

激素处理对再生稻剑叶光合产物分配及产量的影响

黄新杰 屠乃美 周娟 易镇邪 李艳芳 万定海

(湖南农业大学 农学院 湖南 长沙 410128)

摘要:用 ^{14}C 同位素示踪法研究了再生稻齐穗期不同激素处理下剑叶光合产物的分配情况,结果表明,再生稻齐穗期剑叶中的光合产物滞留率在6%~26%之间,72%~92%的剑叶光合产物转运到穗部,两品种光合产物分配规律均为穗>剑叶>剑叶叶鞘>茎鞘>非标记叶。剑叶光合产物滞留率越低,越有利于再生稻产量的提高。激素处理的叶片光合产物均较多地转运到穗部,激素处理有利于提高再生稻的产量。因此,选用穗粒数多且抽穗后剑叶光合能力强的品种进行再生培植,并进行适宜浓度的激素处理是获得再生稻高产的有效途径。

关键词:再生稻;光合产物分配; ^{14}C 同位素示踪;激素调控

中图分类号:S511.01 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2012)05-0114-05

The Effect of Yield of Polingenesis Rice And Photosynthetic Products' Distirbution of the Flag Leaf by the Different of Phytohormore Function

HUANG Xin-jie ,TU Nai-mei ZHOU Juan ,YI Zhen-xie ,LI Yan-fang ,WAN Ding-hai

(Hunan Agricultural University ,Changsha 410128 ,China)

Abstract: The photosynthetic products' distribution of the flag leaf at full heading stage of the ratooning rice and the different of phytohormone was studied by ^{14}C trace technique. The results showed that: Retention rate of the photosynthate in flag leaves was 6% - 26% ,72% - 92% of photosynthates from flag leaf was distributed to panicle at full heading stage ,distribution of photosynthates the flag leaf > the flag leaf sheathes > stems and sheathes > else leaves. Low Retention rate of the photosynthate in flag leave was good for yield of rice. The phytohormone treatment promote the photosynthates distribution rate in panicle ,and increase the yield of palingenesis rice. These results showed that choosing those varieties with more panicles and the photosynthetic capacities of the flag leaf sheathes after tassal of main crop would be benefit to gain higher yield.

Key words: Palingenesis rice; Photosynthate distribution; ^{14}C -isotope; Hormone regulation

再生稻是利用水稻头季稻桩上腋芽的再生特性,通过栽培管理措施,使其萌发生长成穗再收获一季的短生育期水稻。再生稻对头季稻有很强的依赖性,促进再生腋芽伸长的营养物质主要来源于头季稻后期叶片同化的光合产物^[1-2],前人对水稻叶片光合产物转运、运输和分配进行了研究^[3-7],冉茂林等^[1]用盆栽方法研究了2个杂交组合生育后期光合产物分配对再生稻的影响,郭兆武等^[8]研究了杂交稻两优培九剑叶叶鞘的光合能力与叶鞘光合产物的分配情况,周文新等^[9]研究了生育后期光合产物在水稻不同部位、茎秆不同节间的分配比例。但前

人在再生稻后期叶片光合产物分配,特别是激素对光合产物分配的影响研究较少。鉴于此,本试验以籼型水稻品种为材料,用 ^{14}C 同位素示踪技术研究了激素处理对再生稻光合产物在不同部位的分配规律及其对产量的影响,以期在再生稻生产上的应用提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试水稻品种为龙两优072(LLY072)、深优9576(SY9576),种子均由湖南农业大学水稻研究所

收稿日期:2012-04-13

基金项目:国家自然科学基金项目(30971723)

作者简介:黄新杰(1982-),女,内蒙古赤峰人,博士,主要从事水稻高产生理研究。

通讯作者:屠乃美(1962-),男,安徽怀远人,教授,博士生导师,主要从事作物生理生态研究。

提供。

1.2 试验设计

试验于 2010、2011 年连续 2 年在湖南农业大学试验农场进行。3 月 30 日播种, 软盘湿润育秧, 5 月 1 日移栽, 株行距 20 cm × 20 cm。试验采用两因素随机区组设计, 两因素为品种 (A) 和激素处理 (B), 2 个品种为龙两优 072 (LLY072) 和深优 9576 (SY9576), 5 种激素处理为 IAA (20 mg/L)、GA₃ (40 mg/L)、6-BA (60 mg/L)、复配剂 (IAA + GA₃ + 6-BA)、空白对照 (CK), 共 10 个处理, 详见表 1。小区面积 26 m², 3 次重复。头季稻齐穗后 15 d (收割前 10 ~ 13 d) 施尿素和氯化钾各 112.5 kg/hm² 作促芽肥, 头季收获后第 3 天施尿素和氯化钾各 75 kg/hm² 作促蘖肥。其他田间管理措施按高产栽培技术进行^[10]。头季稻收割时留桩 40 cm。头季稻收获后第 2 天用 IAA (20 mg/L)、GA₃ (40 mg/L)、6-BA (60 mg/L)、复配剂 (IAA + GA₃ + 6-BA) 进行喷施处理, 用清水喷施的作为 CK。

表 1 试验处理组合

Tab. 1 Experimental treatment and combination

A 因素(品种) Factor A (Variety)	B 因素(激素喷施) Factor B (Spraying hormone)
龙两优 072 LLY072	IAA (20 mg/L)
	GA ₃ (40 mg/L)
	6-BA (60 mg/L)
	复配剂 (IAA + GA ₃ + 6-BA)
	清水对照 (CK)
深优 9576 SY9576	IAA (20 mg/L)
	GA ₃ (40 mg/L)
	6-BA (60 mg/L)
	复配剂 (IAA + GA ₃ + 6-BA)
	清水对照 (CK)

1.3 同位素示踪标记

再生稻于齐穗期用高透光率的聚酯膜袋分别将各处理主茎株的剑叶套袋并密闭, 在一定的光照条件下, 分别向其中引入 CO₂ 浓度为 0.2%、活度为 555 kBq 的 ¹⁴CO₂, 每次标记在 9:00 ~ 11:00 进行。标记时间 30 min。标记结束时将同化袋中的残余气体用挤压法导入碱液中吸收, 然后揭袋任其正常生长。

1.4 取样及测定方法

将再生稻植株分为剑叶 (标记叶)、剑叶叶鞘 (标记叶叶鞘)、非标记叶、茎鞘、穗五部分, 在 105℃ 烘箱中杀青 20 min 后, 置 80℃ 烘箱中烘干至恒质量, 称质量后粉碎, 测定 ¹⁴C 同位素活度。

采用燃烧法制样: 将烘干后的水稻样品粉碎混合均匀后, 准确称取 100 mg, 用擦镜纸包好, 置于燃烧瓶的吊篮中, 向燃烧瓶内充氧, 用火花发生器点火

燃烧, 燃烧后向瓶内注入 4 mL 乙醇胺 (吸收液) 吸收瓶内的 ¹⁴CO₂, 反应 30 min 后, 吸取 3 mL 乙醇胺吸收液加入测样瓶内, 再加 8 mL 闪烁液于测样瓶内。闪烁溶液配方为: 乙二醇乙醚 157 mL、萘 50 g、PPO 10 g、POPOP 0.5 g。

上述所有样品的放射性测量皆在 Wallac 1400DSA 液闪仪上进行, 测量误差控制在 5% 以内, 测量结果扣除本底和氧化燃烧效率校正, 换算成样品的干样比活度。进而计算出 ¹⁴C 在水稻各部位的分布百分比。

产量及其构成: 每小区实收 50 穴测实际产量, 取样 10 穴考察产量构成因素。

数据处理: 所有数据采用 Excel 2003 软件处理, 统计分析采用 SPSS 17.0 进行。

2 结果与分析

2.1 激素处理对再生稻齐穗期剑叶光合产物分配的影响

2010、2011 年再生稻齐穗期剑叶光合产物地上部不同部位 ¹⁴C-同化产物的转运和分配情况的平均值的结果列于表 2。72.58% ~ 92.23% 的剑叶光合产物转运到穗部, 0.44% ~ 7.34% 转运到剑叶叶鞘, 0.28% ~ 1.11% 转运到了茎鞘中, 仅有少量的光合产物转运到了非标记叶片当中, 剑叶中的光合产物滞留率在 6.57% ~ 25.90% 之间。两品种再生稻光合产物分配规律为穗 > 剑叶 > 剑叶叶鞘 > 茎鞘 > 非标记叶。

CK 剑叶 ¹⁴C-同化产物滞留率大于 10%, 4 种激素处理 (除 LLY072 中 IAA) 的均小于 10%。2 个品种中 GA₃ 处理的剑叶叶鞘 ¹⁴C-同化产物分配率均在 1.5% 左右, 6-BA 处理在 1% 以下。各处理仅有微量的 ¹⁴C-同化产物转运到了非标记叶片中, 其中, 复配剂和 6-BA 处理的较低。GA₃ 茎鞘 ¹⁴C-同化产物分配率 1% 左右, 其余 3 种激素处理与 CK 均在 1% 以下。6-BA、复配剂处理穗 ¹⁴C-同化产物分配率为 89.96% ~ 92.23%, IAA、GA₃ 处理为 84.21% ~ 88.86%。

LLY072 中 4 种激素处理剑叶光合产物的滞留率与 CK 无显著差异, IAA 处理剑叶光合产物的滞留率与 6-BA、复配剂处理差异极显著, IAA 与 GA₃ 剑叶光合产物的滞留率差异显著, GA₃、6-BA、复配剂 3 种激素处理间剑叶光合产物的滞留率无显著差异。4 种激素处理剑叶叶鞘光合产物显著低于 CK, 4 种激素处理间剑叶叶鞘光合产物无显著差异。4 种激素处理非标记叶光合产物与 CK 无显著差异, 4 种激素处理间非标记叶光合产物无显著差异。

6-BA处理茎鞘光合产物显著低于CK,IAA、GA₃、复配剂处理茎鞘光合产物与CK无显著差异,GA₃与6-BA茎鞘光合产物呈极显著差异,GA₃与IAA、复配剂茎鞘光合产物差异显著,IAA、6-BA、复配剂3种处理间茎鞘光合产物无显著差异。GA₃、6-BA、复配剂处理穗光合产物与CK差异极显著,IAA与CK穗光合产物无显著差异,6-BA、复配剂处理穗光合产物与IAA差异极显著,GA₃与IAA穗光合产物差异显著,复配剂穗光合产物与GA₃差异显著,复配剂与6-BA间、6-BA与GA₃间穗光合产物无显著差异。

SY9576中4种激素处理剑叶光合产物的滞留率极显著低于CK,4种激素处理间剑叶光合产物的滞留率无显著差异。4种激素处理剑叶叶鞘光合产

物与CK无显著差异,IAA处理与6-BA处理剑叶叶鞘光合产物差异显著,其他激素处理间剑叶叶鞘光合产物无显著差异。4种激素处理非标记叶光合产物与CK无显著差异,4种激素处理间非标记叶光合产物无显著差异。GA₃茎鞘光合产物与CK呈极显著水平,其他3种激素处理茎鞘光合产物与CK无显著差异,GA₃与其他3种激素茎鞘光合产物处理差异极显著,IAA、6-BA、复配剂3种激素处理间茎鞘光合产物无显著差异。4种激素处理穗光合产物与CK差异极显著,4种激素处理间穗光合产物无显著差异。两品种中各处理穗光合产物分配规律为复配剂>6-BA>GA₃>IAA>CK。

表2 剑叶¹⁴C同化产物在不同部位的转运和分配

Tab.2 The transportation and the distribution of ¹⁴C photosynthates of flag leaf in different parts

%

品种 Variety	处理 Treated	剑叶 Flag leaf	剑叶叶鞘 Flag leaf sheath	非标记叶 Non-labeled leaf	茎鞘 Stem and sheath	穗 Panicle
龙两优 072 LLY072	CK	10.41ABab	7.34Aa	0.07Aa	0.83ABab	81.35Cc
	IAA	14.39Aa	0.85Bb	0.07Aa	0.48ABbc	84.21BCc
	GA ₃	9.24ABb	1.63Bb	0.04Aa	1.04Aa	88.05ABb
	6-BA	7.76Bb	0.45Bb	0.01Aa	0.37Bc	91.41Aab
	复配剂	7.16Bb	0.44Bb	0.03Aa	0.43ABbc	91.94Aa
深优 9576 SY9576	CK	25.90Aa	0.92Aab	0.05Aa	0.55Bb	72.58Bb
	IAA	6.57Bb	4.53Aa	0.04Aa	0.36Bb	88.50Aa
	GA ₃	8.09Bb	1.87Aab	0.07Aa	1.11Aa	88.86Aa
	6-BA	9.05Bb	0.51Ab	0.02Aa	0.46Bb	89.96Aa
	复配剂	6.39Bb	1.08Aab	0.02Aa	0.28Bb	92.23Aa

注:同一品种不同处理间大写字母代表0.01水平上差异,小写字母代表0.05水平上的差异。表3同。

Note: Capital letter show at the significant level of 0.01, lowercase show at the significant level of 0.05. The same as Tab. 3.

2.2 再生稻产量及其构成

2010、2011年再生稻产量构成因素的平均值结果列于表3,两品种各处理再生稻产量之间差异显著,两品种中4种激素处理的产量极显著高于CK,其中,复配剂处理的产量最高,其他激素处理的产量依次为IAA、6-BA、GA₃。LLY072中4种激素处理间产量差异极显著。SY9576中复配剂处理产量与IAA、6-BA、GA₃差异极显著,IAA处理产量与GA₃差异极显著,6-BA处理产量与GA₃差异极显著,IAA处理产量与6-BA差异显著。

产量构成因素,LLY072中复配剂、6-BA、GA₃处理有效穗数极显著高于CK,IAA与CK有效穗数无显著差异,复配剂、6-BA、GA₃这3种激素处理有效穗数与IAA差异极显著,复配剂、6-BA、GA₃这3种激素处理间有效穗数无显著差异。复配剂、IAA、6-BA处理穗粒数极显著高于CK,GA₃处理穗粒数与CK无显著差异,复配剂处理穗粒数与6-BA、GA₃差异极显著,IAA处理穗粒数与6-BA、GA₃差异极显

著,复配剂与IAA处理间、6-BA与GA₃处理间穗粒数无显著差异。除IAA处理的结实率显著高于CK外,其他3种激素处理的结实率与CK无显著差异,IAA与其他3种激素处理结实率差异显著,6-BA、复配剂、GA₃这3种激素处理间结实率无显著差异。4种激素处理的千粒质量与CK无显著差异。

SY9576中复配剂、6-BA、GA₃处理有效穗数极显著高于CK,IAA与CK有效穗数无显著差异,复配剂、6-BA、GA₃这3种激素处理有效穗数与IAA差异极显著,复配剂处理有效穗数与GA₃差异极显著,复配剂与6-BA处理间、6-BA与GA₃处理间有效穗数无显著差异。复配剂、IAA、6-BA处理穗粒数极显著高于CK,GA₃处理穗粒数与CK无显著差异,复配剂、IAA处理穗粒数均极显著高于6-BA、GA₃,复配剂与IAA处理间、6-BA与GA₃处理间穗粒数显著差异。IAA、6-BA、复配剂处理的结实率极显著高于CK,GA₃处理的结实率与CK无显著差异,IAA处理的结实率与GA₃差异极显著,6-BA处理的结实率与

GA₃差异显著, IAA、6-BA、复配剂 3 种激素处理的结实率无显著差异, 复配剂处理的结实率与 GA₃ 无显著差异。除 IAA 处理的千粒质量极显著高于 CK 外, 其他 3 种激素处理的千粒质量与 CK 无显著差异, IAA 与其他 3 种激素处理的千粒质量显著差异, 复配剂、6-BA、GA₃ 这 3 种激素处理千粒质量无显著差异。

相关分析表明, LLY072 再生稻产量与穗粒数呈极显著正相关($r = 0.975^{**}$), 与有效穗数、结实率、

千粒质量呈正相关(相关系数分别为 0.600、0.820 和 0.700); SY9576 再生稻产量与穗粒数呈极显著正相关($r = 0.983^{**}$), 与有效穗数、结实率、千粒质量呈正相关(相关系数分别为 0.555、0.816 和 0.644)。可见, 本试验条件下, 决定再生稻产量高低首要因素是穗粒数。要进一步提高再生稻产量, 在群体合理的前提下, 可通过提高单位面积的穗数, 确保大穗的前提下尽可能地提高结实率, 以达到增产的目的。

表 3 再生稻产量构成因素

Tab. 3 Yield and its components of palingenesis rice of different varieties

品种 Variety	处理 Treated	有效穗数/($\times 10^4/\text{hm}^2$) Effective panicles	每穗粒数 Grains per panicle	结实率/% Seed setting rate	千粒质量/g 1000-grain weight	理论产量/($10^4/\text{hm}^2$) Theoretical yield
龙两优 072	CK	382.4Bb	45.5Cc	79.8Ab	23.0Aa	3 195.2Ee
LLY072	IAA	388.9Bb	56.5Aa	83.6Aa	23.8Aa	4 366.6Bb
	GA ₃	405.6Aa	48.5BCbc	82.1Aab	23.3Aa	3 766.9Dd
	6-BA	409.0Aa	51.0Bb	82.6Aab	23.6Aa	4 058.8Cc
	复配剂	412.7Aa	59.5Aa	82.5Aab	23.4Aa	4 745.2Aa
深优 9576	CK	375.2Cc	44.2Ce	82.4Cc	23.0Bb	3 148.1De
SY9576	IAA	377.2Cc	53.6Ab	87.4Aa	23.9Aa	4 217.3Bb
	GA ₃	393.9Bb	46.5BCd	83.7BCbc	23.1ABb	3 538.0Cd
	6-BA	400.2ABab	49.0Bc	86.2ABa	23.3ABb	3 935.4Bc
	复配剂	407.7Aa	55.8Aa	85.5ABab	23.3ABb	4 528.6Aa

2.3 再生稻剑叶¹⁴C 光合产物分配与再生稻产量的相关性

对 2 年各处理再生稻齐穗期¹⁴C 光合产物在不同部位的分配比例与再生稻产量作相关分析, 表 4 结果

表明, 再生稻产量与齐穗期穗部的光合产物比例呈显著正相关, 与其他部位的分配比例(除 SY9576 剑叶叶鞘)呈负相关。可见, 再生稻光合产物在穗部的分配率越高越有利于再生稻产量的提高。

表 4 剑叶¹⁴C-光合产物在不同部位的分配比例与再生稻产量的相关性

Tab. 4 Correlation between the distribution proportions of¹⁴C-photosynthates of flag leaf in different parts and the yield of palingenesis rice

品种 Variety	剑叶 Flag leaf	剑叶叶鞘 Flag leaf sheath	非标记叶 Non-labeled leaf	茎鞘 Stem and sheath	穗 Panicle
龙两优 072 LLY072	-0.113	-0.850	-0.372	-0.694	0.663 ⁺
深优 9576 SY9576	-0.801	0.285	-0.684	-0.510	0.813 ⁺

3 讨论与结论

在再生稻各部位中均检测到了¹⁴C 的存在。再生稻中 72%~92% 的剑叶光合产物转运到穗部, 这与前人的研究结果基本一致^[11-12]。剑叶中的光合产物滞留率在 6%~26% 之间, 仅有少量的光合产物转运到了非标记叶片中, 剑叶叶鞘光合产物分配为 0.5%~7%。剑叶光合产物转运具有一定的规律性^[13], 两品种再生稻光合产物分配规律为穗>剑叶>剑叶叶鞘>茎鞘>非标记叶。4 种激素处理(除 LLY072 中 IAA)的剑叶滞留率均小于 10%, 6-BA、复配剂穗¹⁴C-同化产物分配率在 90% 左右, IAA、GA₃ 处理在 85% 左右。可见, 剑叶光合产物滞

留率越低, 穗光合产物分配率越高。

光合能力的不足是限制产量提高的主要因素^[14], 本试验 4 种激素处理后均提高了叶片(源)的光合能力及¹⁴C 光合产物向穗粒(库)的输送能力, 这与曹显祖等^[15-16]研究结果一致。对于激素对再生稻产量的影响已有不少报道, 李经勇等^[17]研究表明, 赤霉素、植物细胞分裂素对再生芽伸长、增加有效穗数、提高结实率、粒质量和单产有显著效果。彭中华等^[18]研究表明, 赤霉素与细胞分裂素以一定浓度的配比, 能使水稻总粒数、有效穗数、千粒质量、结实率提高, 产量增加。汤日圣等^[19]研究的复配剂能有效延缓叶绿素降解, 使水稻增产。本试验喷施 4 种激素处理, 结果与他们的基本一致。4 种激素处

理对再生稻产量影响表现为复配剂 $> \text{IAA} > 6\text{-BA} > \text{GA}_3$ 。复配剂对 ^{14}C 同化产物向穗部输送及产量的提高效果都最好,这可能是由于复配剂中的3种激素配比更好地延缓了叶片衰老,促进籽粒灌浆,从而使产量得以提高。本研究中,穗粒数与再生稻产量呈显著正相关关系^[9],且两年结果表现一致。因此,选用穗粒数多、抽穗后叶片光合能力强的品种,并进行适宜浓度的激素处理,是提高再生稻产量的一条重要途径。

参考文献:

- [1] 冉茂林,熊洪,徐富贤,等. 杂交水稻生育后期光合产物的分配对再生稻的影响[J]. 绵阳经济技术高等专科学校学报, 1999, 16(4): 6-10.
- [2] 易镇邪,屠乃美,王璞,等. 两系杂交稻腋芽在母体与离体条件下的再生特性[J]. 作物学报, 2005, 31(3): 330-336.
- [3] 王化新,任光璠,张仲良,等. 不同水稻品种对 ^{14}C 的同化与分配[J]. 原子能农业应用, 1985(4): 41-44.
- [4] 钟启程,黄伯湛,冯洁贞,等. 水稻不同类型品种各生育期吸收的 ^{14}C -葡萄糖积累与分配的初步研究[J]. 广东农业科学, 1986(6): 9-11.
- [5] 陈炳松,张云华,李霞,等. 超级杂交稻两优培九生育后期的光合特性和同化产物的分配[J]. 作物学报, 2002, 28(6): 777-782.
- [6] 孙桂莲,史建君,陈晖. 水稻对 $^{14}\text{CO}_3^{2-}$ 的吸收和积累动态[J]. 核农学报, 2005, 19(5): 375-378.
- [7] 杨俊峰,龚月桦,王俊儒,等. 旱地覆膜对冬小麦花后 ^{14}C 同化物转运分配的影响[J]. 核农学报, 2007, 21(1): 70-74.
- [8] 郭兆武,萧浪涛,罗孝和,等. 超级杂交稻“两优培九”剑叶叶鞘的光合功能[J]. 作物学报, 2007, 33(9): 1508-1515.
- [9] 周文新,易镇邪,屠乃美,等. 头季稻齐穗期剑叶光合产物分配与再生稻产量的相关性[J]. 核农学报, 2008, 22(6): 860-864.
- [10] 刘建丰,袁隆平,邓启云,等. 超高产杂交稻的光合特性研究[J]. 中国农业科学, 2005, 38(2): 258-264.
- [11] 钟启程,黄伯湛,冯洁贞,等. 水稻不同类型品种各生育期吸收的 ^{14}C -葡萄糖积累与分配的初步研究[J]. 广东农业科学, 1986(6): 9-11.
- [12] 黄见良,李合松,邹应斌,等. 应用 ^{14}C 示踪研究双季超高产栽培条件下水稻后期功能叶的光合特性[J]. 核农学报, 2002, 16(2): 75-79.
- [13] 罗时石,王泽港,冯绪猛,等. 农药对水稻叶片光合产物输出速率影响的示踪动力学研究[J]. 中国农业科学, 2002, 35(9): 1085-1089.
- [14] 阿加拉铁,薛大伟,李仕贵,等. 植物激素与水稻产量的关系[J]. 中国稻米, 2006(5): 1-3.
- [15] 曹显祖,朱庆森. 水稻品种的库源特征及其类型划分的研究[J]. 作物学报, 1987, 13(4): 265-272.
- [16] 杨建昌,王志琴,朱庆森. 外源植物激素对水稻光合能力与产量的影响[J]. 江苏农学院学报, 1995, 16(1): 27-31.
- [17] 李经勇,任天举,唐永群. 赤霉素、植物细胞分裂素对再生稻的增产效应[J]. 西南农业学报, 1997, 10(2): 26-31.
- [18] 彭中华,何帮金. 水稻施用赤霉素与细胞分裂素的效果[J]. 耕作与栽培, 1998(2): 33-35.
- [19] 汤日圣,谷启荣,张福田,等. 一种 $\text{GA}_3/4\text{pu-30}$ 复配剂(90-09)对杂交水稻叶片衰老的调节[J]. 江苏农业学报, 1997, 13(11): 10-13.