

## 固体酸调配营养液对竹芋生长和地上部对养分吸收的影响

王男男<sup>1</sup>, 王殿武<sup>1</sup>, 陈延华<sup>2</sup>, 董 晔<sup>1,2</sup>, 王甲辰<sup>2</sup>

(1. 河北农业大学 资源与环境学院, 河北 保定 071001; 2. 北京市农林科学院 植物营养与资源研究所, 北京 100097)

**摘 要:**以“青苹果”竹芋为试材, 采用盆栽种植与室内分析相结合的方法, 分析了在固体酸调配营养液不同 pH 条件下对竹芋生长及地上部对养分吸收的影响。结果表明: 在自来水配制和固体酸调配营养液 pH 的植株可以正常生长。与 CK 相比, 各固体酸处理下叶面积不存在显著性差异; 第 106 天时, 除处理 N1+SPA1 和 N2+SPA2 外, CK 与其它处理株高差异不显著, 固体磷酸处理下植株叶绿素含量均呈增长趋势; Mo、Zn 含量最高的 N3+ASA3 和 N3+SPA3 处理植株的 2 种元素含量相对处理 CK 显著降低了 46.50%、23.13%, N3+SPA3 处理的植株 Mo 含量在所有固体酸处理中最高, 但积累量显著降低了 45.09%。综上, 该试验选取 N3+SPA3 为自来水配制配方肥料营养液的最佳养分浓度和固体磷酸调酸剂。

**关键词:**固体调酸剂; 养分吸收; 竹芋

**中图分类号:**S 147.4; S 682.1<sup>+</sup>61 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)19-0096-05

竹芋(*Maranta arundinacea* L.)属竹芋科竹芋属草本植物, 是主要观叶植物之一, 因其四季常绿, 叶片斑纹艳丽多彩, 深受消费者喜爱。竹芋原产于巴西, 喜高温

多湿的半阴环境, 适宜在酸性环境下生长<sup>[1]</sup>。花卉生产园区为使其健壮生长, 多采用去离子水配制营养液, 但家庭园艺往往采用自来水浇灌。北方自来水 pH 较高, 有些地方可达 8.5 以上, 水中氯离子含量偏高, 对植物生长及元素吸收造成不利影响<sup>[2]</sup>, 致使营养失衡、株体变弱, 失去观赏功能。目前, 关于营养液的研究往往过于繁琐, 不适宜家庭园艺中简单便捷的施肥方式<sup>[3-4]</sup>。该试验在参考通用标准配方, 用自来水配制、固体酸调配营养液 pH 的条件下, 研究营养液在不同浓度梯度下对竹芋生长、养分吸收和累积的影响, 进而获得最佳肥料、浓度、固体酸添加剂量, 以期为家庭园艺简化水肥一体

**第一作者简介:**王男男(1988-), 女, 河北沧州人, 硕士研究生, 研究方向为土壤养分资源与利用。E-mail: 376874686@qq.com.

**责任作者:**王甲辰(1965-), 男, 博士, 研究员, 现主要从事功能肥料庭院园艺肥料与施肥等研究工作。E-mail: 13021121195c@163.com.

**基金项目:**北京市农林科学院科技创新能力建设资助项目(KJCX20140412)。

**收稿日期:**2016-04-26

spectroscopy (FTIR). The results showed that Mn stress caused obvious oxidative damage, such as the dramatical increase of the generation rate of  $O_2^-$ , the accumulation of  $H_2O_2$  and MDA in great quantities, and the obvious decreases of the content of soluble protein and photosynthetic pigment in leaves. The content of the soluble sugar decreased after an increase in short. The antioxidant system was destroyed. Along with the increase of Mn concentration, the activity of catalase (CAT) and superoxide dismutase (SOD) declined after increasing. But the activity of peroxidase (POD) in leaves increased gradually, and the levels of GSH, vitamin C and vitamin E increased sharply. The content of proline increased obviously. The activity of the  $Ca^{2+}$ -ATP enzyme obviously decreased after increasing. The infrared spectra showed that the peak increased firstly and then decreased in the place of  $3\ 396\ cm^{-1}$ ,  $2\ 920\ cm^{-1}$ ,  $1\ 658\ cm^{-1}$  and  $1\ 062\ cm^{-1}$ , which reflected the content of amino acid, sugars, proteins and carboxylic acid were obviously effected by the Mn stress. In a conclusion, oxidative damage of the *S. polyrrhiza* was obvious under Mn treatment. The balance of antioxidant system has been broken. The activity of the  $Ca^{2+}$ -ATP enzyme changed obviously. In addition, the content of amino acids, sugars, carboxylic acid were also significantly affected. In other words, *S. polyrrhiza* was obviously damaged by the Mn stress.

**Keywords:** Mn; *Spirodela polyrrhiza*; oxidative damage; fourier transform infrared spectroscopy(FTIR)

施肥理论奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试竹芋品种“青苹果”,由北京市大兴苗圃提供;供试 16 孔塑料花盆,上口径 18 cm,下口径 13.2 cm,高 17 cm;供试基质丹麦品氏泥炭土,主要成分为水藓泥炭;供试自来水为北京市大兴苗圃抽取的自来水,硝态氮含量  $0.777 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,有效磷含量  $4.6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,pH 7.5,氯离子含量  $18 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

全营养液原液的配制:对原料有效养分含量逐一进行分析、计算,按比例把原料粉碎、称取、混匀(采用 Agilent7700X ICP-MS 测定的同时进行校正),最终确定实际所需单体原料添加的肥料施加量,用固体酸调节溶液 pH 保持在 6.0(表 1)。目标营养液的配制:按照要配制的浓缩储备液的体积和浓缩倍数计算出配方中各化合物的用量,将原料按照 A、B、C 母液的方式分别溶解、放置保存。需要时根据试验处理浓度进行稀释。

表 1 目标营养液养分浓度

Table 1	The ratio of nutrient solution		$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
大量元素 Macro element	浓度 Concentration	微量元素 Microelement	浓度 Concentration
铵态氮	4.50	铁	1.00
硝态氮	19.00	硼	0.22
磷	28.00	锰	0.68
钾	153.00	铜	0.15
—	—	锌	0.35
—	—	钼	0.05

### 1.2 试验方法

试验于 2015 年 3 月 6 日至 8 月 6 日在北京市大兴苗圃竹芋栽培温室进行。选用经过一次换盆,生长状况一致、生长时间为 1 个月的健壮竹芋苗。选取 5 株测量其基础指标,株高均值 15.5 cm,叶绿素 SPAD 均值 41.79,叶长均值 16.82 cm,叶宽均值 15.10 cm。全营养肥料(N)设 3 个浓度梯度为  $0.8$ 、 $1.2$ 、 $1.6 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ,营养液调酸剂为氨基磺酸(ASA)和固体磷酸(SPA),以大兴花卉公司竹芋标准营养液(CK)为对照(表 2)。试验共设 7 个处理,4 次重复,其中每重复 6 盆,随机排列。3 月 6 日进行第 1 次浇灌,每次每盆 500 mL,约每 8 d 浇灌

表 2 试验处理

Table 2	Test treatment	
序号 No.	处理 Treatment	
CK	大兴花卉公司竹芋标准营养液(搭配去离子水使用)	
N1+ASA1	全营养肥料 $0.8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ + $3.86 \text{ g}$ 氨基磺酸(搭配自来水使用)	
N2+ASA2	全营养肥料 $1.2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ + $3.83 \text{ g}$ 氨基磺酸(搭配自来水使用)	
N3+ASA3	全营养肥料 $1.6 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ + $3.30 \text{ g}$ 氨基磺酸(搭配自来水使用)	
N1+SPA1	全营养肥料 $0.8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ + $1.03 \text{ g}$ 固体磷酸(搭配自来水使用)	
N2+SPA2	全营养肥料 $1.2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ + $1.13 \text{ g}$ 固体磷酸(搭配自来水使用)	
N3+SPA3	全营养肥料 $1.6 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ + $1.24 \text{ g}$ 固体磷酸(搭配自来水使用)	

1 次,共浇灌 22 次,于试验的第 1、36、71、106 天分别测定竹芋叶面积、株高、叶绿素相对含量及地上部干生物量。于 2015 年 8 月 6 日收获竹芋,8 月 7 日测定植株地上部营养元素含量。

### 1.3 项目测定

1.3.1 形态指标的测定 每处理随机抽取 4 盆,测定株高、叶长、叶宽及叶绿素相对含量。株高采用直尺测量,以基质表面为基准,测叶柄最高点为每盆的株高值;选取每株的最大叶片采用直尺测量叶长最长处和叶宽最宽处,计算叶面积=叶长×叶宽;叶绿素含量采用 SPAD-502 叶绿素仪活体进行测定,选取叶色最深、展开完全的叶片,选取叶片两翼的中部及尾部,每片叶测 3 次,取其平均值作为每株叶绿素相对含量。

1.3.2 生物量的测定 每处理随机抽取 4 株,用剪刀贴基质剪断地上部分。植株样用去离子水洗净擦干,用电子天平测定样品鲜质量。鲜样在  $105 \text{ }^{\circ}\text{C}$  杀青 30 min,然后在  $75 \text{ }^{\circ}\text{C}$  烘干至恒重,使用电子天平测定样品干生物量。

1.3.3 营养元素指标测定 采用凯式定氮法<sup>[5]</sup>测定全 N 元素含量;采用微波  $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}_2$  消煮法<sup>[5]</sup>测定 P、Fe、Mn、Cu、Zn、Mo、B 等元素含量。

### 1.4 数据分析

采用 Excel 2007 软件处理试验数据并绘制图表;采用 SPSS 17.0 软件对试验数据进行单因子方差分析(ANOVA)。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同营养液浓度和调酸剂对竹芋生长的影响

2.1.1 对竹芋形态的影响 由图 1 可知,各处理竹芋不同时期的株高、最大展开叶片面积均随时间延长呈现增长趋势。在不同调酸剂和剂量水平下处理间出现差异,第 36 天时,处理 N3+SPA3 相对于 N3+ASA3 显著增大了 10.27%。但随着时间延长,各处理叶面积趋于一致,不存在差异。株高在第 36 天时各处理间无显著性差异。随时间推移,第 106 天时 CK 处理的株高均高于其它处理,除 N1+SPA1、N2+SPA2 外,与处理间差异均不显著。与 CK 相比,针对该项指标,除 N1+SPA1、N2+SPA2 外,其它配方均能够达到园区商业化生产需求。

2.1.2 对竹芋叶绿素相对含量的影响 由图 2 可知,与 CK 处理相比,第 106 天除处理 N3+SPA3 植株叶绿素含量显著提高外,其它处理差异均不显著。在 2 组固体酸处理中,虽然使用氨基磺酸时,3 组处理的叶绿素含量没有显著差异,但在使用固体磷酸(SPA)作为调酸剂时,随营养液浓度的增加,叶绿素含量呈现增长趋势。其中处理 N3+SPA3 的叶绿素含量显著高于处理 N1+SPA1,说明固体磷酸中的 P 或是少量的尿素加速了植株生长。与 CK 处理下的形态和叶绿素含量指标相比,

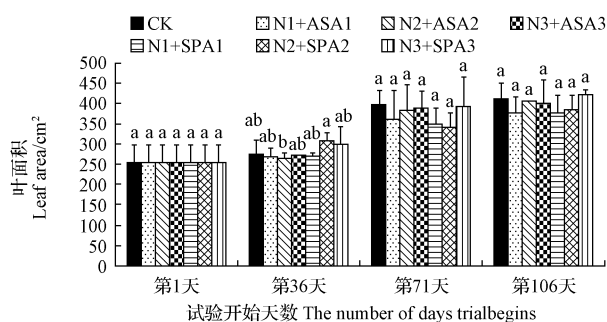


图 1 各处理对不同生长阶段竹芋株高和叶面积的影响

Fig. 1 Effect of different treatments on leaf area and plant height of arrowroot under different stages

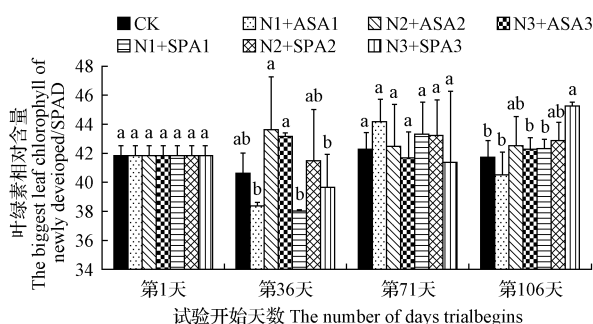


图 2 各处理对不同生长阶段竹芋新展开叶片叶绿素相对含量的影响

Fig. 2 Effect of different treatments on relative chlorophyll content of the biggest newly developed leaf of arrowroot under different stages  
除 N1+SPA1 处理外,其它由自来水配制营养液的 5 个配方均可选用。

## 2.2 对竹芋地上部干生物量的影响

由图 3 可知,CK 与其它各处理的干生物量差异均不显著,说明自来水配制的营养液与园区标准营养液功效相当。但是,2 组调酸剂处理间存在差异,以氨基磺酸(ASA)作为调酸剂时,随养分浓度的增加干生物量不存在显著性差异,而以固体磷酸(SPA)处理的 N1+SPA1、N2+SPA2、N3+SPA3 干生物量却表现出随养分浓度变大而增加的趋势。其中处理 N3+SPA3 处理显著高于 N1+SPA1 处理,增加了 15.68%。在该试验条件下,可以选取固体磷酸作为调酸剂。

## 2.3 不同营养液浓度和调酸剂对竹芋地上部营养元素含量的影响

### 2.3.1 对竹芋地上部大量元素含量的影响

由表 3 可知,植株体内各处理的 N、P 含量变化差异显著。与 CK 相比,虽然处理 N3+ASA3 和 N3+SPA3 的 N 含量显著增加,但与其它处理间不存在显著性差异;在 2 个调酸剂处理中,N 含量随营养液浓度的增加而增加;CK 植株 P 含量显著高于处理 N2+SPA2,与其它处理差异均不显著。在 2 种固体酸处理中,P 含量在以固体氨基磺酸

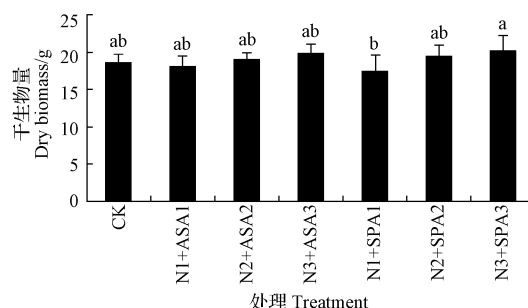
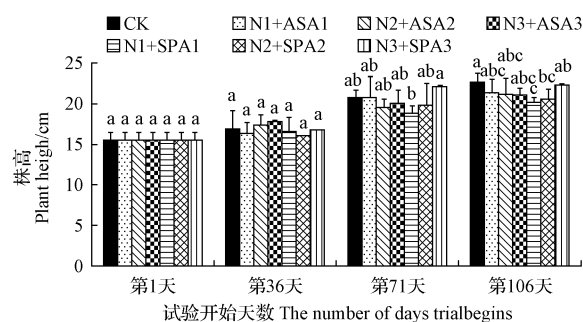


图 3 不同营养液浓度和调酸剂处理对竹芋地上部干生物量的影响

Fig. 3 Effect of aboveground dry biomass of arrowroot under different nutrient solution concentrations and different acid agents

(ASA)为调酸剂的条件随营养液浓度增加而增加,且处理 N3+ASA3 的 P 含量显著高于处理 N1+ASA1,提高了 11.93%。以固体磷酸为调酸剂处理的植株 P 浓度也是随着营养液浓度增大呈现先降低后显著增加的趋势;各处理间 K 含量不存在显著性差异。说明营养液中 K 含量的高低不影响植株的吸收。

表 3 各处理对竹芋地上部大量元素含量的影响

Table 3 Effect of different treatments on content of macro elements of arrowroot aboveground $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$			
处理	N 含量	P 含量	K 含量
Treatment	N content	P content	K content
CK	25.19±0.15bc	5.28±0.43abc	55.89±6.45a
N1+ASA1	24.22±0.12c	4.86±0.39cd	49.49±6.24a
N2+ASA2	26.28±0.11ab	4.99±0.02bcd	49.76±2.46a
N3+ASA3	27.49±0.09a	5.44±0.30ab	51.12±2.51a
N1+SPA1	26.83±0.03ab	4.92±0.11cd	54.52±2.18a
N2+SPA2	28.49±0.16ab	4.72±0.41d	48.23±5.87a
N3+SPA3	28.16±0.18a	5.58±0.23a	55.89±5.20a

### 2.3.2 对竹芋地上部微量元素含量的影响

由表 4 可知,各处理间植株微量元素含量除 Fe 外,均存在不同程度的差异。与 CK 相比,处理 N3+ASA3 和 N3+SPA3 植株中 Mn 和 B 的含量均显著提高;CK 中 Cu 含量最高,且显著高于处理 N2+SPA2,与其它处理差异均不显

著,说明不同调酸剂处理下植株对 Cu 浓度变化影响不明显;CK 中 Zn 含量显著高于其它处理,各处理间 Zn 含量不存在显著性差异,处理 N3+ASA3 和 N3+SPA3 相对于 CK 分别降低了 21.10%和 23.13%。与 Zn 类似,

其它各处理植株中的 Mo 含量显著低于 CK,其中处理 N3+SPA3 含量降低了 46.50%,说明在该试验剂量梯度条件下,植株中 Mo 含量不受营养液浓度含量的影响。

表 4

各处理对竹芋地上部微量元素含量

Table 4	Effect of different treatments on content of microelements of arrowroot aboveground						$\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$
处理 Treatment	Fe 含量 Fe content	Mn 含量 Mn content	Cu 含量 Cu content	Zn 含量 Zn content	B 含量 B content	Mo 含量 Mo content	
CK	340.50±43.37a	151.0±13.14b	5.21±0.06a	40.37±7.38a	17.03±1.02c	8.46±1.54a	
N1+ASA1	326.25±104.67a	167.0±34.58ab	4.47±0.26ab	35.05±2.42b	19.75±2.03b	2.70±0.30c	
N2+ASA2	314.75±37.75a	174.0±37.9ab	4.61±0.48ab	33.40±3.57b	21.60±1.43b	2.16±1.34bc	
N3+ASA3	345.25±89.15a	206.5±19.60a	4.87±0.40a	31.85±0.45b	26.20±1.02a	2.02±0.31bc	
N1+SPA1	397.50±78.66a	186.0±21.95ab	4.98±0.18a	33.20±1.11b	21.25±1.27b	3.65±2.24bc	
N2+SPA2	325.50±66.22a	167.5±44.43ab	4.20±0.45b	28.10±4.65b	20.90±2.70b	2.28±0.20c	
N3+SPA3	330.75±37.21a	216.0±37.56a	4.69±0.17ab	31.03±0.67b	25.05±2.38a	4.53±3.38b	

## 2.4 不同营养液浓度和调酸剂对竹芋地上部元素积累量的影响

2.4.1 对竹芋地上部大量元素积累量的影响 如表 5 所示,CK 处理下植株 N 积累量显著低于处理 N3+ASA3 和 N3+SPA3,显著降低了 16.42%和 21.62%,与其它处理不存在显著性差异;同样,CK 中的 P 积累量相对于处理 N3+SPA3 显著降低了 15.42%,与其它处理积累量差异均不显著;与 CK 相比,虽然植株中 K 积累量存在差异,但差异均不显著。在不同调酸剂处理中,随养分浓度的增加植株体内 N、P、K 积累量也存在增加趋势,其中处理 N3+SPA3 的植株 N、P 积累量显著高于处理 N1+SPA1 的积累量。但从整体看,处理 N1+ASA1、N1+SPA1 的 N、P、K 元素积累量与 CK 不存在显著差异,表明该处理的营养液配方基本上能够满足植株生长对大量元素的需求。

2.4.2 对竹芋地上部微量元素积累量的影响 由表 6 可知,CK 植株的 Fe、Cu 积累量与其它处理不存在显著性差异;CK 植株的 Mn 积累量显著低于处理 N3+ASA3、N3+SPA3;CK 植株的 B 积累量显著低于处理 N3+ASA3、N2+ASA2、N3+SPA3 和 N2+SPA2,而与其它处理差异均不显著;CK 植株的 Zn 积累量显著高于

其它处理,且相对于 Zn 含量最高的处理 N2+ASA2 显著增大 18.72%,为满足植株生长需求,配方中的 Zn 浓度需要最低上调 18.72%;与 Zn 类似,处理 CK 植株的 Mo 含量显著高于其它处理,且相对于 Mo 含量最高的处理 N3+SPA3 显著增大 82.13%,所以配方营养液中 Mo 浓度需要至少上调 82.13%。不同调酸剂间各元素的积累量呈现不同规律,其中,Mn、B 积累量均随营养液浓度的增大而增大,Fe、Cu 积累量在氨基磺酸作为调酸剂条件下呈现该趋势,而 Zn 积累量只有在固体磷酸作为调酸剂的条件下,才随营养液的浓度增加而增加。

表 5 各处理对竹芋地上部大量元素积累量

Table 5	Effect of different treatments on accumulation content of macro elements of arrowroot aboveground			$\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$
处理 Treatment	N 含量 N content	P 含量 P content	K 含量 K content	
CK	46.77±1.52bc	97.84±3.16bc	1 035.38±71.17ab	
N1+ASA1	43.78±5.33c	87.72±11.58c	892.13±131.55b	
N2+ASA2	49.94±3.56abc	94.72±4.26bc	944.63±54.96b	
N3+ASA3	54.45±2.42a	107.63±2.81ab	1 011.51±23.80ab	
N1+SPA1	46.91±5.85bc	86.00±10.35c	954.42±132.48ab	
N2+SPA2	51.46±5.38ab	91.93±12.70c	938.83±148.29b	
N3+SPA3	56.88±6.14a	112.93±13.61a	1 108.09±71.47a	

表 6

各处理对竹芋地上部微量元素积累量

Table 6	Effect of different treatments on accumulation content of microelements of arrowroot aboveground						$\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$
处理 Treatment	Fe 含量 Fe content	Mn 含量 Mn content	Cu 含量 Cu content	Zn 含量 Zn content	B 含量 B content	Mo 含量 Mo content	
CK	6 304.04±472.58a	2 806.61±248.73c	91.19±5.52abc	751.42±148.07a	317.03±29.31c	157.76±33.39a	
N1+ASA1	5 869.43±1 939.25a	3 038.86±775.81bc	80.34±2.61c	523.63±69.34b	357.30±55.25bc	25.27±6.01c	
N2+ASA2	5 996.98±917.42a	3 318.10±798.98abc	87.41±9.42abc	632.93±55.14ab	410.47±36.39b	40.23±22.88bc	
N3+ASA3	6 766.96±1 374.27a	4 086.89±350.02ab	98.39±2.04a	603.92±32.27b	518.63±12.47a	39.85±4.83bc	
N1+SPA1	7 003.63±1 934.18a	3 275.37±676.72abc	84.87±8.29bc	525.75±68.42b	372.80±61.07bc	60.79±30.62bc	
N2+SPA2	6 264.17±929.96a	3 293.17±1 078.14abc	81.75±12.59c	549.22±126.15b	407.42±72.62b	29.00±6.50c	
N3+SPA3	6 683.88±972.99a	4 326.547 5±575.42a	94.84±9.49ab	626.95±56.20ab	505.59±62.37a	86.62±59.93b	



### 3 结论与讨论

该试验竹芋叶绿素随着时间延长,各处理叶面积趋于一致,不存在显著性差异。其原因是:前期各处理营养液浓度均减半浇灌小植株,使其适应生长。到中后期,养分充足的前提下,叶面积不受营养液高低浓度和调酸剂的影响,其大小可能与品种特性有关。该试验在参照通用标准配方的前提下,各处理中 Mo 元素含量相对于 CK 产生了显著差异,且最大浓度处理下,仍降低了 46.50%。造成这种现象的可能原因,一是营养液中的钼的稳定状态  $\text{MoO}_4^{4-}$  价位高于  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NO}_3^-$  等自来水中常见阴离子<sup>[6]</sup>, $\text{MoO}_4^{4-}$  与细胞膜组分中的磷脂、硫酸酯和蛋白质等带电荷基团的反应作用亦强于其它阴离子,从而使其吸收速率降低<sup>[7]</sup>,限制了植株对 Mo 的吸收;二是自来水中原有的  $\text{SO}_4^{2-}$  与肥料中添加的  $\text{SO}_4^{2-}$  与  $\text{MoO}_4^{4-}$  产生竞争,限制了植株对其的吸收<sup>[7]</sup>,具体之间有何关联及如何治理,需进一步研究。各处理中 Zn 含量均与 CK 存在显著差异,且最大浓度处理下的 N3+ASA3 和 N3+SPA3 相对于 CK 分别降低了 21.10%、23.13%,分析其原因,可能是植株中 P 元素对其产生拮

抗作用,从而限制了该元素的吸收。在使用自来水结合调酸剂配制营养液的情况下,根据竹芋地上部养分元素含量及目标营养液浓度,在原有标准配方的基础上,需增加 46.50% 的 Mo 元素,23.13% 的 Zn 元素,使其达到植株需求量。因此,该试验选取 N3+SPA3 为自来水配制配方肥料营养液的最佳肥料浓度,固体磷酸为调酸剂。

#### 参考文献

- [1] 胡事君,郑芝波,赖永超,等.盆栽竹芋的养护要点及老苗快速复壮技术[J].北方园艺,2009(9):176-177.
- [2] 中华人民共和国建设部.城市供水水质标准:CJ/T 206-2005[S].北京:中华人民共和国建设部,2005.
- [3] 吴永华,冯国荷,李正平.仙客来无土栽培营养液中氮、磷、钾、铁浓度选优试验研究[J].甘肃农业大学学报,2000(2):197-201.
- [4] 郭秀珠,王月英,黄品湖,等.红掌不同物候期对氮、磷、钾的吸收特性研究[J].浙江农业科学,2005(6):461-464.
- [5] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2000.
- [6] 中华人民共和国卫生部.城市自来水标准:GB 5749-2006[S].北京:中国国家标准化管理委员会,2006.
- [7] 陆景陵.植物营养学(上册)[M].北京:中国农业大学出版社,2003.

## Effect of Growth and Nutrient Uptake of *Maranta arundinacea* L. With Nutrient Solution and Solid Acids

WANG Nannan<sup>1</sup>, WANG Dianwu<sup>1</sup>, CHEN Yanhua<sup>2</sup>, DONG Pan<sup>1,2</sup>, WANG Jiachen<sup>2</sup>

(1. College of Resources and Environmental Sciences, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071001; 2. Institute of Plant Nutrition and Resources, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097)

**Abstract:** The cultivars of *Maranta arundinacea* L. was used as material, a total of seven treatments pot cultivation and laboratory analysis methods were studied, using pot experiment and laboratory analysis to study the impact on the growth and nutrient absorption of *Maranta arundinacea* L., under the condition of different nutrient solution pH. The results showed that in the tap-water supply, solid acid pH nutrient solution formulation plants could grow normally. Compared with CK, not only all of the solid acid-treated leaf area was no difference, but also plant height was not significantly different, except the treatments of N1+SPA1 and N2+SPA2, also the chlorophyll content were not reduced at least. The results also showed that in all the solid acid treatments, compared with CK, Mo, Zn content of the highest N3+ASA3 and N3+SPA3 treatments plants still significantly decreased 46.50%, 23.13%. Even if the treatment N3+SPA3 plant Mo accumulation was the highest in all solid acid treatment, but it was significantly reduced 45.09%. In summary, this study selected treatment N3+SPA3 as the optimum nutrient concentration, solid phosphoric acid as the adjustment agent.

**Keywords:** solid acids; nutrient uptake; *Maranta arundinacea* L.