

尿素、IBA 和羊粪对苹果幼树新根的诱导与调控

杨洪强, 接玉玲, 黄天栋, 束怀瑞

(山东农业大学园艺系, 泰安 271018)

摘要: 以新植苹果(*Malus pumila* Mill/*Malus hupehensis* Rhed)幼树为材料, 研究了植物生长物质和肥料对果树新根(吸收根和延长根)的诱导效应。结果表明, 尿素、IBA 和羊粪不论单用与合用均增加新根总数、提高根系活力、改变吸收根/延长根数量比值。其中尿素主要增加延长根数量, 降低根/冠比。IBA 明显促进延长根加长生长, 提高根/冠比。羊粪主要增加吸收根数量, 提高吸收根/延长根数量比值, 使新根分枝增多、鲜重增加、延长根加粗。尿素与羊粪合用, 增加根鲜重但降低根/冠比值。IBA 与羊粪合用提高吸收根/延长根数量比值, 增加根鲜重, 但对根/冠比值没有明显影响, 因而地上地下生长均衡。

关键词: 尿素; IBA; 羊粪; 苹果; 根系

中图分类号: S661.1; S606.2 文献标识码: A 文章编号: 0578-1752(2001)01-0051-05

The Induction of Root Formation by Urea, IBA and Sheep Dung in Young Apple Tree

YANG Hong-qiang, JIE Yu-ling, HUANG Tian-dong, SHU Hua-ru

(Horticulture Department of Shandong Agriculture University, Taian 271018)

Abstract: The effect of plant growth substance and fertilizer on root formation was studied in new planted apple tree (*Malus pumila* Mill/*Malus hupehensis* Rhed). The results indicated that urea and IBA and sheep dung all increased the total number and activity of new roots and changed the ratio of absorbing root to extensive root obviously. Urea increased the number of extensive root and decreased the ratio of root to shoot mostly. IBA lengthened the extensive root and increased the ratio of root to shoot obviously. Sheep dung increased the number of absorbing root and increased the ratio of absorbing root to extensive root, divided new root into many branches, increased the fresh weight of root and thicken extensive root. The fresh weight of root increased and the ratio of root to shoot declined after urea added to sheep dung. After IBA added to sheep dung, both the ratio of absorbing root to extensive root and root fresh weight was increased and the ratio of root to shoot had no change obviously.

Key words: Urea; IBA; Sheep dung; Apple; Roots

苹果根系有延长根和吸收根之分, 这是果树在特定的遗传背景下适应环境的结果。不同类型的根功能不同, 对土壤环境的反应也有差异。延长根能够进行延长生长, 主要用于扩大根系的分布范围; 吸收根短小, 群体成网状, 以吸收合成为主, 在有机肥丰富的区域比较集中^[1]。而且这两类根对地上部也有不同的影响, 往往延长根多的树, 长枝多, 易旺长; 吸收根多的树, 短枝多, 易结果^[2]。因此, 通过一定的发

根诱导措施, 在增加果树新根总量的同时, 对延长根与吸收根的比例进行适当调控, 不仅能够改善矿质元素吸收, 对调节果树营养生长与生殖生长的关系也有重要意义, 但由于工作难度和研究方法的限制, 多年来果树根系研究进展缓慢, 延长根和吸收根的比例关系也未引起研究者和生产者的足够重视。植物生长素类(如 IBA 等)能够促进插条生根^[3], 对果树矿质元素含量也有明显影响^[4]; 施肥是最基本的

收稿日期: 2000-05-16

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(39600102)

作者简介: 杨洪强(1965-), 男, 山东泗水人, 副教授, 博士, 主要从事果树根系与激素研究

生产措施,生长物质与肥料共用在生产上有广阔的前景,但生长素类与有机物料的合用效果人们还不清楚,它们对果树根系的影响也不甚了解。为此,本文拟以新植苹果幼树为试材,探讨延长根和吸收根对土施尿素、IBA 和羊粪的反应,期望对果树乃至其它作物的施肥研究能起到有益作用。

1 材料与方 法

1.1 材料与处理

试验于 1995 和 1996 年春进行,试验材料为生长一致的盆栽二年生新红星苹果(*Malus pumila* Mill),砧木为湖北海棠(*Malus hupehensis* Rhed),盆直径 40cm,深 35cm,3 月中旬定植时处理。

1.1.1 施肥处理 沙质壤土与粉碎的羊粪等量混匀做盆土,沙质壤土与 15g/盆尿素混匀做盆土,在沙质壤土与粉碎的羊粪等量混合的基质中每盆混以 15g 尿素。对照仅以沙质壤土做盆土。定植后均浇足水。

1.1.2 生长素处理 沙质壤土与粉碎的羊粪等量混匀做盆土,定植后浇水 1000ml/盆;盆土为沙质壤土,定植后盆施 100 μ g/g 的 IBA 水溶液 1000ml;沙质壤土与粉碎的羊粪等量混合,定植后盆施 100 μ g/g 的 IBA 水溶液 1000ml。对照仅以沙质壤土做盆土,定植后浇水 1000ml/盆。以上处理采用单株小区,重复 6 次,第 40 天和第 90 天取样调查。

1.2 延长根与吸收根的区分方法

延长根和吸收根在冰水中拣出,两类根的区分方法参照文献[1,2](延长根指长度大于 0.5cm,呈“豆芽状”的白根;吸收根指长度小于 0.5cm,群体成网状,2~3 周更新一次的白根)。

1.3 测定方法

根系活力用脱氢酶活性表示,采用 TTC 法测定^[5];活跃吸收面积百分数用甲烯兰法测定^[5]。

2 结果与分析

2.1 尿素和羊粪对新根的影响

由表 1 可知,处理后 40d 羊粪增加了吸收根数量,提高了吸收根数/延长根数比值,使延长根直径和长度增大,但直径/长度比无明显变化,延长根形态没有受到明显影响。尿素使延长根数量增加,吸收根数/延长根数比值降低,延长根直径增大,直径/长度比值明显增加,因而延长根显得粗短。羊粪与尿素混用后,吸收根和延长根数量增加,其它指标(吸收根数/延长根数比值、延长根直径和长度及直径/长度比值)无明显变化。处理 90d 后,羊粪使吸收根数量更多,吸收根数/延长根数比值进一步提高,延长根加粗变短,分枝增多;尿素仅使新根总数略有增加,其它指标变化不大;羊粪与尿素混用,除延长根总数增加外,根系其它性状与羊粪单独施用 时相似。

表 1 尿素和羊粪对苹果幼树白色新根的影响

Table 1 Effect of urea and sheep dung on the white roots of apple tree

处理 Treatments	处理后天数 Days after treatment							
	40				90			
	羊粪 Sheep dung	尿素 Urea	羊粪+ 尿素 Sheep dung+ urea	对照 CK	羊粪 Sheep dung	尿素 Urea	羊粪+ 尿素 Sheep dung+ urea	对照 CK
吸收根数(条/株) Number of absorbing roots(number/plant)	89*	68	71*	60	4765**	3072	3821*	2123
延长根数(条/株) Number of extensive roots(number/plant)	30	35*	36*	27	98	145*	153*	108
吸收根数/延长根数 Number of roots absorbing/extensive	2.97*	1.94*	1.97	2.22	48.6**	21.2	25*	19.7
延长根直径(mm) Diameter of extensive roots	0.58*	0.56*	0.52	0.49	1.09*	0.94	1.03*	0.97
延长根长度(cm) Length of extensive roots	4.0*	2.8	3.0	3.1	4.8*	6.0	4.5*	6.08
延长根直径 \times 100/长度 Diameter \times 100/length of extensive roots	14.5	20.0*	17.3	16.1	22.7**	15.6	22.8**	16.0

** 经 t 检验,与对照相比差异极显著; * 经 t 检验,与对照相比差异显著。下同

** means the best significant difference; * means significant difference compared with control by student test. The same as below

比较羊粪和尿素的效果, 可见两者虽然均能增加新根数量, 但羊粪的作用主要在于增加吸收根数, 提高吸收根数/延长根数比值, 增加根系侧分枝, 40d 内使延长根加粗加长, 90d 后加粗变短, 根系密集; 尿素的作用主要在于增加延长根数量, 40d 以内降低吸收根数/延长根数比值, 使延长根加粗变短, 90d 后延长根个体与对照无明显差异, 但根系整体显得松散。

2.2 尿素和羊粪对根系活力的影响

根系活力常用脱氢酶活性和活跃吸收百分数表示^[5], 脱氢酶是植物生理生化代谢过程中的一类重要酶, 其活性可作为代谢强度的指标, 而根系主动吸收与其代谢强度密切相关, 因此, 脱氢酶活性高低反应了根系主动吸收能力的强弱。表 2 显示, 尿素和羊粪均明显提高了根系脱氢酶活性, 这说明施肥不仅给植物提供所需元素, 同时也能提高根系主动吸收的能力。

表 2 尿素和羊粪对苹果幼树根系活力的影响

Table 2 Effect of urea and sheep dung on the activity of apple roots

处理 Treatments	处理后天数 Days after treatment							
	40				90			
	羊粪 Sheep dung	尿素 Urea	羊粪+ 尿素 Sheep dung+ urea	对照 CK	羊粪 Sheep dung	尿素 Urea	羊粪+ 尿素 Sheep dung+ urea	对照 CK
脱氢酶活性 Dehydrogenase activity ($\mu\text{gTTC} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$)	98.7*	89.9*	98.3*	76.8	117.6**	93.5*	104.5*	83.2
活跃吸收面积百分数 Activity absorbing area percentage(%)	47.2*	42.7	45.5	43.2	50.3*	45.3	48.9	45.7

IBA 与羊粪合用, 新根数量、吸收根/延长根数量比值、延长根直径和长度均增加, 其中新根数量在各处理中最高, 延长根直径和长度介于单用 IBA 与单用羊粪之间, 而延长根的形态特征(延长根直径/长度的比值)与对照无明显差异。羊粪使延长根加粗变短, IBA 使根系显得细长, 两者合用后延长根长而粗但直径/长度的比值不变, 处理后 90d 效果更突出。

IBA 单用及与羊粪合用均提高根系脱氢酶的活性, 合用效果介于两者单用之间(表 3), 作用特点与尿素对根系活力的影响相似(表 2)。

2.4 尿素、IBA 和羊粪对根鲜重和根/冠比的影响

当年生根鲜重反应了新根的生长量, 根/冠比体

活跃吸收面积百分数通过测定根系表面积求得, 它与根系的被动吸收有更密切的关系。表 2 显示, 羊粪明显提高了根系活跃吸收面积百分数, 而尿素没有明显效果。由此可见, 羊粪不仅提高根系主动吸收的能力, 也明显提高根系被动吸收的能力, 尿素仅能提高根系的代谢强度, 而对被动吸收没有明显影响。羊粪极显著提高吸收根数量(表 1), 吸收根细小、比表面积大, 羊粪明显提高根系活跃吸收面积百分数当与此有关。

2.3 IBA 和羊粪对苹果幼树新根的影响

IBA 不仅促进插条生根^[3], 直接用于完整植株也显著增加新根数量。由表 3 可见, IBA 处理后 40d 和 90d, 吸收根和延长根数均大量增加, 其中吸收根数量增加幅度更大, 以致吸收根与延长根的数量比值显著高于对照。同时 IBA 明显促进延长根的加长生长, 而对其直径没有明显影响, 使根系显得细长(延长根直径/长度低于对照)。

现了地上地下的关系。由表 4 知, 羊粪明显提高了当年生根鲜重及其与多年生根鲜重的比值, 而对多年生根鲜重及根/冠比没有明显影响, 这表明羊粪能促进地上地下的均衡生长。尿素降低了根/冠比值, 而对根鲜重没有明显影响, 可见尿素的作用主要在于促进地上部的生长。羊粪与尿素合用, 增加根鲜重但降低根/冠比值, 表明两者合用不仅促进根系生长, 同时更强烈地促进了地上部的生长。

IBA 单独使用提高了当年生根鲜重及根/冠比值, 明显促进了根系生长。与羊粪合用仅提高了当年生根鲜重, 对根/冠比值没有明显影响, 但当年生根鲜重增加最高, 这说明 IBA 与羊粪合用能显著促进地上地下的均衡生长。

表 3 IBA 和羊粪对苹果幼树新根的影响

Table 3 Effect of IBA and sheep dung on new roots of apple tree

处理 Treatments	处理后天数 Days after treatment							
	40				90			
	羊粪 Sheep dung	吲哚丁酸 IBA	羊粪+ IBA Sheep dung+ IBA	对照 CK	羊粪 Sheep dung	吲哚丁酸 IBA	羊粪+ IBA Sheep dung+ IBA	对照 CK
吸收根数(条/株) Number of absorbing roots(number/plant)	93*	124*	135*	62	4856*	5088**	5120**	2238
延长根数(条/株) Number of extensive roots(number/plant)	31	42*	40*	28	101	145*	150*	111
吸收根数/延长根数 Number of roots absorbing/extensive	3.0*	2.95*	3.37*	2.22	48.1**	35.1*	34.6*	20.1
延长根直径(mm) Diameter of extensive roots	0.61*	0.53	0.60*	0.50	1.10*	0.96	1.08*	0.98
延长根长度(cm) Length of extensive roots	4.2*	4.8*	4.3*	3.2	5.0*	8.2*	7.0*	6.1
延长根直径×100/长度 Diameter×100/length of extensive roots	14.5	11.0*	13.9	15.7	20.2*	11.7*	15.4	16.1
脱氢酶活性 Dehydrogenase activity ($\mu\text{gTTC}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$)	98.4*	108.1*	103.2*	77.1	118.3*	128.9*	126.5*	84.6

表 4 处理 90d 后根鲜重及根/冠比的变化

Table 4 Change of root fresh weight and the ratio of root to shoot on the 90th day treated

处理 Treatments	当年生根鲜重(g/株) Currently growing root fresh weight	多年生根鲜重(g/株) Perennial growing root fresh weight	当年生/多年生根鲜重比值 The ratio of root fresh weight of currently to perennial	根/冠比 The ratio of root to shoot
羊粪 Sheep dung	77.8**	118.4	0.65**	0.51
尿素 Urea	52.6	124.0	0.43	0.45*
羊粪+ 尿素 Sheep dung+ urea	67.4*	120.8	0.55*	0.47*
对照 Control	57.0	117.2	0.49	0.50
羊粪+ 吲哚丁酸 Sheep dung+ IBA	84.2**	122.4	0.69**	0.51
吲哚丁酸 IBA	75.6**	121.6	0.62**	0.56*

3 讨论

吸收根和延长根虽然都是白色新根,但它们在功能上不能完全相互替代^[1]。根系调查时常发现,短枝多、结果量大的树吸收根也多,生长偏旺、结果少的树则延长根多^[1,6],因此,在生产上单纯追求增加新根总量,而不注意两类根的比例,会不利于营养生长和生殖生长的均衡发展。施用不同的肥料,能有效地调节吸收根和延长根的比例,本试验结果已经表明,羊粪明显增加吸收根的数量,提高吸收根与延长根的比值,尿素明显增加延长根的数量,但对吸收根的数量影响不大。另外,生产上常发现,施用有机肥利于促进果树开花结果提高产量,偏施氮肥易引起旺长,成花率降低^[6],这或许也和有机肥利于形成吸收根而氮肥能够增加延长根数量有关。地下的根类

组成与地上部的枝类组成存在对应关系,苹果短枝量与细根量显著正相关,长梢百分率与粗根百分率也显著正相关^[6],而短枝是主要的结果枝类,长梢多则是旺长的标志,因此,通过施肥调节吸收根与延长根的比值,进而调节生殖生长与营养生长的关系应当是可行的。

施用羊粪后,增加的新根主要是吸收根。吸收根长度小于 0.5cm,个体小,比表面积大,而延长根体积和重量均远大于吸收根,用同样数量的原材料(结构物质等)构建成吸收根,总表面积远大于构建成延长根;另外,吸收根的吸收能力也大于延长根^[1],因此,羊粪增加吸收根数量,利于提高果树的肥料利用效率。再则,施用羊粪后,土壤养分集中而丰富,无需庞大的根系即可吸收到足够的营养元素,因而处理后延长根加粗变短,根系相对集中,节省了建造器官

所需的物质。尿素主要通过增加延长根的数量来扩展根系的吸养范围, 建造延长根这样的器官, 消耗(结构物质等)量大, 而吸收表面积并不太大, 从果树器官构建及延长根的吸收能力来看, 偏施氮肥不利于肥料的高效利用。有机肥元素间平衡程度好, 施用羊粪后根冠比没有受到明显影响(表 4), 地上地下生长比较均衡; 而尿素以氮为主, 施用之后, 改变了延长根的形态, 降低了根冠比(表 1 和表 4), 产生了许多不必要的根、梢等器官, 浪费了原材料(有机同化物), 同时地上地下生长平衡的恢复还需要消耗大量的营养物质, 从这方面看, 施有机肥也会比单施尿素的肥料利用效率高。

IBA 是人工合成的植物生长物质, 主要用于枝条扦插生根^[3], 从本实验结果看, IBA 不仅诱导“枝生根”也能够诱导“根生根”。单独使用 IBA 明显增加苹果新根总量, 促进根系加长生长, 但新根细长, 根/冠比值下降, 地上地下平衡发生改变。与羊粪混用, 延长根加粗加长, 根鲜重大幅度提高, 而根/冠比值没有发生明显变化, 说明根系即多又壮, 地上地下生长被均衡促进, 果树整体生长发育能够协调进行, 对于提高肥料利用效率也有益处。此外, IBA 不论单独使用还是与羊粪合用, 均提高了吸收根与延长根的比值。根系对地上部有调控作用, 吸收根与延长根比例关系的改变, 必然会影响果树的生长发育状态。土施 IBA 能诱导出新根, 新根的生长需要充足的营养和良好的根际环境, 恰当施肥能满足这一需求而维持新根健壮生长; 健壮的新根代谢旺盛, 有更强的

养分吸收能力, 此外, IBA 还可提高根系活力, 进一步促进养分吸收, 因此, 生长物质与肥料的恰当配合, 对于提高肥料利用效率以及调控植物生长发育均有重要意义。

References:

- [1] Shen J. The Fruit Tree Volume of Chinese Agricultural Encyclopedia[M]. Beijing: Agricultural Press, 1993: 55-57, 114-117. (in Chinese)
沈 隽. 中国农业百科全书(果树卷)[M]. 北京: 农业出版社, 1993: 55-57, 114-117.
- [2] Yang H Q, Huang T D. Annual variation of polyamines in new roots of apple[J]. Acta Horticulturae Sinica, 1994, 21(2): 145-149. (in Chinese)
杨洪强, 黄天栋. 苹果新根内源多胺周年形成动态研究[J]. 园艺学报, 1994, 21(2): 145-149.
- [3] Xu S Y. Plant Growth Regulator and Fruits Production[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1987: 255-260. (in Chinese)
徐绍颖. 植物生长调节剂与果树生产[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1987: 255-260.
- [4] Yang H Q, Huang T D, Shu H R, et al. The effect of plant growth substance on root formation and mineral element content[J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 1996, 5(2): 95-96. (in Chinese)
杨洪强, 黄天栋, 束怀端, 等. 植物生长素对苹果幼树发根和矿质元素含量的影响[J]. 西北农业学报, 1996, 5(2): 95-96.
- [5] Shandong Agri Unvi. The Guide of Plant Physiological Experiment[M]. Jinan: Shandong Science and Technology Press, 1985: 179-190. (in Chinese)
山东农业大学. 植物生理学实验指导[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1985: 179-190.
- [6] Liu Z Y, Li Z S. Shandong Fruits Tree[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2000: 60, 145, 258. (in Chinese)
刘振岩, 李震三. 山东果树[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2000: 60, 145, 258.