

植物生长调节物质诱导栽培作物雄性不育的效果*

王永锐

一、引言

植物生长调节物质应用于诱导栽培作物雄性不育的研究,是基于两个作物亲本杂交的杂种第一代,具有早熟、高产和抗逆性强等优良性状(即杂种优势)这个原理而被提出的。通过植物生长调节物质诱导作物雄性不育以后,选择具有高产性能的作物亲本与其杂交,所获得的杂种第一代的优良性状可以提高栽培作物的单位面积产量。它与“三系”(雄性不育系、雄性不育保持系、雄性不育恢复系)的研究是利用杂种优势提高作物产量的同一途径中的两个不同方法,也是杂交育种上的一项技术革新。雄性不育类型及其“三系”的研究,在农业生产和遗传学理论上具有重要意义,植物生长调节物质诱导雄性不育,对于培育新品种和提高栽培作物产量,同样具有重要的实践意义和理论意义。

植物生长调节物质诱导栽培作物雄性不育的研究,至今仅有二十多年的历史。我国自从无产阶级文化大革命以来,在这方面开展了生气勃勃的革命群众运动,对水稻、小麦、高粱、玉米、棉花、蔬菜等作物做了大量试验工作。据报导,国内外都取得了相当良好的成效,特别是棉花诱导其雄性不育,杂种第一代比亲本增产25.5%^[20];番茄杂交第一代产量比亲本增加高达200%,亩产10120斤^[3]。因此,重视这一增产新途径的深入研究是非常必要的。

本文综述内容所包括的作物有:粮食作物,大麦、小麦、玉米、水稻;棉麻作物,棉花、亚麻、洋麻;油料作物,花生、芝麻、向日葵;蔬菜作物,番茄、黄瓜和南瓜;烟草和甜菜。目前用于诱导这些作物雄性不育的生长调节物质有:Ⅰ.植物生长抑制剂,如马来酰肼(又名青鲜素、MH,化学名称为顺丁烯二酸联氨,化学式为 $C_4H_4O_2N_2$)、WF-450(或称232,化学名称为2,3-二氯異丁酸钠,化学式为 $ClCH_2(Me)(Cl)CO_2Na$)、三碘苯甲酸(TIBA);Ⅱ.植物生长刺激素,2,4-D、萘乙酸、吲哚乙酸;Ⅲ.赤霉素;Ⅳ.乙烯利(化学名称为2-氯乙基磷酸,化学式为 $ClCH_2CH_2PO(OH)_2$)。

* 1974.8.25接稿,

二、诱导雄性不育的效果

各种作物对植物生长调节物质的反应不同,诱导雄性不育的效果也不一致。

(一) 粮食作物

1. 小麦

小麦在孕穗前期或孕穗期用1000—2000ppm的乙烯利喷雾,可诱导雄性完全不育,但同时出现雌蕊高度不育。随着小麦发育的成熟提高,用乙烯利处理的雄性不育率可达100%,而子房、花柱、柱头并不受影响,只是在高浓度(2500ppm)时才使幼穗原始体及植株矮化^[23,24]。乙烯利在小麦苗期13、16及21天至花药形成期喷雾也可以诱导雄性不育,到了发育临界期使用,虽诱导雄性不育,但却不产生正常花药,花粉母细胞在减数分裂初期死亡^[6]。

2. 大麦

大麦抽穗期用100ppm的三碘苯甲酸喷雾,或三碘苯甲酸与500ppm的赤霉素钾盐混合使用,都能获得雄性高度不育。用50ppm的吡啶乙酸、20ppm的萘乙酸与赤霉素(500ppm)在抽穗期混合使用,也能产生雄性高度不育^[14]。用5000ppm的赤霉素钾盐在冬大麦(未经春化或冷处理)花药分化期使用一次,便能有效地诱导雄性高度不育,不育率达90.3%;在花药分化后5天使用,不育率仅30%;在花药分化后10天使用,不育率仅15%。在抽穗期喷施赤霉素(500ppm)、萘乙酸(20ppm)、吡啶乙酸(50ppm)和三碘苯甲酸(100ppm)混合液也能使冬大麦雄性高度不育。但赤霉素钾盐不能诱导在春天或经春化的冬大麦雄性不育,因此,在冬大麦杂交和杂种种子的生产上,只限于冬性类型、且没有经过春化冷处理的植株^[14]。

50及250μgm的赤霉素于大麦发芽后第8天开始处理,直至九周,可获得雄性高度不育^[10]。

3. 玉米

近年来报导诱导玉米雄性不育的植物生长调节物质有青鲜素(MH)、FW-450和赤霉素三种。用600ppm的青鲜素在幼穗发育临界期处理甜玉米使产生不育花穗和有花丝的粗短的穗,用对照植株的花粉撒在这些小穗上能产生正常种子^[25]。0.025%的青鲜素在小孢子形成期诱导玉米雄性花序不育,但浓度0.05%则使雄花序不能抽出叶鞘,也不能产生花丝^[4]。

1965年苏联报导用0.5—0.75%的FW-450诱导玉米雄性不育的有效期,是在小孢子形成的最初阶段(花穗长2—4厘米),发育早期处理效果甚微。

高浓度的赤霉素(500—1000ppm)在未成熟的雄性花序长约一英寸时喷雾,诱导玉米雄性不育的效果最好,不育花序能形成花器官,但不形成雄蕊(包括花粉和花粉囊)。1000ppm的赤霉素可诱导迟开花的玉米品系雄性不育达100%,但对

早开花的玉米品系的不育率仅达87%^[18]。

4. 水稻

水稻育种研究利用植物生长调节物质诱导雄性不育的报导尚少。近几年来,我国各地特别是种植双季稻的南方数省,组织起研究协作组,开展了广泛的群众运动,利用稻脚青、氟乙酰胺、田安、乙烯利、赤霉素等药剂进行诱导水稻雄性不育的试验。据报导^[1],1%的稻脚青和0.5%的氟乙酰胺在花粉母细胞减数分裂期喷雾,可诱导水稻品种“广二安”和“珍珠矮”雄性高度不育,2%的稻脚青和0.5%的氟乙酰胺能使“科六”雄性高度不育,但1%的氟乙酰胺对水稻植株有伤害作用,使水稻穗短粒少粒细。萘乙酸(50—200ppm)和2,4-D(0.1—2.5%)不能诱导水稻雄性不育。

(二) 棉麻作物

我国河北省师范大学遗传育种教研组^[2]报导,用0.4%(对陆地棉品种徐州1214)和0.6%(对海岛棉C—6022)的FW—450和0.4%的2,2—二氯丙酸钠($\text{CH}_3\text{CCl}_2\text{COONa}$)(对上述两个品种)在现蕾后进行喷雾,每隔10天一次,共喷三次,诱导棉花雄性不育的效果较好,辅助授粉后结铃率高。用0.2%的青鲜素+0.2%的FW—450处理后虽有诱导雄性不育的效果,但对雌蕊也有杀伤作用,辅助授粉后结铃率很低^[2]。

国外曾报导用1.5%(或每英亩用1.02磅)的FW—450于棉花第一朵花出现前一周喷雾,可诱导棉花品种“埃布”、“阿萨”及“皮马”雄性不育,认为FW—450作为选择棉花雄性配子及作为生产棉花杂种种子具有实际的可能性。但高浓度的FW—450则能使雄性和雌性两者同时不育^[10,21]

FW—450浓度在 $\geq 0.5\%$ 能诱导亚麻花粉完全不育^[8]。

0.01—0.05%的2,4—二氯苯氧基丁酸(商品名为“埃巴托克”)可以诱导洋麻雄性部分不育^[8]。

(三) 油料作物

100ppm的青鲜素能诱导花生早期花减少及花粉能育性降低80%,600ppm的青鲜素可以诱导向日葵花芽发育不完全^[6,25]。

用FW—450喷雾三次,能诱导芝麻雄性完全不育,而青鲜素及达拉明仅诱导芝麻雄性部分不育^[7]。

(四) 蔬菜作物

1. 番茄

0.15—0.6%的FW—450在番茄花药形成期喷雾可以诱导番茄雄性不育,处理后21—35天之间使植株不能座果结实,处理后37天花粉发育正常^[15]。

用50ppm的2,4-D对番茄在8周内也能诱导它的雄性完全不育和雌性高度不育^[22]。

2. 黄瓜及南瓜

250或300ppm的青鲜素于黄瓜和南瓜第一片真叶充分展开时浸润植株或喷雾于植株,随后于第4—5片真叶充分展开时处理第二次,在正常栽培管理下产生正常数量的雌花,而没有产生雄花,雌花受精后能产生大量的有生活力的种子^[26]。

25ppm的三碘苯甲酸或100ppm的萘乙酸喷雾于三片真叶的黄瓜幼苗,能改变黄瓜品种“本地皮克材”的雄花与雌花比例由原来的23:1降低为8:1,而黄瓜品种“伯比杂交”的雄雌花比例由原来的14:1降低为2:1^[26]。

100ppm的萘乙酸喷雾于一片真叶的南瓜品种“桌绿”幼苗,同样能使雄花和雌花由原来1.47:1降低为0.4:1,还偶然出现没有雄花的植株。若于10天后(4—5片真叶)喷第二次,使雄花迟出现,且没有雌花产生。使雄花不开花时间共约8天^[26]。

近几年来,国内正在大力开展试用乙烯利改变黄瓜雌雄花比例,且获得良好成果。

改变瓜类作物雌雄性比的目的,在于减少雄花消耗植株体内的营养物质和增加雌性花的结实率,还可以通过选择高产品种与其杂交,利用杂种第一代的杂种优势提高黄瓜产量。

(五) 烟草和甜菜

1. 烟草

用0.1%的FW—450在烟草主茎花芽分化时喷雾,能诱导烟草雄性完全不育,而又不会引起雌蕊不育,如若增加至三次,雄性不育期可延长至24天,可为生产杂种种籽获得充分时机,这是一种诱导烟草雄性不育最有效力的药剂。但青鲜素(0.05%)只能诱导烟草花粉不育80%,同时还出现雌性高度不育,子房无胚珠。2,4-D在高浓度(0.1—0.5%)喷雾两次使植株致死,低浓度(0.05%)抑制植株生长,诱导花粉不育率仅达55—67%^[16]。由此可见,青鲜素及2,4-D不宜作为诱导烟草雄性不育的药剂。

2. 甜菜

FW—450可以诱导甜菜雄性高度不育,在没有异种花粉授粉时,种子产量和质量大大下降,但可以提高三倍体的百分数^[12,13,17]。

乙烯利和雌酮(三烯酚)也能诱导甜菜雄性高度不育^[13]。

三、诱导雄性不育的机制

植物生长调节物质诱导栽培作物雄性不育机制的研究状况,国内外很少报导。现就目前的研究结果概述如下。

1. 细胞学方面 根据用2000ppm的乙烯利在小麦花药分化期喷雾和500ppm的赤霉素诱导冬大麦雄性不育的研究结果表明,引起雄性不育细胞形态结构的变化,主要表现在植物激素扰乱花粉发育的核分化^[6],和通过小孢子发生阶段或花粉成熟早期阶段的核丧失,花粉粒明显无核^[14]。而用电离辐射和化学药剂(主要是生物碱)诱导大麦不育的类型有下列几种:(1)易位;(2)倒位;(3)杂合植株的种子75%败育而引起致死;(4)杂合植株种子或配子50%败育致死;(5)杂合植株有明显不育而引起能育性倒退^[11]。

2. 生理生化方面 从棉花、玉米和水稻被诱导不育植株的生理生化分析和放射性同位素试验结果可以看出:(1)光合强度下降^[2];(2)可溶性糖和淀粉含量减少^[1,2];(3)磷化合物含量降低,特别是酸性有机磷含量明显降低^[1]。而花粉和幼穗的化学组成成分大部分是碳水化合物和磷化合物,如核酸等物质。因此,这两种化合物含量减少,代谢水平下降,可以认为是引起栽培作物雄性不育的重要原因。(4)酶的活性发生明显变化,根据苏联方面报导,用FW-450诱导玉米不育的生物化学分析结果是不育株的过氧化物酶和多酚氧化酶活力提高,抗坏血酸氧化酶活力降低,而淀粉酶活力比正常植株低五倍;(5)叶片含氮量增加^[1,2]。

可见植物生长调节物质诱导植物雄性不育,并不是一个简单地对雄性花的杀伤作用,而是通过性细胞形态结构上的变化和生理生化上代谢物质的变化起诱导不育作用的。

应用植物生长调节物质诱导栽培作物雄性不育,对于培育新品种和繁育大量的杂种后代,借助杂种第一代的杂种优势提高栽培作物的单位面积产量,是一条有效的增产途径。国内外在棉花生产上已做出先例,国外报导棉花杂种第一代产量比亲本增产25.5%,国内的试验结果证明,经诱导后的杂种棉花的衣分相对提高,单铃种子数减少,种子饱满,籽指重量提高,对保证播种后的全苗和壮苗很有好处^[2]。番茄和黄瓜的杂种后代的增产效果都很明显。对于粮食作物和油料作物的杂种一代的增产效果正在试验之中,预期可获成效。

诱导不育之后,在选择配对亲本以获得杂种后代具有杂种优势,和在调节配对亲本的花期相遇方面,还有许多问题尚待解决。我们认为,今后应该在下列几个方面多做工作:

1.通过大量试验,选择高效低毒或无毒的不育剂,由于各种不育剂对栽培作物具有专一性的作用,必须对每个栽培作物逐一的试验,各个解决。

2.化工和化学研究部门应大力支持和生产已有肯定效果的不育剂,如目前国内外公认的FW-450是诱导棉花、烟草等作物雄性不育最有效的药剂,等等。

3.诱导不育过程的作用机理,即诱导不育株的细胞形态结构变化和生理生化变化应作进一步的深入的研究,才能使这个新兴的研究课题具有生命力,使它得到顺利而又稳步的发展。

参 考 文 献

- (1) 几种化学药剂诱导水稻雄性不育的效果及其一些生理生化效应, (本期学报)
- (2) 河北师范大学生物系遗传育种教研组, 1974. 化学诱导棉花雄性不育效果的初步研究, 遗传学通讯, 1:20-26.
- (3) 浙江省农业科学院园艺研究所, 1974. 杂种番茄高产万斤. 植物学杂志, 1(2):23-25.
- (4) Aubrey, W. N. and E. A. Davis, 1950. Maleic hydrazide as a plant growth inhibitor. Bot. Gaz. 112(1): 112-126.
- (5) Barbs, D. J. 1971. Flowering and pollen sterility responses of peanut plant to foliar application of maleic hydrazide. Proc. Okla. Acad. Sci. 51: 44-46.
- (6) Bennett, M. D. and W. G. Hugles, 1972. Additional mitosis in wheat pollen induced by ethrel. Nature (London). 240(5383): 566-568.
- (7) Chauhan, S. V. and S. P. Singh, 1971. Induction of male sterility in sesame (*Sesamum indicum*), Indian. J. Agr. Sci. 41(9): 725-729.
- (8) Dabey, D. K. and S. S. Pel, 1969. Chemical induction of male sterility in linseed (*Linum usitatissimum*) Indian J. Agr. Sci. 39(2): 200-206.
- (9) Dubey, R. S. 1972. Embtox (2, 4-dichlorophenoxybutyric acid), a new phyto-gametocid, Curv. Sci. 41(8): 297-298.
- (10) Eaton, F. M. 1957. Selective gametocide opens way to hybrid cotton. Science, 126: 1174-1175.
- (11) Ehberg, I. 1969. Defferent types of sterility induced in barley by ionizing radiations and chemical mutagene. Hereditas. 93 (1-2): 257-278.
- (12) Fuerste, K. 1964. Induction of male sterility in sugar beets through application of sodium 2,3-dichloroisobutyrate. Z. pflanzenzuecht (Ger.), 51: 335-346. (Chem. Abst. 1966, vol. 64, 3928a).
- (13) Heeker. R. J. , Bilgn, T. , Bhetnagar, P. S. and G. A. Smith, 1972. Tests for chemical induction of male sterility in sugar beet. Can. J. Plant Sci. 52 (6): 937-940.
- (14) James, N. I. and S. Lund, 1965. Induction of male sterility in barley (*Hordeum vulgare* L. Emend. Lam.) with potassium gibberellate and other plant growth regulators. Agron. Jour. 57(3): 269-272.
- (15) John, F. M. 1959. male sterility induced in tomato by sodium 2,3-dichloroisobutyrate. Science, 129: 1738-1740.
- (16) Jos, J. S. and S. P. Singh, 1967. Chemical induction of male sterility in tobacco. Indian J. Agr. Sci. 37(6): 504-510.
- (17) Magasey, L. , Varga, A. and F. Ferenc, 1968. Induction of male sterility in sugar beet by the use of sodium 2,3-dichloroisobutyrate. Novenytermeles. 17(4): 337-350. (Chem. Abst. 1969, Vol. 71, 27930t)

- (18) Nelsom, P. M. and E. C. Rossman, 1958. Chemical induction of male sterility in induced maize by use of gibberellins. *Science*, 127 : 1500-1501.
- (19) Paleg, L. and A. Donald, 1958. Induction of the development of barley spike by gibberellic acid. *Nature*. 181 : 1743-1744.
- (20) Peebles, R. H. 1956. *Amer. Bee. J.* 96 : 51.
- (21) Pate, J. B. and E. N. Dancan, 1960. Evaluation of sodium 2, 3-dichloroisobutyrate as a selective male gametocide in cotton. *Agron. Jour.* 52(9) : 506-508.
- (22) Rehm, S. 1952. Male-sterile plant by chemical treatment. *Nature*, (Lond.) 170 : 38-39.
- (23) Rowell, P. L. and D. G. Miller, 1971. Induction of male sterility in wheat with 2-chloroethylphosphonic acid (Ethrel). *Crop. Sci.* 11(5) : 629-631.
- (24) Rowell, P. L. 1972: Effect of 2-chloroethylphosphonic acid (ethrel) on male sterility, female sterility, and anther and pollen development in wheat (*Triticum aestivum*). Arail. Univ. Microfilms. Ann. Arbor. Mich., Order no. 72-18, 486, (Chem. Abst. 1973, vol. 79, 14304 v).
- (25) Rufus, H. M. 1950. Several effect of maleic hydrazide on plant. *Science*, 112 : 52-53.
- (26) Wittwer, S. H. and I. G. Hillyer, 1954. Chemical induction of male sterility Cucurbits. *Science*, 120 : 893-894.

EFFICACY OF INDUCING MALE STERILITY IN CROPS BY PLANT GROWTH REGULATORS

Wang Yung-rui

(Department of Biology)

Abstract

The efficacy of inducing male sterility in several crops by plant growth regulators in homeland and in foreign countries were reviewed, the opinions for future utilization in homeland were also written.