

# 玉米籽粒发育与乙烯的释放<sup>①</sup>

张凤路<sup>②</sup> 赵明 王志敏 王树安  
(农学系)

赵久然 郭景伦  
(北京市农林科学院)

**摘要** 以顶端败育类型(3631)和非败育类型(0425)杂交种为材料,对其籽粒发育过程中乙烯释放量变化进行比较研究,结果表明,败育类型玉米果穗上部籽粒在授粉后0~8 d阶段,发育状况中部优于基部、更优于顶部,而乙烯释放量则表现出顶部>基部>中部。采取乙烯处理进行籽粒离体培养也证明乙烯不利于籽粒发育,是引起籽粒败育的一个重要因素。

**关键词** 玉米;籽粒发育;败育;乙烯

**中图分类号** S501

## Maize Kernel Development and Their Releasing of Ethylene

Zhang FengLu Zhao Ming Wang ZhiMin Wang Shuan  
(Dept. of Agronomy)

Zhao JiuRan Guo JingLun  
(Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences)

**Abstract** Comparative study have conducted by using two hybrids with or without kernel abortion in the field condition. Ethylene released by the kernel in the process of development was measured. The results indicated that the kernels on the ear top of the hybrid with high kernel abortion developed slowly during 0~8 d post-anthesis, and the amount of ethylene released is high; the state of kernel development in the same ear is as follow: the middle kernel is better than basal kernel, and the basal kernel is better than top kernel. The amount of ethylene released by the kernel at different position is as follow: top>basal>middle. In vitro cultural experiment treated with ethylene indicated that kernel development is affected by ethylene. Ethylene may play an important role in the kernel abortion.

**Key words** Maize; kernel development; abortion; ethylene

收稿日期: 1996-01-17

①国家攀登计划资助项目;北京市自然科学基金资助项目

②张凤路,北京圆明园西路2号中国农业大学(西校区),100094

对于玉米产量形成过程中籽粒发育的研究前人已做了大量工作,从同化物供给<sup>[1]</sup>、酶代谢<sup>[2]</sup>、激素<sup>[3]</sup>、营养物质的代谢<sup>[4,5]</sup>等多角度进行了生理学研究,特别是籽粒发育过程中发生的败育造成的产量降低引起了人们的重视。许多研究愈来愈证实,败育中激素起着重要的调控作用。Reed<sup>[4]</sup>通过遮光的方法比较了正常粒与败育粒内源激素的变化动态,认为在败育发生前后 ABA, ZR, IAA 的变化不足以说明败育的成因,推测败育可能与乙烯有关。Dill<sup>[6]</sup>发现在授粉受精过程中果穗会大量释放乙烯。Hanft<sup>[7]</sup>通过籽粒离体培养的方法,添加乙烯合成前体 ACC 可引起败育率增加。然而对不同类型杂交种籽粒发育过程(尤其是易发生败育的上部籽粒)的比较研究尚还缺乏,而这正是证明乙烯与籽粒发育关系的重要环节。为此,本文进行了这方面的探讨。

## 1 材料与方 法

本实验于 1995 年在中国农业大学科学园进行,采用杂交种 3631(秃尖类型)、0425(正常类型)为材料(均由中国农业大学玉米育种教研室提供)。大田 05-02 播种,正常管理。在吐丝前选株套雌穗,待花丝基本抽齐后统一去袋,人工辅助授粉。大田取样自授粉后 4 d 开始,每 4 d 一次,每次取 3~5 穗。以果穗中部 3~6 环籽粒为中部取样区,以穗顶起第 3~6 环籽粒为上部取样区。测定籽粒干、鲜重、体积及乙烯释放量。籽粒体积用排水法测定。乙烯释放量测定采用 10 mL 试管加胶塞密闭法,管内放入 10~15 个籽粒,在黑暗 25℃ 下放置 8~10 h 后采气。乙烯含量在 SQ-204 型气相色谱仪上测定。

籽粒离体培养采用 Gengenbach<sup>[8]</sup>的方法并稍加改进<sup>[3]</sup>。授粉后 4 d 将 3631 果穗取回,去除外层苞叶,按粒:轴=10:10 切取中部发育较为一致的果穗节片,用内盛 50 mL 培养基的 250 mL 三角瓶进行培养。瓶口用胶塞密封。用注射器将标准乙烯注入瓶内,使瓶内乙烯浓度分别达到 5, 10  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ ,以注空气瓶为对照。设 3 个重复。各处理籽粒培养 1 周后考察粒重和败育率(败育率=败育粒数/总粒数 $\times 100\%$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 果穗中部与顶部籽粒发育动态

比较 3631 和 0425 二杂交种中部和上部籽粒发育动态表明(图 1):中部正常籽粒发育状态在两杂交种间相差较小。粒重及籽粒体积都随生育进程而增加。0425 的粒重稍高于 3631。上部籽粒发育动态在二杂交种间有着明显差异。0425 上部粒虽比中部粒粒重及体积稍低,但保持了增长的趋势,而 3631 上部粒在授粉后第 4 d 即低于中部粒,到 8~12 d 出现萎缩,粒重及体积不再增加。

### 2.2 授粉后乙烯释放量变化

在授粉后不同时期取样测定了 3631, 0425 二杂交种籽粒乙烯释放量的变化(图 2)。3631 中部和上部籽粒单位鲜重的乙烯释放量随授粉后天数的增加而快速下降。0425 籽粒的乙烯释放量在前期明显低于 3631。0425 中部籽粒乙烯释放量亦呈快速下降趋势,但其顶部籽粒在授粉后第 8 d 稍有上升之后剧降。到授粉后 12 d,乙烯释放量仅相当于授粉后 4 d 的

9.4%~14.7%(图 2a)。

从单粒乙烯释放量上看(图 2b),二杂交种中部和顶部籽粒乙烯释放量在授粉后的前 8 d 都有上升趋势,到授粉后 12 d 剧减到 4 d 时的 36%~50%。在授粉后的 0~8 d,3631 各部位籽粒的乙烯释放量均高于 0425,只是 3631 的顶部籽粒在授粉后第 8 d 达峰值( $C_2H_4$  4.06nL/粒,24 h)后,逐渐萎缩、败育。推测在授粉后的 0~8 d 阶段较高的乙烯释放量与顶部籽粒败育有密切关系。

### 2.3 不同粒位籽粒乙烯释放量

在授粉后 10 d 分别取 0425, 3631 二杂交种具代表性果穗各二穗,选一行自穗基算起每 10 粒为一组,比较了各组乙烯释放量的变化(图 3)。二杂交种各粒组间乙烯释放量有相似的趋势,表现为上部>基部 >中部。3631 各粒位组籽粒乙烯释放量又高于 0425 各粒位。

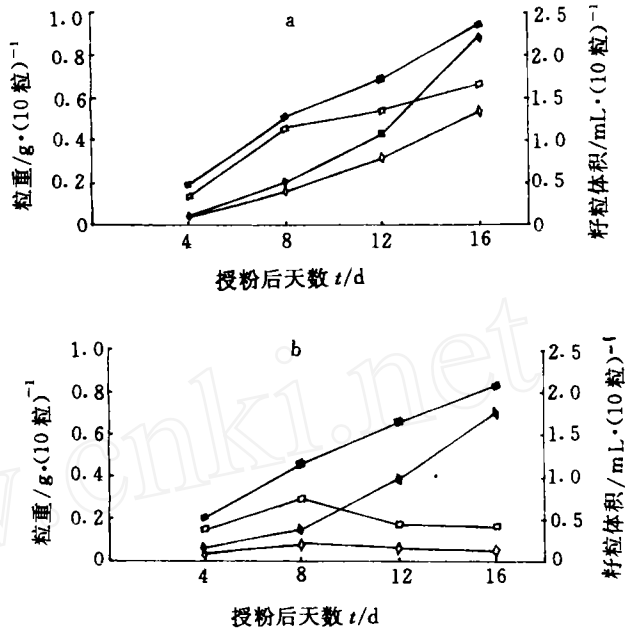


图 1 0425(a)、3631(b)粒重、体积变化动态  
◇:中部粒重   ◇:上部粒重   ■:中部粒体积   □:上部粒体积

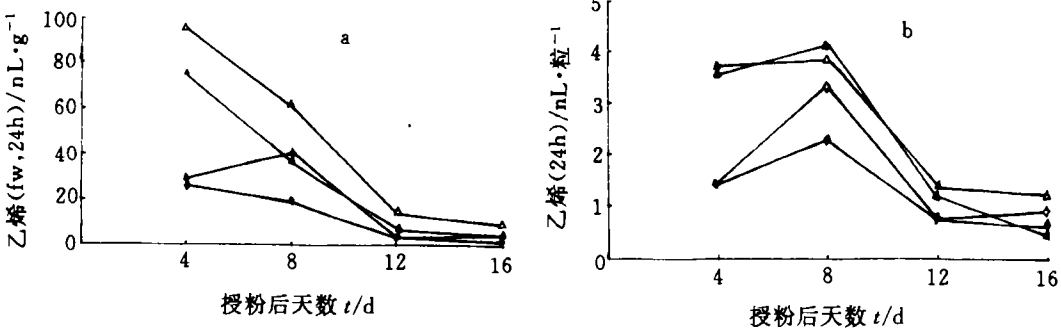


图 2 0425、3631 单位鲜重(a)、单位籽粒(b)乙烯释放动态  
◆:0425 中部粒   ◇:0425 上部粒   ▲:3631 中部粒   △:3631 上部粒

### 2.4 离体培养条件下乙烯对籽粒发育的影响

通过对培养瓶密封注气的方法探讨了乙烯对籽粒发育的影响(图 4),随着乙烯浓度增加,籽粒败育率提高。对照的籽粒败育率为 3.3%, $5 \mu L \cdot L^{-1}$  乙烯处理败育率为 13%, $10 \mu L \cdot L^{-1}$  乙烯处理下剧增到 26.7%。进一步考查不同处理条件下粒重可看出, $5 \mu L \cdot L^{-1}$  乙烯处

理单粒重由对照的 24.2 mg 降为 12.0 mg, 比对照降低 50.4%,  $10 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  乙烯处理单粒重为 10.8 mg, 比对照降低了 55.4%。很明显, 高浓度乙烯抑制了籽粒的正常发育, 造成了粒重降低、败育率增加。

### 3 讨论

目前国内外对败育粒的划分标准尚不一致。田海云<sup>[9]</sup>把败育粒划分为三类, 有早、中、晚败之说。王忠孝<sup>[10]</sup>根据种子发芽能力的有无及有无经济价值把败育粒分为二类, 即第一类败育粒(授粉后 4~12 d 败育)和第二类败育粒(授粉后 14~24 d 败育)。本研究发现 3631 果穗上部 3~6 环籽粒在授粉后 8~12 d 内逐渐萎缩, 干鲜重不再增加, 最终败育。此结果与王忠孝<sup>[10]</sup>及 Reed<sup>[4]</sup>的结论一致。此种败育粒归第一类败育粒。

比较正常类型(0425)与败育类型(3631)杂交种授粉后籽粒乙烯释放量动态发现(图 2), 同期乙烯释放量无论以鲜重还是以单粒计均是 3631 高于 0425。进一步观察同一果穗不同部位乙烯释放量可见, 基部和上部籽粒乙烯释放量高而中部则较低, 乙烯释放量的此种差异可能与籽粒败育有关。不同类型不同部位乙烯释放量差异的成因尚待进一步研究。

本实验通过籽粒离体培养方法发现乙烯确实对籽粒发育具有抑制作用(图 4)。但就败育类型与正常类型而言, 籽粒乙烯释放量在授粉后的 0~8 d 都达高峰(图 2), 0425 顶部籽粒乙烯释放量稍高于中部粒, 但仍是有经济价值的正常粒, 而 3631 上部粒则最终败育。这可能需从乙烯作用的阈值或不同类型间籽粒对乙烯的敏感性方面找原因。王纪华<sup>[3]</sup>发现败育粒在籽粒发育前期  $\text{GA}_3$  含量高而 ABA 含量低, 乙烯是否可抑制 ABA 值得研究。以后的研究应从乙烯与其它激素平衡及不同品种对乙烯敏感性方面进一步探讨乙烯与籽粒发育的关系。

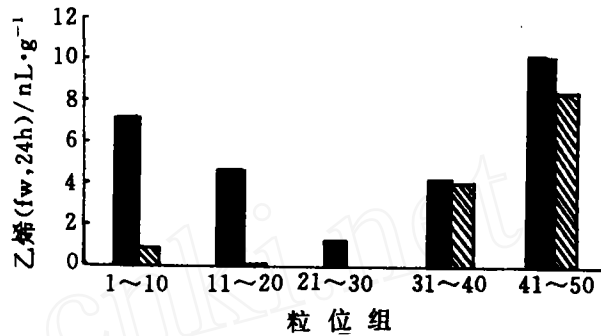


图 3 0425, 3631 不同粒位组乙烯释放量  
■, 3631 乙烯释放量 □, 0425 乙烯释放量

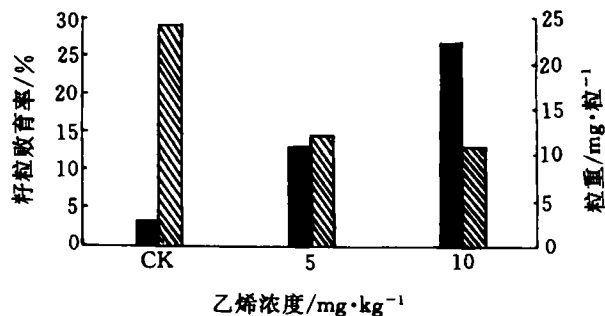


图 4 乙烯对籽粒败育率和粒重的影响  
■: 籽粒败育率 □: 粒重

## 参 考 文 献

- 1 林淑芬. 影响碳水化合物自玉米穗轴转移到籽粒因素之研究. 中华农业研究, 1993, 42(1): 19~29
- 2 高学曾等. 玉米正常粒和败育粒淀粉磷酸化酶、过氧化物酶活性及同工酶的比较. 植物生理学通讯, 1987, 4: 30~32
- 3 王纪华. 玉米籽粒败育机理及其发育调控研究. [博士学位论文], 北京农业大学. 1994
- 4 Reed A J. Roles of carbohydrate supply and phytohormones in maize kernel abortion. Plant Physiol, 1989, 91: 986~992
- 5 Yang SF. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. Ann Rev Plant physiol, 1984, 35: 155~184
- 6 Dill G. The presence of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid in corn pollen and the evolution of ethylene during pollination. Plant Physiol, 1987, 83: 96
- 7 Hanft J M. Effect of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid on maize kernel development in vitro. J Plant Growth Regulation, 1990, 9: 89~94
- 8 Gengenbach B G. Development of maize caryopses resulting from in vitro pollination. Planta, 1977, 134: 91~93
- 9 田海云等. 玉米籽粒发育过程及其与环境条件的关系. 吉林农业科学, 1981, 3: 22~26
- 10 王忠孝等. 关于玉米籽粒败育的研究. 中国农业科学, 1986, 6: 36~40