

γ 射线诱导马铃薯块茎的乙烯生成 及其抑芽效应的研究

焦新之 邱鸿滨 李琳 王伟君 倪晋山

(中国科学院上海植物生理研究所)

徐志成 刘仁忠

(中国科学院上海原子核研究所)

摘要 5~50 krad γ 射线明显抑制马铃薯块茎出芽, 10 krad 以上剂量可使马铃薯在常温下保藏 210 天以上。

马铃薯块茎在辐照后 2.5 小时内即可测出 γ 射线诱导释放累积的乙烯, 乙烯释放量随剂量加大而增加, 照后 7 小时达最大量, 随后下降, 到 48 小时消失。应用乙烯生物合成前体 Met、ACC 及抑制剂 AOA 的实验证明马铃薯块茎乙烯的产生是走蛋氨酸途径, γ 射线对此起激活作用。

1000 ppm 乙烯处理引起与 γ 射线相似的对马铃薯块茎呼吸的刺激作用和抑芽效应, 推论 γ 射线刺激产生的乙烯是 γ 射线抑制马铃薯块茎出芽的原初反应。

关键词 蛋氨酸途径; 前体; 辐照; 出芽。

引 言

^{60}Co γ 射线抑制马铃薯块茎出芽的明显效果, 已被用作马铃薯贮藏的一种新手段——辐照贮藏。国际上许多国家已将这一技术从实验阶段发展到商业化生产, 并已有二十个国家批准食用。我国从七十年代起也开展了这一方面的研究工作, 并取得良好的成效。 γ 射线抑制马铃薯块茎出芽效应的作用机理已有研究^[1~4], Ussuf 及 Nair 通过比较系统的工作提出 γ 射线抑制马铃薯块茎出芽的效应是由于射线干扰了马铃薯块茎芽体中 IAA 合成体系的活力, 刺激了 IAA 氧化酶活力, 导致芽体中 IAA 水平下降的缘故。我们的试验是对 γ 射线干扰马铃薯块茎芽体中 IAA 水平是否就是在生物学上 γ 射线抑芽作用的初始反应作进一步探讨, 在应用低剂量 γ 射线辐照马铃薯块茎, 观察到辐照后 2.5 小时内即可测出受激释放的乙烯, 同时测定了 γ 射线对呼吸及马铃薯块茎细胞膜透性的影响, 试验和讨论了受激乙烯生物学合成途径及它在抑芽效应中可能的作用。

材 料 与 方 法

试验用马铃薯系上海郊区农家品种, 收获后选用大小较匀的贮于 1°~3℃冷库备用, 所有辐照处理在收获后 1 月内进行。 ^{60}Co γ 辐照选用剂量为 5、10、50 Krad。辐照后选取完整马铃薯块茎以 1 kg 为一组, 置于 18 cm 真空干燥器中, 真空干燥器的抽气塞用装有盐水瓶塞的橡皮塞置换,

密闭2小时,用针筒通过盐水瓶塞取气样在上海分析仪器厂生产的102-G型气相色谱仪上测定乙烯释放量,用碱吸收法测定呼吸速率,细胞膜透性用组织块离子外渗引起溶液电导的变化表示,用 $\phi 10$ mm打孔器在马铃薯块茎上取样,切成2 mm薄片,置于100 ml烧杯中,加入50 ml去离子水,用DDS-2型电导仪测定5~15 min时间间隔溶液电导变化。

乙烯生物合成途径系用 $\phi 10 \times 5$ mm³组织切块为材料,每15片为一组,辐照前置于表中标明药物中浸2 min,取出用滤纸吸除多余的药液,放入100 ml三角瓶中,用盐水瓶塞封口,立即进行辐照处理,剂量为10、50 Krad。辐照后测定乙烯释放速率。

实 验 结 果

1. ^{60}Co γ 射线对马铃薯块茎乙烯生成的刺激作用

马铃薯块茎正常生理状态下不产生乙烯,在我们所用抑制薯块出芽剂量(5~10 Krad)范围的 γ 射线,都刺激马铃薯块茎产生乙烯(表1),照后2.5小时,即可测出容器中累积的乙烯,释放量随辐照剂量的加大而增加,照后7小时释放速率达最大值,随后下降,到48小时消失。

表1 γ 射线对马铃薯块茎乙烯生成的刺激作用

辐照剂量 (Krad)	辐照后时间(小时)[乙烯释放速率 $\times 10^{-7}$ g/小时、kg(鲜重)]			
	2.5	7	26	48
0	0	0	0	0
5	1.76	2.60	0.41	0
10	3.58	7.00	0.89	0
20	6.24	11.40	2.89	0
50	10.00	22.40	3.23	0

2. ^{60}Co γ 射线对马铃薯块茎呼吸的影响

γ 射线刺激马铃薯块茎的呼吸,情况在表2中示出。与刺激乙烯生成相似亦有随剂量加大呼吸加强的趋势,但其效应持续时间长,辐照剂量愈大,作用的消失时间愈长。

表2 γ 射线对马铃薯块茎呼吸的刺激作用

辐照剂量 (Krad)	辐照后的时间(单位:小时,相对刺激强度为对照%)					
	3	16	24	48	72	120
0	100	100	100	100	100	100
5	134	509	420	253	189	146
10	192	509	447	265	204	154
20	225	538	500	312	250	234
50	284	834	750	450	343	254

3. γ 射线对马铃薯块茎细胞膜透性的作用

表3示出辐照后7小时马铃薯块茎组织切片离子外渗引起的溶液电导变化情况,表明在我们使用的辐照剂量范围内,对细胞膜没有引起可察觉的影响。

表3 γ 射线对马铃薯块茎组织切片离子外渗引起的溶液电导变化

辐照剂量(Krad)	0	5	10	20	50
溶液电导变化[$\mu\text{U/g(F.W)} \times 10 \text{ min}$]	3.47	3.20	3.27	3.24	3.31

表 4 Met、ACC 及 AOA 渗入对 γ 射线引起马铃薯块茎组织切片乙烯生成的效应*

辐照剂量 (Krad)	乙烯释放速率 [$\times 10^{-2}$ g/kg(F.W).小时]			
	—	1 mM Met	1 mM ACC	1000 ppm AOA
0	0	0.99	4.50	0
10	4.87	7.82	15.20	0
50	11.00	16.80	19.20	0

* 辐照后 3 小时测定。

4. Met、ACC 及 AOA 对 γ 射线引起的马铃薯块茎组织切片产生乙烯的效应

乙烯生物合成的前体蛋氨酸 (Met) 及合成途径中间产物 1-氨基环丙烷-1-羧酸 (ACC) 的加入, 显著增加了 γ 射线刺激产生乙烯的释放量, ACC 是合成乙烯的直接前体, 它的促进效应大于 Met。乙烯生物合成抑制剂氨基氧代乙酸 (AOA) 完全抑制 γ 射线刺激乙烯生成的效应。

5. 乙烯处理对马铃薯块茎呼吸的刺激效应及抑制出芽的效果

应用 1000 ppm 乙烯气体处理马铃薯块茎 12 小时, 观察到它对马铃薯块茎的呼吸的刺激作用类似于 γ 射线的辐照刺激。

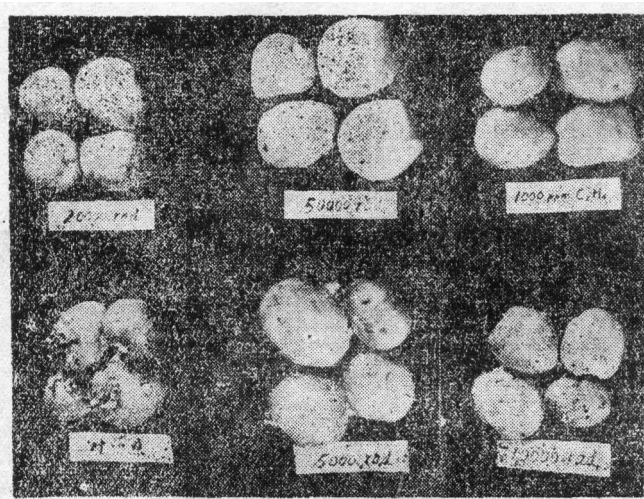


图 1 γ 射线与 1000 ppm 乙烯处理对马铃薯块茎的抑芽效应
1983 年 6 月 2 日处理, 9 月 6 日拍照, 放置于 25℃ 恒温室中。

在乙烯处理后测定马铃薯块茎的呼吸强度, 在 3 小时后即可测得其呼吸作用加强, 在 16 小时左右也达到最大值, 以后渐趋减弱, 其刺激效应同 γ 辐照的刺激效应相似。

经 1000 ppm 乙烯处理过的马铃薯块茎放置在 25℃ 的恒温室中, 放置近一百天, 只发现个别样品有少量芽头, 其抑芽情况同 5 Krad γ 辐照作用相类似 (见图 1)。

讨 论

我们的试验结果指出: 5~50 Krad 剂量的 γ 射线辐照都可有效地抑制马铃薯块茎出芽。经 10 Krad 辐照的马铃薯块茎在常温下可保藏 210 天以上。Thomas(1969)^[5] 提出芽的生长受芽体中 IAA (吲哚乙酸) 水平的控制, 器官中的 IAA 水平总是以动态库存在, 以保持一恒定水平。Ussuf 及 Nair 通过一系列的实验^[1~4, 6], 证明 γ 射线是通过干扰芽体中 IAA 水平起作用的, 他们用 10 Krad 剂量处理马铃薯块茎芽体中色氨酸途径的 IAA 合成体系的活力, 在辐照后 6 小时开始下降, 同时 IAA 氧化酶系统的活力大大增加^[4], 造成芽体中 IAA 亏缺, 抑制芽体生长。而在我们的实验中, 乙烯也表现出抑制马铃薯块茎的生长的作用。经 γ 射线辐照后 2.5 小时内即能测出马铃薯块茎受激产生累积在容器中的乙烯, 表明乙烯在辐照后就已经产生并在容器中累积, 我们推测它是因 γ 射线刺激而产生的。Ussuf 等(1971)的实验表明: 经 γ 射线辐照后 6 小时内 IAA 合成体

系的活力不仅没有降低,而且稍有提高,到 6 小时以后由于蛋白水解酶的作用才开始下降。因此,说明 γ 射线对乙烯生成的刺激作用要先于它对芽体 IAA 水平的影响。而且,乙烯在植物生长发育过程中的作用经常与 IAA 相反,例如 IAA 促进伸长生长而乙烯抑制它^[7]。已有乙烯降低植物器官中 IAA 水平的报道^[8-10],有人也研究了乙烯对色氨酸转变为 IAA 的效应^[9]观察到乙烯处理抑制了体内的这种转变。曾推测乙烯可通过控制体内 IAA 生物合成来调节器官中 IAA 水平。根据我们试验中乙烯对马铃薯块茎呼吸的刺激作用与 γ 射线引起的作用相似的结果,我们推论 γ 射线抑制马铃薯块茎出芽是通过激发乙烯的产生,从而降低芽体 IAA 水平达到的,乙烯可能是 γ 射线抑芽作用的原初反应。

乙烯在植物体内正常的生物合成途径已为 Yang 等阐明^[11]: $\text{Met} \rightarrow \text{SAM} \rightarrow \text{ACC} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4$ 。然而,在某些非正常生理状态下,乙烯可以从有双键的烃类化合物,例如亚麻酸(细胞膜组成成分)产生^[12],这往往在细胞受损伤时发生。从我们测定细胞膜透性变化的结果看(表 3),所用的 γ 射线剂量没有损伤细胞膜。乙烯的蛋氨酸合成途径的前体 Met,及中间产物 ACC 的加入,明显地促进了 γ 射线刺激马铃薯组织切片产生乙烯的效应,并表现出辐照剂量加大乙烯产生量增加趋势,乙烯合成的直接前体生成的乙烯量大于 Met,以及乙烯生物合成抑制剂 AOA^[12] 完全抑制了 γ 射线的效应,这些结果表明马铃薯块茎中存在着处于钝化状态的产生乙烯的蛋氨酸合成途径, γ 射线诱导马铃薯块茎产生乙烯是激活这一途径的结果。

参 考 文 献

- [1] K. K. Ussuf, P. M. Nair *Photochem.*, 10, 929~937 (1971).
- [2] H. N. Ananthaswamy, K. K. Ussuf, P. M. Nair, U. K. Vakil, A. Sreenivason, *Radiat. Res. Rev.*, 3, 429~445 (1972).
- [3] P. M. Nair, *FEBS Lett.*, 30, 61~84 (1973).
- [4] K. K. Ussuf, P. M. Nair, *Radiation Bot.*, 14, 251~256 (1974).
- [5] T. H. Thomas, *J. Exp. Bot.*, 20, 124~139 (1969).
- [6] K. K. Ussuf, P. M. Nair, *J. Agr. Food Sci.*, 20, 282~285 (1972).
- [7] F. B. Abeles, *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 23, 259~292 (1972).
- [8] C. H. Wang, A. Persyn, J. Krackov, *Nature.*, 195, 1306~1308 (1962).
- [9] J. G. Valdovinos, L. C. Ernest, E. W. Henry, *Plant Physiol.*, 42, 1803~1806 (1967).
- [10] S. P. Burg, A. Apelbaum, *Hortscience.*, 6, 1359~1364 (1971).
- [11] S. F. Yang, *Hortscience.*, 15, 238~242 (1980).
- [12] L. W. Mapson, *Endeavour.*, 29, 29~33 (1970).

(1984 年 3 月 14 日收到)

INDUCED ETHYLENE GENERATION IN POTATO TUBERS BY GAMMA RAY AND ITS EFFECT ON INHIBITING SPROUTS

Jiao Xinzhi Qui Hongbin Li Lin Wang Weijun Ni Jinshan

(*Shanghai Institute of Plant Physiology, Academia Sinica*)

Xu Zhicheng Liu Renzhong

(*Institute of Nuclear Research, Academia Sinica*)

ABSTRACT 5~50 Krad γ -irradiation obviously inhibits the sprouting of potato tubers, a dosage above 10 Krad can protect potato tubers from sprouting for more than 210 days at room temperature.

In 2.5 hours after radiating potato tubers the induced release of the ethylene can be detected. The released ethylene enhances with the increase of the dosage and in 7 hours of radiation reaches the maximum value, then reduces, and ceases in 48 hours. The experiment with the precursors of ethylene Met, ACC and the inhibitor AOA proves that the generation of ethylene in potato tubers is done by the Methionine-Path which is activated by γ -ray.

1000 ppm ethylene stimulates the respiration and inhibits the sprouting of potato tubers in the way similar to the γ -ray activation. A deduction is made that the ethylene induced by γ -ray is the primary reaction of the γ -ray inhibition on the sprouting in potato tubers.

KEY WORDS Methionine-Path; Precursor; Radiation; Sprout.