

中国农学会 编



1997
A 卷

中国青年

农业科学学术年报

中国农业出版社

中国青年农业科学学术年报

(1997·A 卷)

中国农学会 编

中国农业出版社

中国青年农业科学学术年报

(1997 A 卷)

中国农学会 编

* * *

责任编辑 王本利 王全辉

中国农业出版社出版(北京市朝阳区农展馆北路2号 100026)

新华书店北京发行所发行 河北省三河永和印刷有限公司印刷

787mm×1092mm16开本 54印张 910千字

1997年9月第1版 1997年9月河北第1次印刷

印数 1—800册 定价:70.00元

ISBN 7-109-05073-4/S·3201

(凡本版图书出现印刷、装订错误,请向出版社发行部调换)

前 言

21 世纪的前 10 年是中华民族关键的历史时期。当代青年是中国现代化事业跨世纪的接班人，必将在这个时期肩负一系列光荣而艰巨的历史重任。

中国农学会举办青年农业科学学术年会，旨在检阅我国青年农业科技工作者的科研成果，发现和培养跨世纪的优秀青年科技人才，选拔和造就一批学科和技术带头人，树立青年科技工作者良好的科学道德风尚，激励他们锐意进取，献身农业，服务人民。同时，给青年科技工作者的成长提供一个学术交流的大舞台，促进青年科技工作者之间相互切磋，博采众长，奋力拼搏。

本届年会征文通知发出后，全国各地青年学者反响强烈，短短几个月，共收到论文 800 多篇。文章范围较广，内容丰富，涉及到（1）植物科技方面（农学、植保、园艺、土化等）；（2）动物科技方面（畜牧、兽医、水产等）；（3）高新技术及基础科学方面；（4）农业工程及农副产品加工科学方面；（5）农业宏观方面等。我们本着质量第一、兼顾学科的原则，请吴常信、南庆贤、蔡同一、郭予元、彭友良、甘孟侯、黄金龙、敖光明、张福锁、李树德、张大鹏、李建民、赵明、张爱民、孙宝启、陈绍江、武维化、沈秋兴等专家进行了认真评审。评选出的文章分 A、B 两卷，A 卷有 153 篇文章，B 卷有 293 篇文章和 96 篇摘要。本年报是了解近两年中国农业青年科技工作者勇攀科技高峰，展示科研成果的窗口，代表了他们令人可喜的学术和技术水平。我们衷心希望，通过这一工作，能激励广大青年科技工作者以辉煌的成绩跨入 21 世纪，同时，唤起全社会都来关心、支持青年工作，这就是我们出版这本书的初衷。

在整个工作过程中，中国农学会领导给予了关心和大力支持，中国农学会的王全辉、鲁悦欣、冀献民、严东权、刘荣志、谢建华等同志在编辑加工过程中做了大量工作，付出了辛勤劳动，在此一并感谢。

由于编者在水平、人力和时间上都有限，难免出现错误，希作者、读者谅解，不当之处欢迎批评指正。

编 者

1997 年 7 月

目 录

前 言

小麦雄性不育与穗部内源激素的关系	张爱民 (1)
小偃麦部分双二倍体及其异附加系异源染色体的 GISH 分析	吉万全 (10)
小麦特殊遗传材料“核心样品”的建立	范传珠 (15)
遗传距离在家蚕杂交组合新本选配中的应用研究	宋新华 (19)
大麦多节矮秆性状的染色体研究	徐大勇 (26)
小麦抗倒性状的遗传分析及杂种优势	王 勇 (34)
冬小麦杂种 F ₂ 代生物学产量、收获指数的研究	耿 涛 (40)
高压静电场对水稻种子萌发生理代谢的影响	朱冬雪 (45)
油菜细胞质雄性不育的分类	杨光圣 (50)
冬小麦不同生态型品种根系生长及根际生理生态的研究	张爱良 (56)
硬粒小麦离体叶片失水过程模型	王雪征 (61)
¹⁴ C 同化物在玉米果穗上的分布与籽粒败育关系的研究	张凤路 (65)
小麦生育进程、灌浆特性和库容演变及与粒重关系的研究	张智猛 (70)
杂种小麦旗叶衰老的研究	王瑞英 (76)
模拟核爆辐照小麦种子的生物学效应	缪炳良 (80)
留叶枝棉株叶枝叶 ¹⁴ CO ₂ 的同化量及其运转分配的研究初报	别 墅 (86)
培育小麦冬前壮苗的化学调控研究	刁枷连 (93)
寻求作物超高产的压斜分析法	卢 布 (99)
冬小麦节水高产栽培技术途径及其分析	李建民 (104)
辽西风沙半干旱区玉米抗旱高产栽培技术措施研究	孙占祥 (110)
甘肃省“双千田”的主体种植模式与栽培技术	黄 鹏 (116)
双季稻免耕抛秧配套耕作种植方式研究初报	李康活 (122)
种间杂种 (<i>O. sativa</i> × <i>O. officinalis</i>) 后代的形态和细胞学研究	钟代彬 (127)
光(温)敏核不育谷子“821”不育性与温度关系的研究	赵治海 (135)
特种稻蛋白质含量的遗传效应分析	张名位 (141)
花药培养获得小麦与多枝赖草属间杂种后代纯合易位系的研究	魏景芳 (147)
水稻胞质不育的恢复基因分析	滕利生 (152)
显性雄性核不育八倍体小偃麦的选育研究	仲乃琴 (157)
多环境下非等试验设计数量遗传分析方法	左清凡 (162)
小麦玉米带田高产群体技术指标探讨	黄高宝 (168)
栽培条件对水稻生育型的调节效应	肖立中 (174)
抗盐基因 <i>Imt1</i> 表达载体的构建及其在酵母中的高效表达	董云洲 (183)
二球悬铃木微繁体系的建立	黄 俊 (188)

利用 RAPD 标记对部分山楂种、品种亲缘关系及其演化的研究	李荣旗 (195)
春玉米雌穗与籽粒发育过程中内源激素的动态变化初探	王振华 (203)
烟草叶片多酚氧化酶活性及部分性质	郭振飞 (212)
抗赤霉素单克隆抗体的独特型抗体的制备及其特性	陈金桂 (217)
小麦干物质、果糖的积累与分配及其相关性	赵万春 (222)
农业上的 Richards 生长模型	邢黎峰 (230)
云南省烟草黑胫病菌的交配型及分布	王 革 (236)
疫霉菌对甲霜灵抗药性的遗传多样性	王源超 (240)
植物青枯假单胞菌胞外蛋白质与致病力关系的研究	刘焕利 (248)
小麦高温抗条锈性表达与叶肉细胞壁过氧化物酶活性的关系	王保通 (253)
水稻品种抗稻瘟病鉴定的菌株选择	孙国昌 (258)
利用 RFLP 研究广东省稻瘟病菌群体结构	张少红 (263)
烯丙异噻唑刺激水稻叶片中产生的活性氧与水稻抗稻瘟病的关系	马忠华 (268)
利用分子标记累积水稻白叶枯病抗性基因的研究	雷建勋 (273)
小麦条锈病发病中心扩展规律	万安民 (279)
市场经济条件下我国植物检疫工作的发展对策	王艳青 (284)
新疆玉米青枯病病原菌分离和致病性测定	杨 岫 (289)
小麦赤霉病所致损失研究	张匀华 (294)
花生丛枝病病原的血清学研究	杨健源 (298)
香蕉束顶病的研究 VI. 无公害抑制剂的筛选	周仲驹 (303)
厄尼诺与我国小麦白粉病流行关系的研究	霍治国 (309)
棉花黄萎病菌的致病力与其营养体亲和性及酯酶同功酶关系研究	赵小明 (314)
杂交稻制种防治稻粒黑粉病的综合技术研究	任茂琼 (318)
稻田杂草群落的演替及化学除草体系的商榷	王义明 (322)
内蒙古针茅草地的概况和季节危害性防治的初步探讨	吴新宏 (327)
棉铃虫不同地理种群形态特征的数量分析	李 莉 (333)
甘蓝蚜对菊酯类及有机磷杀虫剂的敏感性	刘慧平 (339)
褐飞虱对抗虫品种适应过程中某些酶的变化	吕仲贤 (343)
安全剂 R-28725 对绿磺隆解毒的生物测定研究	叶 非 (348)
小麦根腐蠕孢菌的研究	刘传德 (352)
非杀虫剂农用化学品对褐飞虱及其捕食性天敌的杀伤作用	陈建明 (358)
增效醚 (PBO) 对棉铃虫细胞色素 P450 的抑制作用研究	吴益东 (364)
烟青虫实验种群发育温度的研究	谢立群 (368)
狭翅雏蝗发生规律的研究	刘长仲 (373)
茶园几类天敌对黑刺粉虱自然控制作用的观察	韩宝瑜 (378)
稻田生态系统蜘蛛及其猎物生态位的研究	石根生 (383)
蜡蚧轮枝菌防治温室白粉虱研究	王亚洲 (389)
烟草对烟蚜化学防御机理的研究	秦焕菊 (392)
用 RAPD 技术标记小麦抗白粉病基因 Pm13 的初步研究	孙宝启 (400)

褐云玛瑙螺在我国的适生性研究	周卫川 (405)
链霉菌属抗生素对辣椒疫病菌的作用	张克诚 (411)
关于旱地农田氮肥有效利用的探讨	王小彬 (415)
冬小麦不同生育时期碳氮营养分配规律的研究	赵昌平 (424)
三种固氮菌在水稻根部的定殖	杨海莲 (429)
快速鉴定磷高效小麦种质的磷源液相控制释放系统建立的原理和方法	刘国栋 (435)
盐胁迫时小麦幼苗活性氧代谢的变化及镉对该过程的影响	王金胜 (442)
小麦根—土系统中铁锰铜锌的运移机理	徐明岗 (447)
高、低肥力选择对大豆品系株型特点及选择标准的影响	邹继军 (452)
UASB 处理屠宰废水的研究	唐 一 (456)
有机与无机肥结合施用对旱塬冬小麦产量及土壤肥力的影响	王生录 (461)
不同有机物料与化肥配施对土壤有机质品质的影响	肖千明 (467)
甜菜根重与含糖率之间相关机理的研究 I	邵世勤 (473)
光照对莴笋生长期间三种紫色土根际氮素变化的影响	曾希柏 (476)
黄土性土壤上作物秸秆还田的效应及其有效条件	徐福利 (484)
磷胁迫对小麦根—土微域养分影响	郭建华 (489)
有机培肥的土壤环境效应与农业持续发展	李志杰 (494)
菠菜硝酸盐含量控制和预测的研究	涂书新 (498)
Cl^- 和 SO_4^{2-} 对厌氧消化的抑制研究	杨 虹 (505)
柠檬桉的他感作用研究	曹潘荣 (510)
胜红蓟对作物的化感作用	孔垂华 (515)
低矿化回归水灌溉对土壤化学性质的影响	苗济文 (521)
砷酸盐对水稻生长和砷积累的影响及污染表征	谢正苗 (530)
利用 NOAA 卫星资料监测土壤表层水分变化研究	余 涛 (534)
改良橙和“红江橙”的来源、结构及其相互间异同的研究	胡桂兵 (542)
苹果种质资源抗旱性鉴定研究	姚允聪 (548)
苹果属主基因矮生资源的生长特性研究	董文轩 (554)
李种质资源鉴定与利用研究	李 锋 (559)
Ca^{2+} 对苹果花粉萌发和花粉管生长的调控作用	关军锋 (566)
安吉白茶阶段性返白突变的气候调控因子	成 浩 (572)
日光温室内油桃胚囊发育过程的解剖学观察及落花原因分析	边卫东 (578)
影响上宋 6 号核桃座果因子的研究	丁平海 (581)
连作障碍的可能诱因及其解决途径	王 倩 (585)
三峡库区油菜生产发展的战略初探	谢必武 (589)
春大棚黄瓜夜间呼吸特性研究	马德华 (593)
AA 级绿色食品农产品生产程序研究	秦玉川 (597)
花生乳生产工艺条件研究	杨政水 (602)
微小毛霉凝乳剂在干酪生产中的应用	朱 宏 (608)
乳酸发酵豆奶研究	马 涛 (612)

温度处理和薄膜包装对南果梨追熟过程影响的研究	吴 震 (618)
优质蛋白玉米籽粒营养品质与胚乳超微结构的对比分析	杨引福 (624)
β -环状糊精对刺梨汁饮料脱涩效果的研究	熊何建 (630)
芒果 (<i>Mangifera indica</i> Linn.) 热处理保鲜技术研究	彭永宏 (634)
黑曲霉 H8 菊粉梅的研究	贾英民 (640)
超临界 CO_2 萃取大蒜油的研究	徐荣雄 (645)
一种乳化剂混合物对海绵蛋糕质量的影响研究	邓瑞君 (649)
水肥因子对小麦籽粒品质及面包烘烤品质的影响	王立秋 (652)
旱塬地膜冬小麦集雨灌溉研究	王 勇 (660)
农业纤维物料压缩形式的分析	李旭英 (667)
MDOD 法在灌溉输配水管网优化设计中的应用	吴学伟 (672)
小型水田驱动耙的设计	鲁植雄 (678)
单粒排种装置排种参数的电测方法研究	王树才 (683)
谷物气力输送能耗问题的研究	李国防 (688)
家蚕茧干燥曲线模型及配温工艺的研究	邹凤竹 (694)
造纸用红麻原料打包的研究	龙超海 (699)
采用现代分子生物学方法提高饲料作物的营养价值	郑晓中 (706)
北京油鸡体重和胴体性状研究	张文生 (710)
大尾寒羊生长期能量需要量及代谢规律研究	杨在宾 (717)
孵化期间肉鸡胚体组成变化和卵黄组成的关系	李吕木 (724)
北方鲈鱼室外大面积越冬技术研究	范庆林 (730)
用多价胰酶分散抗原检测鸡肾型传染性支气管炎抗体的研究	刘兴友 (734)
猪细小病毒分离、核酸探针制备及应用的研究	侯喜林 (738)
口蹄疫病毒 0313 株 VP1 基因的 PCR 分离及克隆	宋长绪 (743)
猪肝组织中伊维菌素残留的免疫亲合色谱高效液相色谱法测定	李俊锁 (746)
鸡住白细胞虫病的研究进展	李国清 (752)
兔圆组织小囊淋巴组织内嗜银细胞的观察研究	余锐萍 (758)
伪狂犬病病毒鄂 A 株 $\text{gX}^-/\text{LacZ}^+$ 突变株的构建	周复春 (762)
论农业资源高效利用	封志明 (767)
21 世纪初农业宏观研究与发展的趋势和重点领域	王东阳 (774)
发展 21 世纪中国农业的思考与建议	郭井泉 (779)
省级农业可持续发展决策支持系统初步设计	党安荣 (788)
转变粮食增长方式, 实现农业可持续发展	魏 虹 (796)
试论实现耕地持续利用的目标模式与措施	宋 敏 (802)
中国农业发挥区域比较优势实现可持续发展的政策建议	安晓宁 (807)
21 世纪初期我国棉业发展趋向预测	王淑民 (811)
重庆市三峡库区土地资源可持续利用研究	余海鹏 (819)
区域农业综合开发与黄淮海平原农业持续发展	李卫东 (824)
围魏救赵、解决我国中长期粮食问题	胡跃高 (830)

中国玉米生产区域比较优势的模型分析	姜 洁 (833)
区域持续发展的动态模型设计	潘学锋 (838)
粮食生产波动及 1997 年预测	朱 玫 (844)

小麦雄性不育与穗部内源激素的关系

张爱民 吴厚雄 李英贤

(中国农业大学植物遗传育种系 北京 100094)

郭小丽

(中国农业大学生物学院 北京 100094)

摘要 试验研究了K、T型小麦细胞质雄性不育系及其相应保持系在小孢子发育的各个时期穗部组织5种内源激素的动态变化,并且对T型细胞质雄性不育系、恢复系及其杂种F₁的内源激素含量进行了比较分析,试图探讨内源激素对小麦雄性不育的调控机制。结果如下:①K型和T型雄性不育系在花粉败育过程中与其相应保持系相比,表现为穗部组织IAA、GA₄、ZR等含量的下降,DHZR、ABA等含量的上升。②通过对T型雄性不育系、恢复系和杂种F₁内源激素含量的对比发现:在杂种F₁的穗部组织中,不育系亏损的IAA得到补偿并且高出恢复系;F₁中ZR含量除花粉母细胞外均低于不育系和恢复系;F₁中ABA含量介于不育系和恢复系之间而与恢复系相近;DHZR含量因发育时期而异,F₁和恢复系在花粉败育的单核期至双核期明显高于不育系,而在花粉完全败育后却大大低于不育系;在不同时期GA₄含量不育系和恢复系出现最高值。

通过以上结果分析认为,小麦细胞质雄性不育基因表达受穗部组织内源激素的调控,表现在花粉败育过程中各种内源激素含量的增加或降低上,而恢复了育性的杂种F₁穗部组织内源激素含量和它的两个亲本都有明显差异。内源激素含量及动态变化在不同基因型之间存在着一定的差异。

关键词 小麦 雄性不育 内源激素

雄性不育是被子植物的普遍现象。近几十年来借助于细胞质雄性不育配制杂交种而利用杂种优势在许多农作物(如水稻、玉米、油菜等)上取得成功并产生巨大的经济效应。有关植物雄性不育的机理,人们从遗传学、细胞学、生物化学、分子生物学等各个角度进行了广泛研究并取得了长足进展^[5],但目前对其生理基础仍不十分清楚。

植物激素是由植物的部分器官(或组织)合成而转移到其他器官(或组织),并在各个水平上调节植物生理活动过程的极微量的非营养性物质,人们认为它是信号传导的最重要的调节因子。目前已有许多研究结果表明,激素处理能诱导新的mRNA和蛋白质的出现与增加,说明植物激素的许多作用是通过调节基因表达的方式实现的。植物的雄性不育也是基因表达的结果,要想找到败育的调控机制,很有必要从植物激素方面进行探索和研究^[3]。目前,有关植物激素和雄性不育关系的报道较少,且大多集中在水稻、玉米、油菜等作物上,不同程度地证明了植物内源激素的含量与雄性不育密切相关^[1,2,3,7,8,9,11,12,14]。小麦雄性不育亦受其内源激素水平的调控^[6,10]。本文报道了小麦雄性不育与穗部内源激素变化的关系。

1 材料与方法

1.1 试验设计 本试验于1994~1995年在中国农业大学西校区科学园进行。供试材料为K型雄性不育系K78-1A(简称为K-a)及其保持系K78-1B(K-b),T型雄性不育系T0002A

(T-a) 及其保持系 T0002B (T-b), T 型恢复系 9019 (T-r) 及其与 T0002A 的 F_1 。田间小区面积为 10m^2 , 每材料 1 个小区, 两边各设 1 个保护小区。

1.2 样品采集 取样的部位为小麦穗, 每次取样均取发育一致的健壮主茎。取回样后在冰浴中迅速剥取穗, 前期较小取全穗, 后期穗大取其中部约 1cm 长, 以保证其发育的一致性。每样品均 3 份, 每份 0.5g 左右, 液 N_2 速冻, -20°C 冰箱中保存。

1.3 激素测定 从冰箱中取出样品, 加入样品提取液、石英砂、抗氧化剂 PVP, 在冰浴下研磨成匀浆, 用 80% 甲醇在 4°C 下提取 4 小时后, 离心, 合并上清液, 过 C18 预处理小柱, 用纯 N_2 吹干除去甲醇, 再用样品稀释液定容, 最后用间接酶联免疫吸附分析法 (ELISA) 测定 IAA、ABA、ZR、DHZR、 GA_4 5 种内源激素的含量。ELISA 试剂盒由中国农业大学作物化控研究室提供。

2 结果与分析

2.1 穗部组织 IAA 的动态变化水平比较 IAA (Indoleacetic acid) 即生长素 (吲哚-3-乙酸), 对细胞的分裂和生长、物质的运输和积累起着重要作用, IAA 大多集中在生长发育旺盛的器官和组织中。在小麦花粉的不同发育时期, 穗部组织中 IAA 含量的变化动态如图 1、图 2 所示。

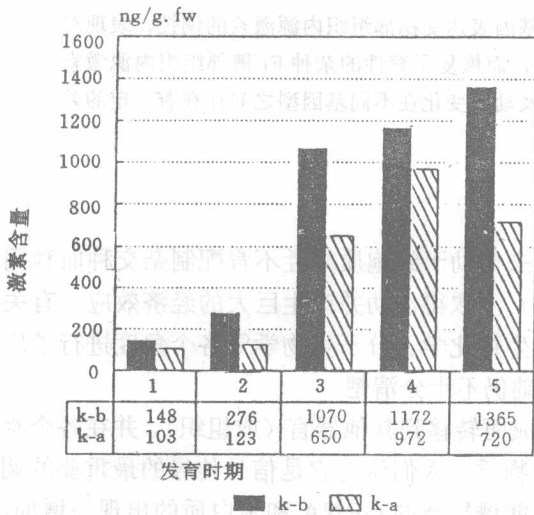


图 1 K78-1A 穗部组织 IAA 含量的动态变化

1. 花粉母细胞形成期 2. 四分体形成期 3. 单核期
4. 双核期 5. 花粉粒成熟期

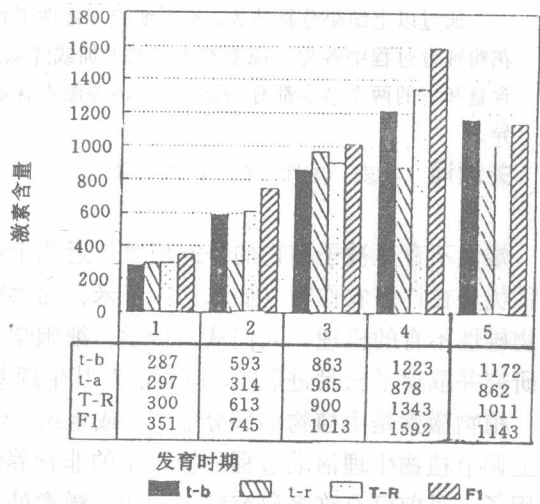


图 2 T0002A 穗部组织 IAA 含量的动态变化及其与恢复系、 F_1 的比较

1. 花粉母细胞形成期 2. 四分体形成期 3. 单核期
4. 双核期 5. 花粉粒成熟期

从图 1 中可以看出, 随着小孢子发育, K 型不育系和 K 型保持系的穗部组织 IAA 含量逐渐上升, 且在四分体期到单核期之间快速增加, 在进入单核期后, 小麦穗部组织的物质代谢和合成十分旺盛, 需要输入大量的物质和能量, 为了满足这一需要, 穗部组织中 IAA 含量相应地剧烈增加。然而在小孢子发育各个时期, K-a 中 IAA 含量明显低于 K-b, 这与所测花药

组织结果一样^[6]。由此认为,穗部组织中 IAA 含量的降低与雄性不育有一定的关系。通过图 2 可以看出,T 型三系以及 F₁ 穗部 IAA 含量也表现随小孢子发育逐渐上升至双核期达到最高峰,T-a 的 IAA 含量除了在单核期稍高于 T-b 外其余各期均低,这与 K 型基本一致。而 F₁ 在小孢子发育各个时期中穗部内 IAA 含量总是高于亲本,在双核期 F₁ 穗部内 IAA 含量分别为恢复系和不育系的 1.18 倍和 1.81 倍,可见育性的恢复与穗部发育过程中亏损的 IAA 得到了补偿有关,F₁ 的杂种优势亦表现在穗部组织 IAA 含量的增高上。

2.2 穗部组织 GA₄ 的动态变化及其水平比较 赤霉素是具有赤霉烷环的双萜类化合物,它在植物体中可以明显地改变碳水化合物的代谢过程,促进许多水解酶的活性,使贮存物水解,提供生长和发育所需能量。现在人们普遍认为,赤霉可以作为基因的解除抑制剂,使特定遗传基因密码解除抑制作用。从图 3、图 4 可以看出:K 型不育系和保持系穗部组织中 GA₄ 含量均在单核期急剧增长并达到最高值,这与花药测定结果完全一致^[6],与单核期和四分体时期相比,保持系和不育系分别增加了 2.87 倍和 4.3 倍,这可能是在高含量的 GA₄ 影响下,穗部组织的物质代谢旺盛,呼吸加强,同化物运输和积累加速,使幼穗快速生长,也使穗中花粉内积累足够的物质能量从而保证其发育。但在小孢子发育的不同时期,K 型不育中 GA₄ 含量都低于保持系,在四分体形成期和单核期二者 GA₄ 含量差异并不明显。而在双核期和花粉粒成熟期不育系的 GA₄ 含量分别为保持系的 63% 和 48%,差异相当明显,已知 K 型不育系败育是在二核后期,这就说明穗部组织 GA₄ 含量的降低在一定程度上控制着不育基因的表达。

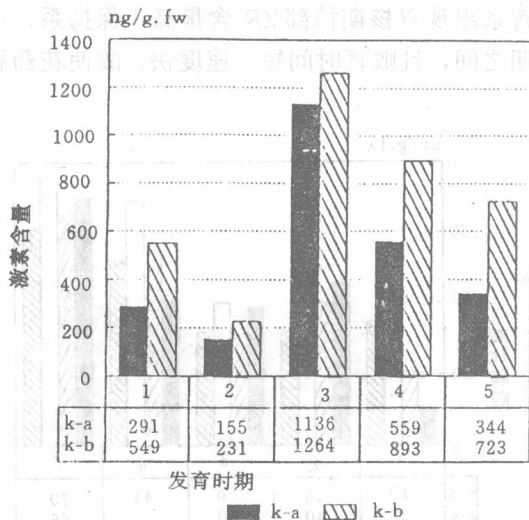


图 3 K78-1A 穗部组织 GA₄ 含量的动态变化

1. 花粉母细胞形成期 2. 四分体形成期 3. 单核期
4. 双核期 5. 花粉粒成熟期

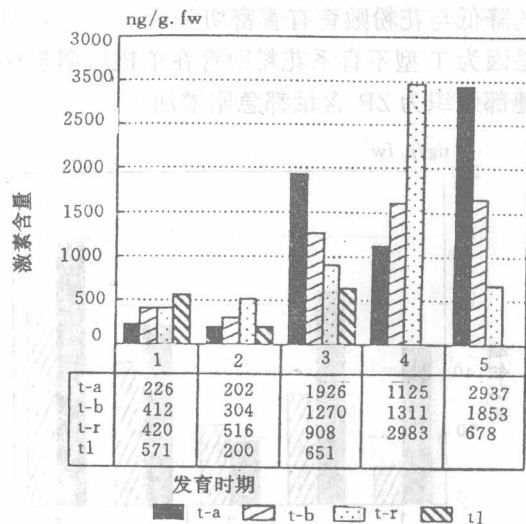


图 4 T0002A 穗部组织 GA₄ 含量的动态变化及其与恢复系和 F₁ 的比较

1. 花粉母细胞形成期 2. 四分体形成期 3. 单核期
4. 双核期 5. 花粉粒成熟期

T 型三系穗部组织 GA₄ 的变化动态与 K 型不育系和保持系基本一致,也是从四分体时期到单核期迅速增加,然而以后 T-b 的 GA₄ 含量仍呈缓慢增加趋势至花粉粒成熟期才达到最高值,T 型不育系却在单核期和花粉粒成熟期 GA₄ 含量明显高于保持系,分别为保持系的 1.5 倍和 1.8 倍,这和所测定 K 型的结果不一样,且在小孢子发育各个时期 T 型穗部组织 GA₄ 含

量也总是明显高于K型。T型不育系在单核后期花粉败育,据对花药的测定结果,这时花药中GA₄含量明显低于T型保持系,因此对于不育系来说单核后期穗部组织向花药转移少,而保持系花粉正常发育需要大量的物质和能量使穗部中GA₄向花药转移较多,使得此期保持系穗部GA₄含量低于不育系;当保持系花粉成熟时,T型不育系穗部GA₄含量高于保持系,出现这种现象的原因可能是不育系穗部内蛋白质、糖类等有机物降低较多,而GA₄含量却因植株下部器官合成向上运输出现盈积而升高。对于T型恢复系,穗部中GA₄含量在小孢子分化过程中逐渐增加至双核期达到最高值。

2.3 穗部组织ZR动态变化及其水平比较 ZR (Zeatin Riboside) 即玉米素核苷,它是活性最大的天然细胞分裂素之一,它们在细胞内倾向于拮抗IAA对细胞伸长的作用。近期研究结果表明,ZR还能够影响穗部花药的呼吸强度,使呼吸强度下降从而最终导致小孢子败育和雄性不育的发生。如图5、图6所示,K型不育系和保持系ZR含量的变化趋势相同,在单核期含量低,而花粉粒成熟期达到最高值,这与花药测定结果相一致^[6]。在小孢子发育的各个时期,不育系穗部ZR含量除单核期稍高外其余各期均明显低于保持系,花粉母细胞期差异最大,仅为保持系的23%,四分体期为保持系的51%,这与不育花药中ZR水平升高的规律相反,而与CHA处理K型保持系诱导不育所测定穗部组织ZR含量结果一致。T型不育系和保持系ZR含量的动态变化同样在单核期含量高而花粉粒成熟期达到最高值,且不育系除在花粉母细胞期和双核期高于保持系外,另外3个时期都低。由以上分析可知,不育系穗部中ZR含量的降低与花粉败育有着密切关系。至于T型不育系出现双核期穗部ZR含量高于保持系,这是因为T型不育系花粉败育在单核后期至双核期之间,且败育时间短、速度快,故使花药和穗部组织为ZR含量都急剧增加了。

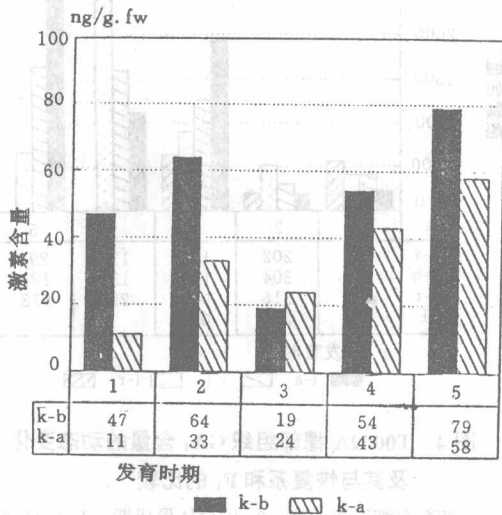


图5 K78-1A 穗部组织ZR含量的动态变化

1. 花粉母细胞形成期 2. 四分体形成期 3. 单核期
4. 双核期 5. 花粉粒成熟期

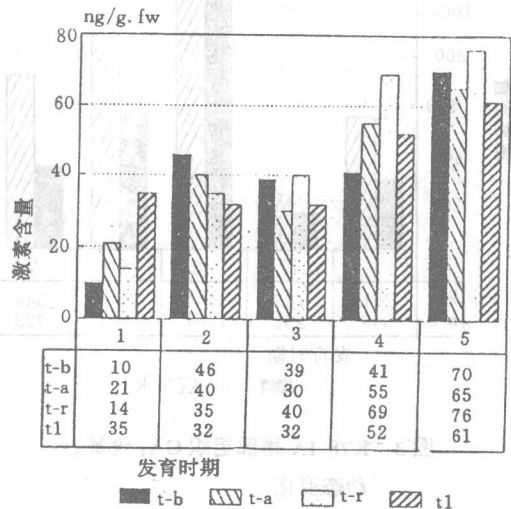


图6 T0002A 穗部组织ZR含量的动态变化及其与恢复系和F₁的比较

1. 花粉母细胞形成期 2. 四分体形成期 3. 单核期
4. 双核期 5. 花粉粒成熟期

T型恢复系穗部中ZR的含量在单核期以前低于相应的不育系和保持系,而进入单核期

以后就偏高了。 F_1 在四分体后穗部 ZR 含量就一直明显低于它的两个亲本,这与花药测定结果一致。

3.4 穗部 DHZR 的动态变化及其水平比较 DHZR 是 ZR 的双氢变化,是 ZR 的代谢非活性形式,通过调节 ZR 的代谢而起作用。从图 7、图 8 中可以看出,K 型不育系和保持系穗部 DHZR 含量的动态变化一致,均在四分体期最低,而以后逐渐增加至花粉粒成熟期达到最高。但不育系在花粉母细胞期至单核期都明显低于保持系;而在进入双核期以后,不育系含量快速增加明显高于保持系,双核期达到最高为保持系的 1.9 倍,花粉粒成熟期为保持系的 1.1 倍。这说明不育系花粉在单核期败育后,其相应的穗部 DHZR 含量也增加了。

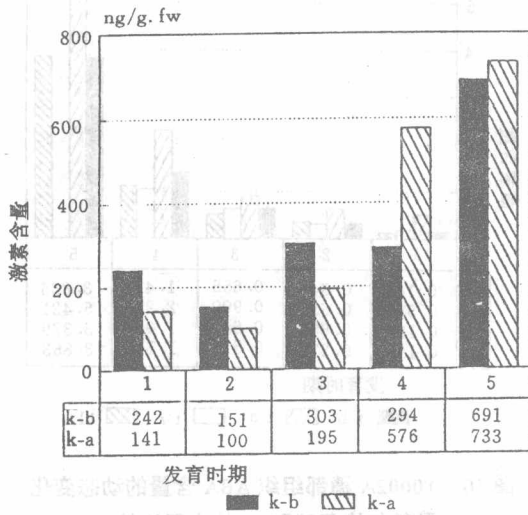


图 7 K78-1A 穗部组织 DHZR 含量的动态变化

1. 花粉母细胞形成期 2. 四分体形成期 3. 单核期
4. 双核期 5. 花粉粒成熟期

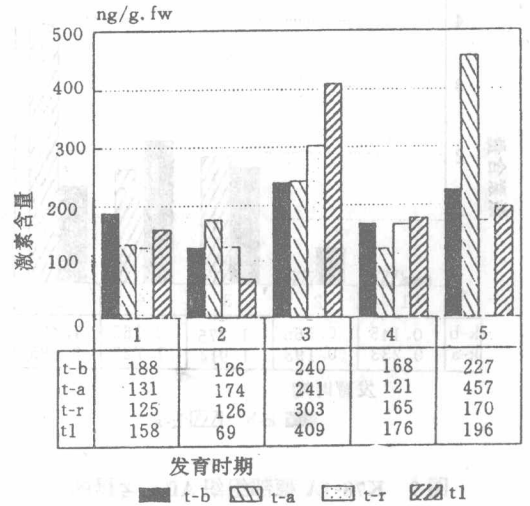


图 8 T0002A 穗部组织 DHZR 含量的动态变化及其与恢复系和 F_1 的比较

1. 花粉母细胞形成期 2. 四分体形成期 3. 单核期
4. 双核期 5. 花粉粒成熟期

T 型不育系穗部组织中 DHZR 含量在小孢子发育的各个时期不育系和保持系的动态变化和 K 型大不一致,在单核期表现为快速增加,已知 T 型不育系败育在单核后期,败育时间早于 K 型,这可能与 DHZR 含量增加时间早于 K 型有关。不育系在花粉成熟期时穗部 DHZR 含量达到最高,且为保持系的 2.0 倍,这时不育系的花粉已完全败育内含物解体, DHZR 便大量集中在穗部组织中。 F_1 穗部 DHZR 含量的动态变化与其亲本基本一致,在单核期时达到最高;而四分体期含量很低,仅分别为不育系和恢复系的 40% 和 55%。

3.5 穗部组织 ABA 的动态变化及其水平比较 ABA (即脱落酸),主要生理作用是促进脱落、休眠、气孔关闭,并与逆境有关;ABA 可以控制 RNA 和蛋白质的合成,并且改变酶的活性。穗部组织中 ABA 含量的动态变化见图 9、图 10。不育系和保持系基本一致,在小孢子发育的前期含量低,在进入单核期后含量急剧增加,分别为四分体期的 3.1 倍和 9.9 倍,不育系 ABA 含量增加速度和总量水平均高于保持系,且在花粉粒成熟期达到最高值,为保持系的 2.6 倍,在花粉成熟期不育系花粉粒已完全败育,故而叶片合成的 ABA 向上运输聚集在穗部组织出现盈积。

T 型三系及 F_1 穗部 ABA 动态变化完全一致,均表现在小孢子发育双核期以前含量很低,双核期以后含量呈直线上升。在小孢子发育各个时期,不育系穗部 ABA 含量总高于保持系,如在双核期和花粉粒成熟期分别为保持系的 1.6 倍和 1.4 倍。这说明穗部组织中 ABA 含量的升高与败育密切相关。 F_1 中 ABA 含量在前 3 期低于它的亲本,而在双核期和花粉粒成熟期介于不育系和恢复系之间而显著低于不育系, F_1 之所以育性能够恢复,与内源激素 ABA 含量的下降、达到了与恢复系相近的水平有关,这与花药测定结果相一致。

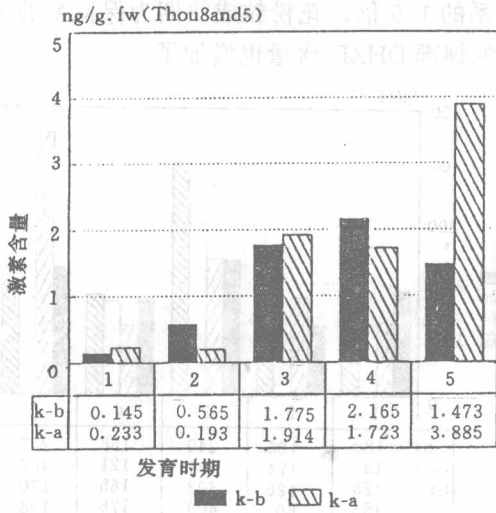


图9 K78-1A 穗部组织 ABA 含量的动态变化

1. 花粉母细胞形成期 2. 四分体形成期 3. 单核期
4. 双核期 5. 花粉粒成熟期

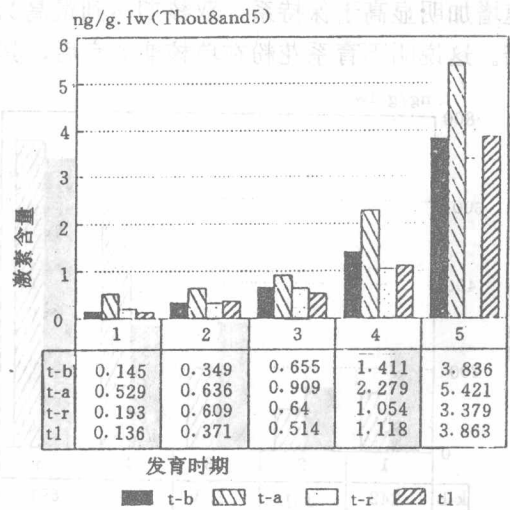


图10 T0002A 穗部组织 ABA 含量的动态变化及其与恢复系和 F_1 的水平比较

1. 花粉母细胞形成期 2. 四分体形成期 3. 单核期
4. 双核期 5. 花粉粒成熟期

K、T 型不育,其穗部 ABA 含量均很低,明显地低于花药 ABA 含量。但不育系和保持系中 ABA 含量的相对差异很大,且不育系均在其小孢子败育时期 ABA 含量显著增加。这说明 ABA 在穗部中含量虽少,但在育性调控中起重要作用。

3 讨论

试验以 K、T 两种细胞质雄性不育系和其保持系及 T 型恢复系和其杂种 F_1 代为材料,测定了穗部组织发育不同时期 IAA、 GA_4 、ZR、DHZR、ABA 等 5 种内源激素的动态变化,试图从中探索小麦雄性不育的发生与激素变化之间的内在联系和机理。

3.1 生长素的亏损与雄性不育的发生 关于生长素与雄性不育的关系已有许多人做过有关这方面的研究。黄厚哲、娄士林等报道,在水稻花药中结合态吲哚乙酸 (IAA) 的量与可育度平行下降,他们认为花药 IAA 亏损是水稻雄性不育发生起直接作用的因素^[1];徐孟亮、刘义芳等研究发现,农垦 58S 在花粉母细胞形成期、减数分裂期和花粉内容物充实期幼穗及花药中 F-IAA 严重亏损^[8]。夏涛等发现玉米在小孢子发育及败育的所有时期,CMS 花药组织 IAA 的含量显著低于保持系^[7]。黄少白 (1994) 在以水稻野败型与 BT 型细胞质雄性不育系及其保持系为材料,测定幼穗及倒二叶内源系 IAA 含量发现,不育系较其相应的保持 IAA 含量明显

减少^[3]我们的试验中发现 K、T 型细胞质雄性不育系其穗部中 IAA 含量较其相应的保持系明显下降,这与测定花药和叶片的结果一致^[6]。用 CHA 诱导不育也表现出 IAA 的降低与不育度平行下降。育性恢复了的 F₁ 中又有亏损的 IAA 得到补偿的现象。由此可见,小麦不育的发生与 IAA 具有直接的关系。

IAA 的亏损在所有雄性不育的植物中似乎具有普遍性,但是目前对 IAA 降低的原因并不十分清楚,可能是由于过氧化物酶活性提高所致,其中有研究表明小麦 T 型及化学诱导的不育花药中过氧化物酶活性提高。过氧化物酶对控制体内 IAA 含量水平,维持 IAA 的源库关系起关键的作用,其活性的增强将导致内源 IAA 的氧化分解,发生 IAA 亏损。

3.2 细胞分裂素与雄性不育的发生 细胞分裂素种类较多,不同种类的细胞分裂素性质不同,因此在雄性不育的发生中所起的作用也不相同。对于细胞分裂素与雄性不育的发生这方面的研究,Ahokas (1982) 分析大麦细胞质雄性不育系植株开花期根伤流液^[14];夏涛分析了玉米细胞质雄性不育系的花药^[7];Sawhney 测定了油菜 GMS 的根、茎、花^[12],我们也测定了 K、T 型小麦细胞质雄性不育系的花药^[6,10]。以上这些测定结果均发现,所测定的组织中细胞分裂素含量都是不育系高于相应的保持系。有人研究发现,细胞分裂素的外源施用也是促进雌蕊的发育而不利于雄性器官的发育。

从测定穗部 ZR 的结果分析却发现:细胞质雄性不育系都呈现 ZR 水平降低的现象,这与以上花药的结果相反。这可能是不同器官对 ZR 反应不同,同样浓度的 ZR 水平对花药发育起抑制作用,而对穗的生长可能会起促进作用。可育材料穗部组织中 ZR 水平高,一方面可能是和不育的相比植株中 ZR 合成量高,另一方面是 ZR 代谢低;还可能是因为和其它器官相比,不育系中 ZR 倾向于运往花药使高 ZR 含量的花粉败育,而可育系中 ZR 向花药中转移少就堆积在穗部组织中。

DHZR 的含量在细胞质雄性不育系的穗部组织中表现为花粉败育前低于可育系,而花粉败育后快速增加明显高于可育系,这同我们测定穗部 ZR 结果不一样,这说明了 DHZR 与 ZR 虽都属于细胞分裂素类,但它们对小麦细胞质雄性不育的调控机理和作用方式是不同的。小麦 K 型和 T 型不育系在小孢子发育过程中穗部 DHZR 含量的变化动态有些差异,这可能是小麦不育类型不同,使小孢子发育过程中基因表达方式也不同。

3.3 GA₄ 与雄性不育的关系 GA₄ 能促进大多数作物雄性器官的发育,黄少白等实验结果表明,水稻雄性不育的发生与 GA₄ 的亏缺有关^[3]。我们对 K 型小麦细胞质雄性不育的研究中也发现了穗部组织 GA₄ 亏损的现象,较可育系的含量明显降低。但 T 型不育系的研究却得到不同的结果,不仅单位穗重 T 型不育系 GA₄ 含量明显高于 K 型,而且在单核期和花粉粒成熟期穗部 GA₄ 含量水平明显高于可育系;也有人试验发现,水稻中当 GA₄ 含量增加超过了小穗分化所需的最适水平时表现抑制作用。这说明 GA₄ 对花粉发育的调控作用十分微妙,过高过低都会对小孢子发育起抑制作用,适量的 GA₄ 水平对育性调控是非常重要的。

3.4 ABA 与雄性不育的发生 关于 ABA 与植物雄性不育的关系,人们的研究一般发现,ABA 含量与育性转换密切相关,ABA 含量较高使花粉育性降低甚至败育。Amit shukla (1994) 对油菜的分析结果也发现,在两种基因中 CMS 比 WT 各种组织中 ABA 含量都高^[12]。我们的研究结果也发现,T 型细胞质雄性不育系其穗部 ABA 含量在小孢子发育各个时期明显较可育系要高,K 型不育系穗部 ABA 含量虽在花粉败育过程中的双核期较可育系稍高,但在单核期和花粉粒成熟期较可育系明显要高。可见,ABA 对小麦雄性不育的调控是不可忽视

的因子, 相对高含量的 ABA 在花粉败育中发挥重要作用。

参考文献

- [1] 黄厚哲等. 植物生长素亏损与雄性不育的发生. 厦门大学学报 (自然科学版), 1984, 23 (2): 82~87
- [2] 黄群策. 利用育性调节剂调节水稻核雄性不育性的设想. 杂交水稻, 19945: 42~43
- [3] 黄少白, 周燮. 水稻细胞质雄性不育与内源 GA_4 和 IAA 的关系. 华北农学报, 1994, 9 (3): 16~20
- [4] 李英贤, 张爱民. 植物雄性不育的激素调控研究进展. 中国农学通报, 1993, 25~28
- [5] 李英贤, 张爱民. 植物雄性不育的生理生化研究进展. 第二届农学学术年会论文集, 中国农业科技出版社, 315~321, 1995
- [6] 李英贤, 张爱民, 黄铁城. 小麦细胞质雄性不育与内源激素的关系. 农业生物技术学报, 1996, 4 (4): 307~313
- [7] 夏涛, 刘纪麟. 玉米细胞质雄性不育性 (CMS) 的激素调控机制. 北京农业大学学报, 1993, 19 (增刊): 17~22
- [8] 徐孟亮, 刘义芳, 等. 湖北光敏核不育水稻幼穗发育中 IAA 的变化. 华中农业大学学报, 1990, 9 (4): 381~386
- [9] 杨代常, 朱英国, 等. 内源激素对 HPGMR 育性转换和表达的调控作用. 武汉大学学报 (自然科学版), 1990, 2: 126~128
- [10] 张爱民, 李英贤. 小麦雄性不育激素调控的初步研究. 农业生物技术学报, 1996, 4 (1): 56~61
- [11] 张能刚. 三种内源酸性植物激素与农垦 58S 育性转换的关系. 南京农业大学学报, 1992, 15 (3): 7~12
- [12] Amit shukla and Sawhney V. K., Absciscic acid: one of the factors affecting male sterility in *Brassica napus*, *Physiologia Plantarum* 1994, 91: 522~528
- [13] Hannu Ahokas, Cytoplasmic male sterility in Barley, *Plant Physiol.* 1983, 69: 268~272
- [14] Hannu Ahokas, Cytoplasmic male sterility in barley: Evidence for the involvement of cytokinins in fertility restoration., *Proc. Natl. Acad. Sci.* 1982, 79: 7605~7608

Cytoplasm male sterility and the content of endogenous hormones of spike in Wheat (*Triticum aestivum* L.)

Zhang Aimin Wu Houxiong Li Yingxian

(Dept. of Plant Genetics & Breeding, China Agri. Uni., Beijing 100094)

Guo Xiaoli

(College of Biological Science, China Agri. Uni. Beijing 100094)

Abstract Changes of 5 kinds of endogenous hormones in cytoplasm male sterile (CMS) lines with T (*T. timopheevi*) and K (*Ae. kotschy*) cytoplasm respectively were studied during the course of pollen abortion. The contents of hormones in male sterile line T0002 (T-cms), restorer line 9019 and their hybrid F_1 were also analyzed. The purpose was to find out the mechanism of hormonal regulation of CMS in wheat. The results are followings: ① In comparison with their maintainer, the concentration of IAA, GA_4 and ZR was reduced in the spike of K-cms and T-cms in the process of pollen abortion. On the contrary, the level of DHZR and ABA was increased. ② Compared with prestorer and hybrid F_1 , IAA deficiency in the sterile line was compensated in the F_1 . The level of ZR in F_1 was reduced and was lower than sterile line and restorer line. The content of ABA in F_1 was lower than male sterile line but higher than restorer line. The content of DHZR was varied in different developing stage. At