

质膜氧化还原系统在植物伸长生长中的作用

曹翠玲¹ 李妮亚² 吕金印² 雷建菊¹

(1西北农业大学基础科学系, 2实验中心, 陕西杨陵 712100)

摘要 以大豆下胚轴切段为材料,研究了质膜氧化还原系统对其伸长生长的作用,结果表明, NADH氧化酶活性与大豆下胚轴伸长生长相关性极显著 ($R=0.94, P=0.01$),而 NADH-Fe(CN)₆³⁻氧化还原酶活性与其相关性不显著。大豆下胚轴伸长生长最快的第一切段,其 NADH氧化酶活性最高。第一切段的伸长生长及 NADH氧化酶对 IAA 均有明显的正负反应。IAA 促进 NADH氧化酶活性,生长延缓剂 B₉对第一切段的伸长生长及 NADH氧化酶活性有抑制作用。

关键词 质膜氧化还原系统,伸长生长,大豆下胚轴

中图分类号 Q945.31, Q945.32, S565.101

自 Novak 和 Ivankina^[1]发现质膜氧化还原系统以来,人们对质膜氧化还原系统在植物生长发育中的作用,作了广泛的研究。越来越多的证据表明,植物细胞质膜上的氧化还原系统与细胞的许多重要生理功能,如溶质吸收、生长控制等密切相关^[2]。关于质膜氧化还原系统在植物细胞伸长生长中的作用国外虽有研究,但国内尚无报道。本文以大豆下胚轴为材料,初步探讨了质膜氧化还原系统在大豆下胚轴伸长生长中的作用。

1 材料与方法

大豆 (*Glycin max.* L)种子由西北农业大学农学系提供。经挑选的种子在流水中浸泡以后,置于 28℃ 温箱中使其萌发。选取萌发一致的种子栽种于湿润的蛭石中,使其在 30℃ 暗中生长 4 d。选取 6 cm 左右的黄化幼苗,从弯钩下 3 mm 处依次向下切取 1 cm 长切段。每 10 个相应切段为一组,置于培养液(据文献^[6],稍加修改,其中含: 5 mmol/L 磷酸缓冲液, pH 7.0; 25 mmol/L 蔗糖,含或不含 NADH, IAA, B₉等)暗中 30℃ 培养 10 h 后,测量切段长度。每组设 3 次平行测定。

切段 NADH 氧化速率测定: 测定 10 h 前后培养液在 340 nm 处消光系数的变化,以 1.0 mmol/L NADH 的消光系数为 6.23 计算被氧化的 NADH 量^[3]。

NADH-Fe(CN)₆³⁻ 氧化还原速率测定: 方法同 NADH 氧化速率的测定。以被氧化的 NADH 量作为 NADH-Fe(CN)₆³⁻ 氧化还原之量。

2 实验结果

2.1 不同切段氧化还原活性的变化

由表可以看出,在外源 NADH 存在时,大豆下胚轴 NADH 氧化酶活性从第一切段

收稿日期 1996-11-14

课题来源 农业部“八五”应用基础研究资助项目,西北农业大学青年科学基金项目

作者简介 曹翠玲,女,1966年生,讲师,硕士

到第六切段依次降低; 与其相应切段的伸长量逐渐减小: 第一切段伸长量最大, 第二段次之, 第三切段稍有伸长, 第四切段已基本停止伸长, 第五、六切段已停止伸长。这表明 NADH 氧化酶在下胚轴伸长生长中具有一定的作用。

表 1 大豆下胚轴伸长量及氧化还原活性的变化

切段	NADH 氧化酶 (nmol/g·h)	切段伸长 ($\mu\text{m}/\text{h}$)	NADH-Fe(CN) $_6^{3-}$ 氧化还原酶 (nmol/g·h)	切段伸长 ($\mu\text{m}/\text{h}$)
1	103.10 \pm 2.3	194 \pm 10	192.69 \pm 3.45	130 \pm 12
2	101.00 \pm 2.5	108 \pm 10	195.02 \pm 4.54	90 \pm 8
3	78.89 \pm 5.8	42 \pm 8	204.19 \pm 2.91	60 \pm 8
4	74.44 \pm 0.22	8 \pm 5	188.00 \pm 3.78	10 \pm 0
5	68.6 \pm 1.38	0 \pm 0	173.8 \pm 1.47	0 \pm 0
6	65.69 \pm 1.34	0 \pm 0	126.60 \pm 14.39	0 \pm 0
相应性		$R = 0.94^*$		$R = 0.58$

注: 切段顺序是从子叶下 3 mm 处依次向下排列, 以下同。

表还表明, 在外源 NADH 及 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 同时存在时, 大豆下胚轴伸长生长量依然是第一切段最大, 第二切段次之, 第三切段稍有伸长, 第四至六切段已停止。但其相应切段的 NADH-Fe(CN) $_6^{3-}$ 氧化还原酶活性是前段高于后段。

2.2 第一切段生长及其氧化还原活性对 IAA 的反应

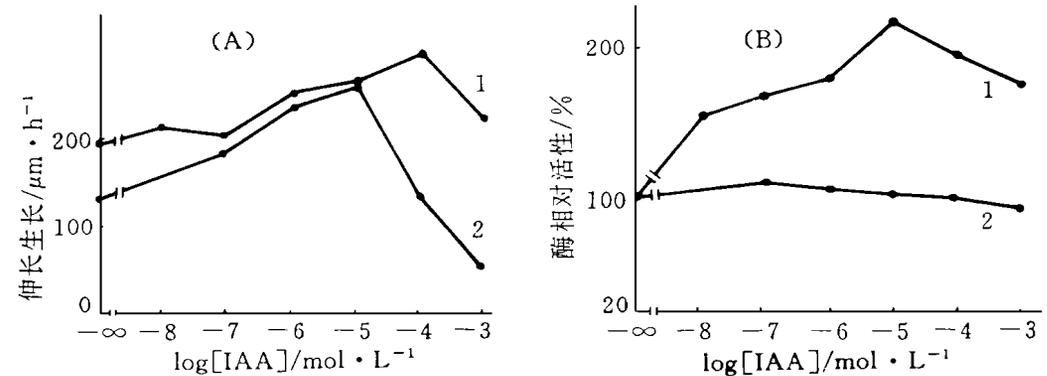


图 1 大豆下胚轴第一切段生长 (A) 和氧化还原活性 (B) 对 IAA 的反应

(A): 1. 加 NADH, 2. 加 NADH-Fe(CN) $_6^{3-}$; (B): 1. NADH 氧化酶; 2. NADH-Fe(CN) $_6^{3-}$ 氧化还原酶

图 1(B) 表明, 下胚轴第一切段的 NADH 氧化酶活性对 IAA 有明显的正负反应, 即: IAA 浓度由 10 nmol/L 升至 10^{μ} mol/L 时, 其 NADH 氧化酶活性逐渐升高, 在 10^{μ} mol/L 时达到最大值, 以后随 IAA 浓度增大, NADH 氧化酶活性逐渐降低。比较图 1(A) 和 (B) 可以看出, 下胚轴第一切段的 NADH 氧化酶对 IAA 的反应平行于其伸长生长对 IAA 的反应, 只是伸长生长所需最适 IAA 的浓度是 NADH 氧化酶所需最适浓度的 10 倍。此结果还表明: IAA 促进 NADH 氧化酶活性。这与 Morre^[4] 之结果相似。

图还表明, 在外源 NADH, $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 同时存在时, 下胚轴的伸长生长对 IAA 仍然有正负反应, 但是其 NADH-Fe(CN) $_6^{3-}$ 氧化还原酶对 IAA 却无正负反应。因此, NADH-

$\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$ 氧化还原酶在伸长生长中的作用可能比较小

2.3 IAA对不同切段 NADH氧化酶及其生长的影响

由表 2 可见,当外源 NADH 与 IAA (10^{-5} mol/L) 同时存在时,大豆下胚轴 NADH 氧化酶活性仍然是由第一切段到第六切段依次降低;其伸长生长量也是次第变小。表 2 还表明,随着细胞的分化成熟,质膜 NADH 氧化酶活性降低,说明细胞质膜 NADH 氧化酶在细胞的生长中可能具有重要作用。

表 2 IAA 对大豆下胚轴 NADH 氧化酶活性及其生长的影响

切段	NADH 氧化酶活性 ($\text{nmol/g} \cdot \text{h}$)	切段伸长量 ($\mu\text{m/h}$)
1	145.76 ± 5.60	272 ± 22
2	136.16 ± 3.21	180 ± 28
3	134.67 ± 5.30	68 ± 6
4	121.31 ± 2.97	50 ± 10
5	116.17 ± 1.85	20 ± 0
6	98.23 ± 4.13	20 ± 0
相关系数		0.82^*

注: IAA 浓度为 10^{-5} mol/L 。

2.4 B₉对第一切段 NADH 氧化酶及生长的影响

图 3 表明,生长延缓剂 B₉ 既抑制了下胚轴的伸长生长又抑制下胚轴的 NADH 氧化酶活性。B₉ 抑制 NADH 氧化酶的最适浓度是 $1 \mu\text{mol/L}$; 在 B₉ 浓度为 $10 \text{ nmol/L} \sim 0.1 \text{ mmol/L}$ 内, B₉ 抑制生长的最适浓度是 $0.1 \mu\text{mol/L}$, 当 B₉ 浓度升至 1 mmol/L , 对生长的抑制再次增强。

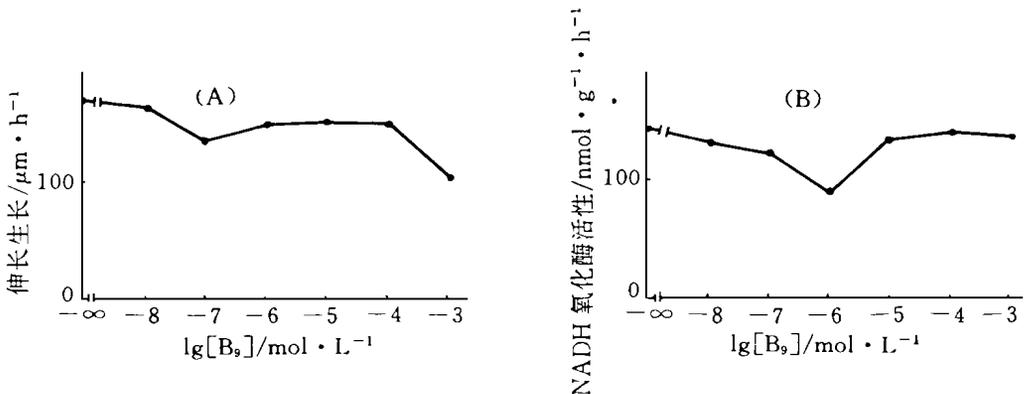


图 3 B₉对大豆下胚轴第一切段生长和 NADH 氧化酶的影响

(A) 伸长生长; (B) NADH 氧化酶

3 讨论

氧化还原酶广泛存在于植物细胞质膜上,前人的实验结果表明^[5-7],植物细胞外表面的 NADH 氧化酶能够氧化外源 NADH。本文结果也证实了这一点。

据研究,在植物伸长生长最迅速的部位,质膜氧化还原活性最高^[8]。本文与其结果基

本一致: 大豆下胚轴伸长生长最迅速的第一切段, 其 NADH 氧化酶活性最高。外源 IAA 存在时, 也是如此。伸长生长极明显的前三个切段, 其 NADH-Fe(CN)₆³⁻ 氧化还原酶活性明显高于生长已趋停止的后三个切段。因此, 在植物细胞的伸长生长中, 质膜氧化还原系统特别是 NADH 氧化酶可能起着极重要的作用。

在动物细胞中, 质膜电子传递对激素的反应已有了较广泛的研究。在植物细胞中的实验结果表明^[4]: 生长素类对 NADH-Fe(CN)₆³⁻ 氧化还原酶活性无作用; 而质膜外侧的 NADH 氧化酶对生长素有较强烈的反应; 生长素对 NADH 氧化酶的作用平行于生长素对伸长生长的作用; IAA 促进 NADH 氧化酶活性, 本文结果与此一致。作者推测, IAA 之所以能促进细胞的伸长生长, 极有可能是 IAA 不但刺激了与 PM 键合的 H⁺-ATPase^[9], 而且同时也刺激了与 PM 键合的 PM 氧化还原系统, 在两个能化系统的共同作用下, 质子外泌, 质子在细胞壁中降低氢键的结合程度, 或者提高壁酶的活性, 从而使壁发生松弛, 引起细胞的伸长生长^[9]。

为了进一步证实质膜 NADH 氧化酶与延伸生长的关系, 作者曾测试了生长延缓剂 B 对 NADH 氧化酶与延伸生长的影响。结果表明: B 对大豆下胚轴 NADH 氧化酶活性的抑制, 基本上平行于其对生长的抑制。此结果进一步表明: 植物细胞的延伸生长与质膜氧化还原系统可能有着极密切的关系。关于细胞延伸生长与 H⁺-ATPase、PM 氧化还原系统及 IAA 等的关系还需要做进一步的深入研究。

参 考 文 献

- 1 Novak V A, Ivankina N G. Nature of electrogenesis and ion transport in plant cells. Dokl Biophys, 1978, 242 1229
- 2 邱泽生, 张 力, 杨志伟. 植物细胞质膜氧化还原系统. 植物生理学通讯, 1993(4): 306~ 314
- 3 曹翠玲, 高俊凤. 小麦根质膜氧化还原系统及其对水分胁迫的反应. 植物生理学通讯, 1996, 32(2): 106~ 109
- 4 Morre D J, Andrew O, Brightman Liao-Ying W et al. Role of plasma membrane redox activities in elongation growth in plants. Physiol Plant, 1988, 73 187~ 193
- 5 Lin W. Isolation of NADH oxidation system from the plasmalemma of corn root protoplasts. Plant Physiol, 1982, 70 326~ 328
- 6 Kochain L, Lucas W J. Potassium transport in corn roots. Plant Physiol, 1985, 77 429~ 436
- 7 Rubinstein B, Stern A I, Stout R G. Redox activity at the surface of oat root cells. Plant Physiol, 1984, 76 386 ~ 391
- 8 Qui Z-S, Rubinstein B, Stern A I. Evidence for electron transport across plasma membrane of Zea mays root cells. Physiol Plant, 1985, 80 805~ 811
- 9 黄祥辉. 植物细胞的延长生长. 植物生理学通讯, 1984(2): 6~ 11

Roles of Plasma Membrane Redox System in Elongation Growth of Plants

Cao Cuiling¹ Li Niya² Lu Jinyin² Lei Jianju¹

(1 Department of Basic Science, 2 The Central Lab, Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract The activities of NADH oxidase and elongation growth of soybean hypocotyl were remarkably interrelated. The segment which had most rapid elongation rate also presented the greatest activity of NADH oxidase of soybean hypocotyl. The NADH oxidase and the elongation growth of the first segment had both positive and negative responses to IAA as well. IAA stimulated the activity of NADH oxidase. Growth-delayer-B₉ inhibited both the NADH oxidase and the elongation growth of soybean hypocotyl.

Key words plasma membrane redox system, elongation growth, soybean hypocotyl

我校喜获水利部 1996年度科技进步一等奖

由我校水建学院康绍忠教授主持的科技成果“农田水分微循环规律及其节水调控原理的研究”荣获水利部 1996年度科技进步一等奖。本年度水利部授奖共 87 项,而一等奖仅 42 项。

该项研究是水利部水利水电科学基金资助项目,是现代水科学、土壤物理学、农田生态学等学科的前沿课题。现已公开发表学术论文 17 篇,出版了“SPAC 水分传输理论及其应用”专著 1 本。这项研究结果揭示了农田水分微循环的动态性质,建立了水分微循环的动力学模式,探讨了农田节水调控中的理论问题,在理论上有较大创新,居国际先进水平,而且其系统性和完整性在国内外所仅见,形成了鲜明的特色和较完整的研究体系。所发表的论著已被国内外广为引用,效果很好,对促进水利科学的进步以及今后该领域的研究和节水农业实践均会产生重要作用。

(罗永娟 供稿)