

张凯, 乔新荣. 化学杀雄剂2号诱导水稻雄性不育花药的内源激素变化特性[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(8): 95-97.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.08.025

化学杀雄剂2号诱导水稻雄性不育花药的内源激素变化特性

张凯, 乔新荣

(信阳农林学院, 河南信阳 464000)

摘要:通过测定花药不同发育时期的花蕾内源激素含量变化,以评价化学杀雄剂2号对水稻育性的影响。结果表明:经化学杀雄剂处理后,不同发育时期的花药 IAA、GA₃ 含量显著降低,而 ABA 含量则显著上升;随着花药的发育,处理组中的 IAA、GA₃ 含量整体上逐渐降低,而 ABA 含量在四分体时期最高,在单胞期又恢复到花粉母细胞时期的水平。综合分析表明,花药 IAA 和 GA₃ 含量的降低及 ABA 含量的上升是化学杀雄剂2号诱导水稻雄性不育的主要原因。研究结果可为揭示化学杀雄剂诱导植物雄性不育机理提供理论依据。

关键词:化学杀雄剂;水稻;雄性不育;内源激素;花药

中图分类号: S511.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)08-0095-02

杂交水稻的培育和应用对我国水稻产量的提升作出了巨大的贡献,创造了享誉世界的神话。传统的三系法杂交育种程序繁琐、周期长、效率低下,而且成本较高。通过可育系与不育系杂交育种,以获得具有显著杂种优势的杂交新品种,可极大地缩短育种年限。杂种优势的利用,被认为是提升农作物产量和价值的重要技术^[1-2]。而雄性不育系的获得是杂种优势利用的关键之一。因此,开发利用雄性不育亲本是确保母本异型杂交和大规模获得 F₁ 代杂交种子的重要途径。

研究发现,化学杀雄剂2号对水稻的杀雄效果较好,特别是在叶枕距7~12 cm时杀雄率最高,为杀雄最佳时期^[3]。前人对化学杀雄剂诱导水稻雄性不育的细胞学和生理基础进行了广泛的研究^[4-6],但未见对水稻花蕾不同发育时期内源激素变化的系统报道。本研究通过测定杀雄剂2号处理后,水稻花药发育6个时期的 IAA、GA、ABA 含量,以进一步研究分析化学杀雄剂诱导水稻雄性不育的生理基础。

1 材料与与方法

1.1 材料与试剂

材料为适合豫南地区种植的粳稻品种水晶3号。供试化学杀雄剂2号为中国科学院广州化学研究所提供,供试浓度为0.05%。

1.2 处理方法

试验于2013年5—10月初在大田进行,株行距采用0.1 m×0.5 m,每个处理种植4行,每行12株,各3次重复。在水稻叶枕距达到7~12 cm时,按最佳单株用药量为10~11 mL/株,采用小型手动喷雾器均匀喷施于水稻叶片表面,对照喷清水。分别收集造孢细胞增殖期(花粉母细胞期)、四

分体时期(减数分裂期)、单胞期、2胞期、3胞期及成熟期的花药,保存于-80℃,备用。

吲哚乙酸(IAA)含量(FW)测定,参照文献[7]方法测定。

1.3 赤霉素(GA₃)含量(FW)测定

参照文献[7]的方法测定。

1.4 脱落酸(ABA)提取与含量(FW)测定

ABA的提取参照 Aharoni 等的方法^[8],含量测定则按照 ABA ELISA 定量试剂盒(Agrisera, Sweden)步骤进行。

2 结果与分析

2.1 IAA含量的动态变化

由表1可以看出,IAA含量在对照和处理组中、花药不同发育时期的变化趋势是一致的,均在四分体时期含量最高,然后下降,且对照组花药中的 IAA 含量在各时期均显著高于杀雄剂2号处理后的水稻花药。其中在四分体时期的 IAA 含量为16.58 ng/g,说明这个时期花药发育需要大量的 IAA,因为它能促进花粉母细胞减数分裂期物质的代谢,以供应其所需的底物和能量。化学杀雄处理以后,IAA含量降到很低水平,只有7.87 ng/g,说明化学杀雄剂影响了水稻花药 IAA 的代谢合成。

表1 化学杀雄剂处理和对照水稻花药中不同发育时期 IAA 含量

生育时期	IAA 含量 (ng/g)	
	对照	处理
造孢细胞增殖期	14.63 ± 0.87a	6.49 ± 0.37b
四分体时期	16.58 ± 0.64a	7.87 ± 0.53b
单胞期	15.89 ± 0.45a	6.70 ± 0.24b
2胞期	14.26 ± 0.52a	6.53 ± 0.18b
3胞期	11.42 ± 0.56a	5.27 ± 0.22b
成熟期	7.85 ± 0.33a	4.34 ± 0.17b

注:表中数据为“平均值±标准差”,采用 one-way ANOVA 对每组数据进行方差分析。同行数据后不同小写字母表示 α=0.05 水平的差异显著性。下表同。

收稿日期:2015-07-02

基金项目:2014年河南省重点科技攻关计划(编号:142102110031)。

作者简介:张凯(1975—),男,河南信阳人,硕士,副教授,主要从事作物遗传育种和栽培的研究。E-mail: xynlxzyk@163.com。

2.2 GA₃ 含量在花药中的动态变化

从表2可看出,GA₃含量在正常水稻花药中,变化趋势也呈先升后降,而化学杀雄剂处理的花药中,则呈下降的趋势。在造孢细胞增殖期,对照和处理中的GA₃含量差异不显著;但随着花药发育的进行,处理中GA₃含量的下降速度大于正常花药,且含量远远低于对照水平。

表2 化学杀雄剂处理和对照水稻花药中不同发育时期GA₃含量

生育时期	GA ₃ 含量(ng/g)	
	对照	处理
造孢细胞增殖期	10.55 ± 0.67a	9.89 ± 0.48a
四分体时期	14.86 ± 0.74a	6.87 ± 0.53b
单胞期	10.64 ± 0.53a	5.49 ± 0.26b
2胞期	10.37 ± 0.42a	4.31 ± 0.21b
3胞期	9.54 ± 0.62a	3.07 ± 0.19b
成熟期	6.59 ± 0.25a	2.17 ± 0.18b

2.3 水稻花药 ABA 含量的动态变化

由表3可见,在整个花药发育过程中,ABA的含量均呈上升趋势,但是处理组的含量始终高于对照组。化学杀雄剂处理的水稻花药中,在四分体时期的ABA含量最高,是对照的3.74倍。

表3 化学杀雄剂处理和对照水稻花药中不同发育时期ABA含量

生育时期	ABA含量(ng/g)	
	对照	处理
造孢细胞增殖期	16.18 ± 1.50b	30.41 ± 2.28a
四分体时期	18.87 ± 1.05b	70.59 ± 3.73a
单胞期	23.70 ± 1.23b	38.89 ± 1.45a
2胞期	26.86 ± 1.18b	44.74 ± 2.61a
3胞期	35.31 ± 1.37b	50.42 ± 2.89a
成熟期	44.34 ± 1.78b	62.78 ± 3.33a

3 讨论

化学杀雄剂2号是由中国科学院广州化学研究所研制的一种可高效诱导水稻雄性不育的化学杂交剂。在影响化学杀雄剂杀雄效果的因素中,处理浓度和喷药时期是2个最关键的因素。研究发现,化学杀雄剂2号的最好处理浓度为0.05%,最佳处理时期为叶枕距7~12cm时^[3,9]。本研究所采用的处理浓度和时期,均参考最佳处理浓度和时间。

植物的生长发育、物质能量代谢、抗逆境胁迫等均离不开内源激素的调控作用。大量研究表明,农作物(如小麦、水稻、棉花等)雄性不育与其内源激素的失调紧密相关^[10-12]。因此,研究化学杂交剂处理后不同发育时期的水稻花药内源激素的动态变化水平,对揭示化学杀雄剂诱导水稻雄性不育机理,具有十分重要的意义。

IAA是植物组织和器官的养分输入库,调节营养物质的分配^[13]。本研究发现,对照花药中的IAA水平显著高于化学杀雄剂处理后的花药,在四分体时期IAA含量最高,与解海岩等关于雄性不育棉花花药的研究结果一致^[12]。花粉母细胞物质代谢在这个时期最旺盛,需要足够的IAA才能满足物质代谢所需的底物和能量。但是,化学杀雄剂处理后,导致水稻花药IAA水平下降,维管束发育异常,水分和养分的正常

分配遭破坏,引起花粉母细胞营养底物和能量供应的不足,最终导致花粉败育^[14]。在研究化学杂交剂GENESIS诱导的小麦雄性不育过程中发现,可育系中的IAA含量在单核期、2核期和3核期均显著低于不育系,但随着药物处理剂量的增加而升高^[15]。在茄子的功能性雄性不育研究中,也发现了不育系花药IAA含量高于可育系^[16]。同时,Homer等研究表明,高水平的IAA累积表达可诱导乙烯的代谢产生,从而导致植物的雄性不育^[17]。总而言之,花药IAA水平的失衡,是引起植物雄性不育的原因之一。

GA₃可增强植物细胞壁的伸展性,对细胞的长度和体积具有促进作用,与花药正常发育和花粉成熟紧密相关^[13]。在棉花不育系花药中,绒毡层细胞和花粉母细胞较可育系小很多,只有其30%~50%^[18];在油菜可育系品种中,也观察到了比不育系大的花器官^[19]。本研究结果显示,处理组水稻花药GA₃含量显著低于对照组,表明GA₃含量的降低,可能是导致花粉败育的因子之一。

ABA是植物体内的一种生长抑制剂,可通过抑制细胞分裂和伸长而抑制细胞的生长,从而促进细胞的衰老^[13]。大量研究表明,花药中ABA含量高低与花粉的育性具有重要相关性,且可育品种的ABA水平显著低于不育系^[12,19-21]。本研究也发现,化学杀雄剂2号处理后的水稻花药ABA含量显著高于未处理的水稻花药。可以推测,化学杀雄剂2号处理水稻以后,ABA在花药中的累积,促进花粉母细胞的衰老和死亡,最终形成败育的花粉,导致雄性不育。

关于植物激素调控与雄性不育关系的研究报道已经比较多,但是具体的机制仍不是特别清晰。许多研究认为,激素可直接诱导植物雄性不育^[14,16]。但是许多最新的研究发现,植物内源激素可作为信号分子,调控体内基因的表达^[22-23]。因此,可能还存在基因内源激素调控育性基因表达的间接机制,但是需要进一步的深入研究。

可以认为,植物内源激素在正常发育条件下处于一个比较均衡的水平,化学杀雄剂2号处理水稻后,打破了水稻花药内源激素的平衡状态,引起IAA和GA₃含量的降低,而ABA含量上升,最终导致水稻育性的改变。研究结果对水稻雄性不育机理的揭示具有重要意义。

参考文献:

- [1]李培武,丁小霞,张文,等.甘蓝型油菜叶片硫苷含量的杂种优势研究[J].中国油料作物学报,2007,29(4):387-390.
- [2]傅廷栋.杂交油菜的育种与利用[M].武汉:湖北科学技术出版社,1995:6.
- [3]陈佩琳.施药时期在水稻化学杀雄制种中的主导作用[J].华南农业大学学报,1984,5(4):13-23.
- [4]华南农学院农学系作物生态遗传研究室.杀雄剂一号诱导水稻雄性不育的细胞学观察[J].遗传学报,1978,5(3):181-185.
- [5]谢学民,奚海福,黄建中,等.化学杀雄剂对水稻花药氨基酸含量与育性的影响[J].浙江农业学报,1994,6(1):51-53.
- [6]黄雪清,高东迎,杨安南,等.化学杀雄剂Ⅲ号诱导水稻雄性不育过程中幼穗、颖花、花药中核酸和蛋白质代谢研究[J].作物学报,2001,27(6):827-831.
- [7]张能刚,周燮.三种内源酸性植物激素与农垦585育性转换的关系[J].南京农业大学学报,1992,15(3):7-12.

谭诗琪,申双和. 长江中下游地区近32年水稻高温热害分布规律[J]. 江苏农业科学,2016,44(8):97-101.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.08.026

长江中下游地区近32年水稻高温热害分布规律

谭诗琪, 申双和

(南京信息工程大学,南京 210044)

摘要:根据长江中下游共41个站点1980—2011年5—10月天气资料以及水稻产量资料,采用ArcGIS绘制各个省份高温热害等级图,分析长江中下游地区近32年水稻高温热害的时空分布规律。结果表明:长江中下游地区高温热害分布呈现南多北少、东多西少的趋势,江西北部、浙江南部和湖南中部较为严重。各省份极端温度变化幅度较大,水稻产量与温度变化基本呈反比。

关键词:水稻;高温热害;时空分布;产量;长江中下游

中图分类号: P458;S511 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)08-0097-05

近100年来,由于自然气候波动和人类活动加剧导致的温室效应,地球气候正经历一次以全球变暖为主要特征的显著变化。大量研究表明^[1],气候变暖将是我国未来的变化趋势,极端高温的发生频率也呈现升高的趋势^[2-7],与1961—1990年相比,到2050年中国的年平均气温将增加 $(2.8 \pm 0.5)^\circ\text{C}$,未来我国的极端天气事件出现频率也将增加^[8],夏季高温等会频繁出现,且持续时间更长,在全球变暖的情况下,水稻遭遇高温热害概率持续增加^[9-10],如果不采取措施,

到21世纪后半期,在高温热害的影响下,小麦、水稻、玉米等几种主要农作物产量可能下降37%,严重威胁我国粮食安全^[11]。据报道,气温每升高 1°C ,水稻产量会下降10%^[12],尤其在水稻结实期,温度上升 $1 \sim 2^\circ\text{C}$,产量将下降10%~20%^[13]。此外,高温热害不仅会显著降低水稻的产量,其品质也受到影响^[14-18],因此深入地研究高温热害至关重要。

长江流域横跨我国华东、华中、西南等三大经济区,长江中下游地区又是我国水稻主要种植区,而极端天气对长江流域影响极为严重,研究该地区高温的时空分布对水稻产量预警有着极为重要的意义。张倩等研究发现,长江中下游地区高温主要会影响水稻孕穗、开花和灌浆,在高温热害典型年份,早稻与中稻都有高达30%以上的减产^[19]。刘伟昌等分析长江中下游水稻生育期内最高温度历史资料发现,各地均有不同程度的高温热害发生,对宏观把握水稻生产、管理、育种

收稿日期:2015-07-14

基金项目:公益性行业(气象)科研专项(编号:GYHY201506018)。

作者简介:谭诗琪(1991—),女,湖南郴州人,硕士研究生,主要从事农业气象灾害研究。E-mail:mpdw@outlook.com。

通信作者:申双和,教授,主要从事农业气象、生态环境气象研究。E-mail:yqzhr@nuist.edu.cn。

[8] Aharoni N, Blumenfeld A, Richmond A E. Hormonal activity in detached lettuce leaves as affected by leaf water content [J]. *Plant Physiology*, 1977, 59(6): 1169-1173.

[9] 傅秀林, 吴长明, 金京花. 化学杀雄剂2号对水稻的杀雄效果分析[J]. *吉林农业科学*, 1993(4): 15-17.

[10] 李英贤, 张爱民, 黄铁城. 小麦细胞质雄性不育与花粉组织内源激素的关系[J]. *农业生物技术学报*. 1996, 4(4): 307-313.

[11] Tang R S, Zheng J C, Jin Z Q, et al. Possible correlation between high temperature-induced floret sterility and endogenous levels of IAA, GAs and ABA in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. *Plant Growth Regulation*, 2008, 54(1): 37-43.

[12] 解海岩, 蒋培东, 王晓玲, 等. 棉花细胞质雄性不育花药败育过程中内源激素的变化[J]. *作物学报*, 2006, 32(7): 1094-1096.

[13] Buchanan B B, Gruissen W, Jones R L. *Biochemistry & molecular biology of plants* [M]. Beijing: Science Press, 2002: 850-895.

[14] 李六林, 张绍玲. 植物生长物质对雄性育性的调节作用[J]. *中国农学通报*, 2006, 22(5): 211-215.

[15] 刘宏伟, 张改生, 王军卫, 等. GENESIS诱导小麦雄性不育与幼穗中乙烯含量的关系[J]. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2003, 31(3): 39-42.

[16] 丁泽琴. 茄子功能性不育的细胞学及内源激素变化研究[D].

重庆: 西南大学, 2014.

[17] Homer H, Milton A R. Microsporogenesis in normal and cytoplasmic male sterile pepper [J]. *American Journal of Botany*, 1973, 60(4): 7.

[18] 王学德, 张天真, 潘家驹. 细胞质雄性不育棉花小孢子发生的细胞学观察和线粒体DNA的RAPD分析[J]. *中国农业科学*, 1998, 31(2): 70-75.

[19] 蒋梁材, 刘启鑫. 甘蓝型油菜雄性不育系与可育系花蕾的生理生化特性[J]. *中国油料*, 1994, 16(1): 11-14.

[20] 赵玉锦, 童哲, 陈华君. 内源植物激素与光敏核不育水稻农垦58S育性的关系[J]. *植物学报*, 1996, 38(12): 936-941.

[21] 吴智明, 胡开林, 符积钦, 等. 辣椒胞质雄性不育与花蕾内源激素含量的关系[J]. *华南农业大学学报*, 2010, 31(2): 1-4.

[22] Zhang H, Xu C, He Y, et al. Mutation in CSA creates a new photoperiod-sensitive genic male sterile line applicable for hybrid rice seed production [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2013, 110(1): 76-81.

[23] Sheoran I S, Dumonceaux T, Datla R, et al. Anthocyanin accumulation in the hypocotyl of an ABA-overproducing male-sterile tomato (*Lycopersicon esculentum*) mutant [J]. *Physiologia Plantarum*, 2006, 127(4): 681-689.