

# 山葵幼龄植株主要矿质元素吸收和分配特性的研究

吴 震 李式军 庄飞云 陶功俊

(南京农业大学蔬菜研究所, 南京 210095)

**摘 要:** 研究了不同营养水平下山葵幼龄植株及其不同部位对主要矿质元素 (N、P、K、Ca、Mg) 的吸收与分配特性。结果表明, 山葵为喜 K 植物, 叶片以 N、Ca、Mg 的含量和吸收量较高, 叶柄和根部则以 K 含量和吸收量较高。随着营养供应水平的提高, 植株及各部位对矿质元素吸收量增加, 并在低营养水平下表现明显, 但营养水平对各元素在不同部位的分配比例影响不大, 对 N、P、K 吸收比例也没有显著影响。

**关键词:** 营养水平; 山葵; 矿质元素; 吸收; 分配

中图分类号: S 636; Q945 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2001) 06-0522-05

山葵 (*Wasabia japonica* Matsum.) 是经济价值很高的蔬菜兼药用植物<sup>1~2</sup>。近年引入我国后, 作为出口创汇蔬菜, 在高山地区发展迅速, 面积不断扩大<sup>1a</sup>。本试验研究了山葵幼龄植株主要矿质元素吸收和分配特性以及对不同营养供应水平的反应, 以期如山葵育苗和栽培过程中营养管理提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验于 1998 年 9 月至 1999 年 4 月在南京农业大学蔬菜试验场进行, 山葵品种为 - 岛根 3 号。种子经 0.1%  $\text{KMnO}_4$  消毒和  $100 \text{ mg/L}^{-1} \text{GA}_3$  处理, 9 月 5 日催芽, 9 月 15 日出芽后播种于育苗盘中, 待第 2 片真叶出现时移入 6 cm 育苗钵, 每钵一苗。育苗基质为园土、苇末基质和膨化珍珠岩, 按 1B2B2 比例配制, 不加底肥。基质理化性状为: 容重  $0.37 \text{ g/cm}^3$ , 总孔隙度 51.8%, 通气孔隙 15.2%, 持水孔隙 36.3%, 有机质 21.3%, pH 6.7, EC 1.73; 主要矿质元素含量 ( $\text{mg/kg}^{-1}$ ) 为: N 6800, P 400.6, K 464.2, Ca 813.3, Mg 776.9。

### 1.2 方法

营养液处理采用日本园试通用配方<sup>172</sup>, 设 3 个营养水平: A, 0.5 倍浓度单位, EC 值 ( $\text{mS/cm}^{-1}$ ) 1.39; B, 1.0 倍浓度单位, EC 2.45; C, 1.5 倍浓度单位, EC 3.58; 以清水为对照, EC 0.24。每处理设 4 次重复, 每重复 100 株, 不同重复随机排列。营养液直接从植株上部喷淋入基质中, 每 100 株喷施营养液 10 L。幼苗生长前期 (4 片真叶前) 每 2 周喷施 1 次, 后期 (5 片真叶后) 每周喷施 1 次。

收稿日期: 2000- 11- 01; 修回日期: 2001- 04- 16

基金项目: 2001 江苏省教委重点学科基金资助项目; 江苏省农业主导工程项目 (F99306) All rights reserved. <http://www.cnki.net>

1.3 测定项目

1999 年 4 月上旬, 在山葵幼苗生长约 120 d 时, 测定植株生长量和矿质元素含量。不同处理的每个重复随机取样 5 株, 分成叶片、叶柄和根系三部分, 测定 N、P、K、Ca、Mg 的含量。总氮 (N) 测定采用凯氏定氮法, P 用钼锑抗比色法, K、Ca、Mg 经烘干灰化后以 1 mol#L<sup>-1</sup>HCl 溶解, 用 3500G 原子吸收分光光度计测定。

2 结果与分析

2.1 不同营养水平对山葵幼苗鲜样质量和干样质量的影响

幼苗干样质量和鲜样质量反映出苗期植株生长速率和同化物质积累情况, 也可以反映出植株生长量的大小。从表 1 中看出, 在山葵幼龄植株生长过程中, 提高营养供应水平可以增加植株及各部位的鲜样质量和干样质量, 各处理均显著或极显著高于对照, 说明增加营养供应既促进幼苗生长, 又有利于幼苗同化产物积累。

表 1 不同营养水平对山葵幼苗鲜样质量和干样质量的影响

Table 1 Effect of different nutrient levels on fresh and dry mass of wasabi seedling

营养液浓度* CNS* *	鲜样质量 Fresh mass (g)				干样质量 Dry mass (g)			
	叶片 Leaf	叶柄 Petiole	根系 Root	全株 Plant	叶片 Leaf	叶柄 Petiole	根系 Root	全株 Plant
水 Water (Control)	4.10 aA	4.07 aA	3.00 aA	11.20 aA	0.51 aA	0.54 aA	0.45 aA	1.5 aA
0.5 Times	6.60 aA	7.63 aA	3.87 aA	18.10 bA	0.83 abA	1.05 BA	0.57 bA	2.2 aAB
1.0 Times	10.47 bB	12.23 bB	4.83 bB	27.47 cB	1.26 bcB	1.30 bB	0.75 cB	3.3 bB
1.5 Times	12.67 bB	14.97 bB	5.10 bB	31.70 cB	1.47 cB	1.35 bB	0.71 cAB	3.6 bB

\* 日本园试通用配方。 \* Allpurpose nutrient solution of Japonic Horticultural station. \* \* CNS: Concentration of nutrient solution.

2.2 不同营养水平对山葵 N、P、K 吸收与分配的影响

2.2.1 山葵 N、P、K 的含量 从表 2 中看出, 山葵植株叶片中 N 含量最高, K 含量次之, 叶柄中 K 含量最高, N 次之, 根系也以 K 含量最高。无论叶片、叶柄还是根系, 均以 P 含量最低。随着营养供应水平提高, 植株各部位 N、P、K 含量均升高, 且 0.5、1.0、1.5 倍三个营养液浓度处理都极显著高于对照, 但除叶柄 N 含量外, 1.0 和 1.5 两个浓度间 N、P、K 含量未达到显著或极显著差异, 说明在较高水平营养供应条件下, 植株对 N、P、K 的吸收并不随营养液浓度增加而显著变化。

表 2 不同营养水平条件下山葵植株各部位 N、P、K 的含量

Table2 N, P, K content for various parts of wasabi plant under different nutrient levels (% DW)

营养液浓度 CNS*	N			P			K		
	叶片 Leaf	叶柄 Petiole	根系 Root	叶片 Leaf	叶柄 Petiole	根系 Root	叶片 Leaf	叶柄 Petiole	根系 Root
水 Water (Control)	2.32 aA	0.93 aA	1.29 aA	0.39 Aa	0.25 aA	0.29 aA	1.58 aA	2.81 aA	2.34 aA
0.5 Times	2.80 bB	1.25 bB	1.60 aA	0.34 bA	0.30 aA	0.36 bB	1.90 aA	3.38 aA	2.88 bAB
1.0 Times	3.24 cC	1.33 bB	2.35 bB	0.40 cB	0.36 bB	0.53 cC	2.43 bB	4.60 bB	3.24 bcBC
1.5 Times	3.28 cC	1.54 cC	2.45 bB	0.42 cB	0.39 bB	0.58 dC	2.66 bB	4.96 bB	3.66 cC

\* CNS: Concentration of nutrient solution.

2.2.2 山葵植株对 N、P、K 的吸收量及在各部位分配比率 从表 3 可以看出, 山葵植株

对 N、P、K 3 种元素的吸收量不同，K 的吸收量最大，在不同营养水平下平均每株吸收量从 30.4 mg 到 139.0 mg，P 吸收最少，平均每株吸收量仅为 3.66 mg 到 16.83 mg。随着营养液浓度增加，3 种元素的吸收量均增加，不同处理之间均达到极显著或显著差异水平。另外各元素在植株不同部位的分配比率也不同，N 素在叶片比率最高，是叶柄和根系中的 2 倍左右。P 元素在叶片、叶柄中分配比率相近，根系中分配较少。K 元素则在叶柄中分配比率最高，占率总吸收量的 48.1 %~ 54.2 %，但在叶片和根系中分配较少。

表 3 不同营养水平下山葵 N、P、K 的吸收量及各部位分配比率

Table 3 Absorption amount of N, P, K and absorption percentage of various parts of wasabi plant under different nutrient levels

营养液 浓度 CNS*	N				P				K			
	吸收量 Absorption amount (mg#plant <sup>-1</sup> )	分配比率 Distribution percentage (%)			吸收量 Absorption amount (mg#plant <sup>-1</sup> )	分配比率 Distribution percentage (%)			吸收量 Absorption amount (mg#plant <sup>-1</sup> )	分配比率 Distribution percentage (%)		
		叶片 Leaf	叶柄 Petiole	根系 Root		叶片 Leaf	叶柄 Petiole	根系 Root		叶片 Leaf	叶柄 Petiole	根系 Root
水 Water( Control)	19. 14 aA	49. 1	24. 7	26. 3	3. 66 aA	32. 5	36. 1	31. 4	30. 4 aA	20. 6	48. 1	30. 5
0. 5 Times	47. 24 bB	49. 4	30. 5	20. 1	8. 53 bB	33. 5	41. 1	25. 3	72. 2 bB	22. 0	54. 2	23. 7
1. 0 Times	82. 65 cC	55. 4	22. 0	22. 7	14. 75 cC	40. 0	32. 5	28. 4	124. 5 cC	27. 6	51. 6	20. 7
1. 5 Times	90. 97 dD	54. 1	22. 9	23. 1	16. 83 dD	37. 9	32. 7	29. 3	139. 0 dC	28. 7	49. 1	22. 2

\* CNS: Concentration of nutrient solution.

2.2.3 山葵植株及不同部位 N、P、K 的比例 从表 4 中可以看出，植株对 N、P、K 吸收比例表现出较大差异，总体特征为吸收 P 最少，吸收 K 最多。不同部位 N、P、K 的比例有差异，其中叶片中 N 最多，叶柄和根系中 K 最多，全株以 K 最多、N 次之、P 最少。说明山葵是喜 K 蔬菜，栽培时应注意增施 K 肥。

不同营养液水平下山葵植株及各部位 N、P、K 的比例变化不大，说明植株对均衡营养液中 N、P、K 的吸收是平衡进行的，提高营养供应水平，不会明显改变山葵植株吸收 N、P、K 的比例。

表 4 不同营养水平下山葵植株及各部位 N、P、K 的比例

Table 4 Absorption percentage of N, P, K for various parts wasabi plant under different nutrient levels

营养液浓度 CNS*	叶片 Leaf NBPBK	叶柄 Petiole NBPBK	根系 Root NBPBK	全株 Plant NBPBK
水 Water (Control)	8.1B1B5.5	3.6B1B10.9	4.3B1B8.1	5.2B1B8.3
0.5 Times	8.1B1B5.5	4.1B1B11.16	4.4B1B7.9	5.5B1B8.5
1.0 Times	7.9B1B5.9	3.8B1B13.4	4.3B1B6.2	5.6B1B8.4
1.5 Times	7.9B1B6.5	3.9B1B12.4	4.1B1B6.3	5.5B1B8.5

\* CNS: Concentration of nutrient solution.

2.3 不同营养水平对山葵 Ca、Mg 吸收与分配的影响

2.3.1 山葵 Ca、Mg 的含量 从表 5 可以看出，山葵 Ca 和 Mg 含量大致相同，明显低于 N、K 的含量，不同处理间差别趋势一致，均为叶片含量最高，叶柄和根系相近，以叶柄略高。不同营养水平间 Ca 和 Mg 含量差异均达到显著或极显著水平，说明山葵 Ca、Mg 含量随供应水平提高而增加。

表 5  不同营养水平下山葵植株各部位 Ca、Mg 含量

Table 5  Content of Ca, Mg for various parts of wasabi plant under different nutrient levels (%)

营养液浓度 CNS*	Ca			Mg		
	叶片	叶柄	根系	叶片	叶柄	根系
	Leaf	Petiole	Root	Leaf	Petiole	Root
水  Water (Control)	0.51 aA	0.21 aA	0.19 aA	0.44 aA	0.21 aA	0.16 aA
0.5 Times	0.63 bA	0.28 bB	0.23 bA	0.63 bB	0.25 bB	0.24 bA
1.0 Times	0.78 cB	0.38 cC	0.31 cB	0.77 cC	0.37 cC	0.32 cB
1.5 Times	0.91 dB	0.41 dC	0.33 cB	0.90 dD	0.39 dC	0.33 cB

\* CNS: Concentration of nutrient solution.

2.3.2  山葵对 Ca、Mg 的吸收量及各部位分配比率  从表 6 看出, 不同营养供应水平下山葵 Ca、Mg 吸收量不同, 随着营养液浓度增加, Ca、Mg 吸收量增加, 各处理间差异极显著。Ca、Mg 在叶片、叶柄和根系中分配比率不同, 以叶片最高, 根系最低, 仅为叶片的 21%~ 36%。随着营养供应增加, Ca、Mg 在叶片中的分配量增加, 而在叶柄和根系中分配量减少。

表 6  不同营养水平对山葵 Ca、Mg 吸收量及在不同部位分配的影响

Table 6  Effect on absorption amount of Ca, Mg and distribution in various parts of wasabi under different nutrient levels

营养液浓度 CNS*		Ca			Mg				
		吸收量 Absorption amount (mg#plant <sup>-1</sup> )	分配比率 Distribution percentage (%)		吸收量 Absorption amount (mg#plant <sup>-1</sup> )	分配比率 Distribution percentage (%)			
			叶片 Leaf	叶柄 Petiole		根系 Root	叶片 Leaf	叶柄 Petiole	根系 Root
水	Water (Control)	3.97aA	53.1	27.5	19.4	3.57aA	51.1	30.6	18.3
0.5	Times	9.88bB	52.8	33.2	13.9	9.95bB	53.0	32.9	14.2
1.0	Times	18.82cC	58.9	27.9	13.1	18.67cC	58.7	27.9	13.5
1.5	Times	22.18dD	61.7	25.5	12.8	21.49dD	61.9	25.3	12.8

\* CNS: Concentration of nutrient solution.

3  讨论

3.1  山葵植株叶片、叶柄和根系形态特征明显, 各部分功能不同, 因此, 矿质元素在不同部位的分配特性也不相同。叶片执行光合作用的功能, 因此 N 含量高于叶柄和根系, 而 K 对光合产物的运转及糖、淀粉的合成起重要作用, 所以在叶柄和根系中含量较高。山葵是以营养生长为主的植物, 根部为主要的营养贮藏器官, 叶片合成的碳水化合物需要通过叶柄运输到根部, 因此, 植株对 N、P、K 三元素的吸收以钾最高, 这也符合植物对矿质吸收的一般规律。由于供应的是均衡营养液, 所以, 提高营养液供应水平对 N、P、K 吸收比例影响不明显。

3.2  山葵植株对矿质元素的吸收随营养供应水平的提高而增加, 但在高浓度下增加幅度不如在低浓度下显著, 以至在 1.0 与 1.5 倍营养液浓度条件下矿质元素的含量和吸收量的差异不显著。根据植物对矿质主动吸收的原理, 当矿质浓度较低时, 离子载体未达饱和, 提高离子浓度可以显著提高植物对离子的吸收, 而在离子浓度较高时, 离子载体已基本饱和, 再提高矿质供应水平, 其吸收量也不会明显提高<sup>[9]</sup>。提高矿质营养供应水平, 一方面

直接促进山葵植株对矿质元素的吸收, 同时, 也由于较高的营养供应水平提高了山葵植株的生长量, 从而间接增加了植株对矿质元素的吸收。

3.3 Ca 在植物体内是多种生理生化过程必须的金属离子, 而Mg 为叶绿素的组成成分, 因而在叶片中含量较高。大量研究表明蔬菜是喜 Ca 植物, 植株 Ca 含量较高<sup>182</sup>。本研究也证实这一点, 但山葵对 Mg 的吸收量也显著高于其它蔬菜植物。与其它十字花科植物一样, 山葵也是喜 Ca 植物, 但山葵对 Mg 吸收量与 Ca 相近, 这又有别于其它同科植物, 原因还有待于进一步探讨<sup>182</sup>。

## 参考文献:

- 1 星谷佳功.  $\hat{I}^{-3}$  ) 栽培 + i 加工 # 壳  $\hat{E}$  方 ^ G. 东京: 社团法人农山渔村文化协会, 1996. 140~ 150
- 2 Chadwick C I, Lumpkin T A, Elberson L R. The botany, uses and production of *Wasabia japonica* (Miq.) Cruciferae Matsum. *E2 conomic2botany.*, 1993, 47 (2): 113~ 135
- 3 胡敏夫, 邱善美, 刘新裕. 不同环境对山葵生长与产量之影响. 中华农业研究, 1986, 35 (3): 292~ 299
- 4 李式军, 刘凤生编著. 珍稀名优蔬菜 80 种. 北京: 中国农业出版社, 1995. 18~ 22
- 5 Tanida N, Kawaura A, Takahashi A, et al. Suppressive effect of wasabi (pungent Japanese spice) on gastric carcinogenesis induced by MNNG in rats. *Nutrition and Cancer.*, 1991, 16 (1): 53~ 58
- 6 吴 震, 李式军, 王广东. 我国发展山葵产业的前景和对策. 中国农学通报, 2000, 16 (2): 45~ 47
- 7 连兆煌主编. 无土栽培原理与技术. 北京: 中国农业出版社, 1998. 31~ 32, 123~ 126
- 8 马国瑞主编. 园艺植物营养与施肥. 北京: 中国农业出版社, 1994. 92~ 116
- 9 潘瑞炽, 董恩得. 植物生理学. 北京: 高等教育出版社, 1988. 37~ 52

## Study on Absorption and Distribution Property of the Main Mineral Elements in Wasabi ( *Wasabia japonica* Matsum) Seedlings

Wu Zhen, Li Shijun, Zhuang Feiyun, and Tao Gongjun  
(Institute of Vegetables, Nanning Agricultural University, Nanjing 210095)

**Abstract:** The main mineral element absorption and distribution property in various parts of Wasabi ( *Wasabia japonica* Matsum) plant under different nutrient levels were studied. The results showed that Wasabi was a kind of plant that was fond of K, Ca, Mg. Absorption amount of N, Ca, Mg was high in leaf, but the absorption amount of K is high in root and petiole. Absorption amount of mineral elements in various parts of Wasabi plant were raised with nutrition level rising, especially under lower concentration of nutritive solution. Effect of nutrient level on distribution percentage of all mineral elements in different parts of plant was not remarkable, and also not on absorption percentage of N, P, K.

**Key words:** Nutrient level; Wasabi ( *Wasabia japonica* Matsum. ); Mineral element; Absorption; Distribution