

不同穗型水稻品种的光合特性和光能利用率

宋 微,高 扬,步金宝

(黑龙江省农垦科学院 水稻研究所,黑龙江 哈尔滨 150038)

摘要:为揭示不同穗型品种在寒地特殊气候条件下光合特性和光能利用率的差异,促进水稻高光效品种的选育和合理利用,以不同穗型水稻品种半直立穗型垦稻 29、龙稻 5 号和弯穗型品种垦稻 10 号、垦稻 12 为试验材料,在黑龙江省特殊的寒地气候条件下,围绕两种穗型品种的光合特性及利用率进行研究。结果表明:半直立穗型品种在瞬时光合速率、光合速率高值持续期、叶面积和叶源量等方面均优于弯穗型品种。

关键词:水稻;穗型;光合特性

中图分类号:S511 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2017)01-0024-04 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2017.01.0024

水稻在黑龙江省粮食生产中占有重要的地位,按照穗型的角度来划分,黑龙江省的水稻品种主要由弯穗型和半直立穗型组成。近期的研究表明,在合理密植的条件下,半直立穗型品种在群体结构配置,株高和抗倒伏方面均优于弯穗型品种,同时,产量增加明显^[1]。光合作用是影响水稻产量和品质的重要代谢过程,水稻产量也就是光合作用产物^[2]。国内外研究发现,水稻生育后期叶片光合速率高值持续期与籽粒产量密切相关,随着水稻生育后期叶片光合速率高值持续期的增加,水稻产量也明显提高^[3-5]。Ohno 和屠曾平等研究不同水稻种质资源的瞬时光合速率,并发现不同品种间存在明显差异^[4,6]。在张荣铨等研究中首次提出了叶源量的概念,他将瞬时光合速率、光合速率高值持续期及光合面积 3 个反映作物光合作用能力的指标有机地整合起来,并证明增加叶源量可以提高作物产量,进一步阐述作物光合作用与产量之间的密切关系^[7-8]。

本试验以黑龙江省特殊的地理条件和生态气候为背景,研究半直立穗型和弯穗型水稻品种的瞬时光合速率、光合速率高值持续期的变化、叶面积和叶源量等光合特性指标,揭示不同寒地穗型品种光合特性和光能利用率的差异,为水稻高光效品种的选育和合理利用提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于 2016 年在黑龙江省农垦科学院水稻研究所水稻试验田内进行,以两种穗型的常规粳稻半直立穗型水稻品种垦稻 29、龙稻 5 号和弯穗型水稻品种垦稻 10 号、垦稻 12 为供试材料。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 插秧规格为 30 cm×10 cm,每穴 3 株,采用随机区组设计,小区面积 21 m²。施肥水平尿素 150 kg·hm⁻²,磷酸二铵 105 kg·hm⁻²,硫酸钾 120 kg·hm⁻²,基肥:蘖肥:穗肥按 5:3:2 比例施,4 月 15 日播种,5 月 18 日移栽,9 月 25 日收获,其它管理同常规栽培技术一致。

1.2.2 测定内容及方法 (1)瞬时光合速率的测定:将群体中剑叶露出 1 cm 时株高和叶片一致的植株作为代表植株,挂牌。在 CO₂ 浓度 330~35 μL·L⁻¹,光量子通量密度(PFD)约 1 200 μmolCO₂·m⁻²·s⁻¹,用 BAU 便携式光合测定仪,当剑叶完全展开时对叶片中部测定。测定时间为每日 8:30-10:30,每 7 d 测 1 次,直至叶片枯黄时为止。

(2)光合速率高值持续期和叶面积的测定:光合速率高值持续期(APD)是指从叶片全展到光合速率下降至全展光合速率一半时所持续天数。叶面积(LA)则采用 Li-3000 型叶面积仪进行测定。

(3)叶源量(LSC)的测定

$$LSC = \sum_{i=1}^n IAPS \times D \times S$$

收稿日期:2016-12-01

第一作者简介:宋微(1987-),女,山东省潍坊市人,硕士,助理研究员,从事水稻遗传育种研究。E-mail: songweineau@163.com。

式中:IAPS 为瞬时光合速率; D 为测定间隔时间; S 为叶面积; n 为测定次数; i 为 $1\cdots n$ 。文中测定的叶源量为代表植株剑叶单叶叶源量。

(4) 叶绿素含量的测定: 水稻叶绿素含量值 (SPAD) 是从剑叶伸出叶鞘至叶片枯黄期间测定的。每个试验区域选择 3 点, 每一点取连续的 10 穴进行测定。在剑叶完全展开后, 测剑叶中部 SPAD 值, 记平均值。试验仪器为 SPAD-502 型叶绿素计。

1.2.3 数据统计与分析 数据采用统计学方差分析方法, 在 Excel 和 DPSv7.0 版软件上完成。

2 结果与分析

2.1 不同穗型品种瞬时光合速率的分析

由图 1 所示, 不同穗型水稻品种在发育过程中变化趋势相似, 呈现单峰曲线变化, 4 个品种的瞬时光合速率在剑叶展开 7 d 左右达到就最大值, 随后均呈现下降趋势。结果显示, 半直立耐密型水稻品种的瞬时光合速率最大值均大于弯穗型品种。其中, 半直立穗型品种垦稻 29 的最大瞬时光合速率最高, 比最低值的弯穗型品种垦稻 10 号高出 24.12%。

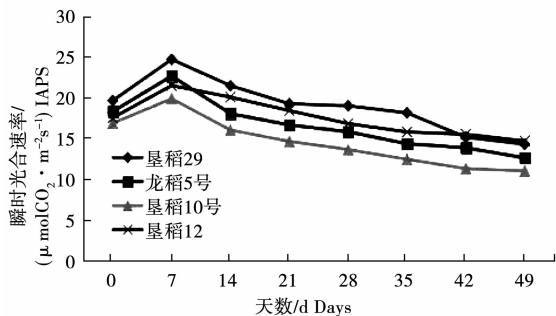


图 1 不同穗型水稻品种瞬时光合速率的变化

Fig. 1 The change of photosynthetic rate of different panicle rice varieties

由表 1 可以看出, 当剑叶全展后第 7 天, 4 个不同穗型水稻品种的瞬时光合速率达到最大值, 总体平均值为 $22.10 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。分析结果表明, 半直立穗型水稻品种最大瞬时光合速率都高于总体平均值。其最大瞬时光合速率与弯穗型水稻品种间存在极显著差异。

2.2 不同穗型品种光合速率高值持续期的分析

两种穗型 4 个水稻品种光合速率高值持续期都呈常态分布。从表 2 可以看出, 高值持续期的

变动幅度在 38.3~42.8 d, 半直立穗型水稻品种和弯穗型水稻品种的光合速率高值持续期平均值分别为 42.2 和 39 d, 总平均值为 40.6 d。半直立穗型品种的光合速率高值持续期明显长于弯穗型品种。测验结果表明, 半直立穗型水稻品种和弯穗型水稻品种间光合速率高值持续期的差异在 1% 水平上达到极显著。

表 1 不同穗型水稻品种瞬时光合速率显著性分析

Table 1 Significant analysis on instantaneous photosynthetic rate of different panicletype rice varieties

品种名称 Varieties	最大瞬时光合速率/ ($\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) Maximum instantaneous photosynthetic rate
垦稻 29 Kendao29	24.60 aA
龙稻 5 号 Longdao5	22.57 bB
垦稻 12 Kendao12	21.42 cC
垦稻 10 号 Kendao10	19.82 dD

不同大、小写字母表示在 0.01 和 0.05 水平下差异显著。下同。

Different capital letters and lowercases mean significant different at 0.01 and 0.05 level. The same below.

表 2 不同穗型水稻品种光合速率高值持续期的测定

Table 2 Determination of APD of different panicle type rice varieties

品种 Varieties	光合速率高 值持续期/d APD	标准差 SD	变异系数/% CV
垦稻 29 Kendao29	42.8 aA	0.02	0.07
龙稻 5 号 Longdao5	41.6 aA	0.02	0.07
垦稻 10 号 Kendao10	38.3 cC	0.09	0.18
垦稻 12 Kendao12	39.7 bB	0.06	0.14

2.3 不同穗型水稻品种剑叶叶源量的分析

2.3.1 剑叶叶源量测定值的分析 4 个不同穗型水稻品种剑叶叶源量如表 3 所示, 半直立穗型水稻品种的叶源量均高于弯穗型水稻品种。不同穗型水稻品种剑叶叶源量存在较大差异。方差分析表明, 叶源量在 4 个不同穗型水稻品种间存在

极显著差异。叶源量是反映叶片一生中 CO₂ 同化能力大小的重要生理指标。试验结果表明半直立穗型水稻品种较弯穗型更具有较强叶片碳同化能力,可为其生育后期的籽粒灌浆提供较多的光合产物。这也可能是半直立穗型水稻品种高产的重要原因之一。

2.3.2 剑叶叶源量与其组成因素的分析 对于 3 个剑叶叶源量组成因素的方差分析结果(见表 4)显示,其不同穗型水稻品种中存在极显著差异,说明 IPAS、APD 及 LA 存在着遗传差异。因此,如果将水稻的瞬时光合速率最大值,光合速率高值持续期及叶面积这 3 个性状作为育种上选育

表 4 不同穗型水稻品种剑叶叶源量组成因素的分析

Table 4 Component analysis on LSC of different panicle type rice varieties

性状 Characteristics	变幅 Range	平均值 Mean	变异系数/% CV	F 检验 F test
瞬时光合速率最大值/(μmolCO ₂ ·m ⁻² ·s ⁻¹) IAPSma	16.82~24.60	22.1	4.8	**
光合速率高值持续期/d APD	36.27~43.28	40.75	4.6	**
叶面积/cm ² LA	28.9~59.8	48.64	3.9	**

2.4 不同穗型水稻品种剑叶叶绿素含量的分析 对 4 个不同穗型水稻品种剑叶叶绿素测定结果显示,最高 SPAD 值达 44.8,而低者不过 20.6 左右,叶绿素含量在品种间差异明显。从分布频率看,SPAD 值大都分布于中值 32.9 和 38.5。

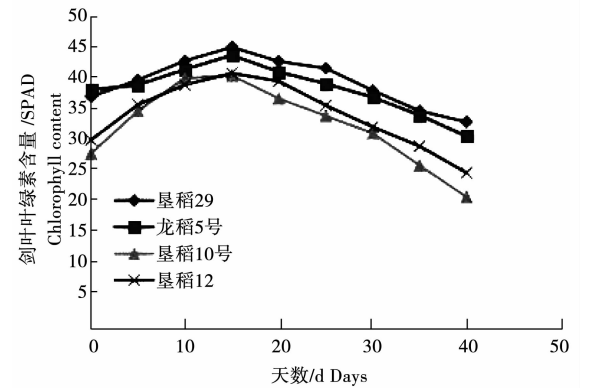


图 2 不同穗型品种剑叶叶绿素含量的变化

Fig.2 The change of chlorophyll content of different panicle type varieties

根据图 2 中,不同穗型水稻品种剑叶叶绿素含量变化可以看出,两种穗型的品种剑叶叶绿素含量均在剑叶展开 15 d 左右达到最大值,而且在 0~15 d 过程中,两种穗型的剑叶叶绿素含量增长比较迅速,而剑叶展开 30 d 以后,弯穗型品种

目标,做出合理配置,即可选育出光合特性强的优势品种,从而在品质和产量方面得到提升。

表 3 不同穗型水稻品种剑叶叶源量的测定

Table 3 Determination of LSC of different panicle type rice varieties

品种 Varieties	叶源量/mmol CO ₂ LSC	标准差 SD	变异系数/% CV
垦稻 29 Kendao29	142.67 aA	2.21	1.06
龙稻 5 号 Longdao 5	139.98 bB	2.34	1.23
垦稻 10 号 Kendao10	137.68 cC	3.17	1.99
垦稻 12 Kendao12	137.25 cC	2.94	1.63

较半直立穗型品种剑叶叶绿素含量下降迅速。

3 结论与讨论

半直立水稻品种最大瞬时光合速率一般大于弯穗型水稻品种;半直立穗型品种的光合速率高值持续期明显长于弯穗型品种;不同穗型水稻品种剑叶叶源量组成因素在品种间存在极显著差异。

半直立穗型是介于直立穗型与弯穗型之间的一种株型,这一特殊的穗型结构有效弥补了透光率和同化量不足的缺陷;半直立穗型水稻品种有很好的光合能力,生长期长,不早衰,是高光效育种的优良种质资源。

本试验通过对不同穗型水稻品种的研究发现,选育半直立穗型品种有利于发挥更多叶片的光合能力,从而可以提高灌浆速率,提高对籽粒贡献率,发挥增产潜力,较易实现超高产的目标。

同时,最大瞬时光合速率和光合速率高值持续期、叶源量在水稻品种中存在显著基因型差异,说明这些指标可以反映不同水稻品种在高光效、超高产特性作用机理,那么在育种实践中,可以把这些性状作为育种上的选育目标和提高改良的重点。

参考文献:

[1] 刘华招,步金宝,宋微,等.两种插秧密度下不同穗型水稻品种耐密性研究[J].土壤与作物,2014,3(1):22-27.

[2] 翟虎渠,曹树青,万建民,等.超高产杂交稻灌浆期光合功能与产量的关系[J].中国科学(C辑),2002,32(3):211-217.

[3] 张荣铎,程在全,方志伟,等.关于光合速率高值持续期的初步研究[J].南京师范大学学报,1992,15:76-56.

[4] 屠曾平.水稻瞬时光合速率的品种间差异及高光效育种[J].植物生理学报,1978,40(2):113-120.

[5] 陈温福,徐正进,张龙步.水稻超高产育种生理基础[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,1995.

[6] Ohno. Varietal differences of Photosynthetic efficiency and dry matter production in indica rice[J]. Tro Agri,1976,53:115-123.

[7] 张荣铎,程在全,方志伟,等.关于小麦叶片光合速率高值持续期的初步研究[J].南京师范大学学报,1992,15(S):76-86.

[8] 张荣铎,刘晓忠,方志伟,等.小麦叶片展开后碳同化能力一叶源量的估算[J].中国农业科学,1997,30(1):84-91.

Photosynthetic Characteristics and Sunlight Efficiency of Rice Varieties with Different Panicle Types

SONG Wei,GAO Yang,BU Jin-bao

(Rice Research Institute of Heilongjiang Academy of Land Reclamation Sciences, Harbin, Heilongjiang 150038)

Abstract: In order to prompt the difference between photosynthetic characteristics and sunlight efficiency of different panicle varieties under special climatic conditions in cold region, and provide the theoretical basis for selection and rational utilization of high light efficiency varieties, the photosynthetic characteristics and sunlight efficiency of rice varieties with different panicle types Semi-erect panicle Kendao29, Longdao5 and Curved panicle Kendao10, Kendao12 were studied. The results showed that transient photosynthetic rate, duration of high photosynthetic rate, leaf area and leaf source of semi-erect panicle rice were better than curved panicle rice.

Keywords: rice; panicle type; photosynthetic characteristics

《黑龙江农业科学》理事会

理事长单位	代表	内蒙古丰垦种业有限公司	董事长	徐万陶
黑龙江省农业科学院	院长 李文华	理事单位	代表	
副理事长单位	代表	黑龙江生物科技职业学院	院长	李承林
黑龙江省农业科学院佳木斯水稻研究所		宁安县农业委员会	主任	曾令鑫
	所长 潘国君	农垦科研育种中心哈尔滨科研所	所长	姚希勤
黑龙江省农业科学院五常水稻研究所	所长 张广柱	黑龙江农业职业技术学院	院长	李东阳
黑龙江省农业科学院克山分院	院长 邵立刚	黑龙江职业学院	院长	赵继会
黑龙江省农业科学院黑河分院	院长 魏新民	鹤岗市农业科学研究所	所长	姜洪伟
黑龙江省农业科学院绥化分院	院长 陈维元	伊春市农业技术推广中心	主任	张含生
黑龙江农业经济职业学院	院长 孙绍年	甘南县向日葵研究所	所长	孙为民
中储粮北方农业开发有限责任公司	总经理 戴传雄	萝北县农业科学研究所	所长	张海军
黑龙江省农垦总局	副局长 徐学阳	齐齐哈尔市自新种业有限公司	总经理	陈自新
常务理事单位	代表	黑龙江省农垦科学院水稻研究所	所长	解保胜
勃利县广视种业有限公司	总经理 邓宗环	黑龙江八一农垦大学农学院	院长	杨克军
黑龙江垦丰种业有限公司	总经理 刘显辉	绥化市北林区农业技术推广中心	主任	张树春
黑龙江农业经济职业技术学院	副院长 张季中	黑龙江省齐齐哈尔农业机械化学学校	校长助理	张北成