

不同收获指数型水稻品种产量构成整齐性及生育后期光合特性的差异性分析

钟 蕾

(江西农业大学 农学院/作物生理生态与遗传育种教育部重点实验室/江西省作物生理生态与遗传育种重点实验室 江西 南昌 330045)

摘要: 对比分析了不同收获指数型水稻品种粤香占、长丝占、粤秀占和五星丝苗 1 号产量构成因子的整齐度及生育后期光合特性的差异性。结果表明: 不同收获指数型品种农艺性状各指标既存在品种间差异性, 也有株间的差异性, 更有单茎穗间的差异性, 即其整齐度不同; 高收获指数型品种单株之间与单株内单茎穗间收获指数整齐度均高于低收获指数型品种; 高收获指数型品种单株之间有效穗数、总粒数、实粒数、结实率、实粒质量、秆质量、千粒质量的变异系数及极差总体上低于低收获指数型品种, 其单株内不同茎穗间株高、穗长、总粒数、实粒数、结实率、实粒质量、秆质量、千粒质量的变异系数及极差总体上也低于低收获指数型品种; 不同收获指数型品种之间抽穗后 20 d、30 d 光合速率差异不显著; 高收获指数型品种抽穗当天至 30 d 剑叶 SPAD 值均高于低收获指数品种, 且下降更为缓慢; 高收获指数型品种抽穗后 20 d 剑叶温度均低于低收获指数品种, 抽穗后 30 d 则高于低收获指数品种; 高收获指数型品种抽穗后 20 d 气叶温差低于低收获指数品种, 抽穗后 30 d 则高于低收获指数品种; 株高、穗长、单穗总粒数、单穗实粒数、千粒质量、单穗实粒质量、单茎秆质量、着粒密度、单株总粒数、单株有效穗数等农艺指标的变异系数与收获指数间均呈现负相关, 其中单茎秆重的穗间变异系数与收获指数间呈现极显著负相关 (-0.9427^*), 表明上述农艺指标整齐度高有利于提高水稻品种的收获指数。

关键词: 水稻; 不同收获指数型品种; 产量构成整齐性; 光合特性; 叶温; 气叶温差

中图分类号: S511 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2012)04-0627-08

Comparative Analysis on the Yield Component Uniformity and Photosynthesis Characteristics during Later Growth Stages in Rice Varieties with Different Harvest Indexes

ZHONG Lei

(Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology, Genetics and Breeding, Ministry of Education, Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Genetic Breeding of Jiangxi Province, College of Agronomy, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract: The uniformity of yield components and the photosynthesis characteristics during the later growth stages of rice varieties with different harvest indexes; namely Yuexiangzhan, Changsizhang, Wuxingsimiao1, Yuexiuzhan were comparatively analyzed, and the results were as follows: There were differences in the indexes of agronomic characteristics in the varieties with different harvest indexes, in different plants, especially in the different stem-panicles of the same plant, namely the uniformity was different. The harvest index uniformity of the high harvest index varieties among the plants, and stem-panicles in the plant were higher

收稿日期: 2012-03-05 修回日期: 2012-05-16

基金项目: 国家科技部“国家粮食丰产科技工程项目”(2006BAD02A04)

作者简介: 钟蕾(1972—), 女, 副教授, 博士, 主要从事水稻栽培生理研究, E-mail: zhonglei2000@163.com。

than those of low harvest index varieties. The CV (coefficient of variation) and the changing ranges of the effective panicles per plant, total grains per plant, and total filled grains per plant, seed-setting rate, filled grain weight per plant, stem weight per plant, and 1 000-grain weight of the high harvest index varieties were lower than those of low harvest index varieties as a whole. The CV and the changing ranges of the plant height, panicle length, total grains per panicle, and total filled grains per panicle, seed-setting rate, filled grain weight per panicle, stem weight per panicle, and 1 000-grain weight of the high harvest index varieties were lower than those of low harvest index varieties as a whole too. The difference in the photosynthesis rate of flag leaf 20, 30 days after heading of different varieties was insignificant. The SPAD of flag leaf from 0 day to 30 days after heading of high harvest index varieties was higher than that of low harvest index varieties, and it decreased more slowly. The temperature of flag leaf 20 days after heading of high harvest index varieties was lower than that of low harvest index varieties, but that of 30 days after heading was reverse. Temperature gap of flag leaf and atmosphere 20 days after heading of high harvest index varieties was lower than those of low harvest index varieties, but that of 30 days after heading was in reverse. The correlations between the CV of plant height, panicle length, total grains per panicle, total filled grains per panicle, 1 000-grain weight, filled grain weight per panicle, weight per stem, grain density, total grains per plant, effective panicles per plant and harvest index were all negative, in which, the correlations between the CV of weight per stem and harvest index were significantly negative (-0.9427^*). It suggested that higher uniformity of the agronomic characteristics would increase the harvest indexes of rice varieties.

Key words: rice; varieties with different harvest indexed; yield component uniformity; photosynthesis characteristics; leaf temperature

收获指数 (harvest index, HI) 是指籽粒产量与成熟株质量的比率, 其生理本质反映了作物同化产物在籽粒和营养器官上的分配比例, 其高低反映水稻营养生长与生殖生长是否协调, 光合产物的积累与分配是否合理的一种标志^[1-2]。研究表明, 近几十年来, 稻麦等作物产量的不断增长主要得益于 HI 的提高^[3-6]。HI 被用于评价作物品种选育的重要内容, 日本 1981 年提出在 15 年内使水稻产量提高 50% 的超高产计划^[7], 菲律宾国际水稻研究所 1989 年提出超级稻育种计划, 后改为新株型育种计划, 均强调较高的收获指数 (0.6 以上)^[8], 我国农业部 1997 年提出超级稻育种目标, 其中收获指数目标为 0.55 以上。实际上水稻两次产量变革, 即高秆变矮, 杂交品种取代常规品种, 以及现在的超级稻均与收获指数的改良密切相关。国际水稻研究所的专家指出: 数千年来水稻产量的提高, 是通过提高收获指数来达到的^[3]。目前生产上种植的水稻品种收获指数一般为 0.45 ~ 0.50, 虽比高秆品种收获指数 0.30 ~ 0.35 增加了 40%, 但距植物生理学家认为水稻收获指数可能上限 0.60 的指标仍有一段距离。由此可见, 提高收获指数的潜力还较大。1995 年由广东省农业科学院水稻研究所育成的早籼常规优质稻粤香占收获指数高达 0.6 以上, 单产优势明显, 而且稳产性能优越, 适应性广, 该品种已成为广东省和华南早籼区试对照品种, 是 1999 年广东省种植面积最大的水稻品种。为了阐明粤香占高收获指数高产的主要成因和提供水稻高收获指数育种理论依据, 前人对其进行了卓有成效的研究^[9-17]。2005 年以来, 本课题组引进了粤香占等一批不同收获指数型品种, 在种植中发现不同收获指数型品种产量构成整齐性存在差异, 生育后期落色也不同。因此特设计了该实验, 拟探讨不同收获指数型水稻品种产量构成因子整齐性及生育后期光合特性的差异性, 以期对水稻收获指数的研究提供一个新角度。

1 材料与方法

1.1 材料与种植

不同收获指数型水稻品种粤香占、长丝占、粤秀占和五星丝苗 1 号均为广东省农业科学研究院水稻研究所程永盛副研究员提供。试验于 2008—2009 年在江西农业大学科技园进行, 两年考种及收获指数结果基本一致, 本文选取 2009 年数据进行分析。5 月 18 日播种, 6 月 11 日移栽, 每品种按株行距 16.7 cm × 20.0 cm 单本植, 小区 48 株, 随机排列, 3 次重复。田间按高产栽培方式管理, 其中氮肥按基肥 (82.5 kg/hm²):

分蘖肥(54.0 kg/hm²):幼穗分化肥(58.5 kg/hm²)施用。

1.2 数据测定与分析

(1) 考种及收获指数的测定。为避免边际效应,考查植株的选择一般外围的不要,只取中间植株,每小区按单株有效穗数平均数法选取样株10株,按单穗计算总粒数、实粒数、称取粒质量及秆质量,测量穗长,计算出结实率、单穗及单株收获指数。

(2) 叶片光合作用的测定。用美国CID公司的CI-340便携式光合作用测定系统的开放气路选择标记的功能叶片于抽穗后20 d、30 d(由于抽穗当天及抽穗后10 d PAR未能均达600 μmol/(m²·s)以上,因此对其数据未予分析)进行测定,每个材料测5片叶,每片叶重复3次。选择晴天进行,测定时间为09:40—11:40(少数为14:00—16:00),PAR均达600 μmol/(m²·s)以上。仪器除记载净光合速率(P_n)外,还同步记载气孔导度(C_s)、光合有效辐射(PAR)、剑叶温度(T_{leaf})、气温(T_{air})等参数,计算气叶温差。

(3) 叶绿素含量的测定。用日本SPAD-502计分别于抽穗期、抽穗后10、20、30 d 09:00测定剑叶中部SPAD值,每次每材料测定30片叶,以30片叶的平均SPAD值代表对应材料叶绿素含量。

1.3 数据统计分析

数据用Excel和DPS软件进行统计分析,其中结实率方差分析用反正弦平方转换后进行。

2 结果与分析

2.1 不同收获指数型品种株间产量构成因子的整齐度

表1可知,四个品种间收获指数差异达显著水平,以粤香占最大,其次为长丝占,粤秀占处于中间,五星丝苗1号最低,粤香占较五星丝苗1号高出24.38%;各品种收获指数株间的变异性以五星丝苗1号最大,粤秀占最小;各品种收获指数株间极差均较小。单株总粒数以粤香占、长丝占为最高一层级,以五星丝苗1号最少,粤香占较五星丝苗1号高出62.5%;变异系数以粤秀占最小,五星丝苗1号最大;极差则以粤香占最大,粤秀占最小。单株实粒数的特点与单株总粒数基本一致。结实率以粤香占最大,粤秀占最小;株间变异系数和极差均是以粤香占最大,五星丝苗1号最小。千粒质量以粤秀占最高,长丝占最低;变异系数和极差以粤秀占最大,五星丝苗1号最小。单株有效穗数以粤香占最多,五星丝苗1号;株间变异系数和极差以五星丝苗1号最大,粤秀占最小。单株实粒质量以粤香占最重,粤秀占和五星丝苗1号最轻,前者是后者的1.70倍;株间变异系数和极差以粤秀占最小,五星丝苗1号最大。单株秆质量4个品种间差异不显著;株间变异系数和极差以粤秀占最小,五星丝苗1号最大。

表1 不同品种株间产量构成因子的整齐度

Tab.1 Yield components uniformity inter-plant of different varieties

品种 Variety	单株总粒数 Total grains per plant			单株实粒数 Filled grains per plant			结实率/% Seed-setting rate			千粒质量/g 1 000-grain weight		
	平均值 Average	变异系数 /% CV	极差 Range	平均值 Average	变异系数 /% CV	极差 Range	平均值 Average	变异系数 /% CV	极差 Range	平均值 Average	变异系数 /% CV	极差 Range
	粤香占 Yuexiangzhan	2 238.6a	17.7	1 100	1 985.8a	17.8	990	70.7a	5.9	12.1	20.46bc	2.25
长丝占 Changsizhang	2 002.0ab	17.6	821	1 749.0ab	19.0	801	69.1ab	3.2	6.7	19.87c	1.59	0.81
五星丝苗1号 Wuxingsimiao1	1 377.6c	25.0	889	1 158.0c	24.7	729	66.5bc	1.5	2.6	21.04b	0.93	0.47
粤秀占 Yuexiuzhan	1 736.4bc	10.8	459	1 411.2bc	9.3	347	64.5c	3.1	7.3	22.88a	3.02	1.74

品种 Variety	单株有效穗数 Effective panicles per plant			单株实粒质量/g Filled grain weight per plant			单株秆质量/g Stem weight per plant			收获指数 Harvest Index		
	平均值 Average	变异系数 /% CV	极差 Range	平均值 Average	变异系数 /% CV	极差 Range	平均值 Average	变异系数 /% CV	极差 Range	平均值 Average	变异系数 /% CV	极差 Range
	粤香占 Yuexiangzhan	16.0a	20.73	7	40.57a	16.70	18.52	32.19 a	11.43	10.00	0.556a	3.903
长丝占 Changsizhang	12.6b	13.28	4	34.69ab	17.73	14.52	30.16a	16.51	11.30	0.535a	3.348	0.042
五星丝苗1号 Wuxingsimiao1	9.4b	32.44	7	24.37c	25.13	15.74	30.64 a	32.20	24.00	0.447c	4.722	0.044
粤秀占 Yuexiuzhan	9.4b	12.13	3	32.33b	11.07	9.19	31.95 a	10.28	7.84	0.503b	1.909	0.025

变异系数 CV。CV is the coefficient of variation.

2.2 不同收获指数型品种单株内单茎穗间产量构成因子的整齐度

表 2 为各品种单株内单茎穗间产量构成因子的变异性,由该表可发现:4 个品种单茎穗收获指数呈现显著差异,与单株收获指数基本一致,以粤香占最多,其次为长丝占,粤秀占处于中间,五星丝苗 1 号最低,粤香占较五星丝苗 1 号高出 22.70%。4 个品种单茎收获指数相对于按单株计算的收获指数来说均有所下降,这可能是由于单茎间收获指数的差异性所致;单茎间收获指数的变异系数和极差均以粤香占最大,长丝占最小。茎高变异系数和极差以五星丝苗 1 号最大,粤秀占最小。穗长变异系数和极差以粤秀占最大,长丝占变异系数最小。单穗总粒数穗间变异系数和极差均是以长丝占最小,其余 3 品种间差异较小。单穗实粒数与单穗总粒数特点一致。单穗实粒质量穗间变异系数和极差均以长丝占最小,其余三品种差异小。单茎秆质量茎间变异系数以长丝占最小,五星丝苗 1 号最大,极差以粤香占最小,五星丝苗 1 号最大。单穗结实率穗间变异系数和极差均是以长丝占最小,其余 3 品种差异小。单穗着粒密度变异系数和极差均是以长丝占最小,其余 3 品种差异小。单穗千粒质量变异系数和极差均是以长丝占最小,粤秀占最大。

表 2 不同品种单株内单茎穗间产量构成因子的变异性

Tab.2 Yield components variation of single stem-panicle inner-plant of different varies

品种 Variety	茎高/cm Panicle height		穗长/cm Panicle length		单穗总粒数 Total grains per panicle		单穗实粒数 Filled grains per panicle		单穗实粒质量/g Filled grain weight per plant	
	变异系数/% CV	极差 Range	变异系数/% CV	极差 Range	变异系数/% CV	极差 Range	变异系数/% CV	极差 Range	变异系数/% CV	极差 Range
	粤香占 Yuexiangzhan	10.38	47.00	10.14	9.90	33.02	194	36.28	179	37.19
长丝占 Changsizhang	6.19	35.10	9.31	12.00	28.92	174	29.63	164	28.56	3.25
五星丝苗 1 号 Wuxingsimiao1	12.65	64.10	10.58	9.90	36.74	217	38.11	188	38.50	4.05
粤秀占 Yuexiuzhan	5.90	36.10	11.90	12.70	34.43	261	34.92	205	33.01	4.58

品种 Variety	单茎秆质量/g Weight per stem		结实率/% Seed-setting rate		着粒密度/(粒·cm ⁻¹) Grain density		千粒质量/g 1 000-grain weight		收获指数 Harvest Index		
	变异系数/% CV	极差 Range	变异系数/% CV	极差 Range	变异系数/% CV	极差 Range	变异系数/% CV	极差 Range	平均值 Average	变异系数 /% CV	极差 Range
	粤香占 Yuexiangzhan	28.17	2.30	10.26	53.82	31.87	8.74	6.18	8.84	0.546a	11.29
长丝占 Changsizhang	26.21	2.51	7.23	38.11	24.46	5.63	3.34	3.97	0.532a	5.93	0.188
五星丝苗 1 号 Wuxingsimiao1	41.39	5.04	8.65	45.13	31.86	7.11	5.75	7.33	0.445c	9.24	0.188
粤秀占 Yuexiuzhan	30.06	3.61	10.09	44.47	26.06	5.84	12.87	18.50	0.499b	8.33	0.256

变异系数 CV。CV is the coefficient of variation.

综合分析表 1、表 2 可发现,不同收获指数型品种农艺性状各指标既存在品种间差异性,也有株间的差异性,更有单茎穗间的差异性,即其整齐性不同。

2.3 不同收获指数型品种抽穗后不同时期剑叶 SPAD 值及净光合速率

图 1 为不同收获指数型品种抽穗后不同时期剑叶 SPAD 值。由该图可发现,从齐穗日起至抽穗后 30 d 止,收获指数高的两品种粤香占和长丝占剑叶 SPAD 值均高于收获指数低的两品种五星丝苗 1 号和粤秀占,且两高收获指数型品种 SPAD 值下降缓慢,与抽穗当日比,抽穗后第 30 天长丝占、粤香占、五星丝苗 1 号、粤秀占 SPAD 分别下降 12.57%、14.70%、23.86% 和 11.91%。

图 2 为不同收获指数型品种抽穗后 20 d、30 d 时剑叶净光合速率,由该图可发现:抽穗后 20 d 四品种净光合速率无显著差异,其中以高收获指数型品种长丝占最大,达到 16.0 μmol/(m²·s);至抽穗后 30 d,各品种间净光合速率达显著差异水平,以粤秀占最大,五星丝苗 1 号最小,前者是后者的 1.205 倍。

2.4 不同收获指数型品种抽穗后不同时期剑叶温度和气叶温差比较

表 3 表明,抽穗后 20 d 剑叶温度高收获指数型品种长丝占和粤香占均低于低收获指数品种五星丝

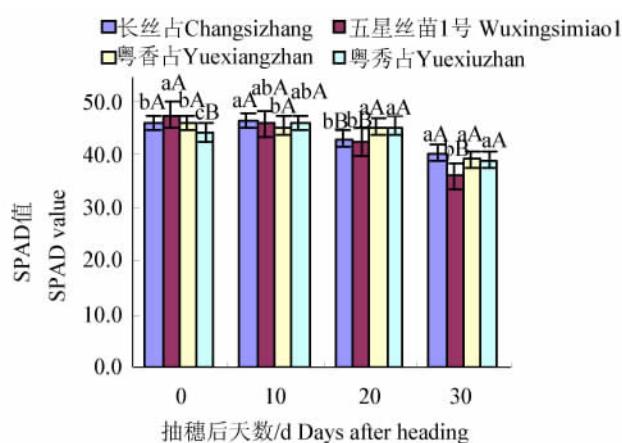


图 1 各品种抽穗后不同时期剑叶 SPAD 值

Fig. 1 SPAD value for the flag leaf of the varieties at different stages after heading

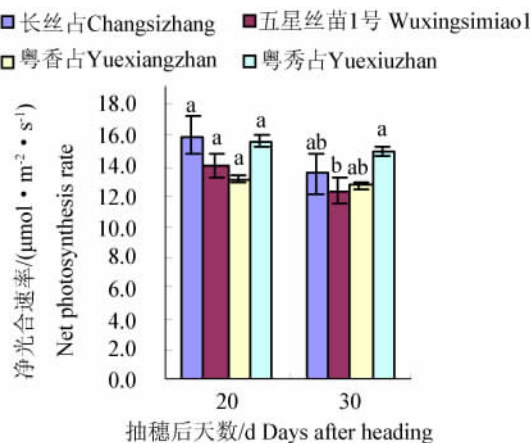


图 2 各品种抽穗后不同时期剑叶净光合速率

Fig. 2 Net photosynthesis rate for the flag leaf of the varieties

苗 1 号, 差异达显著水平; 抽穗后 30 d 剑叶温度与抽穗后 20 d 的特点基本相反, 即高收获指数品种粤香占剑叶温度上升明显。不同收获指数品种剑叶温度株间的变异系数和极差无规律性。高收获指数型品种抽穗后 20 d 气叶温差较小, 低收获指数型品种较大; 抽穗后 30 d 不同收获指数型品种表现与抽穗后 20 d 基本相反, 即高收获指数型品种气叶温差较大, 低收获指数品种间较小。株间气叶温差的变异性抽穗后 20 d 不同收获指数型品种间并无规律, 但抽穗后 30 d 高收获指数型品种株间气叶温差的变异性明显低于低收获指数品种, 导致该现象的原因值得深入分析。

表 3 不同品种株间产量构成因子的整齐度

Tab. 3 Temperature of flag leaf and temperature gap of flag leaf and atmosphere after heading for the different varieties

品种 Variety	抽穗后 20 d 剑叶温度/℃ Temperature of flag leaf 20 days after heading			抽穗后 30 d 剑叶温度/℃ Temperature of flag leaf 30 days after heading			抽穗后 20 d 气叶温差/℃ Temperature gap of flag leaf and atmosphere 20 days after heading			抽穗后 30 d 气叶温差/℃ Temperature gap of flag leaf and atmosphere 30 days after heading		
	平均值	变异系数	极差	平均值	变异系数	极差	平均值	变异系数	极差	平均值	变异系数	极差
	Average	% CV	Range	Average	% CV	Range	Average	% CV	Range	Average	% CV	Range
粤香占 Yuexiangzhan	31.83c	0.87	0.60	40.68b	1.38	1.50	-0.73a	-37.99	-0.60	-3.56b	-10.24	-0.8
长丝占 Changsizhang	37.20b	3.41	2.60	36.12ab	1.36	1.20	-0.53a	-151.09	-1.80	-2.80ab	-12.88	-1.0
五星丝苗1号 Wuxingsimiao1	39.55a	1.88	1.85	35.95a	2.55	2.20	-2.31b	-21.67	-1.15	-2.23a	-30.79	-1.4
粤秀占 Yuexiuzhan	32.33c	2.81	1.70	39.64a	2.32	2.60	-0.17a	-465.93	-1.50	-2.24a	-38.48	-2.4

变异系数 CV。CV is the coefficient of variation.

2.5 各指标与收获指数的相关性

表 4 表明, 收获指数与单株总粒数、单株实粒数、单株实粒质量呈现极显著正相关, 与单株有效穗数和结实率呈现较大正相关, 与千粒质量呈较小负相关, 与单株秆质量呈较小正相关。表明一定范围内增大穗型, 提高结实率有利于提高收获指数; 从育种上来讲, 选育穗型较大同时单株有效穗数较多的品种可收到提高收获指数的效果, 当然应同时应注意秆质量同步改善, 以达到粒/秆比例的平衡协调。另外, 株高和穗长与收获指数呈现较小负相关, 表明株穗过长、植株过于高大不利于收获指数形成, 这与当前育种上强调的在改良结实的基石上适当增大株高, 提高生物产量相一致。

表 4 单株农艺指标与收获指数的相关性

Tab. 4 Correlations between the agronomic indexes per plant and the harvest index

单株总粒数 Total grains per plant	单株实粒数 Filled grains per plant	结实率/% Seed-setting rate	千粒质量/g 1 000-grain weight	单株有效穗数 Effective panicles per plant	单株实粒质量/g Filled grain weight per plant	单株秆质量/g Sstem weight per plant	株高/cm Plant height	穗长/cm Panicle length
0.992 8**	0.974 7**	0.692 8	-0.371 1	0.849 4	0.982 6**	0.351 8	-0.308 7	-0.172 0

表 5 表明 株高、穗长、单穗总粒数、单穗实粒数、千粒质量、单穗实粒质量、单茎秆质量、着粒密度、单株总粒数、单株有效穗数等农艺指标的变异系数与收获指数间均呈现负相关 其中单茎秆质量的穗间变异系数与收获指数间呈现极显著负相关 表明上述农艺指标整齐度高有利于提高水稻品种的收获指数 尤其是株内单茎秆质量、单穗总粒数(穗型)、单株有效穗数整齐度高,即均匀性好对提高收获指数有明显作用 这对今后高收获指数型品种选育具有指导意义。表 5 中看不出株内单茎穗间结实率的变异性与收获指数的明显相关性。

表 5 单茎穗农艺指标变异系数与收获指数的相关性

Tab. 5 Correlations between the CV of agronomic indexes per stem – panicle and the harvest index

株高/cm Plant height	穗长/cm Panicle length	单穗总粒数 Total grains per panicle	单穗实粒数 Filled grains per panicle	结实率/% Seed – setting rate	千粒质量/g 1 000 – grain weight	单穗实粒质量/g Filled grain weight per panicle	单茎秆质量/g Weight per stem	着粒密度/ (粒·cm ⁻¹) Grain density
-0.494 7	-0.404 9	-0.770 4	-0.561 7	0.103 7	-0.160 9	-0.460 3	-0.942 7*	-0.301 2

表 6 表明 抽穗后当天至抽穗后 10 d 剑叶 SPAD 值与收获指数呈现弱负相关,至抽穗后 20 d 剑叶 SPAD 值与收获指数呈现较大正相关,抽穗后 30 d 剑叶 SPAD 值与收获指数间呈极显著正相关,说明生育后期防止水稻叶片落色过快,保持一定的绿叶面积对提高收获指数有益,这与生产上的生育后期养根保叶栽培管理目标一致。抽穗后 20 d、30 d 剑叶净光合速率与水稻收获指数关系均不密切。抽穗后 20 d 剑叶温度与收获指数呈现较大负相关,但抽穗后 30 d 剑叶温度与收获指数呈现较大正相关。抽穗后 20 d 气叶温差与收获指数呈较大正相关,而抽穗后 30 d 气叶温差与收获指数呈较大负相关,这一特点与叶片温度基本一致。

表 6 光合和温度指标与收获指数的相关性

Tab. 6 Correlations between the photosynthesis, temperature indexes and the harvest index

抽穗后当天 剑叶 SPAD 值 SPAD of flag leaf at the heading	抽穗后 10 d 剑叶 SPAD 值 SPAD of flag leaf 10 days after heading	抽穗后 20 d 剑叶 SPAD 值 SPAD of flag leaf 20 days after heading	抽穗后 30 d 剑叶 SPAD 值 SPAD of flag leaf 30 days after heading	抽穗后 20 d 剑叶净光合速率 Net photosynthesis rate of flag leaf 20 days after heading	抽穗后 30 d 剑叶净光合速率 Net photosynthesis rate of flag leaf 30 days after heading	抽穗后 20 d 剑叶温度/℃ Temperature of flag leaf 20 days after heading	抽穗后 30 d 剑叶温度/℃ Temperature of flag leaf 30 days after heading	抽穗后 20 d 气叶温差/℃ Temperature gap of flag leaf 20 days after heading	抽穗后 30 d 气叶温差/℃ Temperature gap of flag leaf 30 days after heading
-0.364 8	-0.037 2	0.589 4	0.892 6*	-0.030 4	0.143 4	-0.671 4	0.557 8	0.766 4	-0.835 3

3 讨 论

研究表明 稻麦等禾本科作物产量构成因素间具有相互制约性^[18-19] 在现有高产品种基础上若提高穗数,会影响穗质量,提高穗质量又难保穗数,故单纯靠调整产量结构因素来提高产量难度较大。如果通过提高收获指数来增加籽粒产量占生物产量的比例,就可达到保持穗质量增加穗数或保持穗数提高穗重的目的,因此高收获指数育种是今后育种的一个重要方向。程永盛等^[10] 研究表明影响收获指数的最重要最直接的因子是单株产量和茎秆量,其次是每穗粒数和结实率,千粒质量和单株穗数对收获指数的影响不大,高收获指数育种就是要选择单株产量高、茎秆量少的单株,注意选择每穗粒数多、结实好的单株。何秀英等^[11] 遗传相关分析表明,收获指数与结实率显著正相关,与穗长、千粒质量和生物量显著负相关。本研究表明,收获指数与单株总粒数、单株实粒数和单株实粒质量均呈极显著正相关,与结实率和单株有效穗数呈现较大正相关,与千粒质量、株高和穗长呈较小负相关,与单株秆质量呈较小正相关,与上述结果基本一致,即选育高收获指数型品种应注意选择单穗粒数多,结实率高且单株有效穗数较多的材料。

崔晶等^[8] 为了探讨提高收获指数的选择指标,用 60 个日本品种(粳型品种群)和亚洲各国育成的 20 个高产品种(高产品种群)供试,调查了收获指数与形态性状及叶色间的关系。结果发现,日本品种的收获指数与出穗期叶色(根据叶绿素计 SPAD-502 型获得的读数值)间显示正相关,与株高间显示负相关。认为出穗期的叶色、株高、穗长/秆长比可以作为选择高收获指数品种的有效指标。本研究结果

表明,抽穗后初期(0~10 d)剑叶 SPAD 值与收获指数相关性小,至抽穗后 20 d 两者呈现较大正相关,抽穗后 30 d 两者呈极显著正相关,即越是到后期 SPAD 值与收获指数间关系愈紧密,这与崔晶等的研究结果有一些差异,可能是所用材料籼粳间的差异性有关。廖耀平等^[12]研究表明粤香占的库容较大,填库能力较强,全生育期叶片的光合作用能力,尤其是抽穗至黄熟期的光合作用能力强,粒叶比高;花后光合产物用于籽粒充实的比例大,库源间流的通畅性好,库、源、流在较高水平上协调平衡是粤香占高收获指数高产的主要成因。何秀英等^[14]研究表明高收获指数型水稻品种粤香占籽粒灌浆至成熟期间¹⁴C-葡萄糖从剑叶的总输出率显著高于对照品种,¹⁴C-葡萄糖向上运转于穗、穗颈的比例大,向下运转于其他茎叶的比例小,用于籽粒充实的绝对量高,光合产物向穗的运转具有流畅、量大的特点。本研究表明,抽穗后 20 d 剑叶净光合速率与水稻收获指数关系并不密切(-0.030 4),但抽穗后 30 d 两者呈现正相关(0.143 4)结合 SPAD 值,表明黄熟期保证一定的绿叶面积,不让叶色过快转淡,不仅有利于保证叶片一定的光合功能,可能更有利于茎叶贮存的糖分向籽粒调运,即源库流的协调优化,这与不同收获指数型品种的差异性一致。本研究还表明,抽穗后初期阶段叶温过高不利于籽粒产量形成,而后期叶温过低则不利于籽粒灌浆充实,这是否与后期茎叶温度低影响其体内贮存的物质向籽粒器官调运有关,值得进一步探讨。

关于农艺性状整齐性与收获指数的关系,陈钊明等^[13]研究指出,高收获指数水稻品种粤香占主穗与分蘖穗总粒数、实粒数较平衡。廖耀平等^[15]也指出,粤香占穗与穗之间,穗总粒数差异较小。刘建丰等^[20]、赵东海等^[21]、黎建文等^[22]研究表明,水稻株高整齐度与产量呈显著正相关。张伟伟等^[23]研究指出,合理的种植密度有利于提高杂交稻抽穗整齐度,进而提高产量,而科学水肥管理提高分蘖成穗率,减少无效分蘖和小分蘖的发生均有利于提高抽穗整齐度,进而提高群体产量。廖学群等^[24]研究指出,杂交水稻不同组合穴间整齐度有较大的差异,低效穴的存在一方面降低了高效穴在整个群体中的权重,导致群体平均穴粒质量降低,另一方面低效穴与高效穴争夺空间和营养,抑制了高效穴的生产潜力发挥。站在生态学作物生长竞争角度上看,若稻麦等禾本科作物穴(株)间整齐度差,大穴易产生穴(株)内拥挤竞争,导致生长冗余现象,降低繁殖输出率,小穴(株)又处于竞争劣势,生长量不足^[25-29]。从种群生态学原理看,大小不整齐性高,竞争激烈的种群中,一个大穴(株)加一个小穴(株)的产量之和小于整齐度高竞争力弱的群体中两个中等穴(株)的产量之和^[30-31]。同样原理,若穴(株)内不同茎蘖间整齐性差,由于竞争原因也会削弱整株产量形成。本研究表明,水稻高收获指数型品种株间及株内农艺性状整齐度总体优于低收获指数型品种。除结实率外,各农艺指标的变异系数与收获指数间均呈负相关,其中单茎秆质量的穗间变异系数与收获指数达极显著水平,表明农艺指标整齐度高有利于提高水稻品种的收获指数,即育种上整齐度可以作为收获指数的一个指示指标。由上分析认为,农艺性状整齐度高的水稻品种强弱茎蘖间差异性小,既减少了竞争的消耗,也降低了不同茎蘖间同化物的调运损耗,均匀一致的茎蘖各自同步生长发育,最大限度地结实灌浆(几乎消除了无效或极弱效分蘖),从而提高了单株产量。有关茎蘖发育整齐度与收获指数的内在联系,尤其是不同茎蘖间同化物的分配、C、N 代谢,强弱茎蘖间激素的分布与调控、生育后期根叶衰老特性等值得深入研究。

参考文献:

- [1]潘晓华,邓强辉.作物收获指数的研究进展[J].江西农业大学学报,2007,29(1):1-5.
- [2]Thomas R S. Historical changes in harvest index and crop nitrogen accumulation[J]. Crop Science, 1998, 38(3):638-643.
- [3]伏军.水稻收获指数型的形成与遗传改良[J].作物研究,1997(2):1-3.
- [4]李春寿,叶胜海,陈炎忠,等.高产粳稻品种的产量构成因素分析[J].浙江农业学报,2005,17(4):177-181.
- [5]邱玉婷,赵国臣,徐克章,等.吉林省 47 年水稻品种遗传改良过程中植株各器官生物量的变化[J].中国水稻科学,2010,24(3):251-256.
- [6]孙家柱,郭仁峻.北京地区冬小麦品种生物产量性状的遗传改良和遗传相关分析[J].华北农学报,1999,14(4):1-6.
- [7]Dingku M, Penning D E, Vries F M T, et al. Concept for a new plant type for direct seeded flooded tropical rice[D]. Manila: International Rice Research Institute, 1991:17-38.
- [8]崔晶,南谷彰人.关于水稻品种间收获指数差异的研究:II[J].谢国祿译自日作纪,2000,69(3):359-364.
- [9]李晓方,毛兴学,罗文永,等.水稻收获指数相关性状的研究[J].广东农业科学,2007(3):3-6.

- [10]程永盛,廖耀平,何秀英,等.水稻收获指数与单株产量及其构成因素的相关和途径分析[J].广东农业科学,2006(9):36-38.
- [11]何秀英,陈钊明,廖耀平,等.水稻收获指数遗传及其与主要农艺性状的相关研究[J].作物学报,2006,32(6):911-916.
- [12]廖耀平,陈钊明,何秀英,等.高收获指数型水稻品种粤香占库、源、流特性的研究[J].中国水稻科学,2001,15(1):73-76.
- [13]陈钊明,何秀英,廖耀平,等.高收获指数型水稻品种粤香占主要形态特性研究[J].广东农业科学,2000(4):5-7.
- [14]何秀英,廖耀平,陈钊明,等.高收获指数型水稻品种粤香占光合产物运转与分配特性的研究[J].华南农业大学学报,2000,21(3):5-8.
- [15]廖耀平,陈钊明,陈顺佳,等.高产高收获指数型水稻新品种粤香占的主要特性及其讨论[J].中国稻米,1999(2):11-12.
- [16]陈钊明,廖耀平,陈顺佳,等.高收获指数型优质籼稻新品种粤香占[J].中国水稻科学,1999,13(1):61.
- [17]何秀英,廖耀平,陈钊明,等.收获指数在水稻高产育种中的作用[J].种子,1999(6):39-41.
- [18]陈小荣,石庆华,潘晓华,等.金优463在赣中北作双季早稻的产量、产量构成因素分析与生产对策[J].江西农业大学学报,2006,26(2):161-163.
- [19]宋荷仙,李跃进,冯天铭.收获指数在小麦高产育种中的应用[J].西南农业学报,1989,2(2):27-31.
- [20]刘建丰,唐文帮,肖应辉,等.两系杂交晚稻整齐度与产量及其构成因素关系研究[J].湖南农业大学学报,2001,27(1):1-3.
- [21]赵东海,严钦泉,王京仁,等.杂交晚稻整齐度与产量及构成因素关系研究[J].广西农业科学,2005,36(3):205-207.
- [22]黎建文,严钦泉.杂交早稻整齐度与产量及产量构成因素的关系[J].湖南农业科学,2005(1):14-17.
- [23]张伟伟,朱德峰,张玉屏,等.种植密度对杂交稻穗整齐度及产量影响的分析[J].西南农业学报,2004,17(6):720-723.
- [24]廖学群,隗溟,朱自均.杂交水稻穴间整齐度研究[J].耕作与栽培,2004(3):13-63.
- [25]赵松岭,李凤民,张大勇,等.作物生产是一个种群过程[J].生态学报,1997,17(1):100-104.
- [26]张大勇,姜新华.对于作物生产的生态学思考[J].植物生态学报,2000,24(3):383-384.
- [27]董珑丽,魏茶花,马晓娟,等.春小麦竞争能力与产量的关系[J].生态学报,2007,27(10):4203-4208.
- [28]张荣,孙国钧,李凤民.冗余概念的界定与冗余产生的生态学机制[J].西北植物学报,2003,23(5):844-851.
- [29]潘晓云,王永芳,王根轩,等.覆膜栽培下春小麦种群的生长冗余与个体大小不整齐性的关系[J].植物生态学报,2002,26(2):177-184.
- [30]隗溟,朱自均.群体起点整齐度对水稻经济产量的影响[J].耕作与栽培,2006(3):11-12.
- [31]吴东秀,王根轩.半干旱条件下春小麦种群不整齐性动态及其水分生理生态基础[J].生态学报,1999,19(2):254-258.