

两种植物生长调节剂浸种对大豆根系解剖结构的影响

冯乃杰^{1,2,3}, 阎秀峰^{1,*}, 郑殿峰^{3,*}, 刘冰³

¹东北林业大学博士后科研流动站, 哈尔滨 150086; ²大庆高新技术产业开发区博士后科研工作站, 黑龙江大庆 163316; ³黑龙江八一农垦大学农学院化控研究室, 黑龙江大庆 163319

摘要: 在砂培框栽条件下, 研究植物生长调节剂 2-N,N-二乙氨基乙基己酸酯(DTA-6)和烯效唑(S₃₃₀₇)浸种对大豆‘垦农4号’根系生长的调控效应, 并比较不同浓度条件下两种植物生长调节剂对大豆根系的显微结构及超微结构的影响。结果表明, 50 mg·L⁻¹ DTA-6和0.4 mg·L⁻¹ S₃₃₀₇浸种后中柱鞘直径、根系木质部及韧皮部截面积均增加, 线粒体及淀粉质体等结构清晰, 线粒体、淀粉质体、质体数量丰富; 而其他浸种处理对根细胞发育的上述指标的调控效果不显著。综合分析表明, 50 mg·L⁻¹ DTA-6和0.4 mg·L⁻¹ S₃₃₀₇浸种有利于大豆根系的生长发育。

关键词: 大豆根系; 植物生长调节剂; 解剖结构

Effect of PGRs Seed Soaking on Anatomical Structure in Soybean Root

FENG Nai-Jie^{1,2,3}, YAN Xiu-Feng^{1,*}, ZHENG Dian-Feng^{3,*}, LIU Bing³

¹Postdoctoral Research Station, Northeast Forestry University, Harbin 150086, China; ²Postdoctoral Research Working Station of Daqing Hi Tech Industry Development Zone, Daqing, Heilongjiang 163316, China; ³Crop Regulation Laboratory, College of Agronomy, Heilongjiang August First Land Reclamation University, Daqing, Heilongjiang 163319, China

Abstract: In pot cultivation condition, the effects of seed soaking with two plant growth regulators, 2-diethylaminoethyl hexanoate (DTA-6) and uniconazole (S₃₃₀₇), were investigated on the root growth of soybean (*Glycine max*) cultivar ‘Kennong 4’. The effects of plant growth regulators on anatomical microstructure and ultrastructure in soybean root were also compared. The results showed that treatments with 50 mg·L⁻¹ DTA-6 or with 0.4 mg·L⁻¹ S₃₃₀₇ could increase diameter of pericycle, and sectional area of xylem and phloem. The structures of chondriosome and amyloplasts in cell were clear, and the numbers of chondriosome, amyloplasts and plastids were numerous. Other treatments did not have significant effects on these indexes. Detailed synthetic analyses suggested that 50 mg·L⁻¹ DTA-6 and 0.4 mg·L⁻¹ S₃₃₀₇ were beneficial to soybean root growth.

Key words: soybean root; plant growth regulator (PGR); anatomical structure

栽培作物根系显微及超微结构的研究已开展研究多年, 以往研究主要针对营养元素和环境胁迫引起的形态结构变化方面(李学湛 1998; 张秋芳等 2008; 俞慧娜等 2009; 封克等 2006; 杨晓青等 2007; 刘胜群和宋凤斌 2007), 关于植物生长调节剂浸种引起大豆根系形态解剖结构变化的报道较少。植物的解剖结构特征是稳定的, 保守的, 并与植物的生理功能相适应的(王勋陵 1989; 张桂茹等 2002)。深入研究调节剂对大豆根系形态解剖学性状的影响, 对进一步揭示化控技术的调控机理具有重要的意义。为此, 本文用 2 种安全高效的植物生长调节剂, 对其浸种引起的根建成期大豆根系解剖结构变化作了观察, 现报道如下。

材料与方法

试验材料为本校培育的大豆[*Glycine max* (L.) Merrill] 品种‘垦农4号’, 于 2008 年在本校试验基地进行, 大豆幼苗采用框栽砂培的方式培养。共设 3 个框栽培槽, 培养槽大小为 1.5 m×10 m×0.2 m。播种株距和行距均为 5 cm, 处理间距为 10 cm。

收稿 2010-04-14 修订 2010-06-04

资助 国家科技支撑计划(2006BAD21B01)、国家教育部博士点基金联合资助项目(20070223002)、黑龙江省“十一五”科技攻关项目(GA06B101-1-1)和黑龙江省博士后基金资助项目(LRB08-626)。

* 共同通讯作者(E-mail: xfyang@nefu.edu.cn, zdffnj@263.net; Tel: 0451-82190015, 0459-6819175)。

在框栽培槽内, 处理和对照随机排列, 每种处理进行3次重复。

播种前用植物生长调节剂浸种, 以清水浸种为对照(CK), 植物生长调节剂分别为2-N,N-二乙氨基乙基己酸酯(DTA-6)和烯效唑(S₃₃₀₇)。其中 DTA-6 设 25、50 和 100 mg·L⁻¹ 3 个浓度(文中分别用 D25、D50 和 D100 表示), 烯效唑设 0.1、0.2 和 0.4 mg·L⁻¹ 3 个浓度(文中分别用 S0.1、S0.2 和 S0.4 表示), 浸种时间均为 24 h。上述调节剂的浓度设定均参照预备试验(预备试验中发现烯效唑浸种浓度超过 0.4 mg·L⁻¹ 大豆不能萌发, 因此本试验烯效唑应用的最大浓度为 0.4 mg·L⁻¹)。

采用石蜡切片法制作显微切片(林加涵等 2002)。于浸种后 10、14、16 和 20 d 自根毛区切取长约 5 mm 的切段, 立即用 FAA 标准固定液固定, 用常规的石蜡切片法制片, 用快速处理仪(北京中科实业集团公司医电技术分公司制造)进行脱水-浸蜡处理, 切片厚度为 10 μm, 干燥去蜡后, 用番红-固绿二重整染方法, 中性树胶封片, OLYMPUSBH-2 型植物显微成像分析系统对切片进行显微结构分析, 主要观测根系中柱鞘直径、导管数目、木质部和韧皮部截面积。

采用透射电镜样品制备方法制作电镜切片。于浸种后 10、14 和 20 d 自根毛区及根尖分生区处切取长约 5 mm 的切段, 取后先在 2% 戊二醛固定液中, 再置于 4 °C 冰箱中固定 48 h, 经 0.1 mol·L⁻¹ 磷酸缓冲液冲洗 3 次, 用 2% 锇酸固定 2 h, 磷酸缓冲液冲洗 3 次, 乙醇梯度脱水, E-pon 812 包埋剂包埋, LKB-V 型超薄切片机切片, 醋酸双氧铀、柠檬酸铅双重染色, 在 H-7650 透射电镜下观察并拍片, 观察线粒体、质体和淀粉质体。

结果与讨论

1 植物生长调节剂对大豆根系中柱鞘直径的影响

中柱鞘位于中柱外围, 紧接内皮层, 由一层或几层薄壁细胞组成。细胞壁薄, 排列紧密, 它直接与原生韧皮部和原生木质部接触, 并能够在原生木质部木质化之前就被分开。中柱鞘细胞保持着潜在的分生组织特性。如表 1 所示, 随着浸种时间的延长, 处理和对照大豆根系中柱鞘直径呈增加趋势。各 DTA-6 处理均增加了各取样时期中柱鞘直

表 1 不同植物生长调节剂浸种对大豆根系中柱鞘直径的影响

Table 1 Effects of different PGRs on the diameter of the pericycle in soybean roots

处理	中柱鞘直径/μm			
	10 d	14 d	16 d	20 d
CK	699.40 ^{cB}	761.45 ^{deCD}	891.54 ^{deCD}	930.92 ^{dD}
D25	722.22 ^{bcB}	774.47 ^{cdCD}	930.04 ^{cdCD}	1 127.90 ^{bcBCD}
D50	703.16 ^{cB}	834.57 ^{bcB}	1 139.47 ^{bB}	1 424.13 ^{aA}
D100	895.57 ^{aA}	901.10 ^{bB}	1 335.05 ^{aA}	1 378.89 ^{aAB}
S0.1	720.82 ^{bcB}	723.09 ^{deD}	827.12 ^{dD}	1 050.18 ^{cdCD}
S0.2	673.60 ^{cB}	699.97 ^{eD}	963.50 ^{cdC}	1 298.66 ^{abABC}
S0.4	816.58 ^{abAB}	1 055.87 ^{aA}	994.62 ^{cC}	1 052.57 ^{cdCD}

同一列大小写字母分别表示差异达 0.01 和 0.05 水平显著, 表 2 同。

径。浸种后 10 d 的调控趋势为 D100>D25>D50>CK, 浸种后 14 d 和 16 d 表现为 D100>D50>D25>CK, 到浸种后 20 d 表现为 D50>D100>D25>CK。浸种后 20 d 时 D50 和 D100 与 CK 的差异均达到极显著水平。不同浓度 S₃₃₀₇ 对中柱鞘直径调控效果差别较大。在浸种后 10、14、16 和 20 d, 各浓度 S₃₃₀₇ 对中柱鞘直径调控效果分别为 S0.4>S0.1>CK>S0.2、S0.4>CK>S0.1>S0.2、S0.4>S0.2>CK>S0.1 和 S0.2>S0.4>S0.1>CK。方差分析可以看出, 浸种后 20 d, D50 和 S0.2 处理的根系中柱鞘直径均极显著高于 CK。可见, 适宜浓度的调节剂浸种能够增加中柱鞘直径, 有利于根系的生长发育, 这与以往在新银合欢植物上的研究结果一致(刘厚芬和蔡耀垣 1983)。

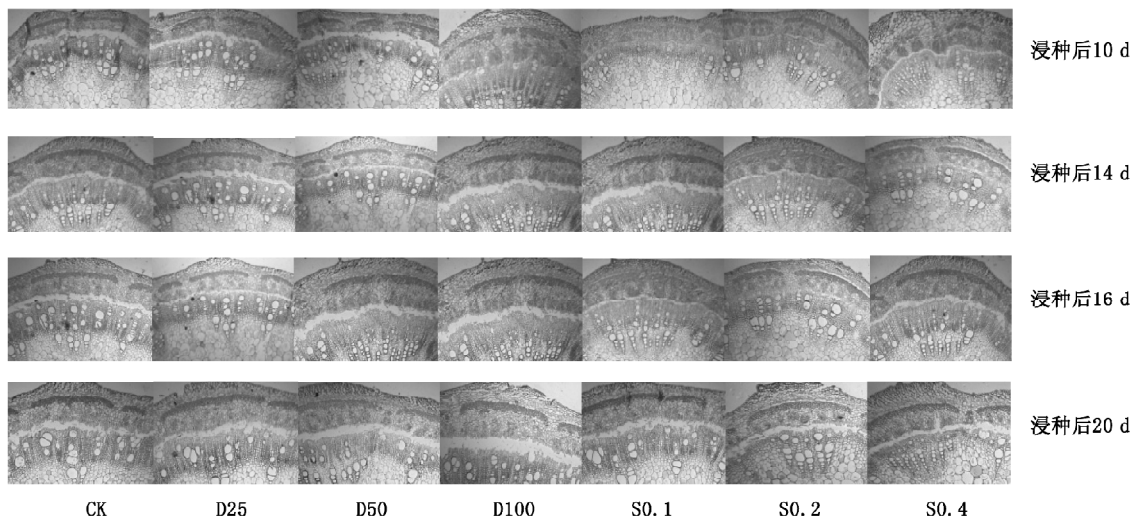
2 植物生长调节剂对大豆根系输导组织显微结构的影响

分析表 2 和图 1 可知, 不同处理大豆根系维管束中木质部导管的数目依次为 S0.1>S0.4>D50>D100>S0.2>D25>CK, 而木质部截面积与导管数目的变化趋势不同, 即表现为 S0.4>D50>S0.1>CK>S0.2>D25>D100。虽然处理的导管数目均大于对照, 但 S0.2、D25 和 D100 导管口直径大小变化不大, 且导管木质部截面积小于 CK, 说明髓部细胞占木质部面积较小, 尚未完全被导管取代, 输水能力较低。另外, 各处理的韧皮部截面积依序为 D50>S0.4>D25>D100>CK>S0.1>S0.2。综合分析可知,

表2 不同调节剂处理对大豆根系显微结构的影响

Table 2 Microscopic structure of soybean roots after different PGRs treatments

处理	木质部导管数目/个	木质部截面积/ μm^2	韧皮部截面积/ μm^2
CK	16.86 ^{dD}	312 557.85 ^{abA}	225 943.34 ^{abcA}
D25	19.29 ^{cC}	264 073.25 ^{bA}	268 826.28 ^{abA}
D50	22.66 ^{abAB}	355 522.41 ^{abA}	293 364.91 ^{aA}
D100	22.44 ^{bAB}	248 597.83 ^{bA}	242 676.26 ^{abcA}
S0.1	24.10 ^{aA}	315 566.24 ^{abA}	189 197.57 ^{bcA}
S0.2	21.81 ^{bB}	265 857.76 ^{bA}	168 637.18 ^{cA}
S0.4	23.17 ^{abAB}	427 103.28 ^{aA}	291 287.52 ^{aA}

图1 不同处理大豆根系显微解剖结构特征($\times 40$)Fig.1 Microstructure anatomical characters of soybean roots after different treatments ($\times 40$)

D50 和 S0.4 处理的维管束发育较好。

以往研究表明, 维管束发育的好坏直接影响着植物体对水分、养分和光合产物的运输, 也决定作物的产量(Aloni 1987; Sachs 1981)。本试验结果表明: S0.1和D50明显促进了导管数目的增加, D50和S0.4对木质部和韧皮部面积的增加起促进作用, 这与以往应用植物生长物质对茎部维管组织分化的调控相一致(冯乃杰等 2009)。由此可见, 适宜浓度的调节剂浸种有利于大豆根系维管组织的分化, 利于根系内含物质的运输。

3 植物生长调节剂对大豆根系超微结构的影响

如表3所示, 调节剂浸种调控了根毛区细胞的超微结构。浸种后 10 d, 处理的根毛区单个细胞的线粒体、质体和淀粉质体均有所增加(S0.2 处理除外)。浸种后 14 d, 各处理均降低了线粒体数, 增

加了质体数目(S0.2 处理除外), S0.2 和 S0.4 处理增加了淀粉质体, 而其他处理降低了淀粉质体数目。浸种后 20 d, 处理增加了单个细胞的线粒体数目(S0.2 处理除外), 除了 S0.1 处理细胞质体数目低于 CK 外, 处理的根毛区细胞质体数目和淀粉质体数目均不低于对照。

如表4所示, 调节剂浸种后根尖区细胞的超微结构发生了一定的变化。浸种后 10 d, 不同处理均增加了单个细胞的线粒体数目, S0.1和S0.2增加了质体数目, D25和S0.2处理增加了淀粉质体的数目。浸种后 14 d, S0.1 和 S0.2 增加了线粒体数目, 其他处理降低了线粒体数目, D50增加了质体数目, D25和D50增加了淀粉质体, 而其他处理降低了淀粉质体数目。浸种后 20 d, S0.1 和 S0.2 增加了线粒体数目, D25、D50、S0.2 和 S0.4 均增加了质

表3 不同调节剂处理对大豆根毛区超微结构的影响

Table 3 Ultrastructure of soybean root hair zone after different PGRs treatments

浸种后时间/d	处理	线粒体数目/个·细胞 ⁻¹	质体数目/个·细胞 ⁻¹	淀粉质体数目/个·细胞 ⁻¹
10	CK	3.00 ^{cAB}	2.33 ^{bB}	2.33 ^{bB}
	D25	3.33 ^{cAB}	2.67 ^{bAB}	2.67 ^{bAB}
	D50	5.33 ^{aA}	3.67 ^{abAB}	3.67 ^{abAB}
	D100	4.00 ^{abAB}	3.00 ^{bAB}	3.00 ^{bAB}
	S0.1	3.33 ^{cAB}	6.00 ^{aA}	6.00 ^{aA}
	S0.2	2.00 ^{cB}	1.33 ^{bB}	1.33 ^{bB}
	S0.4	4.00 ^{abAB}	2.67 ^{bAB}	2.67 ^{bAB}
14	CK	5.67 ^{aA}	2.33 ^{bB}	2.00 ^{aA}
	D25	2.67 ^{abA}	2.67 ^{bAB}	1.33 ^{aA}
	D50	3.67 ^{abA}	3.67 ^{abAB}	1.67 ^{aA}
	D100	3.00 ^{abA}	3.00 ^{bAB}	1.00 ^{aA}
	S0.1	1.67 ^{bA}	6.00 ^{aA}	2.00 ^{aA}
	S0.2	4.67 ^{abA}	1.33 ^{bB}	2.67 ^{aA}
	S0.4	3.33 ^{abA}	2.67 ^{bAB}	2.33 ^{aA}
20	CK	2.33 ^{bB}	1.67 ^{bB}	1.33 ^{aA}
	D25	2.67 ^{bAB}	1.67 ^{bB}	1.67 ^{aA}
	D50	3.67 ^{abAB}	3.00 ^{bB}	1.33 ^{aA}
	D100	3.00 ^{bAB}	1.67 ^{bB}	1.67 ^{aA}
	S0.1	6.00 ^{aA}	1.33 ^{bB}	1.67 ^{aA}
	S0.2	1.33 ^{bB}	1.67 ^{bB}	2.00 ^{aA}
	S0.4	2.67 ^{bAB}	5.67 ^{aA}	2.33 ^{aA}

同列中同一浸种时间数据后不同大小字母表示差异达0.01和0.05水平显著,表4同。

表4 不同调节剂处理对大豆根尖区超微结构的影响

Table 4 Ultrastructure of soybean root tip after different PGRs treatments

浸种后时间/d	处理	线粒体数目/个·细胞 ⁻¹	质体数目/个·细胞 ⁻¹	淀粉质体数目/个·细胞 ⁻¹
10	CK	1.33 ^{bB}	1.33 ^{bB}	2.33 ^{abA}
	D25	3.33 ^{aAB}	1.33 ^{bB}	3.67 ^{aA}
	D50	4.00 ^{aA}	1.00 ^{bB}	1.67 ^{bA}
	D100	6.00 ^{aA}	1.00 ^{bB}	1.33 ^{bA}
	S0.1	1.67 ^{bB}	1.67 ^{bB}	1.67 ^{bA}
	S0.2	2.67 ^{bAB}	4.00 ^{aA}	3.67 ^{aA}
	S0.4	4.00 ^{aA}	1.33 ^{bB}	1.33 ^{bA}
14	CK	1.33 ^{bB}	3.00 ^{abAB}	2.00 ^{bcAB}
	D25	1.33 ^{bB}	3.00 ^{abAB}	3.00 ^{abAB}
	D50	1.00 ^{bB}	4.00 ^{aA}	4.33 ^{aA}
	D100	1.00 ^{bB}	1.33 ^{bB}	1.00 ^{cB}
	S0.1	1.67 ^{bB}	1.67 ^{bB}	1.33 ^{bcB}
	S0.2	4.00 ^{aA}	1.33 ^{bB}	1.67 ^{bcB}
	S0.4	1.33 ^{bB}	1.67 ^{bB}	2.67 ^{abcAB}
20	CK	1.33 ^{bB}	2.00 ^{bA}	1.67 ^{bB}
	D25	1.33 ^{bB}	3.67 ^{aA}	2.67 ^{bAB}
	D50	1.00 ^{bB}	3.00 ^{abA}	5.33 ^{aA}
	D100	1.00 ^{bB}	1.67 ^{bA}	3.00 ^{bAB}
	S0.1	1.67 ^{bB}	1.67 ^{bA}	1.67 ^{bB}
	S0.2	4.00 ^{aA}	3.33 ^{abA}	3.67 ^{abAB}
	S0.4	1.33 ^{bB}	4.00 ^{aA}	2.33 ^{bB}

体数目, 除 S0.1 处理外, 其它处理的根尖细胞淀粉质体数目均高于对照。

大豆根系细胞含丰富的内含物, 包括线粒体及淀粉粒和质体等。杨茂成等(1997)对秋水仙素诱导的野生大豆根尖观察发现, 细胞中的质体、液泡、内质网在状态、布局 and 数量上发生很大变化, 细胞不再具有分生特征而进入分化状态。从表

3、表4可以看出, 调节剂浸种后 10 d 根毛区和根尖细胞线粒体数目增加, 从而增强了根系的呼吸作用, 通过呼吸代谢能够为根系发育提供充足的物质和能量。浸种后 20 d 淀粉质体数目增加, 可以看出调节剂浸种利于根细胞的分化和形成。观察图 2、图 3 可以看出, 浸种后 20 d, 调节剂处理的根系细胞具有较丰富的细胞内含物, 其线粒体、质体

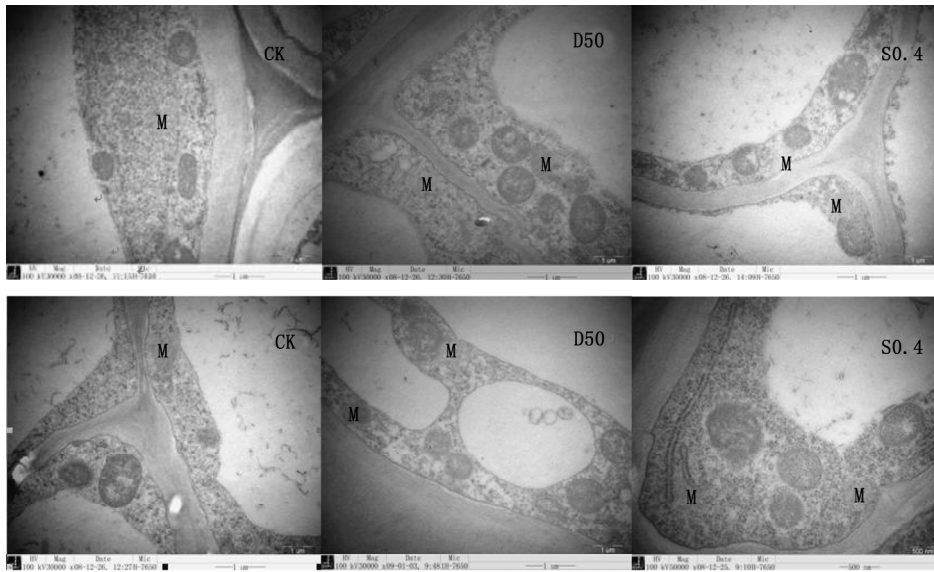


图2 调节剂对根尖(上)和根毛区(下)细胞内线粒体(M)分布的影响(浸种后 20 d, ×30 000)

Fig.2 Effect of PGRs on mitochondria distribution of root tip (above) and root hair zone (below) (20 days after treatment, ×30 000)

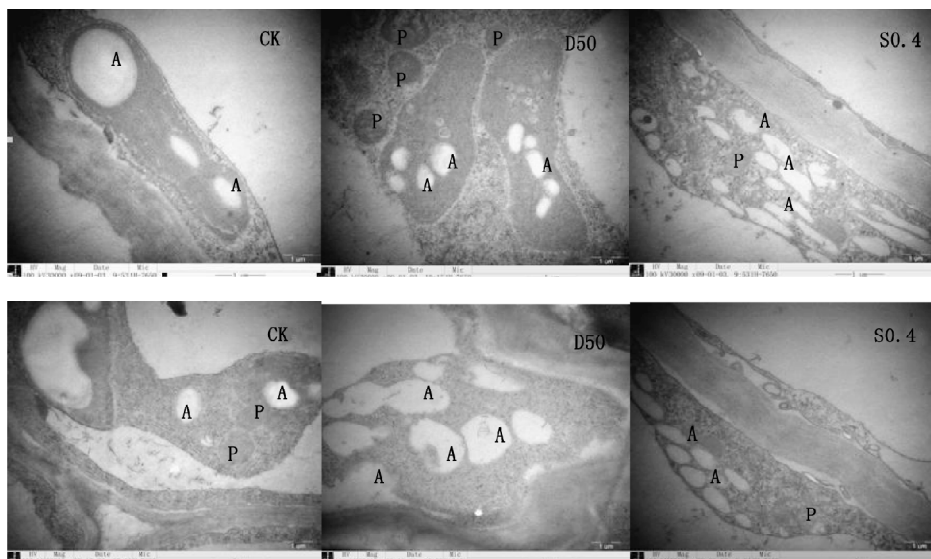


图3 调节剂对根尖(上)和根毛区(下)细胞内质体(P)和淀粉质体(A)分布的影响(浸种后 20 d, ×30 000)

Fig.3 Effect of PGRs on plastid and amyloplast distribution of root tip (above) and root hair zone (below) (20 days after treatment, ×30 000)

及淀粉质体较对照丰富, 并且结构明显而且清晰。可见调节剂浸种后对大豆解剖结构的调控与前人应用秋水仙素在野生大豆上的研究结论相一致。

综合分析可以得出, 适宜浓度的调节剂能够促进根系分生细胞加速转向分化, 从而引起根系解剖结构及根细胞超微结构的变化, 进而促进了根系形态建成。有关调节剂对大豆根系建成的调控机理, 今后还应从分子水平进一步研究探讨。

参考文献

- 封克, 司江英, 汪晓丽, 盛海君(2006). 不同水分条件下水稻根解剖结构的比较分析. 植物营养与肥料学报, 12 (3): 346~351
- 冯乃杰, 郑殿峰, 刘冰, 张玉先, 杜吉到, 梁喜龙(2009). 三种植物生长物质对大豆叶茎解剖结构的影响. 植物生理学通讯, 45 (4): 351~354
- 李学湛(1998). 渍水条件下不同抗性大豆根组织细胞结构的观察研究. 大豆科学, 17 (3): 276~279.
- 林加涵, 魏文铃, 彭宣宪主编(2002). 现代生物学实验. 北京: 高等教育出版社, 70~82
- 刘厚芬, 蔡耀垣(1983). 几种生长调节剂诱发新银合欢下胚轴生根的比较解剖. 植物生理学通讯, (2): 32~35
- 刘胜群, 宋凤斌(2007). 不同耐旱性玉米根系解剖结构比较研究. 干旱地区农业研究, 25 (2): 86~91
- 王勋陵(1989). 植物形态结构与环境. 兰州: 兰州大学出版社, 149~152
- 杨茂成, 丛斌, 赵建华, 张丕方(1997). 秋水仙素诱导的野生大豆根尖细胞超微结构变化. 武汉植物学研究, 15 (1): 15~18
- 杨晓青, 张岁岐, 刘小芳, 慕自新(2007). 不同抗旱型冬小麦品种根系水力导度与解剖结构的关系. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 35 (8): 160~164
- 俞慧娜, 刘鹏, 徐根娣, 蔡妙珍(2009). 铝胁迫下大豆根尖细胞铝的微区分布与耐铝性分析. 作物学报, 35 (4): 695~703
- 张桂茹, 杜维广, 满为群, 李桂芹, 桂明珠, 王学东, 戈巧英, 郝乃斌(2002). 不同光合特性大豆叶的比较解剖研究. 植物学通报, 19 (2): 208~214
- 张秋芳, 彭嘉桂, 林琼, 章明清(2008). 硫素营养胁迫对水稻根系和叶片超微结构的影响. 土壤, 40 (1): 106~109
- Aloni R (1987). Differentiation of vascular tissues. *Annu Rev Plant Physiol*, 38: 179~204
- Sachs T (1981). The control of patterned differentiation of vascular tissues. *Adv Bot Res*, 9: 151~262