

研究报告 Original Papers

三种营养激素复配剂对杂交水稻不育系柱头外露率的影响

姜心禄^{1,2}, 严庆海³, 郑家国^{1,2,*}, 池忠志^{1,2}, 周荣⁴¹德阳市水稻专家大院, 四川广汉 618300; ²四川省农业科学院作物研究所, 成都 610066; ³四川省农业科学院生物技术核技术研究所, 成都 610066; ⁴德阳禾一种业有限公司, 四川德阳 618000

摘要: 水稻的杂交制种产量与不育系柱头外露率有关, 有一些杂交组合在花期和花时均相遇的条件下, 制种产量也不高。文章以不育系柱头外露率低的‘G46A’为试材, 对A、B、C三种以硼砂为主的复配剂提高不育系柱头外露率的效应进行研究的结果表明: 用A、B、C三种营养激素复配剂可以提高不育系的柱头外露率。三者影响柱头外露率的效应为: 单用时 $B>A>C$; 配合使用时, $A+B>B+C>A+C$ 。A+B提高柱头外露率21.76个百分点, 其中使柱头双外露率提高8.44个百分点, 达到14.50%, 提高异交结实率16.20个百分点, 从而增产21.40%。

关键词: 水稻杂交制种; 柱头外露率; 异交结实率; 产量

Effects of Three Kinds of Plant Growth Regulators on Percentage of Protrusive Stigma in Male-sterile Lines of Rice (*Oryza sativa* L.)JIANG Xin-Lu^{1,2}, YAN Qing-Hai³, ZHENG Jia-Guo^{1,2,*}, CHI Zhong-Zhi^{1,2}, ZHOU Rong⁴¹Deyang Rice Expert Yard, Guanghan, Sichuan 618300, China; ²Crop Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066, China; ³Institute of Biological and Nuclear Technology, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066, China; ⁴Deyang Heyi Seed Ltd., Deyang, Sichuan 618000, China

Abstract: The hybrid rice seed yield has been influenced by the rate of protrusive stigmas in male-sterile lines. The yield was quite low in some combinations, although both flowering period and time between parents were in good accordance. Three kinds of compound plant growth regulators (A, B and C) were used to identify the effects on protrusive stigmas of ‘G46A’, which is a cytoplasmic male sterile (CMS) line with a low rate of protrusive stigmas. The results showed that three compounds had different effects on enhancing the rates of protrusive stigmas, as $B>A>C$ and $A+B>B+C>A+C$. The rates of protrusive stigmas with A+B treatment increased by 21.76 percentage point, and the rates of double protrusive stigmas reached 14.50%, the outcrossing rate increased by 16.20 percentage point and grain yield increased by 21.40%, compared with the control respectively.

Key words: hybridization seed production of rice; rate of protrusive stigma; outcrossing rate; grain yield

在杂交水稻种子生产过程中, 如何提高制种产量一直是人们关注的问题。杂交制种的产量构成包括不育系亩穗数、结实率、千粒重三因素。对于特定的不育系制种而言, 通过合理行比和移栽密度调节可以将亩穗数安排在一个合理的水平上。千粒重受不育系遗传因子的影响小, 调节效应低。因此提高不育系的结实率是关键性技术。不育系结实率的高低与自身特点(亲和性、柱头外露率、花时)和花期相遇历期、花期温光条件密切相关。就柱头外露率而言, 它与不育系的遗传特性有关, 且差异显著。‘II-32A’的柱头外露率为50%左右, ‘G46A’只有30%左右, ‘中嘉A’柱头外露率19.97%。

由于柱头外露率不高, 在花期、花时相遇时, 制种产量也不高。严升贵等(1981)施用赤霉素解决母本包颈, 改“秋制”为“夏制”, 改一期父本为二期或三期父本, 改父本栽一行为二行, 增加母本行数

收稿 2008-01-21 修定 2008-06-27

资助 四川省科技厅应用基础项目(2007JB-003)。

致谢 广汉市西高镇白里村二社康兵元(2006年)和连山镇清河村五社蒋吉友(2007年)两位同志对本试验曾给予大力支持。初稿完成后, 杨武云和任万军两位先生曾提出修改意见。

* 通讯作者(E-mail: zhjguo580@126.com; Tel: 028-84504245)。

等方法后,使杂交制种产量从1976年的151.5 kg·hm⁻²提高到1986年的2 430 kg·hm⁻²,极大地促进了杂交水稻的应用和推广。李勤修等(1981)认为,通过选择长柱头、大花药的不育系,增加接受外来花粉的机率,从而提高异交结实率。刘文江等(2000)采用“花信灵”调节解决了一些花时不同步的父本、母本不能异交结实的问题,从而提高了特定组合的制种产量。潘润森等(2005)、张静等(2005)、李振宇等(2004)、田大成等(2004)、林建荣等(2006)根据不育系柱头外露率与保持系柱头外露率的关系、影响因素以及与异交结实率的关系,提出柱头外露率与异交结实率呈正相关;只有在提高柱头外露率基础上改善花时,才能稳定和提提高异交结实率等观点。曾晓春和周燮(1999)的工作表明,茉莉酸甲酯(MeJA)可以诱导水稻颖花开放,调节花时,即可提高异交结实率。冉红毅和胡永友(1995)认为,通过栽培和农艺措施可以提高柱头外露率5%~7%,结实率3%~5%,从而提高制种产量。

水稻花器的柱头成扫帚状,顶部较中下部大,下面部分的伸长使上部裸露在外面,因而容易接受雄花的花粉,从而完成受粉受精的过程。当花期相遇,亲和性好时,柱头的外露率高,异交结实率就高,因此柱头外露率与柱头的伸长与否关系密切。长期以来,人们都从遗传选择入手,选择柱头外露率高的材料进行研究。但通过外源物质诱导,能否促使柱头伸长外露呢?作者在2002~2003年的研究发现复硝酚钾、硼、6-苄氨基嘌呤等在促进玉米花丝伸长、提高受粉能力中有一定的效果。2004年,根据水稻生长开花的生理特点,改进了配方并在水稻上应用,结果表明,复硝酚钾可以促进原生质流动,进而促进受精结实;硼对生殖结实有促进作用,但一般情况下,硼砂在水中溶解性小,植物吸收利用率低,通过二乙烯三胺螯合形成液体硼,可有利于植物吸收利用,但不同类型的水稻对硼的敏感性不同。2005年,在水稻不育系上进行的预备研究表明,硼对于水稻不育系比较敏感,并最终确定了3种可以提高不育系柱头外露率的药剂配方,以之处理不同发育时期的不育系花器,观察三者对柱头外露的影响。在此基础上,于2006~2007年,又以水稻不育系‘G46A’为材料,研究了A、B、C三种药剂对柱头外露率的影响。

材料与方法

试验采用水稻(*Oryza sativa* L.)不育系‘G46A’为试材,2006年的父本为‘成恢305’,2007年的父本为‘绵恢725’,父母本行比为1:14,肥水管理按相关制种技术要求进行。试验采用小区随机区组设计,小区面积4 m×7.5 m,重复3次。

试验药剂有A、B、C三种,制备1 000 mL药品需要各药品的质量及配制过程如下。

A药剂:硼砂60 g、6-苄氨基嘌呤20 g、芸苔素0.018 g、二乙烯三胺120 g、黄腐酸460 g、乙醇50 mL。将硼砂、二乙烯三胺加入150 mL的蒸馏水在反应器中加热到100℃,冷却即得硼砂溶液;将6-苄氨基嘌呤加入黄腐酸中在反应器中加热到60℃制成混合剂;将芸苔素加入30 mL乙醇中溶解即得芸苔素醇溶液。将硼砂溶液、6-苄氨基嘌呤和黄腐酸混合剂、芸苔素醇液及100 mL蒸馏水在混合器中混合均匀,装入1 000 mL容积的容量瓶后加入蒸馏水定容至1 000 mL。

B药剂:硼砂60 g、复硝酚钾4 g、胺鲜酯6 g、二乙烯三胺150 g、黄腐酸400 g、乙醇30 mL。硼砂、二乙烯三胺、150 mL蒸馏水在反应器中加热到100℃,冷却即得硼砂溶液;胺鲜酯、黄腐酸在反应器中加热到60℃制成混合剂;将复硝酚钾溶于100 mL蒸馏水中制得复硝酚钾水溶液。将硼砂溶液、胺鲜酯和黄腐酸混合剂、复硝酚钾水溶液在混合器中混合均匀,装入1 000 mL的容量瓶后加入蒸馏水定容至1 000 mL。

C药剂:硼砂60 g、氯吡脞2 g、赛苯隆1 g、二乙烯三胺150 g、黄腐酸400 g、二甲基甲酰胺37 g。硼砂溶液制取与B药剂中的相同;将氯吡脞加入60℃黄腐酸中搅拌均匀制成混合液;赛苯隆加入二甲基甲酰胺中制成赛苯隆溶液。将硼砂溶液、氯吡脞和黄腐酸混合液、赛苯隆溶液搅拌均匀,装入1 000 mL容积的容量瓶后加入蒸馏水定容至1 000 mL。

试验处理有:(1) A药剂,抽穗前15 d叶面喷施;(2) B药剂,抽穗前3 d叶面喷施;(3) C药剂,抽穗5%时叶面喷施;(4) A+B,抽穗前15 d用A药剂叶面喷施,抽穗前3 d用B药剂叶面喷施;(5) B+C,抽穗前3 d用B药剂叶面喷施,抽穗5%时用C药剂叶面喷施;(6) A+C,抽穗前15 d用A药剂叶面喷

施, 抽穗5%时用C药剂叶面喷施; (7)对照, 清水喷雾。

A、B、C三种药剂, 按照50倍稀释, 用量 $7.5 \text{ mL}\cdot\text{m}^{-2}$ 均匀喷施。于开花时上午11:00, 选择生长均匀、穗子大小接近的不育系15穗进行定穗调查, 调查不育系的柱头外露率, 收获时测定异交结实率、千粒重, 分区单收, 晒干风净计算产量。2007年还调查了柱头双外露率和单外露率(总外露率=单外露率+双外露率)。

结果与讨论

1 三种药剂对不育系柱头外露率的影响

由表1可见: (1) 2006年结果显示, 未经外源物质处理的‘G46A’柱头外露率仅为30.57%, 用外源物质A、B、C三种药剂处理的柱头外露率有不同程度的提高。单一使用时, A药剂处理的柱头

外露率提高10.40个百分点, B药剂处理的提高12.02个百分点, C药剂处理的影响较小。复合使用的效应不同, 其中A+B处理的‘G46A’的柱头外露率提高21.54个百分点。方差分析表明: A、B、A+B、B+C、A+C影响效应达到极显著水平。其中, A+B的影响效应最突出。(2) 2007年的结果与2006年的效应一致, A+B处理的提高21.98个百分点, 使‘G46A’的柱头外露率达到53.40%。(3)将2年结果平均, 单一处理时, B的效应最大; 复合使用时, A+B处理的效应最大。

此外, 2007年还调查了柱头单外露率和双外露率。结果表明, 不作外源物质处理的柱头双外露率为6.06%; 用外源物质, 单一使用A药剂的柱头双外露率提高4.21个百分点, B药剂提高3.51个百分点; 复合使用时, A+B处理提高8.44个百分点, ‘G46A’的柱头双外露率达到14.50% (表1)。

表1 不同处理对水稻不育系柱头外露率的影响

Table 1 Effects of different treatments on the rate of protrusive stigmas in sterile line of rice

处理	2006年		2007年		2006年和2007年2年平均		2007年	
	总外露率/%	比对照增加	总外露率/%	比对照增加	总外露率/%	比对照增加	双外露率/%	比对照增加
对照	30.57 ^{eE}	—	31.42 ^{dD}	—	31.00	—	6.06 ^{dD}	—
A	40.97 ^{bcBC}	10.40	42.49 ^{cB}	11.07	41.73	10.74	10.27 ^{bB}	4.21
B	42.59 ^{bB}	12.02	43.95 ^{bB}	12.53	43.27	12.28	9.57 ^{bBC}	3.51
C	33.88 ^{deDE}	3.31	32.68 ^{eD}	1.26	33.28	2.29	5.56 ^{dD}	-0.50
A+B	52.11 ^{aA}	21.54	53.40 ^{aA}	21.98	52.76	21.76	14.50 ^{aA}	8.44
A+C	36.66 ^{dCD}	6.09	38.27 ^{dC}	6.01	37.47	6.05	8.47 ^{cC}	2.41
B+C	37.60 ^{cdBCD}	7.03	37.43 ^{dC}	6.85	37.52	6.94	8.47 ^{cC}	2.41

差异显著性分析用Duncan's 检验法, 小写字母代表0.05显著水平, 大写字母代表0.01显著水平。

2年试验研究表明: 施用A、B、C三种药剂的不育系‘G46A’柱头外露率得到不同程度的提高, 效应最好的为A+B, 抽穗前15d用A药剂和抽穗前3d用B药剂叶面喷施, 可以提高21.76个百分点。

2 三种药剂对不育系异交结实率的影响

从表2可见: (1) 2006年结果表明, 外源物质单一使用时, B的效果最好, 不育系异交结实率提高7.09个百分点; 配合使用时, A+B>A+C>B+C, A+B使不育系异交结实率提高15.82个百分点。方差分析表明: B、A+B的影响效应达到极显著水平, 其中A+B的复合效应最突出, 其余处理差异不显著。

(2) 2007年的结果和2006年的一致。单一使用时, B>A>C, B和A为正效应, C为负效应, 其中B药剂处理的不育系异交结实率提高7.45个百分点; 配合使用时, A+B药剂处理的不育系异交结实率提高16.59个百分点。(3) 2年平均, A+B药剂处理的不育系异交结实率提高16.20个百分点。

3 三种药剂对F₁千粒重的影响

在2年的研究中, 虽然采用的恢复系不同, 千粒重有差异, 但同一种恢复系制种进行处理的影响未达到显著水平(表3)。

4 三种药剂对不育系制种产量的影响

从表4可见: (1) 2006年对照的F₁产量为

表2 不同处理对水稻不育系异交结实率的影响

Table 2 Effects of different treatments on outcrossing rate in sterile line of rice

处理	2006年		2007年		2006年和2007年2年平均	
	结实率/%	比对照增加	结实率/%	比对照增加	结实率/%	比对照增加
对照	20.93 ^{cC}	—	25.56 ^{deCD}	—	23.25	—
A	24.91 ^{bcBC}	3.98	32.57 ^{bcB}	7.01	28.74	5.49
B	28.03 ^{bb}	7.09	33.01 ^{bcB}	7.45	30.52	7.27
C	22.63 ^{bcC}	1.69	22.79 ^{ed}	-2.77	22.71	-0.54
A+B	36.75 ^{aa}	15.82	42.15 ^{bb}	16.59	39.45	16.20
A+C	24.31 ^{bcBC}	3.37	29.82 ^{cdBC}	4.26	27.07	3.82
B+C	24.09 ^{bcBC}	3.16	35.22 ^{aa}	9.66	29.66	6.41

差异显著性分析用 Duncan's 检验法, 小写字母代表 0.05 显著水平, 大写字母代表 0.01 显著水平。

表3 不同处理对水稻 F₁ 千粒重的影响Table 3 Effects of different treatments on 1 000-grain weight of F₁ of rice

处理	2006年		2007年		2006年和2007年2年平均	
	千粒重/g	比对照增加/g	千粒重/g	比对照增加/g	千粒重/g	比对照增加/g
对照	25.12 ^{aa}	—	28.51 ^{aa}	—	26.82	—
A	25.48 ^{aa}	0.36	28.64 ^{aa}	0.13	27.06	0.24
B	25.80 ^{aa}	0.68	28.13 ^{aa}	-0.38	26.97	0.15
C	25.57 ^{aa}	0.45	27.74 ^{aa}	-0.77	26.66	-0.16
A+B	25.44 ^{aa}	0.32	28.59 ^{aa}	0.08	27.02	0.20
A+C	25.03 ^{aa}	-0.08	28.77 ^{aa}	0.26	26.90	0.08
B+C	25.32 ^{aa}	0.21	28.61 ^{aa}	0.10	26.97	0.15

差异显著性分析用 Duncan's 检验法, 小写字母代表 0.05 显著水平, 大写字母代表 0.01 显著水平。

1 720.80 kg·hm⁻², 不同处理表现出不同的增产效应。单一使用时, A和B药剂处理的增产幅度接近, C药剂增产效应较小; 复合处理时, A+B增产245.40

kg·hm⁻², 增幅 14.26%, 方差分析达到极显著水平, 其余处理没有达到显著水平。(2) 2007年对照的 F₁ 产量为 2 247.30 kg·hm⁻²。不同处理表现出不同的

表4 不同处理对水稻制种产量(F₁)的影响Table 4 Effects of different treatments on the hybrid seed yield of F₁

处理	2006年		2007年		2006年和2007年2年平均		
	产量/kg·hm ⁻²	比对照增加/kg·hm ⁻²	产量/kg·hm ⁻²	比对照增加/kg·hm ⁻²	产量/kg·hm ⁻²	比对照增加/kg·hm ⁻²	比对照增加/%
对照	1 720.80 ^{bb}	—	2 247.30 ^{cdBC}	—	1 984.05	—	—
A	1 808.70 ^{baB}	87.90	2 604.75 ^{abAB}	357.45	2 206.80	222.68	11.22
B	1 814.70 ^{baB}	93.90	2 622.60 ^{abAB}	375.30	2 218.65	234.60	11.82
C	1 756.20 ^{bb}	35.40	2 068.50 ^{dC}	-178.80	1 912.35	-71.70	-3.61
A+B	1 966.20 ^{aa}	245.40	2 851.20 ^{aa}	603.90	2 408.70	424.65	21.40
A+C	1 774.35 ^{bb}	53.55	2 515.50 ^{bcABC}	268.20	2 145.00	160.88	8.11
B+C	1 749.75 ^{baB}	28.95	2 554.05 ^{abcAB}	306.75	2 151.90	167.85	8.46

差异显著性分析用 Duncan's 检验法, 小写字母代表 0.05 显著水平, 大写字母代表 0.01 显著水平。

增产效应。单一使用时, A和B药剂处理的增产幅度接近, C药剂为负效应; 复合处理时, $A+B>B+C>A+C$, 其中A+B增产 $603.90\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 增幅为26.87%, 达到极显著水平。(3) 2年的 F_1 产量算术平均, A+B处理对产量的影响效应最大, 增产 $424.65\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 增幅21.40%, 达到极显著水平。

综上所述, 2年研究表明: 使用外源物质(A、B、C)可以提高不育系的柱头外露率, 从而增加受粉机率, 达到提高结实率、增产的目的。采用A、B、C三种药剂对不育系进行处理, 单用时, $B>A>C$, B药剂效果最好; 配合使用时, $A+B>B+C>A+C$, 其中, A+B处理的连锁影响效应最大, 可以提高柱头外露率21.76个百分点, 其中使柱头双外露率提高8.44个百分点, 达到14.50%, 提高异交结实率16.20个百分点, 从而增产21.40%。

参考文献

- 李勤修, 刘表喜, 王玉兰(1981). 长药野生稻的研究及其利用. 四川农业科技, (6): 10~12
- 李振宇, 陈广红, 王志兴, 王绍林, 蒋宝山(2004). 近常异交水稻不育系目标性状研究. 垦殖与稻作, (3): 7~10
- 林建荣, 吴明国, 宋昕蔚(2006). 三系粳稻不育系开花习性与异交结实率的关系. 杂交水稻, (5): 69~72
- 刘文江, 姜心禄, 郑家国(2000). 花信灵对冈46A花期和花时的调节效果研究. 杂交水稻, (S1): 17~18
- 潘润森, 毛大梅, 陈志伟, 林荔辉, 官华忠, 吴建梅, 赵季志, 周元昌(2005). 杂交水稻三系不育系选育的实践与思考. 杂交水稻, (5): 6~9
- 冉红毅, 胡永友(1995). 浅谈杂交水稻制种高产技术措施的改进. 种子, (4): 57~58
- 田大成, 黄三奎, 段永国, 王友红(2004). 水稻不育系花时和受粉时间与异交结实率的关系. 杂交水稻, (3): 50~54
- 严升贵, 孙光谷, 岳登沛(1981). 杂交水稻夏制亩产突破二百斤的调查总结. 四川农业科技, (1): 9~14
- 张静, 陈国荣, 黄大军, 刘坤会, 谭学林(2005). 滇型杂交粳稻保持系与不育系柱头外露的遗传关系. 云南农业大学学报, 20(4): 459~461
- 曾晓春, 周燮(1999). 茉莉酸甲酯(MeJA)诱导水稻颖花开放. 植物学报, (5): 560~562