

“富士”苹果幼树磷含量与积累量年周期变化

张晨光, 赵德英, 袁继存, 徐 锴, 程存刚, 闫 帅

(中国农业科学院 果树研究所, 农业部园艺作物种质资源利用重点实验室, 辽宁 兴城 125100)

摘 要:以3年生 T337 自根砧“富士”苹果幼树为试材,在年生长周期内的主要物候期进行整株取样,并将整树解析为根木质部、根韧皮部、侧根、砧木木质部、砧木韧皮部、主干木质部、主干韧皮部、叶片、新梢9部分,分别测定各部位不同时期的生物量和磷(P)含量。结果表明:T337 自根砧“富士”苹果幼树不同时期各部位 P 含量不同,整个生长周期内,木质部 P 含量较低,韧皮部及生长旺盛的须根、叶片和新梢 P 含量较高。定植后 120~150 d 和 150~180 d 树体干物质积累量较高,分别占总积累量的 38.73% 和 29.81%。树体干物质和 P 分配量、分配比例均为生长旺盛的叶片、新梢和须根高于其它部位。整个生长周期内,每株苹果幼树 P 总积累量为 1.17 g,定植 120 d 之前 P 积累量占 35.90%,定植 120 d 之后占 64.10%。每株推荐合理施 P 量为 1.56 g,春季定植前每株基施 0.56 g,至定植 120 d 每株追施 1.00 g。

关键词:T337 自根砧;生物量;P 含量;P 积累量

中图分类号:S 661.106⁺.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)07-0035-05

磷(P)是核苷酸、核酸、核蛋白、磷脂、ATP 酶等植物体内重要化合物的组分,它直接参与植物光合作用的光合磷酸化和碳同化^[1-2],表面磷参与植物的

结构组成,影响植物新陈代谢、信息传递等生命活动。目前,苹果矮化栽培已成为世界苹果产业发展的重要趋势^[3]。我国自 20 世纪 70 年代推广乔砧密植以来,乔砧密植果园占 95% 以上^[4],而欧美国家目前矮砧密植栽培比重达到 90% 以上^[5]。因而,必须加强苹果矮化密植栽培研究,为我国推广苹果矮化栽培奠定基础。现阶段,运用矮化自根砧是实现苹果矮化密植栽培的重要形式。目前关于苹果矮化自根砧的研究多集中在生长规律^[6-7]、育苗技术^[8-9]、致矮机理^[10-11]方面,对矮化自根砧苹果幼树年周期需肥规律尤其是需磷规律研究较少。明确不同时期矮化自根砧苹果树体各部位磷含量、磷积累量动态变

第一作者简介:张晨光(1991-),男,硕士研究生,研究方向为果树生理与栽培技术。E-mail:Zchenguang0105@163.com.

责任作者:赵德英(1974-),女,博士,研究员,现主要从事果树栽培与生理等研究工作。E-mail:zhaodeying@caas.cn.

基金项目:中国农业科学院科技创新工程资助项目(CAAS-ASTIP);辽宁省果树产业技术体系栽培技术研究岗位资助项目(LNGSCYTX-13/14-5);主要果树花果管理关键技术研究示范资助项目(2015204018)。

收稿日期:2016-12-07

Effect of NaCl Stress on Growth of *Actinidia arguta* Seedling

LIU Dan, CHEN Xin, LI Ranhong, SUN Xuefang

(Department of Biology, Mudanjiang Normal University, Mudanjiang, Heilongjiang 157011)

Abstract: Taking *Actinidia arguta* as test material, the effect of different NaCl stress treatment on growth and physiological indexes of *Actinidia arguta* seedling were studied. The results showed that plant height, root length, plant weight, root weight, hypocotyl length, hypocotyl weight decreased with the increasing of NaCl concentration stress. The physiological indexes of seedling treated with NaCl concentration indicated that POD activity, SOD activity increased, but CAT activity, MDA content decreased.

Keywords: *Actinidia arguta*; NaCl stress; seedling

化特点,对于掌握树体不同时期的磷营养变化需求规律具有重要的参考价值。现以 T337 自根砧“富士”苹果幼树为试材,研究了矮化自根砧“富士”苹果幼树在不同时期树体各部位的磷含量与积累分配情况,以探明自根砧“富士”苹果幼树磷营养的吸收、分配及需求特点,为科学合理施用磷肥提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以 3 年生 T337/“长富 2 号”苹果幼树为试材,单株小区。选择整齐一致的植株各 30 株于 4 月 25 日定植于口径 42 cm,高 45 cm 的异形耐老化塑料营养钵,营养土配置比例为园土:沙土:有机肥=4:1:1,土壤理化指标为:有机质 $10.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, pH 5.1,全氮 $1.23 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全磷 $0.25 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全钾 $35.70 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效磷 $18.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾 $160.3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

1.2 试验方法

试验于 2015 年 4—12 月在中国农业科学院果树研究所进行,从 2015 年 5 月 25 日起,每隔 30 d 取样 1 次,选取长势基本一致、无病虫害的幼树 3 株,每株样品按根木质部、根韧皮部、须根、砧木木质部、砧木韧皮部、主干木质部、主干韧皮部、叶片、新梢 9 个部位进行解析,分别测定各部位样品矿质元素含量,设 3 次重复。试验样品依次经自来水→0.1%中性洗涤剂溶液→自来水→自来水→0.2% HCl 溶液→蒸馏水→蒸馏水→去离子水→去离子水洗涤^[12]。总清洗时间不超过 2 min,以减少养分损失。样品经 105°C 杀青 30 min, $80\sim 85^\circ\text{C}$ 烘干至恒重,粉碎后过 60 目筛(筛孔直径 0.25 mm),密封袋保存于干燥器中。准确称取各部位样品 0.2500 g (精确到 0.000 1),置于消煮管,加入少量超纯水润湿样品,加入 5 mL 浓 H_2SO_4 浸泡过夜,第 2 天按 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 法进行消煮,待消解液透明澄清,冷却后移入 100 mL 容量瓶,定容。

1.3 项目测定

P 含量用连续流动分析仪(ATUOSAMPLER AA3,澳大利亚)测定,在中国农业科学院农业资源与农业区划研究所国家测土施肥中心实验室进行。

1.4 数据分析

采用 Excel 2007 和 SAS (9.2)统计软件对试验数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 T337 自根砧“富士”苹果幼树干物质积累特性

由图 1 可以看出,在整个生长周期内,T337 自根砧“富士”苹果幼树干物质积累量呈先升高后下降的变化趋势。定植后 120~150 d 植株干物质积累量最多,占整个生长周期的 38.73%,平均每株积累速率为 $4.91 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 。定植后 30~60 d 植株干物质积累量最少,仅占总干物质积累量的 9.09%,平均每株积累速率仅为 $1.15 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 。定植后 60~90 d 和 90~120 d 植株干物质积累量较少,分别占整个生长周期的 13.12%和 9.25%,平均每株积累速率分别为 $1.66 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 和 $1.17 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 。定植后 150~180 d 植株干物质积累量较多,占整个生长周期的 29.81%,平均每株积累速率为 $3.78 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

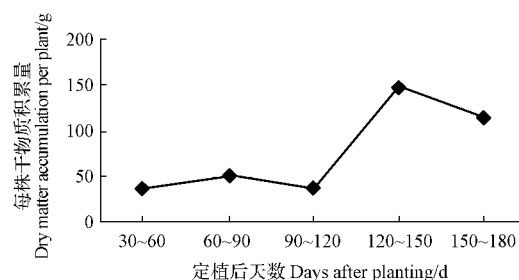


图 1 T337 自根砧“富士”苹果幼树干物质积累变化
Fig. 1 Change of dry matter accumulation of T337 self-rooted rootstock young ‘Fuji’ apple tree

2.2 T337 自根砧“富士”苹果幼树干物质分配特性

不同时期 T337 自根砧“富士”苹果幼树各部位干物质分配特性不同(表 1)。定植后 30~60 d,叶片、须根和新梢干物质分配比率分别为 31.81%、17.84%和 13.69%,高于其它部位,表明此时期苹果幼树的生长中心为叶片、须根和新梢。定植后 60~90 d,苹果幼树养分主要供应到地上部,地上部配比率达到了 82.71%。定植后 90~120 d,新梢、须根和叶片干物质分配比率明显高于其它部位,分别为 38.74%、17.70%和 15.26%。定植后 120~150 d,须根、新梢、主干木质部、砧木木质部和叶片干物质分配比率较高,均在 15%~24%,且该时期植株干物质积累速度最快,表明此时期植株各部位均衡快速生长。定植后 150~180 d,新梢干物质分配比率明显高于剩余部位,达到了 40.48%,此时期为落叶期,叶片养分回流多集中在新梢中。

表 1 不同时期植株各部位干物质积累量及分配规律

部位 Part	30~60 d		60~90 d		90~120 d		120~150 d		150~180 d	
	累积量	分配比率	累积量	分配比率	累积量	分配比率	累积量	分配比率	累积量	分配比率
	Accumulation /g	Distribution rate/%	Accumulation /g	Distribution rate/%	Accumulation /g	Distribution rate/%	Accumulation /g	Distribution rate/%	Accumulation /g	Distribution rate/%
根木质部 Root xylem	1.40±0.45d	4.04	3.40±1.01c	6.82	3.18±0.95c	9.03	1.41±0.12d	0.96	14.87±1.25c	13.11
根韧皮部 Root phloem	0.89±0.23d	2.59	1.25±0.12d	2.51	1.36±0.24d	3.86	0.86±0.15d	0.58	1.56±0.13e	1.38
须根 Fibrous root	6.17±0.81b	17.84	3.97±0.79c	7.96	6.23±1.25b	17.70	34.74±2.57a	23.58	19.63±1.33bc	17.31
砧木质部 Root stock xylem	3.42±0.53cd	9.89	7.75±1.51b	15.52	1.44±0.13d	4.10	24.98±3.24b	16.95	6.48±0.79d	5.71
砧木韧皮部 Root stock phloem	1.60±0.06d	4.62	0.92±0.15d	1.84	0.22±0.06e	0.63	5.34±1.05c	3.62	2.49±0.23e	2.20
主干木质部 Scoin xylem	3.63±0.88c	10.50	7.97±1.32b	15.96	3.02±0.56c	8.58	25.31±2.64b	17.17	22.02±1.05b	19.41
主干韧皮部 Scoin phloem	1.74±0.41d	5.02	1.03±0.21d	2.06	0.74±0.10de	2.10	6.00±1.02c	4.07	0.45±0.12e	0.40
叶片 Leaf	11.00±1.86a	31.81	14.52±2.31a	29.09	5.37±0.26b	15.26	22.30±3.41b	15.13	—	—
新梢 New shoots	4.74±0.62bc	13.69	9.10±1.19b	18.24	13.64±2.27a	38.74	26.44±2.81b	17.94	45.92±3.58a	40.48

注:同列数据后不同小写字母表示差异达 5% 显著水平。下同。

Note: Different lowercase letters in a column mean significant difference at 5% level. The same below.

2.3 T337 自根砧“富士”苹果幼树各部位 P 含量动态

由图 2 可以看出, T337 自根砧“富士”苹果幼树不同时期各部位 P 含量存在一定差异。根韧皮部、须根、砧木韧皮部、主干韧皮部 P 含量均为定植后 120 d 达到最高, 而木质部 P 含量均为定植后 150 d

最高。叶片 P 含量为交替升降的波动变化趋势, 定植后 30 d 最高, 定植后 150 d 最低。新梢 P 含量同样为交替升降的波动变化趋势, 且定植后 30 d 最高, 但最低出现在定植后 60 d。整个生长周期内, 木质部 P 含量较低, 韧皮部及生长旺盛的须根、叶片和新梢 P 含量较高。

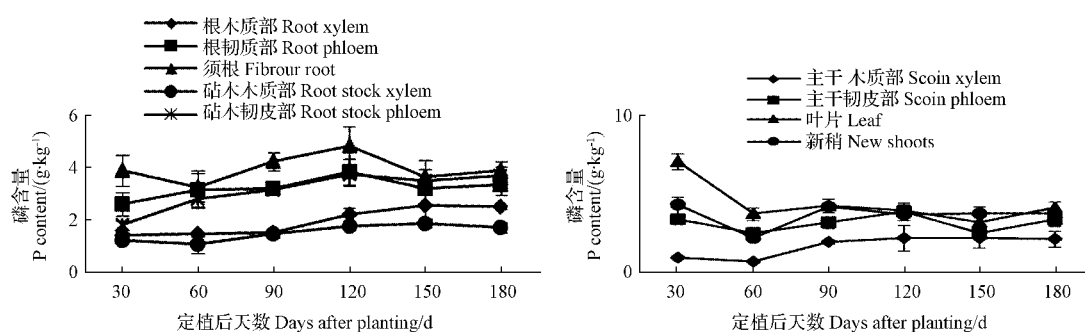


图 2 T337 自根砧“富士”苹果幼树各部位 P 含量变化

Fig. 2 Change of P content in each part of T337 self-rooted rootstock young 'Fuji' apple tree

2.4 T337 自根砧“富士”苹果幼树不同时期 P 积累量

由图 3 可以看出, 整个生长周期内, T337 自根砧“富士”苹果幼树 P 积累量为波动变化趋势。定植后 30~60 d, P 积累量最少, 占总积累量的 5.47%, 平均每株积累速率为 2.13 mg·d⁻¹。定植后 60~90 d, P 积累量明显增加, 占总积累量的 18.45%, 平均每

株积累速率为 7.18 mg·d⁻¹。定植后 90~120 d, 植株 P 的积累量减少, 占总积累量的 11.98%, 平均每株积累速率为 4.67 mg·d⁻¹。定植后 120~150 d, P 积累量增长迅速, 占总积累量的 33.66%, 平均每株积累速率为 13.10 mg·d⁻¹。定植后 150~180 d, P 积累量仍较高, 占总积累量的 30.44%, 平均每株积累速率为 11.85 mg·d⁻¹。T337 自根砧“富士”苹果

幼树定植后 30~120 d 树体相对较小, P 积累量较低, 占总积累量的 35.90%, 平均每株积累速率仅为 $4.66 \text{ mg} \cdot \text{d}^{-1}$; 定植后 120~180 d 的 P 积累量明显增多, 占总积累量的 64.10%, 平均每株积累速率达到了 $12.48 \text{ mg} \cdot \text{d}^{-1}$, 是定植 120 d 之前的 2.68 倍, 说明植株加快 P 素吸收积累, 为休眠期做准备。

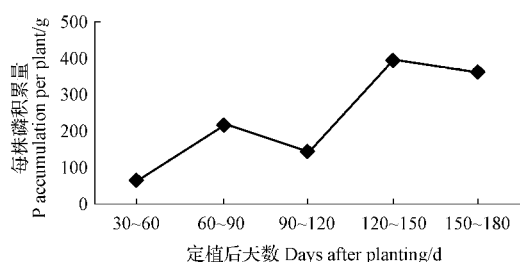


图 3 T337 自根砧“富士”苹果幼树 P 积累变化

Fig. 3 Change of P accumulation of T337 self-rooted rootstock young 'Fuji' apple tree

表 2

不同时期植株各部位磷积累量及分配规律

Table 2

P accumulation and distribution in different parts at various growth stages

部位 Part	30~60 d		60~90 d		90~120 d		120~150 d		150~180 d	
	积累量 Accumulation	分配比率 Distribution	积累量 Accumulation	分配比率 Distribution	积累量 Accumulation	分配比率 Distribution	积累量 Accumulation	分配比率 Distribution	积累量 Accumulation	分配比率 Distribution
	/g	rate/%	/g	rate/%	/g	rate/%	/g	rate/%	/g	rate/%
根木质部 Root xylem	$1.22 \pm 0.22e$	1.91	$5.64 \pm 0.69e$	2.62	$13.53 \pm 2.30be$	9.68	$6.51 \pm 0.26e$	1.66	$36.94 \pm 1.34c$	10.39
根韧皮部 Root phloem	$3.68 \pm 0.33d$	5.76	$4.77 \pm 0.57e$	2.21	$7.75 \pm 1.25e$	5.54	$-0.10 \pm 0.35f$	-0.03	$4.88 \pm 0.66e$	1.37
须根 Fibrous root	$16.86 \pm 2.85b$	26.37	$28.11 \pm 3.25c$	13.04	$35.30 \pm 5.22a$	25.24	$103.08 \pm 7.25a$	26.22	$87.38 \pm 8.31b$	24.58
砧木质部 Root stock xylem	$0.21 \pm 0.25e$	0.33	$17.73 \pm 1.35d$	8.23	$16.41 \pm 2.64b$	11.73	$47.62 \pm 2.34c$	12.11	$4.59 \pm 0.99e$	1.29
砧木韧皮部 Root stock phloem	$8.58 \pm 1.37c$	13.43	$5.03 \pm 0.26e$	2.33	$5.05 \pm 0.96f$	3.61	$15.39 \pm 2.37d$	3.91	$14.37 \pm 2.65d$	4.04
主干木质部 Scoin xylem	$1.02 \pm 0.25e$	1.59	$31.31 \pm 3.34c$	14.53	$9.85 \pm 1.21e$	7.04	$60.53 \pm 4.37b$	15.40	$37.55 \pm 4.01c$	10.56
主干韧皮部 Scoin phloem	$1.44 \pm 0.34e$	2.25	$6.66 \pm 0.57e$	3.09	$6.42 \pm 0.15ef$	4.59	$5.41 \pm 1.35e$	1.38	$14.19 \pm 1.56d$	3.99
叶片 Leaf	$21.65 \pm 2.36a$	33.86	$68.56 \pm 3.27a$	31.82	$7.43 \pm 1.24e$	5.31	$44.96 \pm 3.65c$	11.44	—	—
新梢 New shoots	$9.27 \pm 1.06c$	14.50	$47.68 \pm 4.40b$	22.13	$38.13 \pm 3.34a$	27.26	$109.75 \pm 4.32a$	27.92	$155.59 \pm 8.01a$	43.77

3 讨论与结论

植物生长发育过程中不断从外界吸收养分, 以满足各种生命活动的需要。植物养分优先分配至生长旺盛的部位^[13]。该研究中, 定植后 30~90 d, P 主要分配至叶片; 新梢 P 分配比率定植后 60~180 d 均较高, 定植后 150~180 d 达到最高; 须根 P 分配比率只有定植后 60~90 d 较低, 其余时期均较高。整个生长周期内, 新梢 P 积累量占总量的

2.5 T337 自根砧“富士”苹果幼树不同时期各部位 P 分配特性

T337 自根砧“富士”苹果幼树不同时期各部位 P 累积分配特性存在一定差异(表 2)。定植后 30~60 d, 叶片和须根 P 分配比率较高, 分别为 33.86% 和 26.37%, 说明生长初期优先满足叶片和须根的生长。定植后 60~90 d, 叶片 P 分配比率为 31.82%, 高于其它部位, 新梢次之, 为 22.13%。定植后 90~120 d, 植株叶片生长速度减缓, 新梢和须根生长迅速, P 分配比率分别达到了 27.26% 和 25.24%。定植后 120~150 d, 新梢和须根依然保持较高的 P 分配比率, 分别为 27.92% 和 26.22%。定植后 150~180 d, 新梢 P 分配比率达到了 43.77%, 明显高于其它部位, 须根为 24.58%, P 分配比率仍较高。T337 自根砧“富士”苹果幼树定植后 30~90 d, P 主要分配至叶片; 新梢 P 分配比率定植后 60~180 d 均较高, 定植后 150~180 d 达到最高; 须根 P 分配比率只有定植后 60~90 d 较低, 其余时期均较高。

30.86%, 须根占 23.18%, 叶片为 12.21%。表明 T337 自根砧“富士”苹果幼树 P 素优先分配至新梢、须根和叶片。

不同时期植物所需养分不同, 导致不同时期的施肥效果存在差异, 效果最好的时期即为植物营养的最大效率期。该试验中, T337 自根砧“富士”苹果幼树定植后 30~120 d 的 P 积累量较低, 占总积累量的 35.90%, 平均每株积累速率仅为 $4.66 \text{ mg} \cdot \text{d}^{-1}$; 定植

后 120~180 d 的 P 积累量明显增多, 占总积累量的 64.10%, 平均每株积累速率达到了 $12.48 \text{ mg} \cdot \text{d}^{-1}$, 是定植 120 d 之前的 2.68 倍, 表明该时期为植物营养的最大效率期。但并不代表 T337 自根砧“富士”苹果幼树定植后 30~120 d 可忽略施 P 肥, 由于该时期树体相对较小, 导致 P 积累量和积累速率相对较低, P 作为植物“三大元素”之一, 对植物的生长发育具有重要的影响, 该时期为树体各器官快速生长期, 必须保证充足的 P 素供应。该研究中“富士”苹果幼树 P 每株总积累量为 1.17 g, 按照果树合理施肥量=(果树吸收量-土壤供应量)/肥料利用率, 土壤供应量按吸收量的 1/3 计, 肥料利用率为 50%^[14], 推荐每株合理施 P 量为 1.56 g, 春季定植前每株基施 0.56 g, 至定植 120 d 每株追施 1.00 g。

合理施肥是植物正常生长、提高产量的重要保障, 也是提高肥料利用效率、节约资源的有效途径。由于苹果树的养分吸收状况受气候、土壤等多种因素的影响, 因此苹果幼树定植前必须根据当地的环境条件以及品种差异制定合理的施肥措施。

参考文献

- [1] 冯磊, 刘世琦, 刘景凯, 等. 磷对水培青蒜生长及品质的影响[J]. 北方园艺, 2014(3): 9-14.
- [2] 杜育梅, 刘国道. 植物利用磷素的有效性研究进展[J]. 华南热带农业大学学报, 2007, 13(2): 41-47.

- [3] 陈学森, 韩明玉, 苏桂林, 等. 当今世界苹果产业发展趋势及我国苹果产业优质高效发展意见[J]. 果树学报, 2010, 27(4): 598-604.
- [4] 马宝焜, 徐继忠, 孙建设. 关于我国苹果矮砧密植栽培的思考[J]. 果树学报, 2010, 27(1): 105-109.
- [5] 王金政, 薛晓敏, 路超. 我国苹果生产现状与发展对策[J]. 山东农业科学, 2010(6): 117-119.
- [6] 高琛稀, 刘航空, 韩明玉, 等. 矮化自根砧苹果苗木生长动态及其根系分布特征[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2016, 44(5): 170-176.
- [7] 柯莺. 矮化砧木利用方式对苹果幼树生长发育的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.
- [8] 邓丰产, 马锋旺. 苹果矮化自根砧嫁接苗繁育技术研究[J]. 园艺学报, 2012, 39(7): 1353-1358.
- [9] 杨蕊. 几种苹果矮化砧自根砧苗繁殖技术的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2013.
- [10] 张鹤. 苹果砧木 M9 作自根砧或中间砧的致矮机理研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2013.
- [11] LI H L, ZHANG H, YU C, et al. Possible roles of auxin and zeatin for initiating the dwarfing effect of M9 used as apple rootstock or interstock[J]. Acta Physiologiae Plantarum, 2012, 34(1): 235-244.
- [12] 张秀芝, 郭江云, 王永章, 等. 不同砧木对富士苹果矿质元素含量和品质指标的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(2): 414-420.
- [13] CHENG L L, RABA R. Accumulation of macro-and micronutrients and nitrogen demand-supply relationship of ‘Gala’/‘Malling 26’ apple trees grown in sand culture[J]. J Amer Soc Hort Sci, 2009, 134(1): 3-13.
- [14] 马文娟, 同延安, 高义民. 葡萄氮素吸收利用与累积年周期变化规律[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(2): 504-509.

Annual Change of Phosphorus Content and Accumulation in Young ‘Fuji’ Apple Tree

ZHANG Chenguang, ZHAO Deying, YUAN Jicun, XU Kai, CHENG Cungang, YAN Shuai

(Research Institute of Pomology, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Fruit Germplasm Resources Utilization, Ministry of Agriculture, Xingcheng, Liaoning 125100)

Abstract: Use three-year-old T337 self-rooted rootstock young ‘Fuji’ apple tree as experimental material to analyse the entire tree main phenophase of the growth cycle. The entire tree into root xylem, root phloem, fibrous root, root stock xylem, root stock phloem, scion xylem, scion phloem, leaf, new shoots were analyzed. The biomass and P content of each part in different periods were measured. The results showed that in different periods P content in different parts of T337 self-rooted rootstock young ‘Fuji’ apple tree was different. And in the whole growth period, the xylem P content was low, phloem, fibrous root, leaf and shoot P content was higher. Tree dry matter, P allocation amount and proportion of leaf, new shoots and fibrous root were all higher than other parts. In the whole growth period, young apple tree’s total P accumulation amount was 1.17 g per plant, and 120 days before planting accounted for 35.90%, 120 days after planting accounted for 64.10%. So recommendations of P fertilizer was 1.56 g per plant, before spring planting applies P fertilizer 0.56 g per plant, and 120 days after planting was 1.00 g per plant.

Keywords: T337 self-rooted rootstock; biomass; P content; P accumulation