

# 在不同 pH 值土壤中 铵硝比对南方高丛蓝浆果生长的影响

刘星凡, 姜燕琴, 韦继光, 刘梦华, 於虹, 曾其龙<sup>①</sup>

[江苏省·中国科学院植物研究所(南京中山植物园), 江苏 南京 210014]

**摘要:** 以南方高丛蓝浆果(*Vaccinium corymbosum* hybrids) 品种‘南月’(‘Southmoon’) 优选系 A47 的 1 年生扦插苗为实验材料, 采用盆栽实验方法, 研究在 pH 4.5 和 pH 6.0 的土壤中按照摩尔比 100:0、75:25、50:50、25:75 和 0:100 施用铵态氮与硝态氮, 对扦插苗根、茎和叶干质量、茎基径和株高的影响。结果表明: 在 pH 4.5 的土壤中, 5 个施肥处理组幼苗的根、茎和叶干质量均无显著差异( $P>0.05$ ); 而多数处理组间幼苗的茎基径和株高也无显著差异。在 pH 6.0 的土壤中, 铵硝摩尔比 100:0 处理组幼苗的根、茎和叶干质量显著高于其他处理组( $P<0.05$ ), 其余处理间均无显著差异; 茎基径随铵态氮比例的提高而增大, 其中铵硝摩尔比 100:0 处理组幼苗的茎基径显著高于其他处理组; 多数处理组间幼苗的株高无显著差异。与 pH 4.5 的土壤相比, 在 pH 6.0 的土壤中各施肥处理组的根、茎和叶干质量均显著降低; 除铵硝摩尔比 100:0 处理组外, 其他处理组的茎基径均显著降低; 除铵硝摩尔比 50:50 和 0:100 处理组外, 其他处理组的株高显著降低。综合分析结果表明: 在 pH 4.5 的土壤中施用硝态氮和铵态氮对优选系 A47 生长的影响总体上无明显差异, 但在 pH 6.0 的土壤中施用铵态氮肥较有利于植株生长; 优选系 A47 适宜栽植于 pH 4.5 的酸性土壤中。

**关键词:** 南方高丛蓝浆果; 土壤 pH 值; 铵态氮; 硝态氮; 生长指标

中图分类号: S663.9 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2014)02-0060-05

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2014.02.09

**Effect of ammonium/nitrate ratio on growth of southern highbush blueberry in soil with different pH levels** LIU Xingfan, JIANG Yanqin, WEI Jiguang, LIU Menghua, YU Hong, ZENG Qilong<sup>①</sup> (Institute of Botany, Jiangsu Province and the Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2014, 23(2): 60-64

**Abstract:** Taking 1-year-old cutting seedlings of superior strain A47 of cultivar ‘Southmoon’ of southern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* hybrids) as experiment materials, effects of applying  $\text{NH}_4^+$ -N and  $\text{NO}_3^-$ -N in soil with pH 4.5 and pH 6.0 according to molar ratio of 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 and 0:100 on dry weights of root, stem and leaf, stem base diameter and height of cutting seedling were studied by pot experiment method. The results show that in soil with pH 4.5, there is no significant difference in dry weights of root, stem and leaf of seedling among five fertilization treatment groups ( $P>0.05$ ), and also, there is no significant difference in stem base diameter and height of seedling among most treatment groups. In soil with pH 6.0, dry weights of root, stem and leaf of seedling in treatment group with molar ratio of  $\text{NH}_4^+$ -N to  $\text{NO}_3^-$ -N of 100:0 are significantly higher than those in other groups ( $P<0.05$ ), while there is no significant difference among other groups; stem base diameter increases with rising of  $\text{NH}_4^+$ -N proportion, in which that in treatment group with molar ratio of  $\text{NH}_4^+$ -N to  $\text{NO}_3^-$ -N of 100:0 is significantly higher than that in other groups; and there is no significant difference in height of seedling among most treatment groups. Comparing to soil with pH 4.5, in soil with pH 6.0, dry weights

收稿日期: 2014-02-19

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31301838); 江苏省植物迁地保护重点实验室开放基金项目; 江苏省基础研究计划(自然科学基金)项目(BK20130733); 国家农业部公益性行业(农业)科研专项(201103037)

作者简介: 刘星凡(1990—), 女, 江苏靖江人, 硕士研究生, 主要从事蓝浆果氮素营养研究。

<sup>①</sup>通信作者 E-mail: zql522@sina.cn

of root, stem and leaf in all fertilization treatment groups reduce significantly; except treatment group with molar ratio of  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  to  $\text{NO}_3^--\text{N}$  of 100:0, stem base diameter of other treatment groups reduces significantly; and except treatment groups with molar ratio of  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  to  $\text{NO}_3^--\text{N}$  of 50:50 and 0:100, height of other treatment groups reduces significantly. The comprehensive analysis result indicates that there generally is no obvious difference in effect of either applying ammonium fertilizer or applying nitrate fertilizer in soil with pH 4.5 on growth of superior strain A47, but in soil with pH 6.0, applying ammonium fertilizer is beneficial to growth of superior strain A47. And superior strain A47 is suitable to be cultivated in soil with pH 4.5.

**Key words:** southern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* hybrids); soil pH value;  $\text{NH}_4^+-\text{N}$ ;  $\text{NO}_3^--\text{N}$ ; growth index

蓝浆果 (*Vaccinium* spp.) 又名越桔、蓝莓, 为多年生喜酸灌木, 适宜栽植于 pH 4.0 ~ pH 5.5 的土壤中<sup>[1-3]</sup>。由于其果实营养丰富, 具有较高的保健功能, 近几年栽培面积迅速增加<sup>[4]</sup>, 但其丰产栽培技术有待提高<sup>[5]</sup>。大量有关蓝浆果施肥的研究结果表明: 氮素是蓝浆果生长最重要的矿质元素之一<sup>[6-7]</sup>, 合理施用氮肥能够显著提高蓝浆果的产量和果实品质<sup>[6]</sup>。

气候和土壤条件以及品种对蓝浆果吸收氮肥有较大影响<sup>[8]</sup>, 且不同形态的氮素及其配比对蓝浆果生长发育的影响也较大<sup>[9-11]</sup>。李亚东等<sup>[12]</sup>研究了不同氮素形态对比对北方高丛蓝浆果 (*V. corymbosum* Linn.) 生长量及叶片养分元素含量的影响, 结果表明铵硝配比施肥可促进蓝浆果生长和养分吸收, 且合适的施肥配比可以酸化土壤。目前, 在中国南方地区, 南方高丛蓝浆果 (*V. corymbosum* hybrids) 对不同形态的氮素及其配比的响应研究尚无报道。

作者以 pH 4.5 和 pH 6.0 的土壤为栽培基质, 以南方高丛蓝浆果品种‘南月’ (‘Southmoon’) 实生后代优选系 A47 为实验材料, 研究在不同 pH 值条件下不同形态氮素配比 (铵硝比) 对其生长的影响, 为蓝浆果栽培过程中适宜氮肥形态与配比的确定提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验地概况和实验材料

实验地位于江苏省·中国科学院植物研究所蓝浆果试验苗圃。地理坐标为北纬 32° 04'、东经 118° 45'; 年平均温度 15.7 °C, 年平均降雨天数 117 d, 年降雨量 1 106.5 mm。

供试材料为南方高丛蓝浆果品种‘南月’实生优选系 A47 绿枝扦插当年生苗, 株高 15 ~ 20 cm。

### 1.2 方法

于 2013 年 4 月 7 日至 10 月 7 日进行盆栽实验。选取株高和基径基本一致的幼苗种植于直径 20 cm、高 20 cm 的塑料盆中, 每盆 1 株。栽培基质由红砂土、泥炭和珍珠岩按体积比 2:2:1 混合而成。其中, 红砂土取自江西省鹰潭市余江县, 为第四纪红砂岩发育而成, 砂粒、粉粒和粘粒的体积分数分别为 33.4%、39.8% 和 9.8%, 有机质含量 2.84 g · kg<sup>-1</sup>。通过在栽培基质添加或不添加 CaCO<sub>3</sub>, 将其酸碱度调节为 pH 6.0 或 pH 4.5。

铵态氮和硝态氮比例设置为摩尔比 100:0、75:25、50:50、25:75 和 0:100; 参考文献 [13] 的施氮量, 每株总计施纯氮 0.945 g; 铵态氮为 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 硝态氮为 Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, 以液态形式施入; 于 4 月 24 日至 9 月 7 日每周浇灌 1 次, 共计 20 次。为防止实验过程中土壤的硝化作用, 施肥时添加双氢氨硝化抑制剂, 施用量为施氮量的 5%, 即 0.05 g<sup>[14]</sup>。每处理重复 5 次。实验过程中采取常规水分管理。

实验结束时, 测量植株的株高 (从地面到最高叶片的距离) 和茎基径 (用游标卡尺测量地面根茎部枝干直径); 并分别收集根、茎和叶, 用蒸馏水洗净后于 105 °C 杀青 30 min, 在 75 °C 条件下烘干至恒质量, 分别称取干质量。

### 1.3 数据整理和统计分析

用 EXCEL 2003 软件对实验数据进行分析整理, 用 SPSS 16.0 统计分析软件进行方差分析。

## 2 结果和分析

### 2.1 不同土壤 pH 值条件下铵硝比对南方高丛蓝浆果品种‘南月’优选系 A47 根、茎和叶干质量的影响

在土壤 pH 4.5 和 pH 6.0 条件下铵硝比对南方

高丛蓝浆果品种‘南月’优选系 A47 根、茎和叶干质量的影响见表 1。结果显示:在土壤 pH 值不同的条件下,施用不同铵硝比的氮肥对南方高丛蓝浆果根、茎和叶干质量的影响有一定差异。

2.1.1 对根干质量的影响 由表 1 可以看出:在土壤 pH 4.5 条件下,施用不同铵硝比的氮肥,优选系 A47 的根干质量无显著差异( $P>0.05$ );而在土壤 pH 6.0 条件下,铵硝摩尔比 100:0 处理组的根干质量

显著高于其他处理( $P<0.05$ ),铵硝摩尔比 75:25、50:50、25:75 和 0:100 处理组的根干质量分别比前者低 74.50%、74.12%、59.60% 和 68.00%。

由表 1 还可见:在土壤 pH 4.5 条件下,在铵硝摩尔比 100:0、75:25、50:50、25:75 和 0:100 的处理组中,优选系 A47 的根干质量均显著高于土壤 pH 6.0 条件下相应处理组的根干质量,前者分别为后者的 1.24、5.31、5.49、3.23 和 4.34 倍。

表 1 土壤 pH 4.5 和 pH 6.0 条件下铵硝比对南方高丛蓝浆果品种‘南月’优选系 A47 根、茎和叶干质量的影响( $\bar{X}\pm SD$ )<sup>1)</sup>

Table 1 Effect of ratio of  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  to  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  on dry weights of root, stem and leaf of superior strain A47 of cultivar ‘Southmoon’ of southern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* hybrids) in soil with pH 4.5 and pH 6.0 ( $\bar{X}\pm SD$ )<sup>1)</sup>

处理 <sup>2)</sup> Treatment <sup>2)</sup>	不同 pH 值条件下根干质量/g Root dry weight under different pH values		不同 pH 值条件下茎干质量/g Stem dry weight under different pH values		不同 pH 值条件下叶干质量/g Leaf dry weight under different pH values	
	pH 4.5	pH 6.0	pH 4.5	pH 6.0	pH 4.5	pH 6.0
	100:0	13.02±1.88aA	10.47±2.68aB	15.65±2.00aA	10.80±1.69aB	29.40±1.49aA
75:25	14.19±2.99aA	2.67±0.65bB	13.55±3.45aA	5.85±2.49bB	26.35±5.37aA	11.80±5.17bB
50:50	14.89±1.75aA	2.71±1.32bB	14.18±3.13aA	4.14±2.04bB	27.71±6.60aA	7.62±3.25bB
25:75	13.67±1.62aA	4.23±2.31bB	14.46±1.21aA	5.38±2.20bB	28.48±5.02aA	10.87±3.20bB
0:100	14.54±1.00aA	3.35±1.01bB	13.08±1.26aA	4.25±1.60bB	28.27±2.34aA	9.45±3.58bB

<sup>1)</sup> 同列中不同的小写字母表示不同处理间差异显著( $P<0.05$ ) Different small letters in the same column indicate the significant difference ( $P<0.05$ ) among different treatments; 同行中不同的大写字母表示同一指标不同 pH 值处理间差异显著( $P<0.05$ ) Different capitals in the same row indicate the significant difference ( $P<0.05$ ) among treatments with different pH values in the same index.

<sup>2)</sup> 铵态氮与硝态氮的摩尔比 Molar ratio of  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  to  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ .

2.1.2 对茎干质量的影响 由表 1 可以看出:在土壤 pH 值不同的条件下,铵硝比对优选系 A47 茎干质量的影响效应与其对根干质量的影响效应相似。在土壤 pH 4.5 条件下,不同铵硝比处理间茎干质量无显著差异( $P>0.05$ );而在土壤 pH 6.0 条件下,铵硝摩尔比 100:0 处理组的茎干质量显著高于其他处理组( $P<0.05$ );与铵硝摩尔比 100:0 处理组相比,铵硝摩尔比 75:25、50:50、25:75 和 0:100 处理组的茎干质量分别低 42.19%、62.67%、46.74% 和 53.70%。

由表 1 还可见:在土壤 pH 4.5 条件下,铵硝摩尔比 100:0、75:25、50:50、25:75 和 0:100 处理组的茎干质量均显著高于土壤 pH 6.0 条件下相应处理组的茎干质量,前者分别是后者的 1.44、2.23、3.64、2.62 和 2.99 倍。

2.1.3 对叶干质量的影响 由表 1 还可以看出:土壤 pH 值不同的条件下铵硝比对优选系 A47 叶干质量的影响效应与其对根和茎干质量的影响效应相似。在土壤 pH 4.5 条件下,不同铵硝比处理间优选系 A47 的叶干质量无显著差异( $P>0.05$ );而在土壤 pH 6.0 条件下,铵硝摩尔比 100:0 处理组的叶干质量显著高于其他处理组( $P<0.05$ ),铵硝摩尔比 75:25、

50:50、25:75 和 0:100 处理组的叶干质量分别比前者低 45.83%、61.67%、50.19% 和 60.65%。

此外,在土壤 pH 4.5 条件下,铵硝摩尔比 100:0、75:25、50:50、25:75 和 0:100 处理组的叶干质量均显著高于土壤 pH 6.0 条件下相应处理组的叶干质量,前者分别为后者的 1.45、2.32、3.43、2.69 和 3.08 倍。

## 2.2 不同土壤 pH 条件下铵硝比对南方高丛蓝浆果品种‘南月’优选系 A47 茎基径的影响

在土壤 pH 值不同的条件下铵硝比对南方高丛蓝浆果品种‘南月’优选系 A47 茎基径的影响见表 2。由表 2 可以看出:在土壤 pH 4.5 条件下,铵硝摩尔比 50:50 处理组的茎基径显著高于铵硝摩尔比 100:0 处理组的茎基径( $P<0.05$ ),其他处理间的茎基径差异则未达到显著水平( $P>0.05$ )。在土壤 pH 6.0 条件下茎基径随铵态氮比例的升高而增加;铵硝摩尔比 100:0 处理组的茎基径最大(9.30 mm),显著高于其他处理组。与铵硝摩尔比 100:0 处理组相比,铵硝摩尔比 75:25、50:50、25:75 和 0:100 处理组的茎基径分别降低了 17.42%、20.75%、21.61% 和 22.69%。

由表 2 还可见:在土壤 pH 值不同的条件下,铵硝

表2 土壤 pH 4.5 和 pH 6.0 条件下铵硝比对南方高丛蓝浆果品种‘南月’优选系 A47 茎基径的影响( $\bar{X}\pm SD$ )<sup>1)</sup>Table 2 Effect of ratio of  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  to  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  on stem base diameter of superior strain A47 of cultivar ‘Southmoon’ of southern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* hybrids) in soil with pH 4.5 and pH 6.0 ( $\bar{X}\pm SD$ )<sup>1)</sup>

处理 <sup>2)</sup> Treatment <sup>2)</sup>	不同 pH 值条件下茎基径/mm Stem base diameter under different pH values	
	pH 4.5	pH 6.0
100:0	10.01±0.72bA	9.30±0.62aA
75:25	10.22±1.11abA	7.68±0.85bB
50:50	11.98±1.46aA	7.37±1.34bB
25:75	11.64±1.78abA	7.29±0.92bB
0:100	10.49±1.27abA	7.19±1.15bB

<sup>1)</sup> 同列中不同的小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P<0.05$ ) Different small letters in the same column indicate the significant difference ( $P<0.05$ ) among different treatments; 同行中不同的大写字母表示不同 pH 值处理间差异显著 ( $P<0.05$ ) Different capitals in the same row indicate the significant difference ( $P<0.05$ ) among treatments with different pH values.

<sup>2)</sup> 铵态氮与硝态氮的摩尔比 Molar ratio of  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  to  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ .

摩尔比 100:0 处理组的茎基径无显著差异;但在土壤 pH 4.5 的条件下其他 4 个处理组的茎基径均显著高于土壤 pH 6.0 条件下的相应处理组。

### 2.3 不同土壤 pH 条件下铵硝比对南方高丛蓝浆果品种‘南月’优选系 A47 株高的影响

在土壤 pH 值不同的条件下铵硝比对南方高丛蓝浆果品种‘南月’优选系 A47 株高的影响见表 3。由表 3 可以看出:在土壤 pH 4.5 的条件下,铵硝摩尔比 0:100 处理组的株高显著高于铵硝摩尔比 75:25 和 25:75 处理组 ( $P<0.05$ ),其余处理间无显著差异。而在土壤 pH 6.0 的条件下,铵硝摩尔比 75:25 处理组的

表3 土壤 pH 4.5 和 pH 6.0 条件下铵硝比对南方高丛蓝浆果品种‘南月’优选系 A47 株高的影响( $\bar{X}\pm SD$ )<sup>1)</sup>Table 3 Effect of ratio of  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  to  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  on height of superior strain A47 of cultivar ‘Southmoon’ of southern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* hybrids) in soil with pH 4.5 and pH 6.0 ( $\bar{X}\pm SD$ )<sup>1)</sup>

处理 <sup>2)</sup> Treatment <sup>2)</sup>	不同 pH 值条件下的株高/cm Height under different pH values	
	pH 4.5	pH 6.0
100:0	66.00±3.00abA	61.33±4.51abA
75:25	59.67±3.06bA	66.33±5.51aA
50:50	64.00±6.00abA	50.33±7.64bB
25:75	62.33±9.71bA	57.67±12.42abA
0:100	73.67±2.31aA	58.33±7.64abB

<sup>1)</sup> 同列中不同的小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P<0.05$ ) Different small letters in the same column indicate the significant difference ( $P<0.05$ ) among different treatments; 同行中不同的大写字母表示不同 pH 值处理间差异显著 ( $P<0.05$ ) Different capitals in the same row indicate the significant difference ( $P<0.05$ ) among treatments with different pH values.

<sup>2)</sup> 铵态氮与硝态氮的摩尔比 Molar ratio of  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  to  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ .

株高最高,为 66.33 cm;铵硝摩尔比 50:50 处理组的株高则最小,为 50.33 cm,二者间差异显著。

由表 3 还可见:在土壤 pH 4.5 条件下铵硝摩尔比 50:50 和 0:100 处理组 A47 的株高均显著高于土壤 pH 6.0 条件下的相应处理组;而其他 3 个铵硝比处理组 A47 的株高在土壤 pH 值不同的条件下无显著差异 ( $P>0.05$ )。

## 3 讨论和结论

植物对氮形态的喜好因物种特性和土壤环境的不同而异<sup>[15]</sup>。Sugiyama 等<sup>[16]</sup>的研究结果表明:土壤 pH 值、氮形态和铵硝比对蓝浆果生长有显著影响。一般认为,蓝浆果是喜铵植物,但是也有研究者认为硝态氮和铵态氮对蓝浆果生长具有相同效应<sup>[17-18]</sup>。Townsend<sup>[9]</sup>认为,在砂培条件下,在纯铵处理或者铵硝混合处理条件下,南方高丛蓝浆果的生长显著高于纯硝态氮处理。Takamizo 等<sup>[10]</sup>报道,南方高丛蓝浆果品种‘Jersey’在氮含量  $56 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、pH 5.5、铵硝摩尔比 1:1 的营养液中生物量最大,单独施用  $\text{NH}_4^+$  或  $\text{NO}_3^-$  均对其叶片生长有抑制作用。Merhaut 等<sup>[11]</sup>的研究结果表明:在蓝浆果砂培实验中供应质量浓度  $70 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的铵态氮或硝态氮,蓝浆果对铵态氮的吸收量更高,但供应硝态氮则能使蓝浆果根、茎和叶干质量的增加幅度高于铵态氮处理。

从本实验结果看,在土壤 pH 4.5 的条件下,各铵硝比处理组对南方高丛蓝浆果品种‘南月’优选系 A47 的根、茎和叶的干质量的影响均无显著差异;而在土壤 pH 6.0 的条件下,铵硝摩尔比 100:0、75:25、50:50、25:75 和 0:100 处理组 A47 的根、茎和叶的干质量均低于 pH 4.5 的土壤。这一实验结果与 Rosen 等<sup>[19]</sup>的研究结果一致。Rosen 等<sup>[19]</sup>的研究结果显示:在 pH 4.5 溶液培养条件下,纯铵与纯硝处理对北方高丛蓝浆果品种‘Northblue’生长的影响没有差异;而在 pH 6.0 条件下,虽然植株没有出现叶片失绿现象,但相对于 pH 4.5 的培养条件,植株生长受到抑制,且不同铵硝比处理的抑制程度存在差异。本研究结果显示:在土壤 pH 6.0 条件下,铵硝摩尔比 100:0 处理组 A47 的根、茎和叶干质量以及茎基径都显著高于其他处理组。说明施用纯铵态氮更有利于蓝浆果生长,这可能是由于根系对  $\text{NH}_4^+$  离子的大量吸收可引起根系质子释放,使根际土壤 pH 值降低<sup>[20-21]</sup>,有

利于蓝浆果根系生长。

Brightwell<sup>[22]</sup>认为:土壤 pH 值是蓝浆果生长的主要影响因子,蓝浆果适宜在 pH 4.0 ~ pH 5.5 的土壤中生长期。本实验结果也再次证明土壤 pH 4.5 更有益于蓝浆果生长;在土壤 pH 6.0 条件下,不论采用何种铵硝比,A47 的根、茎和叶干质量均显著低于 pH 4.5 的土壤。说明相较于铵硝比供应的差异,适宜的土壤 pH 值对蓝浆果生长的影响更重要。

由以上结果分析可知:南方高丛蓝浆果品种‘南月’优选系 A47 适宜栽植于 pH 4.5 的酸性土壤中,不同铵硝比施肥处理均能使其生长良好。

#### 参考文献:

- [1] 顾 娟,贺善安. 蓝浆果与蔓越桔[M]. 北京:中国农业出版社,2001:249-251.
- [2] 商晓芳. 蓝莓的生物学特性及栽培技术[J]. 现代农业科技,2010(2):135-137.
- [3] CLARK M B, MILLS H A, ROBACKER C D, et al. Influence of nitrate:ammonium ratios on growth and elemental concentration in two azalea cultivars[J]. *Journal of Plant Nutrition*, 2003, 26(12):2503-2520.
- [4] 於 虹. 蓝浆果栽培与采后处理技术[M]. 北京:金盾出版社,2003:1-8.
- [5] 庞 薇,侯智霞,李国雷,等. 氮肥对蓝莓树体生长及果实品质的影响[J]. *中国农学通报*, 2012, 28(13):225-229.
- [6] HANSON E J, RETAMALES J B. Effect of nitrogen source and timing on highbush blueberry performance[J]. *HortScience*, 1992, 27(12):1265-1267.
- [7] HART J M, STRIK B, WHITE L, et al. *Nutrient Management Guide: Nutrient Management for Blueberries in Oregon* [R]. Corvallis: Oregon State University, 2006:8-9.
- [8] TAMADA T. Effects of nitrogen sources on growth and leaf nutrient concentrations of ‘Tifblue’ rabbiteye blueberry under water culture [J]. *Small Fruits Review*, 2004, 3(1/2):149-158.
- [9] TOWNSEND L R. Effect of ammonium nitrogen and nitrate nitrogen, separately and in combination, on the growth of the highbush blueberry[J]. *Canadian Journal of Plant Science*, 1967, 47(5):555-562.
- [10] TAKAMIZO T, SUGIYAMA N. Growth responses to N forms in rabbiteye and highbush blueberries [J]. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 1991, 60(1):41-45.
- [11] MERHAUT D J, DARNELL R L. Vegetative growth and nitrogen/carbon partitioning in blueberry as influenced by nitrogen fertilization[J]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 1996, 121(5):875-879.
- [12] 李亚东,赵 爽,张志东,等. 不同氮素形态对比对越橘生长、产量及叶片元素含量的影响[J]. *吉林农业大学学报*, 2008, 30(4):477-480.
- [13] KREWER G, NESMITH D S. *Blueberry Fertilization in Soil* [R]. Athens: University of Georgia, 1999:6-7.
- [14] 葛顺峰,王海宁,姜远茂,等. 硝化抑制剂对苹果园酸性土壤尿素氨挥发的影响[J]. *山东农业科学*, 2011(2):57-60.
- [15] 葛会敏,樊卫国. 不同形态氮源及其对比对石灰性黄壤上纽荷尔脐橙光合特性的影响[J]. *中国生态农业学报*, 2013, 21(4):401-408.
- [16] SUGIYAMA N, HANAWA S. Growth responses of rabbiteye blueberry plants to N forms at constant pH in solution culture [J]. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 1992, 61(1):25-29.
- [17] HOLMES R S. Effect of phosphorus and pH on iron chlorosis of the blueberry in water culture[J]. *Soil Science*, 1960, 90(6):374-379.
- [18] OERTLI J J. Effect of form of nitrogen and pH on growth of blueberry plants[J]. *Agronomy Journal*, 1963, 55(3):305-307.
- [19] ROSEN C J, ALLAN D L, LUBY J J. Nitrogen form and solution pH influence growth and nutrition of two *Vaccinium* clones [J]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 1990, 115(1):83-89.
- [20] 孙亚卿,邵金旺,王 莹,等. 氮素形态对燕麦生长和根际 pH 值的影响[J]. *华北农学报*, 2004, 19(3):59-61.
- [21] 张树清,王艳玲. 氮素形态对蔬菜营养液 pH 及磷锌铁吸收的研究[J]. *甘肃农业科技*, 2001(7):33-34.
- [22] BRIGHTWELL W T. *Rabbiteye Blueberries* [R]. Athens: University of Georgia, 1971:1-2.

(责任编辑:张明霞)