

葡萄树主要生长期内磷素吸收及累积规律

马文娟, 同延安, 高义民, 孔 莹

(西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】探讨葡萄树磷素吸收、转运和分配规律, 为葡萄树的科学施肥提供参考依据。【方法】以 7 年生红地球葡萄为试材, 对主要生长期内树体生物量和各器官及其皮层、木质部的磷含量和磷累积动态进行研究。【结果】在主要生长期内, 葡萄生物量增加 12.4 t/hm^2 , 新梢旺长期至浆果膨大期植株生物量累积迅速, 净增加量为 9.7 t/hm^2 , 占生物总累积量的 78.6% 。早期果树器官建造主要利用树体贮存的磷素, 且磷的分配随生长中心的转移而转移。果树新生器官(叶、新梢)中磷含量表现为物候前期较高, 中后期较低; 根系磷含量表现出前期降低, 后期升高的趋势; 主干磷含量变化幅度不大。同一物候期各器官皮层与木质部磷含量大小顺序均为根系>枝条>主干。葡萄树体主要生长期内磷素吸收量为 33.1 kg/hm^2 , 叶与果实年携走磷量分别为 3.1 和 11.9 kg/hm^2 。浆果膨大期果树吸收磷素量较大, 达 15.4 kg/hm^2 , 占总吸收量的 47% 。【结论】推荐葡萄树(产量 18 t/hm^2)施纯磷 55.1 kg/hm^2 , 其中于果实收获后秋季施磷 29.2 kg/hm^2 , 于浆果膨大期之前追施磷 25.9 kg/hm^2 。

【关键词】 红地球葡萄树; 磷素; 吸收规律; 累积规律

【中图分类号】 S606⁺.2; S663.1

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2009)09-0089-06

Studies on phosphorus absorption and accumulation in main growing period of grape tree

MA Wen-juan¹, TONG Yan-an, GAO Yi-min, KONG Ying

(College of Resources and Environmental, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 This study was to find the dynamic variety of phosphorus uptake, transportation and distribution in different parts of grape trees. 【Method】 Phosphorus fertilizer is an important factor for the yield and quality production in grape trees. Biomass, phosphorus content and accumulation in the cortex and xylem in different parts of grape trees were studied in field-grown “Red Globe” grape tree. 【Result】 The results showed that yearly biomass increase was about 12.4 t/hm^2 , and biomass of plant and the parts above ground vegetated quickly from May 10 to August 20, net increase being 9.7 t/hm^2 , about 78.6% of the gross. Trees mainly constructed organs by using storage phosphorus, and the distribution of phosphorus changed with the growth centre. In the same phenophase, phosphorus content of cortex and xylem followed the order: roots>branch>trunk. Phosphorus content in new organs (leaves and shoots) during early spring was higher than that at other times. The curve of phosphorus content roots fell early, and then increased later. Phosphorus content in trunk almost had no significant change in one year. Totally 33.1 kg/hm^2 phosphorus was absorbed in a year, about 3.1 kg/hm^2 absorbed by leaves, and 11.9 kg/hm^2 by fruits. Among 33.1 kg/hm^2 phosphorus, 15.4 kg/hm^2 was absorbed during the fruit growing period, about 47% of total uptake. 【Conclusion】 The yearly suggested total phosphorus application amount is 55.1 kg/hm^2 (yield 18 t/hm^2), while 29.2 kg/hm^2 of nitrogen is applied as basic fertilizer in forced dormancy

* [收稿日期] 2009-03-24

[基金项目] 国际植物营养研究所(IPNI)中国项目部; 国家自然科学基金重大项目(90502006)

[作者简介] 马文娟(1982—), 女, 蒙古族, 内蒙古赤峰人, 在读博士, 主要从事土壤与植物营养研究。E-mail: frwenj@tom.com

[通信作者] 同延安(1956—), 男, 陕西华县人, 教授, 博士生导师, 主要从事施肥与环境研究。E-mail: tongyanan@nwsuaf.edu.cn

period of plant, and 25.9 kg/hm² is applied as topdressing in the rapid growing phase of fruit.

Key words: red globe grape tree; phosphorus; rular of absorption; rular of accumulation

葡萄是一种外观与风味俱佳、营养丰富的果品。目前全世界葡萄栽培面积达 732.6 万 hm², 年产量 6 653 万 t, 其中我国葡萄种植面积为 45.3 万 hm², 产量为 569.8 万 t, 分别占世界的 6.2% 和 8.6%^[1]。近年来, 我国葡萄生产发展迅速, 但同世界主要的葡萄生产国相比, 我国在葡萄生产方面还存在较多问题, 如管理粗放、施肥盲目、葡萄品质不高及单产普遍较低等^[2]。

磷是细胞核和原生质的重要组成成分之一。磷积极参与着植物的呼吸作用、光合作用和碳水化合物的转化等过程, 是葡萄树生长发育、产量和品质形成的物质基础。目前, 有关葡萄磷素的研究多限于施肥与葡萄产量和品质的关系^[3-4], 以及叶片矿质营养的动态变化^[5-7]等方面, 对葡萄树生物量及磷素累积量的报道较少, 关于其的定量分析研究则更少。本试验对葡萄树主要生长期各器官磷素含量的变化趋势和磷素累积动态进行了研究, 以期探明葡萄树对磷素吸收、利用和贮存的量变规律, 为确定葡萄树适宜的施肥量和施肥时期提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在陕西扶风县揉谷乡新集村, 该地位于暖温带半湿润偏旱气候区, 年降水量 550~650 mm。果园土壤为壤土, 1 年灌溉 1 次。试验前, 取该葡萄园基础土样(0~40 cm), 测得其全氮和有机质含量分别为 1.05 和 9.9 g/kg, 速效磷和速效钾含量分别为 17.8 和 145 mg/kg。上年果实采收后, 按当地果农习惯施肥, 每株基施纯氮、磷、钾的量分别为 0.12, 0.05, 0.06 kg, 施入深度为 40 cm, 施肥方式为穴施; 开花前 7 d 每株追施纯氮 0.06 kg。供试品种为 7 年树龄的红地球, 栽植密度 3 750 株/hm²。

1.2 研究方法

本试验于 2006 年进行。每次在园中选择 3 株长势基本一致、无病虫害、结果正常的葡萄树, 分别在萌芽期(03-30)、新梢旺长期(05-10)、幼果期(06-30)、果实膨大期(08-20)、果实成熟期(09-30)及果树休眠期(11-30)进行采样。每次采样方法相同, 即按果实、叶片、新梢、枝条、主干和根系解析, 根系收集距主干半径 50 cm 范围内深 0~100 cm 的所有

根。称量各器官总鲜质量, 用不锈钢刀分离枝条、主干及根系的皮层和木质部。植株样品剪碎后, 在 100~105 ℃ 下杀酶 15 min, 然后在 70~80 ℃ 烘干至质量恒定。样品粉碎后, 用浓 H₂SO₄-H₂O₂ 消解, 钼锑抗比色法测定磷含量^[8], 计算磷累积量: 磷累积量(kg/hm²) = 磷含量(g/kg) × 器官干质量(kg/株) × 栽植密度(株/hm²)。吸磷量的计算方法: 新生器官(叶片、新梢、果实)为最后一次采样测算的磷累积量; 其他器官(枝条、主干、根系)为最后一次采样测算的磷累积量与第一次采样测算的磷累积量之差。结果为 3 株树的平均值。

1.3 数据处理

试验数据采用 EXCEL 和 DPS 软件进行处理与分析。

2 结果与分析

2.1 葡萄树体生物量和磷累积量的周年变化

不同时期生物量的变化与果树养分状况密切相关^[9]。图 1 是不同时期葡萄树生物量与磷累积量的变化曲线。由图 1 可知, 在主要生长期, 葡萄树生物量净增加 12.4 t/hm², 其中地上部增加了 10.5 t/hm², 占总生物增加量的 85.2%; 根系增加 1.8 t/hm²。从萌芽期(03-30)到新梢旺长期(05-10), 整株生物量累积从 5.4 t/hm² 增加到 5.8 t/hm², 增幅仅为 7.2%; 从新梢旺长期到果实膨大期(08-20), 生物量迅速增至 15.5 t/hm², 净增加量为 9.7 t/hm², 占总增加量的 78.6%。葡萄成熟期(09-30), 整株生物量累积达到峰值, 为 21.2 t/hm²。果实成熟期之后, 由于果实的采收、落叶, 整株生物量呈下降趋势。地上部生物量与整株的变化规律相似。根系生物量在主要生长期变化不大, 为 2.3~4.1 t/hm², 但总体呈增加趋势。

由图 1 还可知, 在主要生长期, 葡萄树植株磷累积增加量为 33.1 kg/hm², 其中地上部增加了 29.3 kg/hm², 占总增加量的 88.5%; 根系增加了 3.8 kg/hm²。从 03-30—05-10, 整株的磷累积量没有增加, 原因可能是磷含量逐渐下降, 而果树生物量增加缓慢, 累积量为磷含量与生物量的乘积, 所以磷累积量变化较小。这表明在此期间由于低温干旱的影响, 根系从土壤中吸收的磷素较少, 果树生长主要利用上年树体内储存的磷。05-10—06-30 植株营养生

长旺盛,吸收大量磷素以满足生长需要,整株磷累积量净增8.1 kg/hm²;在果实成熟期(09-30),整株葡萄的磷累积量为 38.35 kg/hm²,较果实膨大期(08-20)增加了 67.3%,说明在葡萄果实膨大期至成熟期,即生长中后期其吸收磷较多,此时应及时适量供

给磷肥(追肥或根外追肥),以促进果实着色和成熟,提高浆果品质。09-30 以后,整株磷累积量继续增加。植株地上部磷累积量与整株有相似的变化规律。

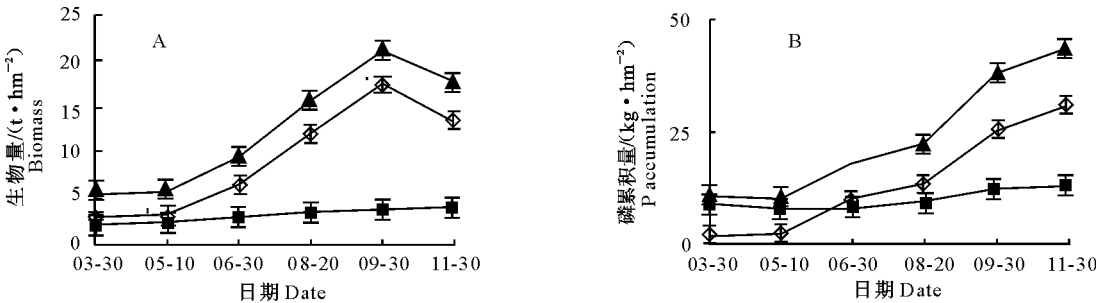


图 1 主要生长期内葡萄树生物量(A)和磷累积量(B)的变化
—◇—地上部; —■—根系; —▲—整株

Fig.1 Dynamic changes of biomass (A) and P accumulation (B) in main growing periods of grape trees
—◇—Above-ground part; —■—Roots; —▲—Plant

在主要生长期内,根系的磷累积量为 3.8 kg/hm²,整体变化不大。萌芽期(03-30)至花期(06-30),根系磷累积量降低 14%,说明早期器官建造主要利用树体上年贮存的磷,从土壤中吸收的较少;花期(06-30)后,根系磷累积量开始增加;至果实成熟期(09-30),根系的磷累积量达到 12.7 kg/hm²,较果实膨大期(08-20)增加了 31.4%;果实收获后根系的磷累积量仍有一定程度的增加,至果树休眠期(11-30)时为 13 kg/hm²,说明休眠期时有部分磷素转移到了根系。

2.2 葡萄树体磷含量和磷累积量的动态变化

2.2.1 葡萄树体不同器官的磷含量和磷累积量
由表 1 可知,主要生长期内叶片磷含量的变化较大。06-30 前葡萄主要进行营养生长,磷用于枝叶形态构建,因此叶片中磷含量较高,为 2.71 g/kg;06-30 后,养分分配中心转向果实,叶片磷含量下降;09-30 叶片磷含量降至 1.33 g/kg。随着生育期的发展,葡

萄果实中的磷含量呈持续增加的态势,从果实膨大期的 2.11 g/kg增至果实成熟期的 2.44 g/kg,增幅为 15.6%。在葡萄主要生长期内,新梢磷含量呈降低的趋势;枝条则为先升高后下降,至浆果采收后又升高的变化趋势;主干磷含量整体变化不大,为 0.38~0.61 g/kg。06-30~08-20,为了满足果实快速生长对磷的需求,新梢、主干、枝条中磷含量分别降低 24.8%,21.8%,46%。根系磷含量呈前期降低后期增加的趋势,果实采收后保持相对稳定。

由表 2 可知,葡萄树叶与果实年携走磷素量分别为 3.1 和 11.9 kg/hm²。主要生长期内,新梢、枝条(除新梢外的其他枝条)、主干、根系吸磷量分别为 9.1,3.5,1.6 和 3.8 kg/hm²,表现为新梢>根系>枝条>主干。将葡萄树各器官吸磷量进行累加,可知主要生长期内整株葡萄吸收的磷素量为 33.1 kg/hm²。

表 1 葡萄树体不同器官磷含量的动态变化
Table 1 Dynamic changes of P content in different organs of grape trees g/kg

器官 Organ	采样日期 Sampling date					
	03-30	05-10	06-30	08-20	09-30	11-30
叶 Leaves	—	2.60 a	2.71 a	1.92 ab	1.33 b	—
果实 Fruits	—	—	1.91 c	2.12 a	2.44 a	—
新梢 Shoots	—	—	2.30 b	1.73 b	1.57 b	1.49 b
枝条 Branch	0.75 b	1.10 c	1.30 d	0.70 c	0.60 c	1.20 c
主干 Trunk	0.38 b	0.29 d	0.55 e	0.43 d	0.37 c	0.61 d
根系 Roots	2.50 a	2.11 b	1.63 cd	1.9 ab	2.17 a	2.11 a

注:同列数据后标不同字母者表示差异显著(P<0.05)。下表同。
Note: values followed by different letters in the column are significant (P<0.05), the same as follow.

由表 2 还可知,03-30—05-10,叶萌发及枝条生长所需的磷素主要来自根系,少量来自主干,根系与主干磷累积量分别降低 1.07 和 0.13 kg/hm²,而叶和枝条分别吸收磷素 0.077 和 0.49 kg/hm²,整株磷累积量降低 0.64 kg/hm²。05-10—06-30,除根系磷累积减少 0.22 kg/hm² 外,其他器官的磷累积量均增加,叶与新梢增加显著,增幅分别为 2.19 和

4.69kg/hm²,整株磷累积量增加 8.01 kg/hm²。06-30—08-20,为满足果实膨大对磷素的需求,枝条、主干中累积的磷分别降低 41.7%和 0.9%,整株累积量增加 4.72 kg/hm²。08-20—09-30,整株磷累积增加 15.4 kg/hm²,占总磷累积量的 47%;果实收获以后,由于浆果的采收和落叶,整株磷累积量降低,11-30 降为 28.93 kg/hm²(不包括叶与果实带走的磷)。

表 2 葡萄树不同器官各时期的磷累积量

Table 2 Distribution of P accumulation in organs of grape trees in different periods		kg/hm ²					
器官 Organ	采样时期 Sampling date						吸磷量 P absorption
	03-30	05-10	06-30	08-20	09-30	11-30	
叶 Leaves	—	0.077 c	2.27 d	2.89 c	3.1 c	—	3.1 c
果实 Fruits	—	—	0.26 d	5.41 bc	11.9 b	—	11.9 b
新梢 Shoots	—	—	4.69 c	7.73 b	8.34 b	9.1 b	9.1 b
枝条 Branch	0.95 b	1.44 b	1.99 d	1.16 d	1.22 c	4.50 c	3.5 c
主干 Trunk	0.69 b	0.56 c	1.11 d	1.10 d	1.08 c	2.30 c	1.6 d
根系 Roots	9.22 a	8.15 a	7.93 b	9.67 b	12.71 b	13.02 b	3.8 c
整株 Plant	10.87 a	10.23 a	18.24 a	22.96 a	38.35 a	28.93 a	33.1 a

2.2.2 不同器官皮层与木质部的磷含量和磷累积量 图 2 是葡萄树各器官皮层与木质部磷含量和磷

累积量的动态变化曲线。

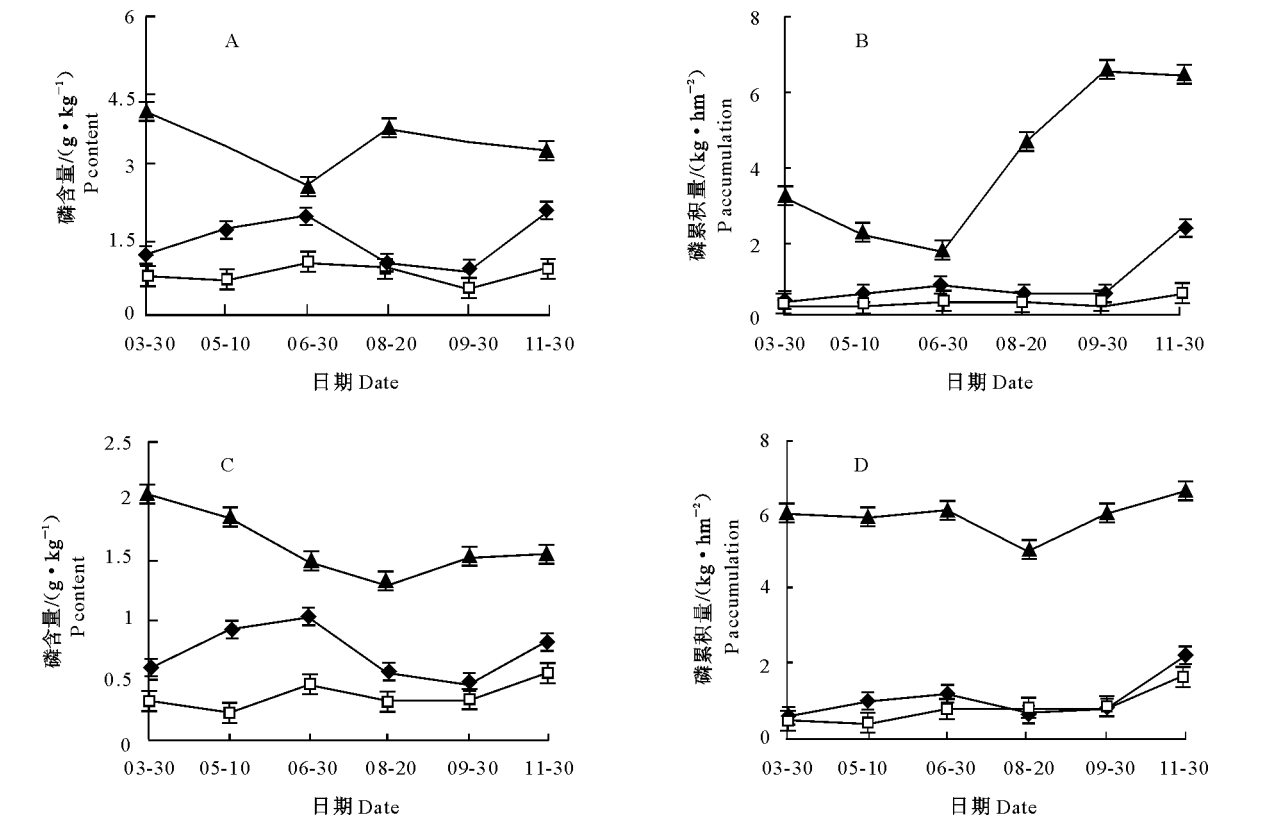


图 2 葡萄树器官皮层与木质部磷含量和累积量的动态变化

A. 皮层磷含量;B. 皮层磷累积量;C. 木质部磷含量;D. 木质部磷累积量;

—◆—枝条;—□—主干;—▲—根系

Fig. 2 Dynamic changes of P content and accumulation in different organs of cortex and xylem

A. P content in cortex;B. P accumulation in cortex;C. P content in xylem;D. P accumulation in xylem;

—◆—Branch;—□—Trunk;—▲—Roots

由图 2-A 可知,03-30—06-30,根系皮层磷含量下降了 38%,而枝条皮层磷含量增加了 64%,主干皮层磷含量先下降后上升。06-30—08-20,根系吸收大量磷素以满足果实快速生长对磷的需求,因而根系皮层磷含量上升了 45%,枝条与主干皮层磷含量分别下降了 50%和 13.3%。果实采收以后(09-30—11-30),葡萄植株继续吸收磷素,枝条皮层磷含量增加了 143%,根系皮层磷含量相对较稳定。同一物候期皮层磷含量为:根系>枝条>主干。

由图 2-B 可知,03-10—06-30,根系皮层磷呈输出状态,磷累积量降低 44.9%;枝条与主干皮层磷累积量分别增加 148%和 62%。06-30—09-30,根系和主干皮层磷累积量开始增加,二者分别增加了 169%和 13.5%;枝条皮层磷累积量下降 39%。果实采收后至休眠期(09-30—11-30),枝条与主干皮层磷累积量仍有一定程度增加,其中枝条的增加幅度较大,为 347%。主要生长期,枝条与主干皮层磷累积量相近,二者无显著差异,而与根系皮层磷累积量差异显著。

由图 2-C 可知,葡萄花前(03-30—06-30)根系木质部磷含量降低 28.8%,而枝条增加 67.7%,主干则先降低后增加。花期至果实膨大期(06-30—08-20),由于果实快速生长对磷需要量较大,枝条、主干、根系木质部磷含量均呈下降趋势,分别降低 45%,27%和 11.4%。果实成熟后,枝条、主干、根系的磷含量均呈增加趋势,到 11-30,三者磷含量分别为 0.83,0.55,1.57 g/kg。主要生长期,葡萄树木质部磷含量大小顺序为:根系>枝条>主干。

由图 2-D 可知,主要生长期,葡萄树各器官木质部磷累积量的变化比较平缓。根系木质部磷累积量在 06-30—08-20 降低 19%,至 09-30 又增加 22.3%。枝条与主干木质部磷累积量接近,二者无显著差异;根系木质部磷累积量显著高于枝条与主干。

3 小结与讨论

本研究中,葡萄树主要生长期生物量增加 12.4 t/hm²,新梢旺长期至果实膨大期生物量迅速增大,达到 15.5 t/hm²,占总增加量的 78.6%。根系生物量年周期内变化不大,为 2.3~4.1 t/hm²,总体呈增加趋势,葡萄树主要生长期根系生物量增加 1.8 t/hm²。早期果树器官建造主要利用树体贮存的磷素,且磷的分配随生长中心的转移而转移,这与顾曼如等^[10]对苹果氮素及樊红柱等^[11]对苹果磷素的研究结果一致。本研究中,同一物候期,皮层

与木质部磷含量均表现为根系>枝条>主干。每形成 1 t 经济产量需要 P₂O₅ 量为 1.84 kg,低于葡萄研究协作网^[12]对 6 年生巨峰的研究结果(2.31 kg/t)和张志勇等^[13]对 5 年生赤霞珠的研究结果(3.95 kg/t)。这可能是受葡萄品种、树龄和土壤条件等因素的影响所致。

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^[14]研究表明,树体中贮存养分重复利用的时间较长,这一点在果园生产管理中必须加以考虑。本试验葡萄树体主要生长期吸收的磷素为 33.1 kg/hm²,其中于果实膨大期果树吸收磷素量较大,为 15.4 kg/hm²,占总吸收量的 47%。因此作者建议将磷肥重点施于果实膨大期之前,这与张志勇等^[13]的研究结论一致。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 1/2 计,肥料利用率按 30%^[15]计算,作者推荐葡萄树(产量 18 t/hm²)年施纯磷 55.1 kg/hm²,其中在果实膨大期之前追施纯磷 25.9 kg/hm²(计算方法:总施磷量×47%);秋季果实收获后施基肥 29.2 kg/hm²。由于葡萄品种、产量水平和土壤条件等不同,各地所推荐的肥料适宜施用量亦有差异,施肥时期应根据不同品种葡萄的营养特性和养分吸收规律及肥料特性和土壤条件等灵活掌握。

[参考文献]

- [1] 赵胜建,郭紫娟,马爱红.世界鲜食葡萄生产、贸易及品种构成分析[J].中外葡萄与葡萄酒,2007(6):65-69.
Zhao S J,Guo Z J, Ma A H. The analysis of production, trade and breed components of table grape in the world [J]. Sino-overseas grapevine & wine,2007(6):65-69. (in Chinese)
- [2] 许雪峰,罗国光,彭宜本.玫瑰香葡萄聚果生长发育动态及其变化特点[J].园艺学报,1995,22(4):318-322.
Xu X F,Luo G G,Peng Y B. Dynamics and characteristics of berry growth and development of grape (*Vitis vinifera* L. cv. Muscat Hamburg) [J]. Acta Horticulturae Sinica, 1995, 22 (4):318-322. (in Chinese)
- [3] 王燕,周涛,白国胜.不同酿酒葡萄品种对磷素的吸收利用及其效应研究[J].西北林学院学报,2001,16(3):14-17.
Wang Y,Zhou T,Bai G S. The study on absorbing and using phosphorus by different varieties of Wine Maing Grapes [J]. Journal of Northwest Forestry University,2001,16(3):14-17. (in Chinese)
- [4] 周涛,张富国,白国胜,等.风沙土壤的磷素状况及施磷对酿酒葡萄品质的影响[J].中国农业科学,2002,35(2):169-173.
Zhou T,Zhang F G,Bai G S,et al. Phosphorus status of sand

- soil and effects of phosphorus fertilization on quality of wine-grapes [J]. Science Agriculture sinica, 2002, 35(2): 169-173. (in Chinese)
- [5] 秦嗣军,王 铭,郭太君,等. 双优山葡萄叶柄内矿质营养动态变化的研究 [J]. 吉林农业大学学报, 2001, 23(4): 47-50.
Qin S J, Wang M, Guo T J, et al. The research on the dynamic variations of the mineral elements in the leafstalks of Shuangyou *Vitis amurensis* Rupr [J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2001, 23(4): 47-50. (in Chinese)
- [6] 秦焯南,陈兰华. 葡萄叶片叶柄 NPK 含量及其季节变化研究 [J]. 西南农业大学学报, 1996, 18(1): 65-67.
Qin X N, Chen L H. Studies on the contents and evolution of nitrogen, phosphorus and potassium in the grape leaves and petioles [J]. Journal of Southwest Agricultural University, 1996, 18(1): 65-67. (in Chinese)
- [7] 孙 权,王静芳,王素芳,等. 不同施肥深度对酿酒葡萄叶片养分和产量及品质的影响 [J]. 果树学报, 2007, 24(4): 455-459.
Sun Q, Wang J F, Wang S F, et al. Influence of fertilization depth on NPK content in leaves, yield and fruit quality of grapevine [J]. Journal of Fruit Science, 2007, 24(4): 455-459. (in Chinese)
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 76.
Bao S D. The Method of the Soil and Agriculture Chemical Analysis [M]. Beijing: China Agricultural Press, 1999: 76. (in Chinese)
- [9] 薛进军,杨青琴,王秀茹,等. 铁及其他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.
Xue J J, Yang Q Q, Wang X R, et al. Distribution of iron and other mineral elements in different organs of apple tree [J]. Journal of Guangxi Agricultural and Biological Science, 2003, 22(1): 16-20. (in Chinese)
- [10] 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.
Gu M R, Shu H R, Zhou H W. A study on the nitrogen nutrition of apple trees. IV: the characters of translocation and distribution of the reserved (15) N [J]. Acta Horticulturae Sinica, 1986, 13(1): 25-30. (in Chinese)
- [11] 樊红柱,同延安,赵 营,等. 苹果树体磷素动态规律与施肥管理 [J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(1): 73-77.
Fan H Z, Tong Y A, Zhao Y, et al. Phosphorus dynamics and fertilization management of apple tree [J]. Agricultural research in the arid areas, 2007, 25(1): 73-77. (in Chinese)
- [12] 葡萄研究协作网. 葡萄营养特性与施肥技术研究 [J]. 辽宁农业科学, 1993(5): 4-8.
The Web of Investigation and Cooperation of Grape. Studies on nutrition characteristics and fertilization technique of grape [J]. Liaoning Agricultural Sciences, 1993(5): 4-8. (in Chinese)
- [13] 张志勇,马文奇. 酿酒葡萄“赤霞珠”养分累积动态及养分需求量的研究 [J]. 园艺学报, 2006, 33(3): 466-470.
Zhang Z Y, Ma W Q. Studies on the requirement and accumulative trend of nutrients in wine grape “Cabernet Sauvignon” [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2006, 33(3): 466-470. (in Chinese)
- [14] 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 Hortic Sci, 1983, 112: 526.
- [15] 姜远茂,张宏彦,张福锁. 北方落叶果树养分资源综合管理理论与实践 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2007: 188.
Jiang Y M, Zhang H Y, Zhang F S. Concepts & practice of integrate nutrient resource management in northern deciduous fruit [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2007: 188. (in Chinese)