

外源 ABA 对杂交水稻制种 F₁ 穗芽的抑制效应*

王 熹¹ 陶龙兴¹ 黄效林¹ 俞美玉¹ 谭 红² 李志东²

(¹ 中国水稻研究所, 浙江杭州, 310006; ² 中国科学院成都生物研究所, 四川成都, 610041)

提 要 “穗芽”是我国发展杂交稻的技术难点之一, 至今尚无有效控制措施。据研究外源 ABA 对杂交水稻制种 F₁ 种子穗芽抑制效应显著。实验结果表明, 于齐穗后施用 ABA 抑制穗芽的作用有效浓度为 75 mg/L, 施用剂量(有效成分 a. i.) 为 0.38 mg/hill; 在本试验条件下, 外源 ABA 对杂交稻制种 F₁ 种子、不育系繁种种子以及常规稻种子均有抑制穗芽的作用。此外, 杂交水稻制种田为调花期与增穗使用外源 GA₃, 抽穗期间雨日多寡等影响外源 ABA 抑制穗芽的效果。外源 ABA 处理过的种子经贮藏, 未发现其种子活力下降。

关键词 杂交水稻; 制种; 穗芽; 外源脱落酸

Effects of Exogenous ABA on Panicle Sprouting of F₁ in Hybrid Rice Seed Production

WANG Xi¹ TAO Long-Xing¹ HUANG Xiao-Lin¹ YU Mei-Yu¹ TAN Hong²
LI Zhi-Dong²

(¹China National Rice Research Institute, Zhejiang Hangzhou, 310006; ²Chengdu Institute of Biochemistry, Academia Sinica, Chengdu Sichuan, 610041)

Abstract "Panicle sprouting" is one of the major problems in hybrid rice development, there is no an effective technique to solve the problem so far. It was demonstrated by our experiments that panicle sprouting could be effectively inhibited by timely application of exogenous ABA. The results showed that effective concentrations of ABA in this experiment is 75 ml/L and the dosage is 0.38 mg/hill. Exogenous ABA can inhibit panicle sprouting in hybrid rice F₁ seed and conventional rice seed production in this experiment condition. These factors as GA₃, precipitation during heading time in the seed production field will affect the ABA inhibiting efficiency. It was not found anything negative on F₁ germination rate in ABA treatment after a period of storage.

Key words Hybrid rice; Seed production; Panicle sprouting; Exogenous ABA

“穗芽”指禾谷类作物收获前因久雨不晴, 诱发谷粒在穗上发芽。我国杂交水稻制种田收获前常遇连日阴雨, 高温高湿, 穗芽严重, 甚者穗芽达 60%~90%, 穗上发芽见青, 芽谷长出 1~2 张叶片; 平常年景也常有 10%~30% 穗芽^[1], 而且未发芽的其它籽粒生活力下降。避免穗芽的措施, 首推调整播种期, 争取在无雨少雨时节成熟。但年际间气象因子变化不定, 人们对天雨穗芽防不胜防, 目前尚未见有效农艺措施控制穗芽的损失。70 年代以来人们对作

* 本研究属农业部八五重点项目(农八五 08-02-03-02)。
收稿日期: 1998-12-12

物生长发育的化学调控研究与应用日益广泛,其功能愈来愈为人们所认识与掌握^[2,3],杂交水稻种子穗芽的化学调控技术已有人作过研究,但尚有一些技术问题不易克服^[1,4,5]。

较多的实验证明,作物成熟过程中,尤其是灌浆最盛时段,谷粒中 ABA 含量最高,似表明内源 ABA 促进贮藏大分子物质的合成^[6],并使籽粒淀粉水解酶活性下降^[6,7]。外源 ABA 的效应研究表明,ABA 抑制收获后的稻、麦、豆等作物种子发芽^[7]。外源 ABA 能否在田间条件下,抑制尚未成熟的水稻籽粒的早萌?外源 ABA 对种子生活力又有什么影响呢?有关这一研究的报告尚不多见。本文旨在探索外源 ABA 对穗芽的抑制效应,以期寻求防止杂交水稻制种 F₁ 穗芽新技术。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料为籼型杂交新组合 I 优 2070F₁ (杂交稻制种田), EPMS21A (不育系繁种田), 以及较易发生穗芽的常规早籼稻种子 733 (提纯复壮)。

供试植物生长调节剂 (Plant Growth Substance, PGS), ABA (脱落酸) 为 90.8% (化学纯), 中国科学院成都生物研究所实验产品; 其它供试 PGS 有 S-07 (烯效唑) 及 GA₃ (赤霉素)。S-07 系江苏张家港联合化工厂产品, 5% 可湿性粉剂, GA₃ 为 85% 结晶体, 均为市售产品。本试验以评价 ABA 抑制穗芽效果为主, S-07 相伴试验以作对比。

1.2 试验设计

1.2.1 田间试验 田间试验分两种, 一种为设有重复小区, 称主试验, 小区面积 6 m × 6 m, 重复 4 次, 随机区组排列; 另一种为不设重复的小区试验, 称副试验, 面积 3 m × 4 m, 间比法排列。

1.2.2 网室盆栽试验 口径 30 cm 高度为 60 cm 的塑料桶中土培两丛水稻 (均为单本), 计 200 桶, 在 ABA 等处理前挑选生长较为一致的钵钵作为供试材料。各处理重复 4 盆。

1.2.3 PGS 喷施处理 按设计要求于不同时间 (齐穗后 7、14、21、28 d) 喷施 PGS 溶液。未涉及施用时间因素的试验, 喷药时间均在齐后 21 d (乳熟到黄熟期间); 各种 PGS 浓度因设计要求而异, 但是每丛药液用量均为 5 mL, 所有处理溶液 (包括对照用水) 均含 0.2% 展着剂。

1.3 考查内容

1.3.1 网室盆栽诱导穗芽 穗芽系指收获前谷粒在穗上发芽。为造成易发生穗芽的环境, 网室盆栽场用无纺布围绕 4 周, 顶层亦用质密无纺布, 无纺布可透光、透气、少透水, 构成一个能保温、保湿的小环境, 每日 (尤其是晴天) 每小时喷水 1 次, 以求网室湿度可维持 80% ~ 90%, 温度达 30℃。随试验需要设计雨日多寡, 所谓雨日连续喷水 6 h (上午 8~12 h、下午 1~4 h), 喷水量似倾盆大雨, 但以水滴不致击伤稻株为度, 喷水时, 稻穗及叶片均滴水。

1.3.2 田间试验诱导穗芽 按试验需要于田间选取每丛 10 穗左右的稻株, 每丛喷施 30 mL 水, 喷至穗、叶滴水 (似倾盆大雨) 后, 套无纺布袋, 7 天后考查其穗芽数, 每处理取 10 丛求平均数。据 9 月 4 日中午实测袋中温度达 35℃, 湿度约为 100%。

$$\text{穗芽率} = \frac{\text{每穗发芽粒数}}{\text{每穗总粒数}} \times 100\%$$

$$\text{抑制穗芽效率} = \frac{\text{对照穗芽率} - \text{处理穗芽率}}{\text{对照穗芽率}} \times 100\%$$

1.3.3 种子发芽率 选取刚收获的新鲜种子，或经贮藏一定时期的种子，浸种 36 h，于芽床 30℃ 条件下发芽，每 12 h 考查发芽数。

2 试验结果

2.1 ABA 对穗芽的抑制效应

在 I 优 2070 制种田中，于齐穗后 21 d 处理，评价 ABA 对 F₁ 穗芽抑制效果，相伴试验 S-07 以作对比。从图 1 可以看出：(1) 两种 PGS 都有程度不等的抑制穗芽的作用，且随设计浓度提高抑制穗芽效率增强；(2) 在本试验中，ABA 抑制穗芽的效应浓度(抑制穗芽 50%) 约为 30 mg/L，S-07 约为 600 mg/L；(3) ABA 抑制穗芽的有效浓度(抑制穗芽 80%) 约为 75 mg/L，S-07 > 800 mg/L。

据观察，上述二 PGS 施用于乳熟期(齐穗后 21 d)，并未引起稻株形态变化，仅见 S-07 施用后，稻株剑叶及其下两张功能叶保绿延衰，渐近成熟转色较好。

此外，我们将经上述 PGS 处理后的种子待收获时，立即脱粒，并取其饱满(黄色)籽粒浸种后置芽床观察种子发芽势。从表 1 我们可以看出的：(1) 经 ABA、S-07 处理的稻株的籽粒发芽的开始时间推迟；(2) 未经 PGS 处理的新种子 48~60 小时完成发芽，经 PGS 处理的新种子完成发芽的时间较长，在本试验条件下约为 72~106 h；(3) 未经 PGS 处理的对照种子发芽率可达 85% 左右，经 ABA/S-07 处理者发芽率与 CK 基本相同，也为 85% 左右。

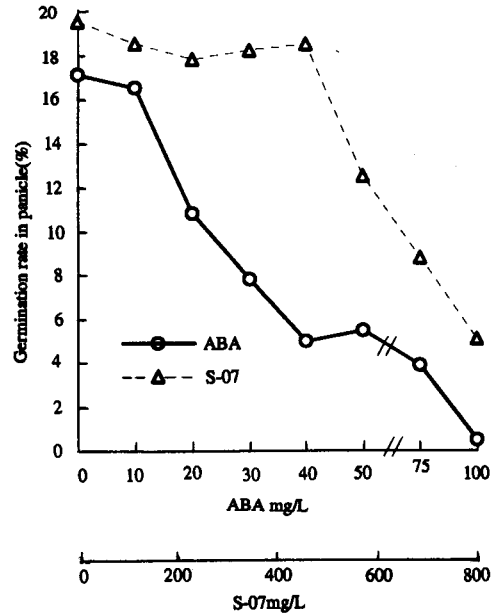


图 1 ABA/S-07 对水稻穗芽的抑制作用
Fig. 1 Inhibiting efficiency of ABA/S-07 on seed germinating on the panicle of hybrid rice F₁

表 1 ABA/S-07 对杂交水稻制种 F₁ 新种子发芽的影响

Table 1 The effect of ABA/S-07 on fresh seed germination of hybrid combination F₁

PGS 浓度 Concentration (mg/L)	发芽势 Germination energy (%)							
	12 h	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h	84 h	106 h
0	0	12.4	47.1	85.5	87.0	—	—	—
10	0	4.7	14.2	40.7	57.1	71.2	79.0	87.5
20	0	4.8	17.1	24.7	47.1	61.0	83.8	—
30	0	0	20.5	30.0	72.3	84.6	—	—
40	0	0	11.2	20.5	75.3	84.6	85.6	—
50	0	0	13.0	17.6	47.6	60.0	78.6	84.7
100	0	0	9.5	15.2	39.0	49.5	81.7	—
200	0	2.9	42.9	78.6	85.6	—	—	—
400	0	0	2.9	15.6	22.9	60.0	78.1	88.0
600	0	0	0	2.9	20.4	41.2	76.1	87.1
800	0	0	0	0	22.9	45.7	77.1	—

2.2 ABA 抑制穗芽效应的几个影响因素

2.2.1 不同浓度与不同施用时期影响 ABA 抑制穗芽效果。从试验结果(图 1)可以看出,①在本试验条件下,于齐穗后 21 d 施用 ABA 20 mg/L 穗芽抑制率可达到 35%,并有随浓度提高 ABA 抑制穗芽效果增强的趋势,在本试验条件下 30 mg/L 处理抑制穗芽的效率可达到 60%;② ABA 不同时期使用,其抑制穗芽的效果不同,似有愈迟用抑制穗芽效果愈佳的趋势。例如使用浓度 30 mg/L,齐穗后 7 d 施用 ABA 抑制穗芽效率约为 20%,齐穗后 14、21、28 d 施用,ABA 抑制穗芽效率分别约为 45%、60%和 75%(图 2)。

2.2.2 ABA 抑制杂交水稻制种 F_1 、不育系繁种及常规品种的效果有异。试验结果(图 3)表明:在本试验条件下,ABA 对易发生穗芽的常规品种 733,比对不育系繁种(EPMS21A)和杂交水稻制种 F_1 (I you2070)抑制穗芽效果更佳,例如在齐穗后 21 d 施用 20 mg/L ABA,对 733 的抑制穗芽效率约为 85%,对 EPMS21A 约为 70%,对 I you2070 约为 35%。应当指出,仅此一组合试验结果尚不足以说明 ABA 抑制穗芽的效果,是常规品种 > 不育系繁种 > 杂交水稻制种 F_1 。

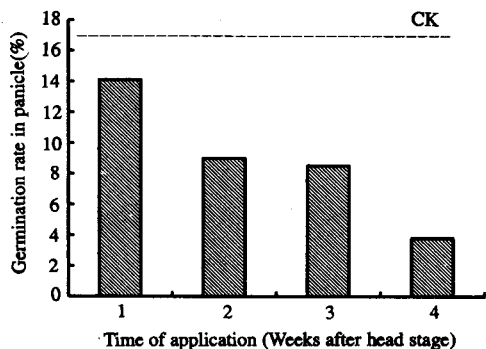


图 2 ABA 不同使用时期对杂交水稻穗芽的抑制
Fig. 2 Influence of different times of application on the sprouting inhibiting effect of ABA on the F_1 hybrid rice panicle

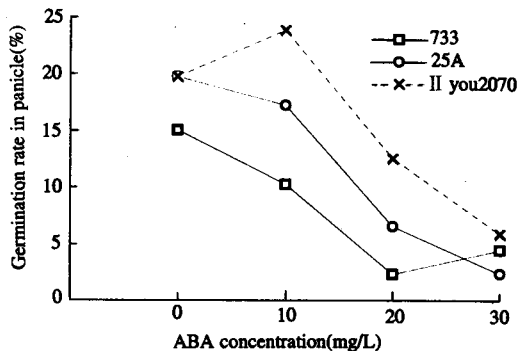


图 3 ABA 对不同类型水稻抑制穗芽的作用
Fig. 3 The effects of ABA in inhibiting seed germination on panicle with different kind rice plant

2.2.3 GA_3 对 ABA 的抑制穗芽效率的影响。在本试验中齐穗期施用 150 g/hm^2 的 GA_3 。从图 4,我们可以看到始穗期施用 GA_3 易诱发穗芽,穗芽率达 35%,要比未施用 GA_3 的增加近一倍;在使用 GA_3 基础上,齐穗后 21 d 分别施用 ABA 10、20、30 mg/L,可以看出:① ABA 可以抑制穗芽,并随提高浓度而增强抑制穗芽效率;② 始穗期是否使用 GA_3 对乳熟期施用 ABA 抑制穗芽效率影响较大,例如使用 ABA 30 mg/L,对未用 GA_3 处理的稻株抑制穗芽率为 85%左右,对施用 GA_3 处理稻株,其抑制穗芽率为 74%。

2.2.4 “雨日”多寡对 ABA 抑制穗芽效果的影响。在这组试验中所谓“雨日”即每日向稻株喷水处理天数。从图 5 看出“雨日”愈久,穗芽率愈高。在本试验条件下,连续“雨日”3~7 d,CK 稻株穗芽率尚不超过 20%,雨日 12 d 穗芽率超过 60%,于齐穗后 21 d 施用 ABA 30 mg/L 可取得较高的抑制穗芽的效果;但是,雨日过久,如 12 d 雨日有些强势粒不仅发芽,且生根长叶,即使施用 30 mg/L ABA,也无力降低穗芽。

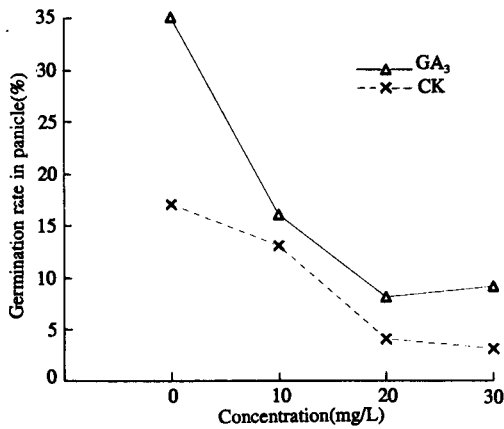


图 4 GA₃ 对 ABA 抑制杂交水稻制种 F₁ 穗芽作用的影响
Fig. 4 The effect of GA₃ on the sprouting inhibiting effect of ABA on F₁ of hybrid rice

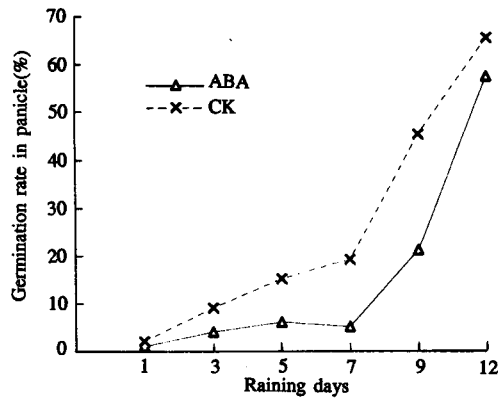


图 5 雨日对 ABA 抑制杂交水稻制种 F₁ 穗芽作用的影响
Fig. 5 Influence of artificial raining days on the sprouting inhibiting effect of ABA on F₁ of hybrid rice

2.3 ABA 处理的种子经贮藏后的发芽率的影响

ABA 于乳熟期处理, 黄熟期收获经贮藏后, 并不因 ABA 处理影响种子活力。正如表 1 所示刚收获的新种子, 因 ABA 处理发芽势降低, 但不影响发芽率。种子收获后晒干贮藏 3 个月、6 个月、9 个月, ABA 处理的种子发芽率亦未下降, 比之刚收获新种子发芽尚有提高(表 1、2)。并观察到以 ABA 处理的种子发芽势也未受影响。

表 2 ABA 对杂交水稻制种 F₁ 种子活力的影响

Table 2 The inhibiting effect of ABA on germinating potential of hybrid rice F₁

ABA 浓度 Concentration (mg/L)	收获后种子发芽率(%) Germination of seed after harvest		
	贮藏 3 个月 3 months	贮藏 6 个月 6 months	贮藏 9 个月 9 months
0	95.6	96.0	96.0
10	96.0	95.0	97.0
30	95.5	95.5	98.0
50	97.0	96.0	99.0
100	95.0	96.5	95.0

3 讨论

本研究旨在探讨外源 ABA 抑制水稻尤其是杂交水稻制种 F₁ 穗芽的生物效应, 并期待利用这种生物效应形成可以用于大田生产的“ABA 防治穗芽化控技术”, 这一技术能否成功取决于三个因素: (1) 外源 ABA 抑制穗芽的有效性与稳定性, (2) ABA 处理后种子经贮藏后的活力, (3) 经济效益与生态效益。首先, 本研究表明外源 ABA 抑制穗芽的生物效应高于植物生长延缓物质 S-07, 二者抑制穗芽效应浓度分别为 30 mg/L、600 mg/L, 按 PGS 评价惯例, 达 80% 抑制穗芽为作用有效浓度, ABA 约为 75 mg/hill、S-07 > 800 mg/hill, 这表明在本试验条件下, 外源 ABA 抑制穗芽的有效用量应为 0.38 mg/hill (每丛药液用量 5 ml); 关于 ABA 抑制穗芽的稳定性研究表明, 对不同类型的种子(杂交稻制种 F₁、不育系繁种、常规品种)均有效(图 3、表 3), 但受雨日多寡和始穗期使用 GA₃ 影响; 外源 ABA 抑制穗芽的作用因久雨(9~12 d)无效, 尚不达根治穗芽之效果。我们认为 ABA 抑制穗芽生物效应并非臻善尽美, 更不认为外源 ABA 抑制穗芽化控技术已经成功。有些技术问题需进一步研究。例如, 高浓度 ABA 对水稻结实是否具有负面影响, 我们尚无明确的试验结论。

表3 ABA/S-07 抑制水稻不同类型穗芽试用实例
Table 3 The experimental example of ABA/S-07 to inhibit seeds germination on panicle of different kind of rice plant

实例 Experimental example	面积 Example (m ²)	ABA 穗芽率 Panicle sprouting rate		S-07 穗芽率 Panicle sprouting rate	
		Treat. (%)	CK (%)	Treat. (%)	CK (%)
1、制种 Seed production I you2070	200	5.8	19.6	10.6	19.6
2、繁种 Asline multiplication EPMS 21A	50	5.5	17.7	10.9	17.7
3、常规稻 Conventional rice 733	10	2.8	17.5		

其次,根据我们研究,外源 ABA 处理种子,贮藏后其活力没有下降(表 2)。

此外,该项技术措施的经济效益与生态效益不仅取决于应用技巧,选择最有

效用、时期与方法等,还要考虑其对生态环境的影响,有些 PGS 抑制“穗芽”有效,例如 MH,但 MH 有致癌之拟^[4],虽价格不高,尚不宜大面积使用;ABA 系植物内源激素,数以克计外源 ABA 用于大田作物,依我们的知识,不致污染环境。中国科学院成都生物研究所 ABA 生物制剂研究成功,使大田生产应用 ABA 有了可能,当然,尚需设计更有效的技术参数,降低技术成本。

60 年代 ABA 问世以来,研究内容十分广泛^[8],不少研究者注意 ABA 与种子(果实)成熟、休眠、发芽等生命现象关系的研究,但关于 ABA 抑制穗芽的研究尚不多。本文所研究的生命现象比较特殊,可以认为物质代谢的合成与分解均活跃。内源 ABA—内源 GA 是如何调节这两个相对立的过程,外源 ABA 通过何种生理途径抑制穗芽?这是继完善技术研究之后,必须进一步探讨的生理问题。

参 考 文 献

- 1 黄四齐,熊星南,何慕文等. 杂交水稻, 1995, (6): 17~20
- 2 王 熹,俞美玉,陶龙兴等. 植物学报, 1997, 39(7): 629~633
- 3 王 熹,高成伟,陶龙兴等. 作物学报, 1990, 16(1): 91~96
- 4 王玉元. 植物生理学通讯, 1989, (6): 7~13
- 5 段宪明,樊龙江,厉为民等. 浙江农业大学学报, 1991, 17(3): 331~332
- 6 Nakaxina Y M, N Inoue, Saka. M. Havashi. *Crop Science Society of Japan*, 1993, 115: 19~20
- 7 Takahashi S, Y Nakajma, K Iton. *Crop Science Society of Japan*, 1992, 113: 3~4
- 8 Wareing P F, G Gyback. 脱落酸——一种植物中新发现的生长物质, 植物生理生化译丛, 北京: 科学出版社, 1974, 1: 91~98
- 9 陶加玲,郑立华. 种子活力, 1991, 北京: 科学出版社
- 10 Jeffrey R Schussler, Mark L Brenner, William A Bran. *Plant Physiol*, 1984, 76: 301~306
- 11 Seshu D, M Dadlani, *Seed Science Research*, 1991, 1(3): 187~194