

网络出版时间:2013-08-26 17:30

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20130826.1730.004.html>

葡萄树主要生长期内钾素的吸收与累积规律

马文娟¹, 同延安², 王百祥¹, 杨莉芳¹

(1 渭南职业技术学院 农学院, 陕西 渭南 714000; 2 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

【摘要】 **【目的】**研究葡萄树主要生长期内生物量、钾含量及钾累积量的变化规律,为鲜食葡萄生产中施钾量及施肥时期的确定提供理论依据。**【方法】**选取陕西省扶风县揉谷乡新集村 7 年树龄的“红地球”葡萄园为试验果园,在不同生育阶段(萌芽期(03-30)、幼果期(05-10)、新梢旺长期(06-30)、果实膨大期(08-20)、果实成熟期(09-30)及果树休眠期(11-30)),对葡萄树按不同器官(果实、叶片、新梢、枝条、主干和根系)进行采样,测定不同器官的生物量、钾含量和钾累积量。**【结果】**在主要生长期内(03-30—11-30),葡萄树地上部各器官生物量总体呈增加趋势,根系生物量变化趋势不明显;葡萄树叶片钾含量呈先升高后降低的趋势,新梢与果实钾含量则持续下降;在相同生育期,葡萄不同器官钾含量表现为新生器官(新梢、叶片和果实)高于成龄器官(枝条、主干、根系)。在生长期内,葡萄树整株钾累积量为 140.52 kg/hm²,其中叶片、果实、新梢、枝条、主干和根系的钾累积量分别为 17.24, 64.29, 31.63, 8.43, 7.06, 11.87 kg/hm²。新梢旺长期和果实膨大期钾累积量较大,分别吸收钾素 38.59 和 64.29 kg/hm²,占全年总吸收量的 27.5% 和 45.8%。**【结论】**本试验中每形成 1 000 kg 经济产量需施 K₂O 7.8 kg,全年推荐施 K₂O 的量为 175.6 kg/hm²(产量 18 t/hm²),基施 46.9 kg/hm²,新梢旺长期和果实膨大期分别追施 48.3 和 80.4 kg/hm²。

【关键词】 葡萄树;钾含量;累积量;年周期变化

【中图分类号】 S663.106⁺.2

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2013)09-0127-06

Annual change of potassium content and accumulation in grape tree

MA Wen-juan¹, TONG Yan-an², WANG Bai-xiang¹, YANG Li-fang¹

(1 College of Agronomy, Weinan Vocational and Technical College, Weinan, Shaanxi 714000, China;

2 College of Natural Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: **【Objective】** This study aimed to find out the potassium absorption, utilization and accumulation in grape tree. **【Method】** Field experiments were conducted in Fufeng county, Shaanxi Province to analyze yearly biomass, potassium content and accumulation at different parts (fruits, leaves, shoots, branch, trunk and roots) of 7-year grape trees (Red globe). Samples were taken on 03-30, 05-10, 06-30, 08-20 and 09-30, respectively. **【Result】** Potassium contents in new organs (leaves, shoots and fruits) during early spring were higher than later time. In the same phenophase, potassium contents in new organs were higher than that in old organs (branch, trunk and roots). Potassium contents in roots had no remarkable change through one year. A total of 140.52 kg/hm² potassium were absorbed annually, among which 17.24 kg/hm² were absorbed by leaves, and 64.29 kg/hm² were absorbed by fruits. New shoots, stems and trunks absorbed 31.63, 8.43, 7.06 kg/hm² phosphorus, respectively. 11.87 kg/hm² phosphorus were absorbed by roots. Among the new shoots flourishing period and the fruit growing period, more potassium was needed and about 38.59 kg/hm² were absorbed during the new shoots flourishing period, and 64.29 kg/hm² were absorbed during the fruit growing period, accounting for 27.5% and 45.8% of the total uptake, respective-

【收稿日期】 2012-11-18

【基金项目】 渭南职业技术学院级重点课题(WZY201204)

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

ly. 【Conclusion】 To obtain 1 000 kg economic yield, grape tree should uptake 7.8 kg potassium. The recommended total potassium application rate was 175.6 kg/hm² (yield 18 t/hm²) with 46.9 kg/hm² as base fertilizer in forced dormancy period of plant, and 48.3 kg/hm² during new shoots flourishing period, and the rest as topdressing in the rapid growing phase of fruit.

Key words: grape tree; potassium content; accumulation; annual change

近年来,我国葡萄生产发展较快,如何提高其产量和品质是目前葡萄生产中面临的突出问题。钾(K)素对植物生长有重要作用,可提高植物光合作用效率及光合产物的运转能力。K素对葡萄产量、品质和植株生长等有重要影响^[1]。此外,K素还能提高葡萄植株的抗寒、抗旱、耐高温和抗病虫害能力^[2]。有关N、P、K对葡萄养分吸收、品质效应的影响已有较多报道^[3-5],其中对葡萄植株养分含量变化的研究多集中于叶片、叶柄和果实^[6-10],而对全株各器官养分含量在整个生育期内的变化和累积动态却鲜有报道。为此,本试验以“红地球”鲜食葡萄为试材,研究植株各器官生物量、钾含量和钾累积量在主要生长期的变化,以期为鲜食葡萄生产中施钾量及施肥时期的确定提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验地设在陕西省扶风县揉谷乡新集村,该村位于暖温带半湿润偏旱气候区,年降水量 550~650 mm。供试品种为 7 年树龄的“红地球”,栽植密度 3 750 株/hm²,果园土壤类型为 塿土,1 年灌溉 1 次。试验前取该葡萄园基础土样(土层深度为 0~40 cm),测得土壤全氮含量为 1.05 g/kg,速效磷含量为 17.8 mg/kg,速效钾含量为 145 mg/kg,有机质含量为 9.9 g/kg。每年果实采收后按照农民施肥习惯每株葡萄树分别基施纯氮、磷、钾 0.12, 0.05, 0.06 kg,肥料施入深度为 40 cm,施肥方式为穴施;开花前 7 d 每株追施纯氮 0.06 kg。全园果树管理方式相同。试验前在园中选取 18 株葡萄树作为试材,并对其挂牌标记。试材的选取原则为地面到枝条分叉处高度最相近,主干粗度相同,剪枝后留枝条数及粗度相同,无病虫害、结果正常的葡萄树。

1.2 样品的采集

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,作为 3 次重复。分别在萌芽期(03-30)、幼果期(05-10)、新梢旺长期(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(指除新梢外的其他老枝)、主干和根系解析植株;根系收集距主干半径 50 cm、深 0~100 cm 的土坑中的所有根,每 20 cm 土层的根系(0~20, 20~40, 40~60, 60~80, 80~100 cm)分开放置,用自来水冲去泥土;称量各器官的鲜质量,用不锈钢刀分离枝条、主干及根系。

1.3 葡萄不同器官生物量及其钾含量、累积量的测定

将各器官样品于 100~105 ℃ 杀酶 15 min,然后 70~80 ℃ 烘干至恒质量。称量葡萄树单株各器官干质量。将样品粉碎后用浓 H₂SO₄-H₂O₂ 消解,用火焰光度计测定钾含量。钾累积量(kg/hm²)=钾含量(g/kg)×器官干质量(kg/株)×株数(株/hm²);新器官(叶片、果实、新梢)钾累积量为最后一次采样测得的养分累积量;成龄器官(枝条、主干、根系)钾累积量为最后一次采样与第 1 次采样测得的养分累积量之差。收获期,全园果实累加统计产量。

1.4 葡萄主要生长期施 K₂O 量的计算

全年推荐施 K₂O 量=(全年整株钾累积量-土壤养分供给量)/肥料利用率,土壤供钾量通常按照累积量的 1/2 计,钾的肥料利用率为 40%。

葡萄主要生长期推荐施 K₂O 量=全年推荐施 K₂O 量×该生长期钾累积量/全年整株钾累积量。

1.5 数据处理

所有试验数据为 3 次重复的平均值,采用 EXCEL 和 DPS 软件进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 葡萄树各器官及整株生物量累积的动态变化

图 1 是葡萄树生物量在主要生长期内的变化。由图 1 可知,由于早春低温干旱,葡萄树前期(03-30—05-10)的整株生物量累积缓慢,从萌芽期(03-30)的 5 391 kg/hm² 增加到幼果期(05-10)的 5 779 kg/hm²,增幅仅有 7.2%;幼果期后,葡萄枝、叶建成,整株生物量快速增加,到葡萄成熟期(09-30),整株生物量达到峰值,为 21 233 kg/hm²。果实成熟期之后,由于果实的采收及叶片脱落,整株生物量呈下降趋势。

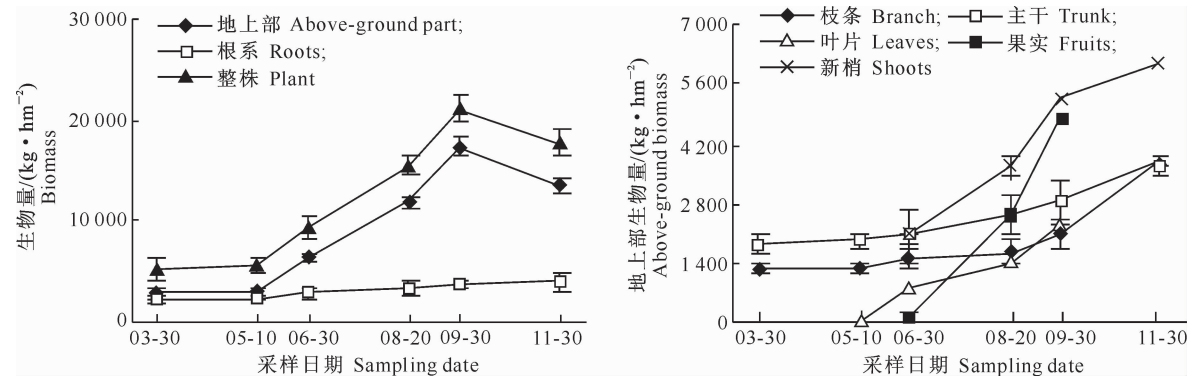


图 1 主要生长期内葡萄树各器官生物量的变化

Fig. 1 Annual changes of biomass in grape trees

由图 1 还可知,03-30—11-30 根系生物量变化不大,为 2 302~4 132 kg/hm²,总体呈增加趋势,生长期内根系生物量净增加 1 830 kg/hm²,占整株的 14.8%。

地上部生物量与整株生物量的变化规律相似,即萌芽期到幼果期,地上部生物量变化幅度较小;幼果期到果实成熟期,地上部生物量迅速增加;进入果树休眠期之后,地上部生物量呈降低趋势。由图 1 可知,葡萄树各器官生物量均随着生育期的推进而增加。03-30—11-30,枝条与主干生物量分别增加了 2 481 和 1 939 kg/hm²,占全株生物量的 19%和 15%;叶片、果实、新梢生物量分别增加了 2 357, 4 866, 6 118 kg/hm²。新梢旺长期(06-30)之前,枝条与主干生物量增加缓慢;新梢旺长期之后,新梢、叶片、果实生物量迅速累积。因此,新梢旺长期为果树养分管理的关键时期,应适量供应水、肥以满足葡萄树正常生长的需要。

2.2 葡萄树不同器官钾含量的变化

图 2A 反映了主要生长期内葡萄树新生器官

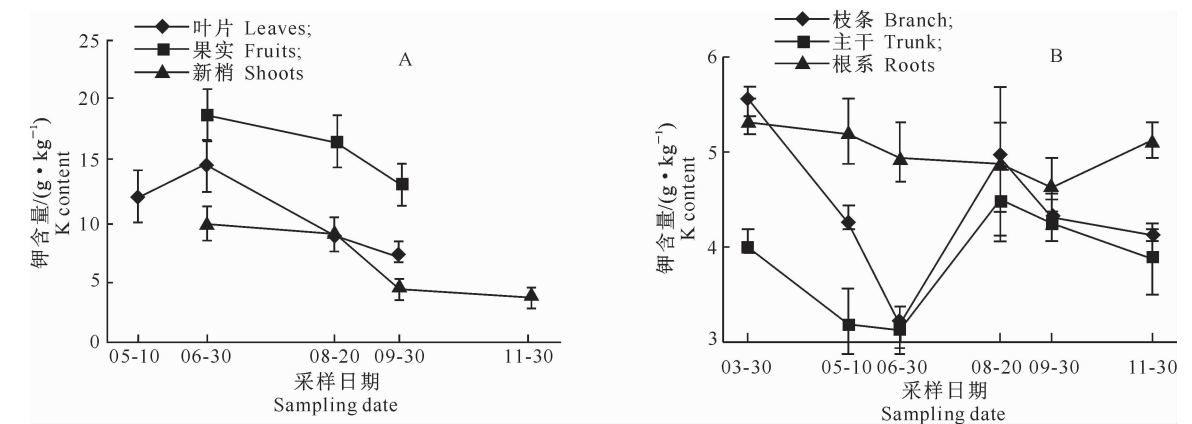


图 2 主要生长期内葡萄树不同器官钾含量的变化

Fig. 2 Changes of K₂O contents in different organs of grape trees

由图 2B 可知,在主要生长期内,葡萄根系钾含量变化幅度较小,03-30—09-30 根系钾含量由 5.33

(果实、叶片和新梢)钾含量的变化。由图 2A 可知,在主要生长期内,叶片钾含量呈先升高后降低的趋势,新梢旺长期(06-30)之前,钾含量由 12.1 g/kg 增加到 14.6 g/kg;而新梢旺长期以后,由于果实形成,叶片中钾含量急剧下降,至果实膨大期(08-20)降为 9.01 g/kg,比新梢旺长期降低 38%;以后随着果实的生长及成熟,叶片钾含量继续降低,到果实成熟期降为 7.31 g/kg。葡萄果实钾含量在生育期内呈持续下降趋势,尤其从果实膨大期(08-20)至果实成熟期(09-30)下降幅度较大,由 16.77 g/kg 降至 13.21 g/kg,降低了 21%。新梢钾含量的变化趋势与果实一样,随着生育期的推进,新梢钾含量呈下降趋势,06-30 新梢钾含量最高,为 10.22 g/kg,至 08-20 降到 9.21 g/kg;08-20 之后,由于果实快速生长对钾的需要量大,新梢中的部分钾转移到果实中,至 09-30 新梢钾含量降至 5.33 g/kg,比 08-20 降低了 42%;至果树休眠期新梢钾含量降为 5.17 g/kg。

g/kg 持续降至 4.65 g/kg;果实采收后养分回流,根系钾含量有所增加,至果树休眠期根系钾含量达到

表 1 主要生长期内葡萄树不同器官钾积累量的变化

Table 1 Annual changes of K₂O accumulation in different organs of grape trees

器官 Organs	采样日期 Sampling date						钾积累量 Accumulation
	03-30	05-10	06-30	08-20	09-30	11-30	
枝条 Branch	6.98 c	5.61 c	4.85 d	8.06 c	8.75 d	15.40 c	8.43 e
主干 Trunk	7.31 c	6.19 c	6.24 d	11.44 c	12.46 d	14.37 c	7.06 e
根系 Roots	19.67 b	19.97 b	24.09 b	24.53 b	27.23 c	31.54 b	11.87 d
叶片 Leaves	—	0.36 d	12.25 c	13.55 c	17.24 d	—	17.24 d
果实 Fruits	—	—	2.56 d	43.01 b	64.29 b	—	64.29 b
新梢 Shoots	—	—	20.74 b	34.41 b	28.31 c	31.63 b	31.63 c
整株 Plant	33.95 a	32.12 a	70.71 a	135.00 a	158.28 a	92.94 a	140.52 a

由表 1 还可以看出,03-30—11-30,枝条、主干、根系钾积累量分别为 8.43,7.06 和 11.87 kg/hm²;叶片与果实年携走钾素分别为 17.24 和 64.29 kg/hm²;新梢钾积累量为 31.63 kg/hm²,其中包括剪枝带走的 3.47 kg/hm² 钾素。

收获期统计葡萄产量为 18 t/hm²。根据计算公式可得,全年推荐施 K₂O 的量为 175.6 kg/hm²;其中基施 46.9 kg/hm²,新梢旺长期和果实膨大期分别追施 48.3 和 80.4 kg/hm²。每形成 1 000 kg 经济产量需要 K₂O 的量为 7.8 kg。

3 讨 论

本研究结果表明,在葡萄树发育过程中,叶片、果实、枝条、主干、新梢中的钾含量变化很大,新梢旺长期之前,叶片中的钾含量明显增加,而果实膨大后,由于叶片中的钾不断向果实移动,使得叶片的钾含量增幅减小;03-30—11-30,根系钾含量变化幅度较小,这与前人的研究结果^[11]一致。刘俊等^[12]对龙眼葡萄根系分布的情况进行了研究,结果表明,定植后 3 年内,根系生长速度较快;进入结果期后,根系生长速度会逐渐变缓。有研究证明,果树局部自疏与更新贯穿于整个生命周期,吸收根的死亡与更新

在生命的初始阶段就已发生,随之须根和低级次根也发生更新现象^[13]。王建等^[14]对 10 年生猕猴桃树的研究发现,其根系年生长量较小,总量维持在一个平衡状态,休眠期旧的根系会有较多脱落。此外,在相同生育期葡萄树新生器官(新梢、叶片和果实)钾含量高于成龄器官(枝条、主干、根系),这与樊红柱等^[15]、薛进军等^[16]在苹果上的研究结果一致。

植物生长发育过程中要连续不断地从外界吸收养分,以满足生长需要,但在各个生育期植物的营养特点却有所差异,因此各时期的施肥效果也不同,其中施肥效果最好的时期应为植物营养的最大效率期^[9]。据 Abha 等^[17]的研究报道,在葡萄坐果 30 d 后叶面喷施 KH₂PO₄,随 KH₂PO₄ 浓度的增大,葡萄果实可溶性固形物总量及总糖含量有明显增加。李良玉等^[18]认为,葡萄第 1 次追施钾肥应在早春芽开始萌发时,这时正值花芽继续分化期,是葡萄植株发育的临界期,施用 K₂O 量为 75 kg/hm² 左右;第 2 次追施钾肥在果实着色初期,用量 150 kg/hm² 左右,对提高浆果糖分、改善果实品质和促进新梢成熟均有良好的作用。本研究结果显示,果实膨大期葡萄树的钾积累量最大,为 64.29 kg/hm²,故本试验中,葡萄钾素营养的最大效率出现在果实膨大期,即

果实快速生长、糖分快速积累时期,此时施用钾肥,既可满足葡萄成熟对钾的需求,又有助于提高葡萄品质^[19]。在新梢旺长期葡萄树需钾量也很大,本试验中新梢旺长期葡萄树的钾累积量为 38.59 kg/hm²,此时施用钾肥除了满足葡萄树生长外,可使枝条成熟提前 2~3 d,并可以提高葡萄叶中的叶绿素含量,有利于光合作用的进行,从而为后期浆果的糖分累积和提早成熟奠定物质基础^[20]。

葡萄为养分需求大的果树,与苹果、梨、桃等树种相比,每生产 1 000 kg 果实,葡萄吸收钾的量最多^[21]。本试验中,每形成 1 000 kg 经济产量需要 K₂O 的量为 7.8 kg,高于葡萄研究协作网^[22](5.26 kg)和张志勇等^[19]对酿酒葡萄‘赤霞珠’的研究结果(7.68 kg)。这是由于本试验试材为 7 年生“红地球”葡萄,而后两者分别为 6 年生巨峰和酿酒葡萄‘赤霞珠’,品种不同、树龄不同,加之灌溉、气候、土壤等生态条件的影响,其吸收养分量也各不相同。国际植物营养研究所(IPNI)对加拿大葡萄的研究结果表明,葡萄产量为 20 t/hm²,其移走的 K₂O 为 220 kg/hm²,与本试验结果(140.52 kg/hm²)不同,亦是多重因素影响的结果。因此,葡萄生产中,要综合考虑葡萄品种、树龄及土壤条件等因素,并参考合适的研究结论进行施肥管理。

4 结 论

(1)在生长前期(03-30—05-10),葡萄树地上部和整株生物量变化幅度较小,之后随着生育期的延长,均呈先增加后减小趋势;03-30—11-30,葡萄树根系的生物量变化不大。03-30—11-30,随着时间延长,葡萄树地上部各器官生物量总体呈增加趋势。

(2)葡萄树新生器官(新梢、叶片和果实)钾含量表现为生育前期较高,中后期较低;在同一生育期,新生器官钾含量高于成龄器官(枝条、主干、根系)。03-30—11-30,葡萄整株的钾累积量为 140.52 kg/hm²,其中果实与新梢钾累积量最大,分别为 64.29 和 31.63 kg/hm²。果实膨大期钾累积量最大,建议此阶段多施钾肥。

(3)本试验中,每形成 1 000 kg 经济产量需 K₂O 量为 7.8 kg,据此估算的全年推荐施 K₂O 量为 175.6 kg/hm²(产量为 18 t/hm²);其中基施 46.9 kg/hm²,新梢旺长期和果实膨大期分别追施 48.3 和 80.4 kg/hm²。产量是决定施肥量的主要因素,所以果园在实际生产中可以根据本研究的施肥推荐量,同时结合树龄、树势、土壤有效钾水平等因素,确

定适宜的施肥量。

[参考文献]

- [1] 中国农业科学院土壤肥料研究所. 中国肥料 [M]. 上海:上海科学技术出版社,1994.
Soil and Fertilizer Institute, CAAS. Chinese fertilizer [M]. Shanghai: The Science & Technology Press in Shanghai, 1994. (in Chinese)
- [2] 贺普超. 葡萄学 [M]. 北京:中国农业出版社,1999:192.
He P C. Ampelology [M]. Beijing: China Agricultural Press, 1999:192. (in Chinese)
- [3] 李建和,刘淑欣,陈克文,等. N、K 营养与葡萄植株生长、产量及品质的关系 [J]. 福建农业大学学报,1995,24(1):58-62.
Li J H, Liu S X, Chen K W, et al. Relationship between nitrogen and potassium nutrition and the yield, quality and growth of grape [J]. J Fujian Agric Univ, 1995, 24(1): 58-62. (in Chinese)
- [4] 谢海霞,陈冰,文启凯,等. 氮、磷、钾肥对“全球红葡萄”产量与品质的影响 [J]. 北方园艺,2005(4):73-74.
Xie H X, Chen B, Wen Q K, et al. Effect of NPK fertilizer on yield and quality of Red Globe Grape [J]. North Hort, 2005 (4): 73-74. (in Chinese)
- [5] 高耀庭,周涛,王世荣. 不同酿酒葡萄品种钾素营养特点及其吸收与利用研究 [J]. 中国生态农业学报,2001,9(2):67-69.
Gao Y T, Zhou T, Wang S R. The study on different wine-grapes absorbing and using potassium [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2001, 9(2): 67-69. (in Chinese)
- [6] 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]. J Jilin Agric Univ, 2001, 23(4): 47-50. (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 quality of grape vine [J]. J Fruit Sci, 2007, 24(4): 455-459. (in Chinese)
- [8] 蒋万峰,崔永峰,张卫东,等. 无核白葡萄叶内矿质元素含量年生长季内的变化 [J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2005,33(8):91-95.
Jiang W F, Cui Y F, Zhang W D, et al. Annual changes of mineral elements in foliar of Thompsons seedless [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed, 2005, 33(8): 91-95. (in Chinese)
- [9] 社会英,薛世川,孙忠富. 不同用量腐殖酸复合肥对葡萄叶片养分累积及其生理指标的影响 [J]. 中国生态农业学报,2007,15(1):49-51.
Du H Y, Xue S C, Sun Z F. Effects of different application rates of humic acid compound fertilizer on leave nutrient accumulation and physiological mechanism of grape [J]. Chin J Eco-Agric, 2007, 15(1): 49-51. (in Chinese)

[10] 李 华,惠竹梅,张振文,等. 行间生草对葡萄园土壤肥力和葡萄叶片养分的影响 [J]. 农业工程学报,2004,20(7):116-119. Li H,Hui Z M,Zhang Z W,et al. Effect of green covering on soil fertility and grape leaf nutrient content of vineyard [J]. Transactions of the CSAE,2004,20(7):116-119. (in Chinese)

[11] 张志勇. 规模化和农户葡萄园施肥与养分循环、平衡的研究 [D]. 石家庄:河北农业大学,2004. Zhang Z Y. Case study on the fertilization,nutrients cycling and balance of the large-scale and household vineyards [D]. Shijiazhuang:Hebei Agric Univ,2004. (in Chinese)

[12] 刘 俊,刘崇怀. 龙眼葡萄棚架栽培条件下的根系分布 [J]. 果树学报,2006,23(3):379-383. Liu J,Liu C H. Studies on the root distribution of Longyan grape cultivar in pergola training system [J]. J Fruit Sci, 2006,23(3):379-383. (in Chinese)

[13] 武维华. 植物生理学 [M]. 北京:科学出版社,2003. Wu W H. Plant physiology [M]. Beijing:Science Press,2003. (in Chinese)

[14] 王 建,同延安. 猕猴桃树对氮素吸收、利用和贮存的定量研究 [J]. 植物营养与肥料学报,2008,14(6):1170-1177. Wang J,Tong Y A. Study on absorption,utilization and storage of nitrogen of kiwifruit tree [J]. Plant Nutr Fert Sci, 2008,14(6):1170-1177. (in Chinese)

[15] 樊红柱,同延安,吕世华,等. 苹果树体钾含量与钾累积量的年周期变化 [J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2007,35 (5):169-172. Fan H Z,Tong Y A,Lü S H,et al. Annual change of potassium content and accumulation in apple tree [J]. Journal of Northwest A&F University:Nat Sci Ed,2007,35 (5):169-172. (in Chinese)

[16] 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. 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]. J Guangxi Agric Biol Sci,2003,22(1):16-20. (in Chinese)

[17] Abha J,Singh R P,Vinod K. Effect of ammonium sulphate and potassium dihydrogen phosphate on yield and quality of grape cv [J]. Perlette Recent-Horticulture,1995,2(2):37-39.

[18] 李良玉,孙连波,唐吉亮. 葡萄钾素营养的协调与平衡 [J]. 吉林农业,2004(3):23. Li L Y,Sun L B,Tang J L. Balance and coordination of grapes potassium nutrition [J]. Jilin Agriculture,2004 (3):23. (in Chinese)

[19] 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 Hort Sin,2006,33(3):466-470. (in Chinese)

[20] 苏培玺. 沙地葡萄增施钾肥效果 [J]. 土壤通报,1996,27(6):277-279. Su P X. The effect of potassium application on *Vitis rupestris* Scheele [J]. Chinese Journal of Soil Science,1996,27(6):277-279. (in Chinese)

[21] 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. 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. (in Chinese)

[22] 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 Agric Sci,1993(5):4-8. (in Chinese)