产量和理论产量分别比农垦 58 增加 23.76% 和 34.66%。在产量构成四因素中，早代品种的千粒重、结实率和有效穗分别比农垦 58 增加 19.47%、5.60% 和 9.36%，仅穗粒数降低 3.75%；近代品种的千粒重、结实率和有效穗分别比农垦 58 增加 20.50%、11.44% 和 2.68%，仅穗粒数下降 1.95%。（2）浙江省晚粳产量增加最快的阶段是 60 年代，由农垦 58 衍生育成的水稻品种农虎 6 号、矮粳 22 和农红 73 的平均产量达 $870.7 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ，比农垦 58 增加 33.54%。从产量构成看，农虎 6 号主要是依靠千粒重的增加来提高产量，其千粒重比农垦 58 增加 25.85%，而穗粒数和有效穗与农垦 58 相近；矮粳 22 是一个穗粒兼顾型高产品种，穗粒数为 113.7 粒，虽略低于农垦 58，但其千粒重、有效穗和结实率分别比农垦 58 增加 18.44%、18.07% 和 6.91%；农红 73 的千粒重和有效穗分别比农垦 58 增加 18.70% 和 29.52%，但穗粒数仅为 91.3，比农垦 58 降低 26.84%，是一依靠穗数取得高产的品种。（3）70 年代后的品种的产量增幅较慢，近代育成的品种的千粒重和穗粒数与早代品种相近，但结实率增加 5.54%，有效穗下降 5.34%，走的多是穗粒兼顾型的高产路线，有效穗均低于农红

73，每公顷少有超过 300×10^4 ，穗粒数多在 110~120 间。从系谱具体分析，辐农 709 保留了农虎 6 号高穗粒数的特点，虎蕾改良了农虎 6 号有效穗少的缺点；矮粳 23 保留了矮粳 22 和农红 73 高有效穗的优点，摒弃了低穗粒数的缺点；此后育成秀水系列品种有效穗略有下降，千粒重和每穗粒数变化不明显，因而产量难有较大突破。

2.2 植株形态

2.2.1 叶片

农垦 58 上 3 叶的叶长、叶宽、叶基角和叶片曲率分别为 34.7、42.5、40.4，1.3、1.1、1.0， 14.4° 、 17.4° 、 29.2° ， 12×10^{-3} 、 17×10^{-3} 、 $12 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$ 。比较农垦 58 及其衍生系的叶片形态（图 2），可以看出，（1）叶长：农垦 58 衍生系的剑叶和倒 2 叶的叶长均短于农垦 58，其中剑叶又以早代品种为短，其平均长度比近代品种小 11.1%；倒 2 叶的长度不同年代内变幅较大，年代间差异较小；倒 3 叶的长度以早代品种为大，近代品种与农垦 58 相近，其平均长度比早代品种短 11.2%。（2）叶宽：除农红 73 外，农垦 58 衍生品种上 3 叶的叶片宽度均大于农垦 58。在不同年代间，剑叶和倒 3 叶的宽度近代品种分别比早代大 6.67% 和 3.64%，倒 2 叶叶宽不同年代品种间相近。（3）叶基角：在农垦 58 衍生系中，无论是剑叶、倒 2 叶还是倒 3 叶的叶基角均是近代品种小于早代品种，上 3

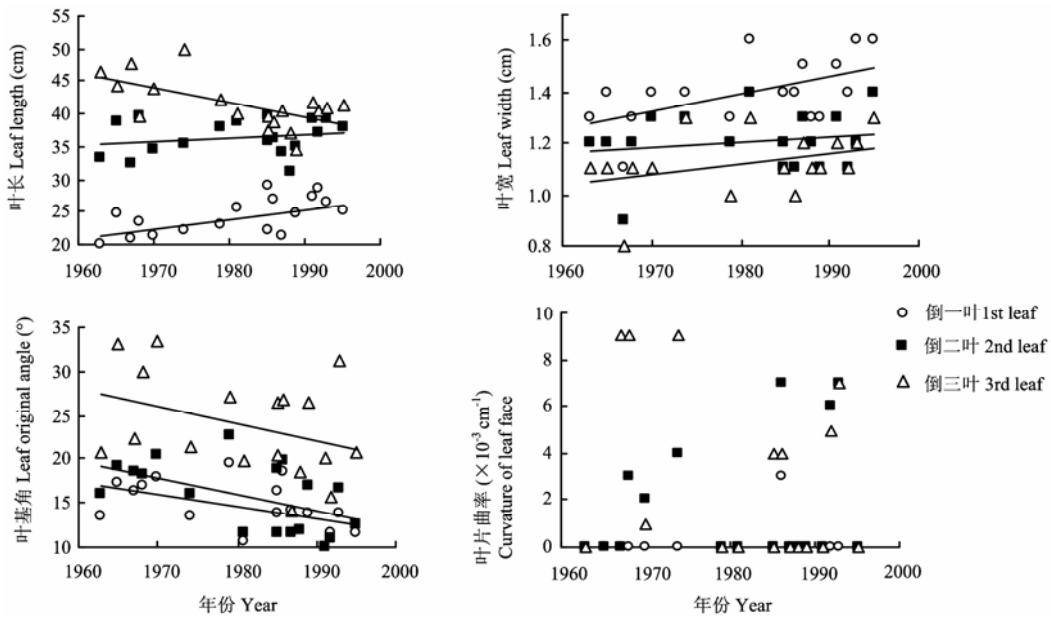


图 2 齐穗期农垦 58 衍生系的叶片性状

Fig. 2 Leaf characters of Nongken 58 derived varieties at full heading stage

叶叶基角近代品种分别比早代品种低 14.01%、21.23% 和 14.67%。(4) 叶片披垂度：以叶片曲率衡量农垦 58 衍生品种的叶片披垂度。由图 2 可见，虽然农垦 58 上 3 叶的叶片曲率均较大，叶片较弯，但其衍生品种的叶片曲率均小于 0.01 cm^{-1} ，且多数品种的叶片曲率为 0，说明农垦 58 衍生品种的叶片较挺。

2.2.2 茎秆 图 3、图 4 为晚粳农垦 58 衍生系的株高和茎部形态。可以看出：(1) 株高：在农垦 58 的衍生系中，除早代几个品种外，其余品种的株高均低于农垦 58，且呈近代品种矮于早代品种的趋势。(2) 节间长度：农垦 58 的衍生系中，倒 3、4 节的节间长度近代品种分别比早代品种短 13.00% 和 22.70%，近代品种明显短于早代品种，其余节间的长度不同年度品种间相近。(3) 茎秆密度：单位长度的茎秆重量近代品种大于早代品种，其中倒 1~6 节近代品种分别比

早代品种高 26.06%、5.90%、11.42%、41.58%、44.23% 和 51.78%。(4) 单位鞘重：和茎秆密度相似，近代品种的单位鞘重大于早代的品种，具体倒不同节间的叶鞘，由上至下近代品种分别比早代品种高 13.33%、

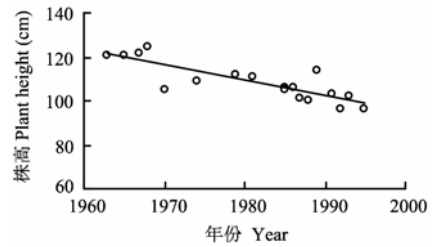


图 3 齐穗期农垦 58 衍生系的株高
Fig. 3 Plant height of Nongken 58 derived varieties at full heading stage

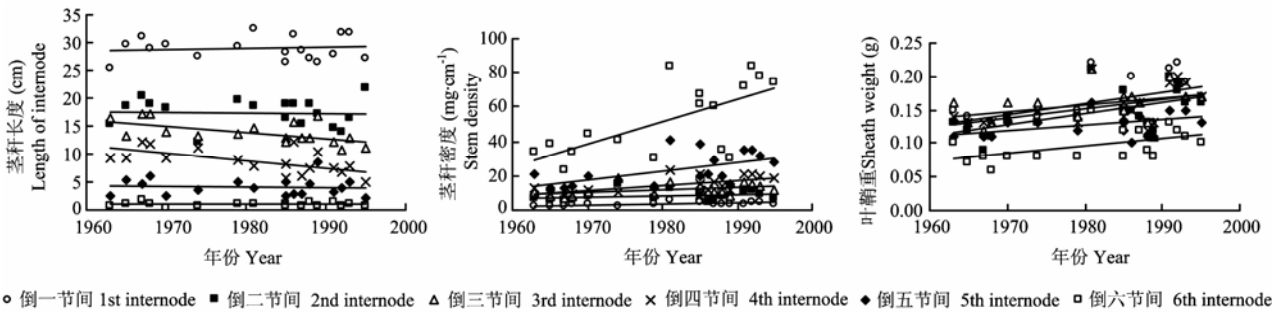


图 4 齐穗期农垦 58 及其衍生系的茎部性状

Fig. 4 Stem characters of Nongken 58 derived varieties at full heading stage

23.08%、6.67%、6.67%、6.40% 和 22.22%。

2.2.3 穗部形态 图 5 为晚粳农垦 58 衍生系的穗部形态。由图 5 可以看出，在着粒密度上，呈近期育成的品种高于早期育成的品种的趋势，1985~1995 年间育成的品种的着粒密度的平均值比 1985 年前育成的

品种高 4.66%。反映在一、二次枝梗上，60 年代育成的几个品种的一、二次枝梗数均较少，70 年代至 80 年代中期育成的品种的二次枝梗数特别多，相对而言，1985~1995 年间育成的品种的一次、二次枝梗数居于两者之间，平均为了 11.0 个一次枝梗和 12.5 个二次枝

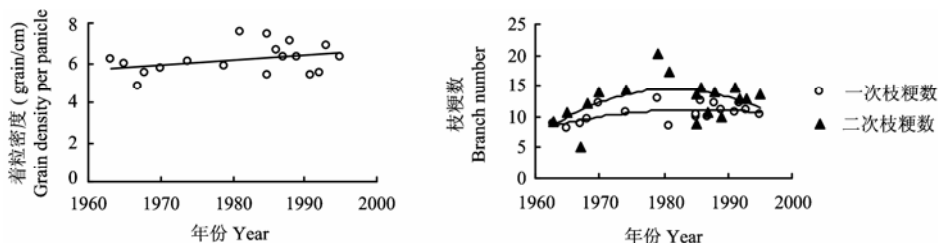


图 5 农垦 58 衍生系的穗部形态

Fig. 5 Panicle characters of Nongken 58 derived varieties

梗,且品种间变幅较小。

2.3 植株形态与产量的相关性分析

从水稻植株性状与产量的相关性分析看,(1)叶片性状:剑叶和倒2叶的长度与产量显著负相关,相关系数分别为-0.552*和-0.557*,即剑叶和倒2叶较短的水稻品种的产量较高;倒3叶长、叶片宽度与水稻产量的相关性不明显;上3叶的叶基角与产量呈显著负相关($r=-0.464*$ 、 $-0.478*$ 、 $-0.557*$),上2叶的叶片曲率与水稻产量显著负相关($r=-0.541*$ 、 $-0.471*$),因此叶片张开角度越大,叶片披垂度越大,水稻的产量越低;比叶重和水稻产量的相关性不明显。(2)茎部性状:株高与产量没有明显的相关关系,从节间长度具体分析,倒1节间的长度与产量呈极显著负相关($r=-0.582*$),倒2节间长度与产量呈显著负相关($r=-0.415*$),而中、下部茎节长度与产量的相关性并不明显;单位节间重量和单位鞘重与产量的相关性不明显。(3)产量构成和穗部性状:生物产量与产量的相关系数为0.435,大于收获指数;在产量构成要素中,仅结实率与产量呈极显著正相关($r=0.635**$),由于每穗粒数和产量的相关性很小,着粒密度、穗长与产量的相关系数均不显著。

3 讨论

本研究结果表明,70年代以来,浙江省晚粳稻产量虽略有上升,但并没有得到突破;历史上的水稻品种在现代种植,未出现产量下降现象。从水稻产量构成分析晚粳增产的可能途径,近年水稻的结实率均在90%左右,靠提高结实率增加产量的空间较小,提高水稻单产的切实可行途径是增加有效穗数和每穗粒数。在同等种植密度下,近年育成的品种的有效穗数不如早期品种农红73、矮粳23,每穗粒数基本保持不变,因此一方面可通过栽培上适当密植提高单位产量,另一方面是选育大穗品种,适当增加籽粒的着粒密度。

现在浙江省粳稻品种密穗型与半矮生型并存^[11,12]。从穗部性状看,密穗型品种穗粗短、着粒密、结实率相对较低,农垦58衍生系中的矮粳23、秀水04属此列,两者平均穗长为18cm、着粒密度为6.73粒/cm、结实率86.62%;半矮生型穗细长、着粒较稀,结实率高,秀水11、宁67等属此类,两者平均穗长为20.26cm、着粒密度为5.37粒/cm、结实率92.37%。密穗型品种库大具有粒间成熟不一致的缺点^[15],半矮型品种具有根系活性大、源强的优点。因此,今后的晚粳育

种应注意将“密穗型”和“半矮生型”相结合,使水稻品种具有较长的稻穗、适当的着粒密度以增加穗粒数,同时籽粒充分灌浆以具有较高的结实度和稻米品质。本文的甬粳23和甬粳18就已兼有密穗型和半矮生型的优势,其平均穗长为20.29cm、着粒密度为6.58粒/cm、结实率92.67%。

上述水稻穗部性状必须建立在合理的植株株型的基础上。对农垦58及其衍生系的植株性状与实收产量的相关性分析的结果看,晚粳理想株型应该是剑叶和倒2叶较短、倒3叶较长,叶片挺而直,倒1节长度适当,茎秆密度大,生物量大。从叶片配置看,这将有利于提高中下部叶片的光能利用率,从而提高群体光能利用;从茎秆看,将在一定程度上提高抗倒伏能力;从产量形成看,提高晚粳的生物产量是谷粒增产的基础。

4 结论

从近几十年农垦58衍生品种的植株形态看,浙江省晚粳品种的叶片和茎秆的形态有较大的改良,1985年以后育成的品种叶片较挺,剑叶短且宽,茎秆密度和单位叶鞘重于早期品种(1985年以前育成)。但由于在穗型上没有较大的突破,70年代后育成的品种产量增幅较慢。从产量构成上分析,提高浙江省晚粳单产的可行途径是在保持高结实率的前提下适当增加每穗粒数,具体表现为水稻品种具有较长的稻穗、适当的着粒密度。

References

- [1] 袁隆平. 杂交水稻育种的新突破. 世界科技研究与发展, 1999, 21(2): 29-30.
Yuan L P. The new breakthrough of hybrid rice breeding. *World Sci-Tech Research and Development*, 1999, 21(2): 29-30. (in Chinese)
- [2] Kenneth A G, Ronald W M. Genetic relationships among and selection for rice yield and yield components. *Crop Science*, 1993, 33(2): 249-252.
- [3] 程式华, 翟虎渠. 水稻亚种间超高产杂交组合若干株型因子的比较. 作物学报, 2000, 26(6): 713-718.
Cheng S H, Zhai H Q. Comparison of some plant type components in super high-yielding hybrids of inter-subspecies rice. *Acta Agronomica Sinica*, 2000, 26(6): 713-718. (in Chinese)
- [4] 吕川根, 谷福林, 邹江石, 陆曼丽. 水稻理想株型品种的生产潜力及其相关特性研究. 中国农业科学, 1991, 24(5): 15-22.
Lu C G, Gu F L, Zhou J S, Lu M L. Studies on yielding potential and

- related characteristics of rice ideotype. *Scientia Agricultura Sinica*, 1991, 24(5): 15-22. (in Chinese)
- [5] 秦志列, 王 术, 秦 阳, 徐士铁. 不同穗型水稻产量与群体生理性状的关系. 沈阳农业大学学报, 2004, 35(4): 359-362.
- Qin Z L, Wang S, Qin Y, Xu S T. Relationship between grain yield and physiological characters of different rice plant population. *Journal of Sheyang Agricultural University*, 2004, 35(4): 359-362. (in Chinese)
- [6] 徐正进, 陈温福, 张文忠, 刘丽霞, 周淑清, 张龙步, 杨守仁. 水稻的产量潜力和株型演变. 沈阳农业大学学报, 2000, 31(6): 534-536.
- Xiu Z J, Chen W F, Zhang W Z, Liu L X, Zhou S Q, Zhang L B, Yang S R. The yield potentiality of rice and it's development of plant type. *Journal of Sheyang Agricultural University*, 2000, 31(6): 534-536. (in Chinese)
- [7] 杨从党, 袁平荣, 周 能, 朱德峰. 叶型特性与产量构成因素的相关分析. 中国水稻科学, 2001, 15(1): 70-72.
- Yang C D, Yuan P R, Zhou N, Zhu D F. Analysis on relationship between characters of leaf type and yield components. *Chinese Journal of Rice Science*, 2001, 15(1): 70-72. (in Chinese)
- [8] Peng S, Khush G S, Gassman K G. Evolution of the new plant ideotype for increased yield potential. In: Cassman K G. *Breaking the Yield Barrier*. IRRI, Los Bans, 1994.
- [9] 袁隆平. 选育水稻亚种间杂交组合的策略. 杂交水稻, 1996, 11(2): 1-3.
- Yuan L P. Breeding strategies for development of Intersubspecific hybrid rice. *Hybrid Rice*, 1996, 11(2): 1-3. (in Chinese)
- [10] 徐正进, 陈温福, 张文忠, 周淑清, 刘丽霞, 张龙步, 杨守仁. 北方粳稻新株型超高产育种研究进展. 中国农业科学, 2004, 37(10): 1407-1413.
- Xu Z J, Chen W F, Zhang W Z, Zhou S Q, Liu L X, Zhang L B, Yang S R. New Plant-type breeding for super-high yielding northern japonica rice. *Scientia Agricultura Sinica*, 2004, 37(10): 1407-1413. (in Chinese)
- [11] 姚海根, 姚 坚, 汤美玲, 陈自平. 近 20 年来浙江省晚粳稻和晚糯稻品种推广应用概况及今后育种方向. 浙江农业科学, 2000, (4): 155-159.
- Yao H G, Yao J, Tang M L, Chen Z P. Distribution of late japonica rice and glutinous rice varieties released during the past two decades and breeding direction of the rice future in Zhejiang Province. *Zhejiang Agricultura Science*, 2000, (4): 155-159. (in Chinese)
- [12] 吴 伟, 程旺大, 姚海根. 密穗型水稻的研究现状及展望. 中国农学通报, 2005, 21(8): 165-169.
- Wu W, Cheng W D, Yao H G. Situation and prospect in studies on compact panicle type of rice. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2005, 21(8): 165-169. (in Chinese)
- [13] Peng S, Cassman K G, Virmani S S, Sheehy J, Khush G S. Yield potential trends of tropical rice since the release of IR8 and the challenge of increasing rice yield potential. *Crop Science*, 1999, 39: 1552-1559.
- [14] Peng S, Laza R C, Visperas R M, Sanico A L, Cassman K G, Khush G S. Grain yield of rice cultivars and lines developed in the Philippines since 1966. *Crop Science*, 2000, (40): 307-314.
- [15] 程旺大, 张国平, 姚海根, 王润屹. 密穗型水稻品种的籽粒灌浆特性研究. 作物学报, 2003, 29(6): 841-846.
- Cheng W D, Zhang G P, Yao H G, Wang R Y. Studies on the grain-filling properties of compact panicle type of rice. *Acta Agronomica Sinica*, 2003, 29(6): 841-846. (in Chinese)

(责任编辑 张淑兰, 毕京翠)