



## 苹果树体钾素含量和累积量年周期变化研究

同延安, 樊红柱, 赵营, 刘汝亮

(西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100)

**摘要:** 以“富士”苹果树为试材, 对树体生物量和各器官钾含量及钾累积动态进行了研究, 确定果树钾素吸收、转运和分配规律, 为合理施肥提供依据。结果表明, 从3月26日到9月21日, 果树生长较快, 果实采收后生长趋于缓慢; 7月30日以后根系快速生长; 植株及其地上部钾累积量7月30日最大, 根系钾累积量年周期内基本不变; 早春树体器官建造主要利用贮藏的钾素, 同时钾素的分配随生长中心的转移而转移; 中后期果树生长所需的钾主要依靠根系从土壤中吸收; 年周期内果树吸钾量为5.81公斤/亩, 果实和叶片共带走3.75公斤/亩的钾, 从3月26日到7月30日, 吸收为3.64公斤/亩, 占吸收总量的62.72%, 果实采收后至次年1月15日, 吸收量为2.17公斤/亩, 占37.28%。

**关键词:** 苹果树; 器官; 钾素营养; 年周期变化

黄土高原是我国优质苹果的产区, 也是旱地苹果栽培的典型地区<sup>[1]</sup>。近年来陕西苹果产业发展非常迅速, 栽植面积达639万亩, 产量600万吨, 产量约占全国总产的27%、世界的10%, 苹果面积、产量实现全国第一<sup>[2]</sup>。钾是植物所需的重要营养元素之一, 也是苹果产量形成、品质提高的物质基础<sup>[3-4]</sup>。果树钾素营养研究多集中在施肥与产量和品质的关系方面<sup>[5-6]</sup>。关于钾在果树中的吸收、转运以及分配也有过不少的报道<sup>[7-8]</sup>, 但多数研究倾向于定性分析, 定量分析的研究则较少。因此, 本试验通过对富士苹果树体各器官生物量、钾含量和钾累积年周期变化的定量研究, 确定果树的钾素养分吸收与利用规律, 为果树合理施肥提供科学依据。

### 一、材料与方 法

#### 1.1 试验地区概况

试材选自陕西苹果优生区岐山县扣村。果园中心位于东经107°34'45", 北纬34°28'25"。该区属暖温带半湿润气候, 多年平均降水量631.5毫米, 平均气温11.9℃。供试品种为9年树龄的红富士, 砧木为八棱海棠 (*M. micromalus. Makino*), 株行距2米×3米, 土质为壤土, 地势平坦, 可灌溉。土壤碱解氮为41.45毫克/公斤、速效磷为13.01毫克/公斤、速效钾为174.23毫克/公斤、pH值为8.46、有机质为1.15%。当年每株基施纯氮、磷、钾依次分别为381、50和45克。

#### 1.2 研究方法

本试验于2004~2005年进行。每次采样在园中选择三株长势基本一致、无病虫害、结果正常的苹果树, 分别于2004年的03-26(萌芽展叶期)、04-30(幼果期)、07-30(果实膨大期)、09-21(成熟期)、2005年的01-15(休眠期)进行采样。每次采样方法相同, 即按果实、叶片、新梢、枝、干和根系采样; 收集距主干半径100厘米范围内, 深0~100厘米坑中所有根; 每次称量各器官

总鲜重。

### 1.3 测定项目与分析方法

样品在 100~105 °C 温度下杀酶 15 分钟, 然后在 70~80 °C 温度下烘干至恒重。样品粉碎后, 用  $H_2SO_4 - H_2O_2$  消解, 火焰分光光度计测定钾含量。钾积累量(克) = 器官生物量 × 钾含量; 每亩果园钾积累量(公斤/亩) = 整株钾积累量 × 111/1000; 数据采用 EXCEL 和 DPS 软件统计分析。

## 二、结果与分析

### 2.1 苹果树体生物量和钾积累年周期变化

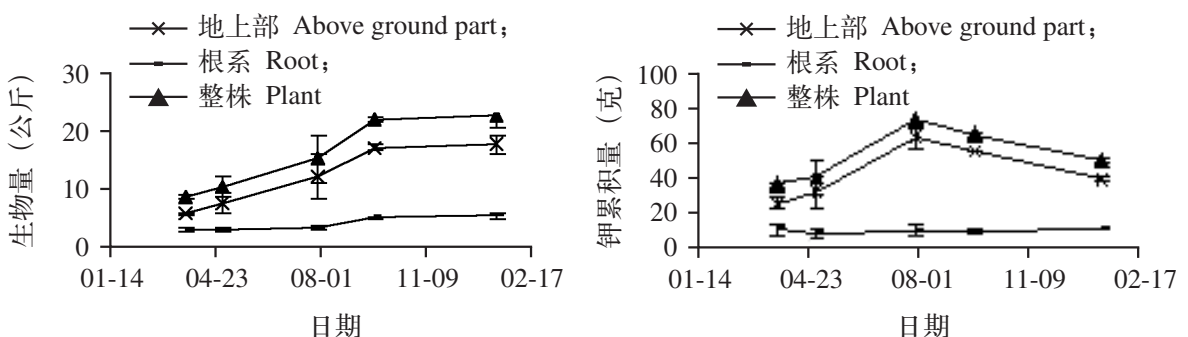


图 1 苹果树生物量和钾积累周年变化

由图 1 可知, 苹果树体生物量随物候期的进展呈增加趋势。从 03 - 26~04 - 30, 整株生物量维持在 8.5~10.2 公斤; 自 04 - 30~09 - 21, 由于果实、叶片和新梢的生长, 使整株生物量迅速增加, 到 09 - 21, 果树生物量达 21.8 公斤; 09 - 21~01 - 15, 整株生物量变化很小, 变化范围为 21.8~22.7 公斤。苹果树地上部的生物量与整株的生物量有相似的动态变化规律。年周期内根系生物量为 2.9~5.2 公斤, 从 03 - 26~07 - 30, 根系生物量几乎没有增加, 其快速生长出现在 07 - 30 以后。

由图 1 还可知, 整株中钾积累量于 07 - 30 增至最大, 随后降低。从 03 - 26~04 - 30, 整株中钾积累量从 35.8 克增加到 39.7 克, 增加幅度为 11%; 04 - 30~07 - 30, 整株中钾积累量大幅度增加, 与 04 - 30 相比, 到 07 - 30 钾积累量增加了 83%, 达 72.6 克, 说明在此期间根系吸收大量的钾素养分; 07 - 30~09 - 21, 钾积累量降低幅度为 12%, 可能是由于叶片分泌物带走一定量的钾素; 自 09 - 21~01 - 15, 整株中钾积累量呈下降趋势, 但 01 - 15 如果将果实和树叶带走的钾量包括在内, 整株钾积累量则增加, 增加幅度为 31%, 说明果实采收后根系仍继续吸收一定的钾素养分。苹果树地上部钾积累与整株的变化规律基本一致。而根系中钾积累量年周期内趋于平稳, 为 8.1~10.8 克。由以上研究结果可知, 年周期内苹果树吸收钾素养分主要有 2 个阶段, (1) 幼果期, (2) 果实采收后。

## 2.2 苹果树体不同器官钾含量与累积季节性变化

### 2.2.1 不同器官钾含量变化

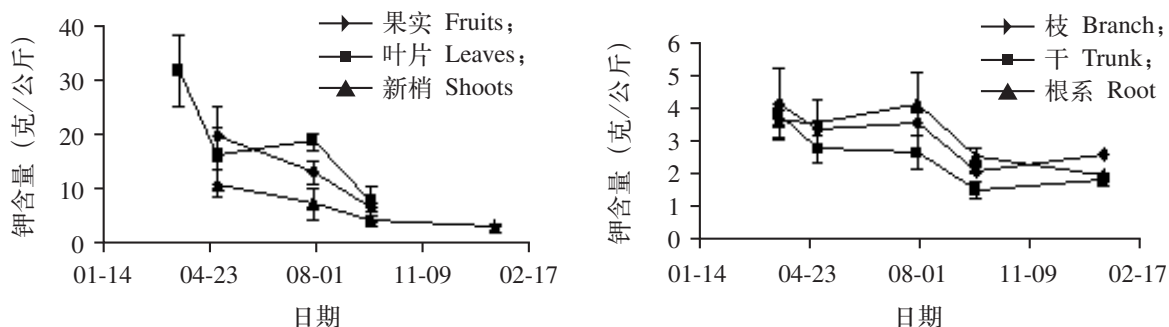


图2 苹果树体不同器官钾含量动态变化

从图2知,果树新生器官(果实、叶片和新梢)中钾含量表现出前期较高,中后期较低的变化趋势,说明其生物量的增加量超过钾累积量。04-30果实中钾含量最高,达19.8克/公斤;果实钾含量随果实生长发育而降低,与04-30相比,果实成熟采收时钾含量下降了68%。叶片中钾含量早春最高,为31.4克/公斤;09-21最低,达7.6克/公斤;04-30~07-30稍有增加。新梢中钾含量随物候期的进展而降低,年周期内新梢中钾含量为3.1~10.6克/公斤。

由图2还可知,03-26枝中钾含量年周期内最高,达4.1克/公斤,之后迅速下降,至04-30,下降到3.4克/公斤,降低了19%,说明早春根系从土壤中吸收少量的钾,树体生长主要利用上年贮藏钾素的转移。04-30~07-30,枝中钾含量趋于平稳;随后枝中钾含量逐渐下降,到果实采收时,其钾含量降低了42%。09-21~01-15枝中钾含量开始逐渐增加,与09-21相比,到次年01-15,枝中钾含量增加了25%。树干中钾含量与枝中钾含量有相似的动态变化规律。03-26~04-30,根系中钾含量基本不变;自04-30~07-30,根系钾含量呈增加趋势;07-30~09-21,根系钾含量迅速下降;09-21~01-15,根系中钾含量缓慢降低。

### 2.2.2 不同器官钾累积变化

由表1可知,年周期内苹果树体中钾累积量变化可分为以下4个阶段。

(1) 03-26~04-30,整株中钾累积量变化很小,枝、干和根系中钾累积量均有不同程度的下降,分别降低了36%、11%和18%,而叶片钾累积量从1.00克增加到11.42克,表明叶片是这一时期的生长中心,同时说明此阶段根系从土壤中吸收较少的钾,不同器官间钾素累积的差异是贮藏养分重新分配的结果,这与Tagliavini等<sup>[9]</sup>在油桃上的试验结果一致。这一阶段根系吸收较少的钾素养分,可能一方面是由于土壤温度恢复较慢,低温下根系活力不高,另一方面是由于春季干旱,土壤水分缺乏,限制了土壤养分的有效性及其根系对养分的吸收能力。

(2) 自04-30~07-30,整株钾累积量从39.75克增加到72.58克,表明果树从土壤中吸收了大量的钾。不同器官中钾累积量明显增加,其中果实与新梢增加较多,分别增加1224%和160%,叶片钾累积量增加了104%,而根系钾累积量仅增加了21%,说明根系从土壤中吸收的钾运输到地上部

的果实、叶片和新梢。

(3) 07-30~09-21, 整株钾积累量从 72.58 克下降到 63.92 克, 可能的原因是叶片分泌物带走一定量的钾素。果实中钾积累量从 11.65 克增加到 23.44 克, 增加了 101%, 其余器官钾积累量均有不同程度的降低, 表明果实迅速膨大需要利用大量的钾素营养。所以果实膨大前适当的追施钾肥对提高苹果产量、改善品质有较大的影响。

(4) 09-21~01-15, 整株钾积累量从 63.92 克下降到 49.65 克, 但次年 01-15 整株中钾积累量没有包括果实采收时带走的 23.44 克钾, 以及果实成熟时叶片钾积累量 10.34 克。事实上整株钾积累量从 63.92 克增加到 83.43 克, 说明在果实采收后根系仍继续吸收一定的钾素养分。随着养分回流, 树体钾积累量明显增加。休眠期枝、干和根系中钾积累量分别占贮藏总量的 46%、25% 和 22%, 表明休眠期养分主要贮藏在枝、干和根系, 这与国内外多数研究结果一致<sup>[10-12]</sup>。

表 1 苹果树不同器官钾积累量统计

日期	钾积累量 (克)							合计 (公斤/亩)
	果实	叶片	新梢	枝	干	根系	整株	
03-26	—	1.00 ± 0.20	—	15.33 ± 3.93	9.46 ± 0.38	10.00 ± 2.89	35.79 ± 0.86	3.97
04-30	0.88 ± 0.26	11.42 ± 4.79	1.08 ± 0.25	9.74 ± 3.94	8.44 ± 3.05	8.19 ± 2.43	39.75 ± 0.55	4.41
07-30	11.65 ± 2.91	23.33 ± 3.05	2.81 ± 2.31	12.86 ± 1.94	12.02 ± 3.75	9.91 ± 2.96	72.58 ± 5.75	8.06
09-21	23.44 ± 3.90	10.34 ± 2.48	2.19 ± 0.35	10.93 ± 0.72	7.80 ± 2.20	9.22 ± 0.32	63.92 ± 1.63	7.10
01-15	—	—	3.56 ± 1.24	22.79 ± 0.65	12.46 ± 0.46	10.84 ± 0.32	49.65 ± 1.38	5.51

注: 表中数据为三株树的平均值。

### 2.3 施肥管理

由表 1 可知, 自 03-26~04-30, 果树钾积累量从 3.97 公斤/亩增加到 4.41 公斤/亩, 但枝、干和根系中钾积累量都下降, 表明此期根系从土壤吸收较少的钾, 果树生长主要利用上年各器官贮藏钾的转移; 04-30~07-30, 果树钾积累量从 4.41 公斤/亩增加到 8.06 公斤/亩, 所以此期果树吸收大量的钾素养分才能满足其生长发育, 吸收量为 3.64 公斤/亩; 07-30~09-21, 果树钾积累量稍有下降; 09-21~01-15, 果树钾积累量从 7.10 公斤/亩下降到 5.51 公斤/亩, 但果实和树叶分别带走 2.60 公斤/亩与 1.15 公斤/亩的钾, 所以实际上果树钾积累量从 7.10 公斤/公顷增加到 9.26 公斤/公顷, 表明根系继续吸收钾素养分, 吸收量为 2.17 公斤/亩。从以上研究结果可知, 年周期内果树吸收钾素总量为 5.81 公斤/亩, 幼果期吸收 3.64 公斤/亩, 占吸收总量的 62.7%, 秋季吸收 2.17 公斤/亩, 占吸收总量的 37.3%。

## 三、讨论

苹果树不同时期生物量的变化与养分状况有密切的关系。本研究结果表明, 自 03-26~09-21, 果树地上部及整株生长较快, 果实采收后生长趋于缓慢; 而根系快速生长出现在 7 月 30 日以后, 这与樊巍等<sup>[13]</sup>的研究结果一致。地上部和整株中钾积累量先增加, 后降低, 根系钾积累量年周期内趋于平稳。早春果树器官建造主要利用树体贮藏的钾素养分, 树体中钾素的分配随生长中心的转移而转移, 中

后期果树生长主要依靠根系当年从土壤中吸收的钾,休眠期养分主要贮藏在枝干和根系。这与顾曼如等<sup>[14]</sup>对苹果氮素研究结果一致。研究还表明,年周期内果树吸收钾素总量为5.81公斤/亩,幼果期吸收3.64公斤/亩,秋季吸收2.17公斤/亩。

养分的吸收贮藏会影响树体当年和以后几年的生长和发育,Weinbaum等<sup>[15]</sup>研究表明,树体中贮存的养分重复利用可有较长的时间,这一点在果园生产管理中必须要考虑。苹果园钾肥的施用以底肥为辅,追肥为主,重施中期肥,才能有效的提高钾肥的利用率。

#### 参考文献

- [1] 邓熙时,史联让,安贵阳,等.早原地区苹果叶营养水平研究[J].果树学报,1995,12(3):168 – 170.
- [2] <http://www.bjbbc.com/news/show.php?id=8096>
- [3] 徐爱春,李保国,齐国辉.苹果矿质营养研究进展[J].河北林果研究,2003,18(4):368 – 376.适
- [4] 薛志勇.苹果树栽培中的钾素营养[J].河北果树,2003(1):37.
- [5] 何忠俊,张广林,张国武,等.钾对黄土区猕猴桃产量和品质的影响[J].果树学报,2002,19(3):163 – 166.
- [6] Mangain S, Verma E, Kumar J. Relationship between fruit yield and foliar and soil nutrient status in apple[J]. India Journal of Horticulture, 1997, 55(3):226 – 231.
- [7] 薛进军,杨青琴,王秀茹,等.铁及其它矿质元素在苹果树不同器官中的分布[J].广西农业生物科学,2003,22(1):16 – 20.
- [8] 樊小林,黄彩龙,Juhani U,等.荔枝年周期内 N、P、K 营养动态规律与施肥管理体系[J].果树学报,2004,21(6):548 – 551.
- [9] Tagliavini M, Millard P, Quartieri M. Storage of foliarabsorbed nitrogen and remobilization for spring growth in young nectarine (*Prunus persica* var. *nectarina*) trees [J]. Tree physiology, 1998, 18: 203.
- [10] 牛锦凤,平吉成,李国.果树体内贮存氮的研究进展[J].农业科学研究,2005,26(2):71 – 75
- [11] Dong S, Cheng L, Scagel C F. Nitrogen absorption, translocation and distribution from urea applied in autumn to leaves of young potted apple (*Malus domestica*) trees [J]. Tree physiology, 2002, 22:1305.适
- [12] Grassi G, Millard P, Goacchini P. Recycling of nitrogen in the xylem of *Prunus avium* trees starts when spring remobilization of internal reserves declines [J]. Tree physiology, 2003, 23:1061.
- [13] 樊巍,卢琦,高喜荣.果农复合系统根系分布格局与生长动态研究[J].生态学报,1999,19(6):860 – 863.
- [14] 顾曼如,束怀瑞,周宏伟.苹果氮素营养研究IV.贮藏 15N 的转运、分配特性[J].园艺学报,1986, 13(1):25 – 30.
- [15] Weinbaum S A, Klein I, Muraoka T T. Use of nitrogen isotopes and a light-textured soil to assess annual contribution of nitrogen from soil and storage pools in mature almond trees[J]. Soc Horti Sci, 1983,112: 526.

(图见 12 页)