

减量施肥对葡萄产量、养分吸收及土壤养分残留的影响

吕中伟¹, 郭战玲², 张柯¹, 吴文莹¹, 娄玉穗¹, 杨占平²

(1. 河南省农业科学院 园艺研究所, 河南 郑州 450002;

2. 河南省农业科学院 植物营养与资源环境研究所, 河南 郑州 450002)

摘要: 为满足葡萄生产绿色可持续发展的需求, 以阳光玫瑰葡萄为材料, 采用田间试验, 设置 CF (农民习惯施肥, 分 3 次施入)、RF (CF 减量 30%, 分 3 次施入)、SF (CF 减氮磷增钾, 分 2 次施入)、RSF (SF 减量 30%, 分 2 次施入) 4 个施肥模式, 研究减量及简化施肥对葡萄产量、养分吸收及土壤养分残留的影响。结果表明, 与 CF 相比, RF、SF、RSF 处理均能提高葡萄果实鲜质量, 降低含水率, 提高叶片对氮、磷、钾的吸收量, 降低 0~100 cm 土体硝态氮的残留量; SF、RSF 处理明显增加 0~60 cm 土体速效钾残留量。其中, RF 处理葡萄果实鲜质量增加 3.1%, 含水率降低 1.0 个百分点, 叶片氮、磷、钾吸收量提高 13.9%、22.7%、14.0%, 果实钾吸收量提高 2.5%, 0~100 cm 土体硝态氮残留量降低 16.4%, 0~60 cm 土体速效磷及速效钾残留量分别降低 16.6% 和 12.7%, RF 处理为最优施肥模式。表明合理的减量施肥, 不仅能减少肥料投入, 降低生产成本, 而且能增加葡萄产量及养分吸收量, 减少土壤养分残留, 可在生产上推广应用。

关键词: 减量施肥; 阳光玫瑰葡萄; 养分吸收; 土壤养分残留

中图分类号: S663.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2020)06-0127-05

Effects of Reduced Fertilization on Yield, Nutrient Uptake and Soil Nutrient Residue of Grape

LÜ Zhongwei¹, GUO Zhanling², ZHANG Ke¹, WU Wenying¹, LOU Yusu¹, YANG Zhanping²

(1. Horticulture Research Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China; 2. Institute of Plant Nutrition & Resource and Environment, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In order to realize the sustainable development of green ecological production of grape, four fertilization modes, CF (farmers' habitual fertilization, three times application), RF (30% reduction of CF, three times application), SF (nitrogen, phosphorus reduction and potassium increase of CF, two times application), RSF (30% reduction of SF, two times application), were set up by field experiments to study the effects of reducing fertilization amount and frequency on Shine Muscat grape yield, nutrient uptake and soil nutrient residue. The results showed that RF, SF and RSF could increase the fresh fruit yield compared with CF and decrease the water content of grapes, increase the absorption of nitrogen, phosphorus and potassium in leaves, reduce the residue of nitrate nitrogen in one meter soil profile. SF and RSF could significantly increase soil available potassium residue in 60 cm soil profile. Among them, RF was the best fertilization mode, which increased the fresh weight of grape fruit by 3.1%, decreased the moisture content by 1.0 percentage points, increased the absorption of nitrogen, phosphorus and potassium of leaves by 13.9%, 22.7%, 14.0%, increased the absorption of potassium of fruit by 2.5%, decreased nitrate nitrogen residue in 1-meter soil by 16.4%, and decreased available phosphorus and potassium

收稿日期: 2019-12-20

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2018YFD0201307); 国家葡萄产业技术体系豫东综合试验站项目 (CARS-29-18); 河南省科技攻关计划项目 (182102110058, 192102110146)

作者简介: 吕中伟 (1973-), 男, 河南洛阳人, 副研究员, 本科, 主要从事葡萄栽培与育种研究。E-mail: nkylzw@126.com

通信作者: 杨占平 (1964-), 男, 河南临颖人, 研究员, 硕士, 主要从事农作物需肥特性及平衡施肥研究。

E-mail: zhp yang@163.com

residues by 16.6% and 12.7% in 60 cm soil profile. Therefore, reasonable reduced fertilization can not only reduce fertilizer input and production cost, but also increase grape yield and nutrient absorption, reduce soil nutrient residue, and can be applied in production.

Key words: Reduced fertilization; Shine Muscat grape; Nutrient absorption; Soil nutrient residues

为实现国家化肥使用量零增长,促进农业绿色可持续发展,需要在不同作物上开展减肥增效工作^[1]。葡萄具有丰富的营养价值和很高的医药价值^[2-3]。随着国民经济的发展,乡村振兴战略的大力实施,国家土地政策的调整和栽培技术的提高,葡萄产业因具见效快、收益高、适应性强等突出优点,逐渐成为农业产业结构调整中的主导产业,各地均掀起了葡萄种植热。2018年,我国葡萄产量达1 366.7万t,居世界第1位,其中河南省葡萄产量达77万t^[4]。与此同时,葡萄产业化生产潜在问题日益凸显,其中过量施用化肥的问题尤为突出和普遍^[5-7],不仅增加了用工用肥成本,而且超过植株的吸收及土壤固持能力,不仅达不到增产效果,还使得养分大量残留在土壤中,尤其是盈余的氮素绝大部分以硝态氮的形态在土壤剖面中积累,在灌溉和强降雨时很容易引起淋洗损失,进入地下水,威胁人类健康^[8-10]。因此,科学合理施肥是葡萄产业绿色发展的关键问题。前人研究多关注葡萄的产量及品质,对于养分的投入与土壤残留的研究报道较少^[11-12]。鉴于此,通过田间试验,探讨减量及简化施肥对阳光玫瑰葡萄果实发育、产量、养分吸收及土壤养分残留的影响,以期筛选最佳的施肥量及施肥次数,为阳光玫瑰葡萄的高效生态栽培提供一定的科学施肥依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验地位于郑州市高新技术开发区,属暖温带

大陆性季风气候,年平均气温14.2℃,无霜期220d,全年日照时间约2 400h,年均降水量649.9mm。土壤类型为轻质潮土,有机质含量12.9g/kg,全氮含量0.94g/kg,速效养分含量见表1。土壤容重:0~20cm,1.43g/cm³;20~40cm,1.52g/cm³;40~60cm,1.49g/cm³;60~80cm,1.43g/cm³;80~100cm,1.38g/cm³。灌排条件良好。

表1 土壤基础肥力

Tab. 1 Soil fertility				mg/kg
土层深度/cm	速效氮	速效磷	速效钾	
Soil depth	Available N	Available P	Available K	
0~20	108.0	8.2	133.0	
20~40	168.0	42.7	187.0	
40~60	140.0	21.4	144.0	

1.2 试验设计

试验共设置4个处理,每个处理重复3次,小区面积6m×9m,随机区组排列。处理1(CF):常规施肥,通过实地调查获得的当地农民习惯施肥,复合肥1 350kg/hm²,分3次施入;处理2(RF):常规施肥减量30%,复合肥945kg/hm²,分3次施入;处理3(SF):简化施肥,复合肥900kg/hm²,硫酸钾450kg/hm²,分2次施入;处理4(RSF):简化施肥减量30%,复合肥630kg/hm²,硫酸钾315kg/hm²,分2次施入。具体施肥时间及施肥量见表2。4个处理基肥全部用有机肥20 000kg/hm²、复合肥(N-P₂O₅-K₂O,14-16-15)、硫酸钾(K₂O,54%)。试验选用葡萄品种为阳光玫瑰,种植密度为2 250株/hm²,株距1.5m、行距3.0m,高宽垂架型,生育期内各小区田间管理一致。

表2 不同处理施肥时间和施肥量

Tab. 2 Fertilization frequency and amount of different treatments												kg/hm ²
处理 Treat- ment	第1次(6月4日)			第2次(6月26日)			第3次(7月13日)			总计		
	First			Second			Third			Total		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
CF	63	72	68	63	72	68	63	72	67	189	216	203
RF	44	51	48	44	50	47	44	50	47	132	151	142
SF	126	144	135						243	126	144	378
RSF	89	101	95						169	89	101	264

1.3 测定项目及方法

1.3.1 果实发育、产量及养分吸收量 在果实膨大期,转色前、中、后期,成熟期采集各小区大小均一的3个果穗,随机采下20颗果粒,测定单粒质量;在成熟期,每小区采集大小均一的上、中、下部位的果穗及叶片^[13],测定单株葡萄果实及叶片产量,折算出

果实产量。采摘20颗果粒和15片叶片测定含水率及N、P、K含量^[14]。

1.3.2 土壤养分含量 在成熟期采集1m深土壤样品,每20cm一层,测定每层土壤硝态氮、速效磷、速效钾含量^[14]。计算0~100cm土体硝态氮残留量,0~60cm土体速效磷、速效钾残留量。土体硝态

氮(速效磷、速效钾)残留量(kg/hm^2)=土壤硝态氮(速效磷、速效钾)含量(mg/kg) \times 土壤容重(g/cm^3) \times 土层厚度(cm)/10。

1.4 数据处理

运用 SPSS Statistics 21 和 Excel 2007 对数据进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 不同处理对葡萄果实发育和产量的影响

由图 1 可以看出,阳光玫瑰的果实单粒质量表现为慢-快-慢-失重的变化趋势^[15-17],果实发育前期各处理间无明显差别,转色中期一成熟期,RF 处理单粒质量增速相对平稳,SF 处理增速相对较快,CF、RSF 处理先增加,后期快速降低。

从表 3 可以看出,阳光玫瑰果实鲜质量在 14 386~14 829 kg/hm^2 ,果实干质量在 3 035~3 279 kg/hm^2 ,果实含水率在 77.9%~78.9%。CF 处理果实鲜质量及果实干质量相对较低,与 RF、SF 处理差异显著,可见减量及简化施肥不仅能不同程度提高

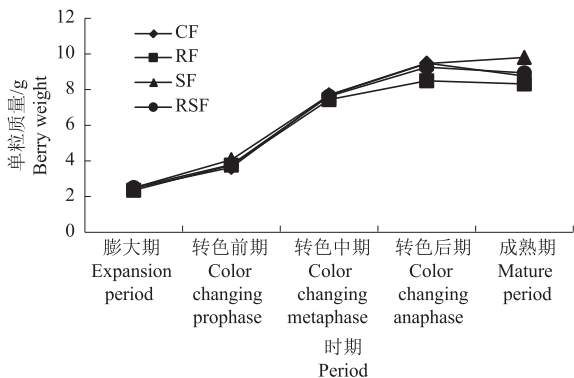


图 1 不同处理对葡萄果实发育的影响
Fig. 1 Effects of different treatments on grape fruit development

表 4 不同处理对葡萄果实和叶片养分吸收量的影响

Tab. 4 Effects of different treatments on nutrient absorption of grape fruit and leaf							kg/hm^2
处理 Treatment	果实 Fruit			叶片 Leaf			
	N	P	K	N	P	K	
CF	15.2 \pm 0.5a	3.2 \pm 0.05a	28.4 \pm 1.1ab	22.3 \pm 1.0b	2.2 \pm 0.10b	5.7 \pm 0.30b	
RF	13.9 \pm 0.4b	3.0 \pm 0.15a	29.1 \pm 1.0a	25.4 \pm 2.1a	2.7 \pm 0.09a	6.5 \pm 0.25a	
SF	14.2 \pm 0.3b	3.2 \pm 0.01a	28.8 \pm 0.9a	25.5 \pm 1.5a	2.7 \pm 0.12a	6.7 \pm 0.14a	
RSF	13.9 \pm 0.6b	3.2 \pm 0.08a	27.8 \pm 1.8b	23.4 \pm 2.0ab	2.4 \pm 0.07b	6.4 \pm 0.42a	

2.3 不同处理对土壤养分残留量的影响

2.3.1 硝态氮 从图 2 可以看出,阳光玫瑰葡萄收获期,不同土层硝态氮含量在 34.8~109.9 mg/kg ,各处理间差异明显,其中 20~40 cm 含量比较高,在 60~100 cm 的土层中也积累了大量的硝态氮。由表 5 可以看出,0~100 cm 土体中硝态氮残留量在 791.3~1 005.1 kg/hm^2 ,其中 CF 和 SF 处理较高,与其他处理差异显著。对氮肥投入总量与硝态氮残留量做相关性分析发现,两者呈正相关关系,相关系数为

葡萄果实鲜质量及干质量,还能降低葡萄水分含量,其中 RF 处理果实含水率最低,为 77.9%。

表 3 不同处理对葡萄产量的影响

Tab. 3 Effects of different treatments on grape yield			
处理 Treatment	果实鲜质量/ (kg/hm^2) Fruit fresh weight	果实干质量/ (kg/hm^2) Fruit dry weight	果实含水率/% Fruit water content
CF	14 386 \pm 192b	3 035 \pm 40b	78.9
RF	14 826 \pm 145a	3 279 \pm 32a	77.9
SF	14 829 \pm 211a	3 183 \pm 42a	78.5
RSF	14 751 \pm 109ab	3 230 \pm 24a	78.1

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),下同。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at 5% level, the same below.

2.2 不同处理对葡萄养分吸收量的影响

从表 4 可以看出,葡萄果实对氮、磷、钾养分的吸收主要以钾素为主,其次是氮,对磷的吸收相对较低。葡萄果实对氮素的吸收量在 13.9~15.2 kg/hm^2 ,CF 最高,与其他 3 个处理差异显著,其他 3 个处理间差异不显著;磷吸收量在 3.0~3.2 kg/hm^2 ,处理间差异不显著;果实钾吸收量在 27.8~29.1 kg/hm^2 ,RSF 处理最低,与 RF、SF 处理差异显著,与 CF 处理差异不显著。叶片对养分的吸收以氮为主,其次是钾,磷吸收量相对较低。叶片氮吸收量在 22.3~25.5 kg/hm^2 ,CF 处理较低,与 RF 及 SF 处理差异显著,与 RSF 处理差异不显著;磷吸收量在 2.2~2.7 kg/hm^2 ,CF 处理与 RF 及 SF 处理差异显著,与 RSF 差异不显著;钾吸收量在 5.7~6.7 kg/hm^2 ,CF 处理最低,与其他 3 个处理差异显著。所以综合果实和叶片对养分的吸收,4 个施肥模式中,RF 处理养分总投入量少,吸收量相对较高,为最优处理。

与其他处理差异显著。从图 4 可以看出,土层中速效钾含量在 106.2~560.2 mg/kg,其中 0~20 cm 最高,在 212.4~560.2 mg/kg;20~40 cm 相对较低,在 129.3~151.4 mg/kg;40~60 cm 最低,在 106.2~129.4 mg/kg。说明少量钾肥可迁移到更深土层,而更多一部分则积累在土壤表层^[18]。0~60 cm 土体中速效

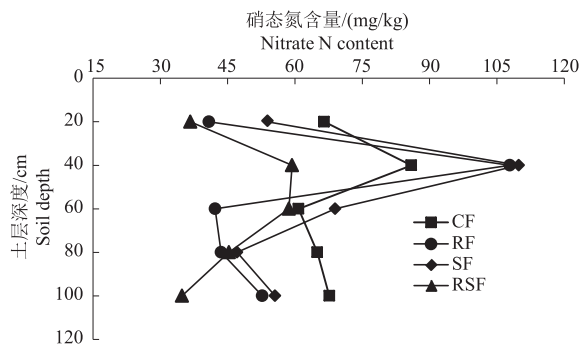


图 2 不同深度土层硝态氮含量
Fig. 2 Nitrate N content in different soil depths

表 5 不同处理土壤硝态氮残留量

Tab. 5 Soil nitrate N residue of different

treatments		kg/hm ²
处理	氮肥投入总量	硝态氮残留量
Treatment	Total N fertilizer input	Residual nitrate N
CF	189	1 005.1±43.2a
RF	132	840.4±22.1b
SF	126	981.4±21.4a
RSF	89	791.3±16.2b

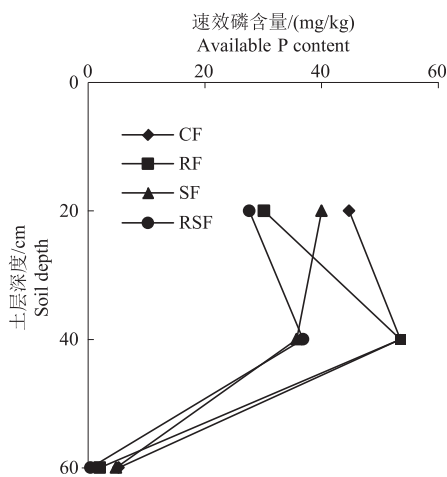


图 3 不同深度土层速效磷含量
Fig. 3 Available P content in different soil depths

表 6 不同处理土壤速效磷、速效钾残留量

Tab. 6 Soil available P and available K amount

of different treatments		kg/hm ²
处理	速效磷残留量	速效钾残留量
Treatment	Residual available P	Residual available K
CF	306.2±10.1a	1 608.1±30.2c
RF	255.3±7.2b	1 404.3±31.1d
SF	237.4±12.1b	2 308.9±42.4a
RSF	192.4±8.2c	2 133.3±56.4b

钾残留量表现为 SF>RSF>CF>RF(表 6),SF 和 RSF 处理施肥模式中钾肥的用量过大。

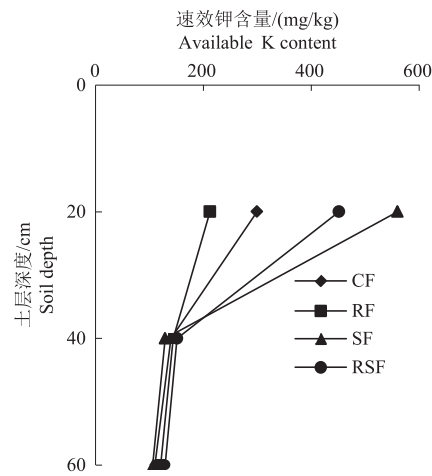


图 4 不同深度土层速效钾含量
Fig. 4 Available K content in different soil depths

3 结论与讨论

过量施肥不仅能降低肥料利用率,增加生产成本,而且会降低葡萄的产量^[11],导致土壤中养分大量残留,易发生挥发、淋溶、径流等流失^[19]。在满足葡萄正常生长发育对养分的需求下,合理减量施肥,减少肥料投入,不仅不会造成葡萄产量的下降,而且能提高葡萄产量,降低养分流失造成面源污染的风险^[20-21]。

本研究结果表明,与 CF 相比,RF、SF、RSF 处理均能提高葡萄果实鲜质量,降低含水率,提高叶片对氮、磷、钾的吸收量,降低 0~100 cm 土体硝态氮的残留量;SF、RSF 处理明显增加 0~60 cm 土体速效钾残留量。其中,RF 处理果实鲜质量增加 3.1%,含水率降低 1.0 个百分点,叶片氮、磷、钾吸收量提高 13.9%、22.7%、14.0%,果实钾吸收量提高 2.5%,0~100 cm 土体硝态氮残留量降低 16.4%,0~60 cm 速效磷及速效钾残留量分别降低 16.6%和 12.7%,为最优施肥模式。对比我国北方葡萄丰产稳产园施纯 N 187.5~225 kg/hm²、P₂O₅150~187.5 kg/hm²、K₂O 150~225 kg/hm²^[7],RF 处理施肥模式养分总投入量少,降低了生产成本,增加了葡萄产量,提高了经济效益,而且降低了土壤中速效养分的残留,保护了生态环境^[20],可在生产上推广应用。

参考文献:

- [1] 刘灿华. 河南省减肥增效区域划分及重点措施[J]. 农村·农业·农民,2017(8):59-60.
LIU C H. Regional division and key measures of reducing weightand increasing efficiency in Henan province [J]. Country Agriculture Farmers,2017(8):59-60.
- [2] 谢海霞. 全球红葡萄需肥规律及其高产、优质、高效施

- 肥研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2005.
- XIE H X. Study on the pattern of requirement of fertilizer and fertilization for high yield and quality and efficiency of redglobe grape[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2005.
- [3] 余亚白, 林斌, 陈源, 等. 国内外葡萄生产与研究概况[J]. 中国南方果树, 2004, 33(2): 66-69.
- YU Y B, LIN B, CHEN Y, *et al.* Grape production and research at home and abroad[J]. South China Fruits, 2004, 33(2): 66-69.
- [4] 国家统计局. 中国统计年鉴[J]. 北京: 中国统计出版社, 2018.
- National Bureau of Statistics. China statistical yearbook[J]. Beijing: China Statistics Press, 2018.
- [5] 杨治元, 陈哲. 阳光玫瑰葡萄十五项栽培技术[J]. 中国南方果树, 2018, 47(1): 161-163.
- YANG Z Y, CHEN Z. Fifteen cultivation techniques of shine Muscat grape [J]. South China Fruits, 2018, 47(1): 161-163.
- [6] 马振朝, 王嘉莹, 庞新宇, 等. 河北省葡萄施肥现状及节能减排潜力分析[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(5): 135-139.
- MA Z C, WANG J Y, PANG X Y, *et al.* Analysis on the current situation of grape fertilization and the potential of energy saving and emission reduction in Hebei province [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2018, 46(5): 135-139.
- [7] 李淑玲, 何尚仁, 杨建国, 等. 葡萄营养与施肥[J]. 北方园艺, 2000(3): 19-20.
- LI S L, HE S R, YANG J G, *et al.* Grape nutrition and fertilization[J]. Northern Horticulture, 2000(3): 19-20.
- [8] 黄绍敏, 宝德俊, 皇甫湘荣. 施氮对潮土土壤及地下水硝态氮含量的影响[J]. 农业环境保护, 2000, 19(4): 228-229, 241.
- HUANG S M, BAO D J, HUANGPU X R. Effects of N fertilizer application on content of nitrate N in soil and underground water [J]. Agro-Environmental Protection, 2000, 19(4): 228-229, 241.
- [9] 郭战玲, 沈阿林, 寇长林, 等. 河南省地下水硝态氮污染调查与监测[J]. 农业环境与发展, 2008, 25(5): 125-128.
- GUO Z L, SHEN A L, KOU C L, *et al.* Investigation and monitoring of nitrate nitrogen pollution of groundwater in Henan province[J]. Agro-Environment and Development, 2008, 25(5): 125-128.
- [10] FERGUSON R B, HERGERT G W, SCHEPERS J S, *et al.* Site specific nitrogen management of irrigated maize: Yield and soil residual nitrate effects[J]. Soil Science Society of America Journal, 2002, 66(22): 544-553.
- [11] 郑小能, 王生海, 柳苗苗, 等. 不同磷钾肥施用量对设施葡萄果实品质和产量的影响[J]. 新疆农业科学, 2018, 55(7): 1227-1235.
- ZHENG X N, WANG S H, LIU M M, *et al.* Effects of different amounts of phosphate and potassium fertilizer on fruit quality and yield of grape under protected culture[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2018, 55(7): 1227-1235.
- [12] BYJU G, ANAND M H. Differential response of short- and long-duration cassava cultivars to applied mineral nitrogen[J]. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2009, 172(4): 572-576.
- [13] 徐淑伟, 刘书庆, 杨志信, 等. 葡萄品质的评价及其土壤质地的关系研究[J]. 土壤, 2009, 41(5): 790-795.
- XU S W, LIU S Q, YANG Z X, *et al.* Evaluation of grape quality and relationship between grape quality and soil texture[J]. Soil, 2009, 41(5): 790-795.
- [14] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- BAO S D. Analysis of soil agro-chemistry[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2005.
- [15] 宋阳, 崔世茂, 杜金伟, 等. 氮肥不同施用量对葡萄叶片生长及根、叶细胞结构的影响[J]. 华北农学报, 2008, 23(3): 204-208.
- SONG Y, CUI S M, DU J W, *et al.* The grape leaves growth and the anatomical changes both of the grape leaves and roots through different levels of nitrogen fertilizer applications[J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2008, 23(3): 204-208.
- [16] 李建和, 刘淑欣, 陈克文, 等. 氮钾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 and quality and growth of grape[J]. Journal of Fujian Agricultural University, 1995, 24(1): 58-62.
- [17] 刘淑欣, 熊德中, 冯国文. 磷钾营养与葡萄产量、品质及抗病性的关系[J]. 福建农学院学报(自然科学版), 1993, 22(2): 203-207.
- LIU S X, XIONG D Z, FENG G W. Relationship between phosphorus and potassium nutrition and the yield and quality and disease resistance of grape[J]. Journal of Fujian Agricultural College (Natural Sciences Edition), 1993, 22(2): 203-207.
- [18] 王亚坤, 王慧军, 杨振立. 成本收益视角下蔬菜种植户肥料施用结构影响因素及影响机理[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(8): 148-150.
- WANG Y K, WANG H J, YANG Z L. Influencing factors and mechanism of fertilizer application structure of vegetable growers from the perspective of cost-benefit[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2016, 44(8): 148-150.
- [19] YANG C H, QIAO Q C, WU W B, *et al.* Development situations and countermeasures of low carbon ecological circular agriculture: A case study of Nantong city[J]. Asian Agricultural Research, 2012, 4(12): 98-101.
- [20] 魏建林, 崔荣宗, 张玉凤, 等. 不同用量控释氮肥在葡萄生产上的施用效果[J]. 北方园艺, 2012(20): 156-158.
- WEI J L, CUI R Z, ZHANG Y F, *et al.* Effects of different application amount of controlled-release fertilizer on grape[J]. Northern Horticulture, 2012(20): 156-158.
- [21] 赵翠芳. 葡萄测土配方施肥校正对比试验初报[J]. 安徽农学通报, 2011, 17(6): 34, 38.
- ZHAO C F. Preliminary report on the adjustment and contrast experiment of grape soil testing formula fertilization[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2011, 17(6): 34, 38.