

供氮水平对爬山虎 (*Parthenocissus tricuspidata* Planch) 生物量及养分分配的影响

王忠强^{1,2}, 吴良欢^{1,*}, 刘婷婷², 褚有为³, 邵雪玲¹

(1. 浙江大学环境与资源学院, 环境修复与生态健康教育部重点实验室, 杭州 310029; 2. 东北师范大学城市与环境科学学院, 长春 130024;
3. 宁波市江北区农林水利局林特工作站, 浙江 宁波 315020)

摘要 爬山虎是典型的亚热带木本攀援植物, 在垂直绿化、植被恢复和水土保持等方面的应用日益普遍, 而营养元素对爬山虎生长的影响还缺乏研究, 这不利于爬山虎的生长调控与合理应用。通过水培试验, 对不同氮素水平 (0、0.15、0.3、0.45、0.6、0.75 g·L⁻¹) 条件下爬山虎幼苗生长、氮磷钾营养分配和利用状况作了研究。结果表明: 供氮水平的提高能显著促进植株的生物量增加, 并影响茎叶的生物量分配比例, 供氮处理的叶生物量占总生物量的 50% 以上; 供氮水平的提高能增加植株根、茎、叶的氮含量, 对磷含量影响不显著, 对茎叶中的钾含量有一定的稀释作用; 叶片是主要的氮养分贮存器官, 叶片氮累积量达到整个植株总氮累积量的 60% 以上; 供氮水平的提高, 降低了爬山虎的氮利用率, 提高了磷钾的利用率。

关键词 爬山虎, 氮素营养, 生物量, 养分分配, 养分利用率

文章编号: 1000-0933 (2007) 08-3435-07 中图分类号: S718 文献标识码: A

Effect of different nitrogen rates on *Parthenocissus tricuspidata* Planch seedling growth and nutrient distribution

WANG Zhong-Qiang^{1,2}, WU Liang-Huan^{1,*}, LIU Ting-Ting², CHU You-Wei³, SHAO Xue-Ling

1 Ministry of Education Key Lab of Environmental Remediation and Ecosystem Health, College of Environmental and Resource Sciences, Zhejiang University, 310029 China

2 College of City and Environmental Science, Northeast Normal University, Changchun 130024, China

3 Forest Management Station of Jiangbei District of Ningbo, Ningbo 315020, China

Acta Ecologica Sinica 2007 27 (8) 3435 ~ 3441.

Abstract : *Parthenocissus tricuspidata* Planch is a typical woody vine plant in subtropical area. It is planted widely for vertical surfaces landscaping, soil erosion control, and revegetation. However, little is known about the relationship between nutrient supply and *Parthenocissus tricuspidata* Planch growth. A hydroponic culture experiment was conducted to investigate the effects of different nitrogen rates (0, 0.15, 0.30, 0.45, 0.60, 0.75 g·L⁻¹) on *Parthenocissus tricuspidata* Planch seedling growth, nutrient use efficiency, and nutrient distribution in different plant parts. Supplying high nitrogen to *Parthenocissus tricuspidata* Planch significantly increased plant biomass. Plant biomass allocation ratios among root, stem, and leaf were also affected by different nitrogen rates. For treatments supplied with nitrogen, leaf accounted for more than

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30370838); 宁波市科技合作计划资助项目 (2005C100041)

收稿日期: 2006-07-10; 修订日期: 2007-05-24

作者简介: 王忠强 (1973 ~) 男, 辽宁本溪人, 博士生, 主要从事植物营养与生态恢复研究。E-mail: Wangzq027@nenu.edu.cn

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: finm@zju.edu.cn

致谢: 感谢美国宾夕法尼亚州立大学农学院朱元洪博士对本文的大力帮助。

Foundation item : The project was financially supported by National Natural Science Foundation of China (No 30370838); Science and Technology Cooperation Project of Ningbo, China (No. 2005C100041)

Received date 2006-07-10; **Accepted date** 2007-05-24

Biography : WANG Zhong-Qiang, Ph. D candidate, mainly engaged in plant nutrition and ecological restoration. E-mail: Wangzq027@nenu.edu.cn

50% of total plant biomass ,while stem and root accounted for less than 40% and 10% ,respectively. Increasing nitrogen rate increased nitrogen content in root ,leaf ,and stem ,but did not have significant effect on phosphorus content. Supplying nitrogen to *Parthenocissus tricuspidata* Planch reduced potassium content in stem and leaf because of dilution effect ,but the trend with increasing nitrogen rate was not obvious. Leaf was the main tissue for nitrogen accumulation ,accounting for more than 60% of total accumulated nitrogen in plant. Higher nitrogen rates reduced nitrogen use efficiency ,but increased phosphorus and potassium use efficiency by *Parthenocissus tricuspidata* Planch. The results indicated that nitrogen nutrition could significantly influence *Parthenocissus tricuspidata* Planch growth ,nutrient use efficiency ,and nutrient distribution in plant tissues.

Key Words : *Parthenocissus tricuspidata* Planch ; nitrogen nutrition ; biomass ; nutrient distribution ; nutrient use efficiency

爬山虎 (*Parthenocissus tricuspidata* (Sieb. et Zucc.) Planch)系葡萄科,又名地锦、爬墙虎,是典型的亚热带多年生落叶木本攀援植物,主要通过吸盘吸附支持物实现攀援生长,生长迅速,一般年生长长度2~5 m,植株攀附高度可达10~30 m^[1]。由于爬山虎对旱、热、寒和阴湿等生长环境有广泛的生态适应性,在垂直绿化、景观美化、水土保持、沙尘暴防治、大气污染净化和破损岩体生态恢复等方面应用日益广泛^[2,3],同时爬山虎也是传统的中药材和油用植物,具有潜在的综合利用价值^[4]。

自然生长爬山虎一般种植在相对贫瘠的土壤中,很少进行人工施肥管理,其吸附攀援和叶茂茎细的生长行为对营养环境的适应能力和响应机制的研究还少见报道。叶生物量在爬山虎的生物量分配体系中占有很大比例,并具有很大的平面生长面积,叶片的生长行为影响爬山虎对矿质营养的吸收、运移和利用,而养分的供应也影响爬山虎的生长形态。氮是除碳、氢、氧外在植物体内含量较多的生长必需元素,也是最常见的生长限制因素,影响着叶绿素形成、光合作用和其他养分的利用效率^[5]。研究氮素对爬山虎各器官生长及养分分配的影响,将有助于了解爬山虎对养分环境的适应机制和生态分布规律。本文通过营养液培养试验就不同供氮量对爬山虎幼苗生长和体内氮磷钾养分含量和营养分配的影响进行了研究,以期对爬山虎营养特性阐述及其科学管理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

爬山虎种子经消毒,温水浸泡24 h后播于育苗基质(泥炭:沙=1:1,体积比)中培养,待第1片真叶出现后用蒸馏水将爬山虎根部清洗干净,移入1/2浓度的营养液中培养48 h,然后进行水培试验。

1.2 试验设计

盆栽水培试验营养液大量元素组成参照大泽营养液^[6]:KH₂PO₄ 0.135 g·L⁻¹,K₂SO₄ 0.174 g·L⁻¹,MgSO₄·7H₂O 0.492 g·L⁻¹;微量元素组成采用Arnon微量元素混合液^[7]:H₃BO₃ 2.86 mg·L⁻¹,ZnSO₄·7H₂O 0.22 mg·L⁻¹,MnSO₄·H₂O 1.54 mg·L⁻¹,CuSO₄·5H₂O 0.08 mg·L⁻¹, (NH₄)₂MoO₄ 0.02 mg·L⁻¹,EDTA-Fe 2.8 mg·L⁻¹。氮营养以NH₄NO₃加入,浓度处理为0,0.15g·L⁻¹,0.3 g·L⁻¹,0.45 g·L⁻¹,0.6 g·L⁻¹,0.75 g·L⁻¹。每处理6次重复,每塑料盆装营养液1 L,每盆种植爬山虎幼苗1棵。试验于2005年4月~8月在浙江大学华家池校区温室内进行。白天温度32~35℃,夜晚温度25~28℃,白天最大光照强度约为1200 μmol·m⁻²·s⁻¹,相对湿度70%~80%。放置垂直木板界面,供爬山虎攀附。

1.3 测定方法与数据处理

培养时间75 d后采收植物,并用烘箱60℃烘干,分别测定茎、根和叶的干重;然后分别测定根茎叶的氮磷钾含量,植株样品用浓H₂SO₄-H₂O₂消煮。氮含量采用凯氏定氮法测定,磷含量采用钒钼黄比色法测定,钾含量用火焰光度计测定^[8]。植株根、茎和叶的养分积累量=干重(根、茎和叶)×养分含量(根、茎和叶),氮、磷和钾养分利用率(nutrient use efficiency, NUE)=(茎干重+叶干重)/(茎养分积累量+叶养分积累量)^[9]。

数据处理采用 STATISTICA 5.5 (StaSoft Inc , USA)进行统计分析 ,显著性检验采用 LSD 法。

2 结果

2.1 不同氮水平对爬山虎生物量分配的影响

表 1 和图 1 表明 ,不同氮浓度对爬山虎幼苗生物量的分配和积累有明显影响。随着供氮浓度的增加 ,爬山虎幼苗的生物量逐渐增大 ,但不同氮处理间爬山虎幼苗根、茎和叶生物量增加趋势存在差异。从各处理的叶茎比 (干重比)可以看出 ,随着供氮浓度的提高 ,叶茎比呈先升高后降低的趋势 ,其中供氮浓度较高的处理 (0.75 g·L⁻¹)茎生物量积累最多 ,0.45 g·L⁻¹处理的叶生物量最大。供氮处理的爬山虎幼苗的根冠比 (干重比)都小于 0.1 ,并随着供氮浓度的提高 ,根在植株体的重所占比例降低。总体上看 ,有氮处理的叶生物量占全株生物量 50% 以上 ,茎生物量在全株生物量所占比例不超过 40% ,根生物量在全株生物量所占比例少于 10%。无氮处理植株矮小 ,根系细长 ,根茎叶生物量显著低于有氮处理。

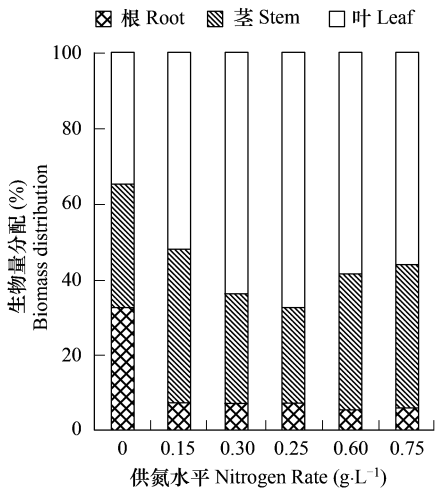


图 1 不同氮水平的爬山虎植株生物量分配

Fig.1 Biomass distribution *Parthenocissus tricuspidata* P seedling in different N rates

表 1 不同氮水平下爬山虎幼苗生物量的分配

Table 1 <i>Parthenocissus tricuspidata</i> Planch seedling biomass distribution under different N rates						
N 水平 N rates / (g·L ⁻¹)	茎干重 Stem dry weight / (g·plant ⁻¹)	叶干重 Leaf dry weight / (g·plant ⁻¹)	根干重 Root dry weight / (g·plant ⁻¹)	全株干重 Total weight / (g·plant ⁻¹)	根冠比 Root/shoot ratio	叶茎比 Leaf/stem ratio
0	0.13 ± 0.05 d	0.14 ± 0.04 d	0.13 ± 0.05 c	0.39 ± 0.14 d	0.48	1.07
0.15	1.68 ± 0.19 c	2.17 ± 0.76 c	0.32 ± 0.04 b	4.18 ± 0.73 c	0.083	1.29
0.3	1.86 ± 0.47 c	4.17 ± 0.53 a	0.50 ± 0.06 a	6.54 ± 0.70 b	0.083	2.24
0.45	1.91 ± 0.51 bc	5.11 ± 0.41 a	0.55 ± 0.02 a	7.56 ± 0.11 a	0.078	2.68
0.6	2.42 ± 0.27 ab	3.92 ± 0.26 b	0.37 ± 0.04 b	6.71 ± 0.26 ab	0.058	1.62
0.75	2.65 ± 0.01 a	3.96 ± 0.62 b	0.41 ± 0.05 b	7.01 ± 0.66 ab	0.062	1.49

同一列不同字母表示 0.05 水平差异显著性 (LSD 法),下同; Figures in the table represent means ± standard error; Different letters after numerical values indicated significant differences at 5% level (LSD); the same below

2.2 不同氮水平对爬山虎幼苗氮养分含量和分配的影响

表 2 表明 ,随着供氮浓度的增加 ,茎、叶和根的含氮量也相应的增加。培育 75 d 后 ,供氮处理的爬山虎幼苗茎中的氮含量范围为 9 ~ 28 g·kg⁻¹ ,叶中氮含量范围为 20 ~ 40 g·kg⁻¹ ,根的氮含量范围为 30 ~ 50 g·kg⁻¹ ,叶

表 2 不同氮水平条件下根茎叶的氮含量和氮累积量

Table 2 N concentrations and accumulations in different parts of <i>Parthenocissus tricuspidata</i> P seedling under different N rates						
N 水平 N Rates / (g·L ⁻¹)	氮含量 N concentration (g·kg ⁻¹)			氮累积量 N accumulation (mg·plant ⁻¹)		
	茎 Stem	叶 Leaf	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	根 Root
0	7.4 ± 1.5 c	13.0 ± 2.6 c	15.5 ± 1.8 c	1.02 (22%) d	1.67 (36%) d	1.93 (42%) c
0.15	9.2 ± 4.2 c	20.2 ± 2.6 b	31.3 ± 2.0 bc	15.6 (23%) cd	42.7 (62%) c	10.2 (15%) bc
0.3	17.3 ± 5.8 bc	21.8 ± 4.3 b	32.5 ± 4.6 abc	33.9 (24%) bc	91.8 (64%) b	16.4 (12%) ab
0.45	16.3 ± 5.8 bc	24.0 ± 4.4 b	41.9 ± 1.8 ab	30.1 (17%) bcd	121.4 (70%) ab	23.0 (13%) a
0.6	22.0 ± 5.3 ab	35.8 ± 2.9 a	43.7 ± 5.3 ab	53.5 (28%) ab	122.6 (64%) ab	16.0 (8%) ab
0.75	28.4 ± 11.7 a	39.3 ± 3.7 a	49.8 ± 2.0 a	75.1 (30%) a	156.7 (62%) a	20.3 (8%) a

括号中数字表示各部分氮累积量占全株氮累积量的比例 Numbers in parentheses are percentages of N accumulation in individual plant parts out of total N accumulation in all plant parts

和根的氮含量高于茎的氮含量。供氮处理的茎和叶的氮累积量也随供应氮浓度的增加而增加,根的氮累积量变化不明显。由于爬山虎根、茎和叶生物量分配的不同,使氮累积量在植株中分配有明显不同,叶片氮累积量达到整个植株的 60% ~ 70%,成为整个植株的氮贮存的主要器官。

2.3 不同氮水平对爬山虎幼苗磷含量和分配的影响

从表 3 可以看出,而随着供氮水平的增加,各处理的爬山虎的根茎叶的磷含量没有显著差异,氮供应的变化没有显著影响爬山虎植株体内的磷含量。爬山虎的根的磷含量约为 7 ~ 10 g·kg⁻¹,茎的磷含量为 5 ~ 8 g·kg⁻¹,叶的磷含量为 3 ~ 5 g·kg⁻¹。由于根茎叶的生物量分配的比例不同,磷在爬山虎植株体内的累积量主要在茎和叶器官。磷在茎的累积量达到全株磷累计量的 30% 以上,叶的累积量达到全株磷累积量的 40% 以上。

表 3 不同氮水平条件下根茎叶的磷含量和磷累积量

Table 3 P concentrations and P accumulations in different parts of <i>Parthenocissus tricuspidata</i> P seedling under different N rates						
N 水平 N Rates/ (g·L ⁻¹)	磷含量 P concentration (g·kg ⁻¹)			磷累积量 P accumulation (mg·plant ⁻¹)		
	茎 Stem	叶 Leaf	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	根 Root
0	15.4 ± 4.4 a	38.3 ± 4.7 a	30.9 ± 9.7 a	2.2 (20%) c	5.3 (48%) c	3.6 (32%) ab
0.15	8.2 ± 1.0 b	5.2 ± 1.2 b	7.8 ± 1.5 b	13.7 (49%) ab	11.6 (42%) bc	2.5 (9%) b
0.3	6.0 ± 1.4 b	3.3 ± 1.0 b	9.9 ± 2.1 b	11.1 (37%) ab	13.6 (46%) ab	5.0 (17%) a
0.45	5.3 ± 0.2 b	3.8 ± 0.9 b	6.6 ± 2.3 b	10.2 (31%) b	19.1 (58%) a	3.6 (11%) ab
0.6	6.1 ± 0.7 b	4.8 ± 0.8 b	7.2 ± 1.3 b	14.7 (44%) a	16.2 (48%) ab	2.6 (8%) b
0.75	4.9 ± 0.4 b	4.7 ± 0.3 b	7.0 ± 1.4 b	12.9 (37%) ab	18.7 (54%) a	2.9 (9%) ab

括号中数字表示各部分磷累积量占全株磷累积量的比例 Numbers in parentheses are percentages of P accumulation in individual plant parts out of total P accumulation in all plant parts

2.4 不同氮水平对爬山虎幼苗钾含量和分配的影响

从表 4 可以看出,随着供氮水平的增加,各处理爬山虎的茎和叶中钾含量出现降低趋势,而供氮处理的根钾含量没有显著差异,茎的钾含量都相应高于叶的钾含量。根的钾含量为 8 ~ 15 g·kg⁻¹,茎的钾含量为 13 ~ 22 g·kg⁻¹,叶的钾含量为 10 ~ 14 g·kg⁻¹。各供氮处理的叶片钾累积量达到全株钾累计量的 40% 以上。不同供氮处理对茎的钾累积量影响不显著,对叶的累积量出现先升高后降低的趋势。

表 4 不同氮水平条件下根茎叶的钾含量和钾累积量

Table 4 K concentrations and K accumulations in different parts of <i>Parthenocissus tricuspidata</i> P seedling under different N rates						
N 水平 N Rates/ (g·L ⁻¹)	钾含量 K concentration (g·kg ⁻¹)			钾累积量 K accumulation (mg·plant ⁻¹)		
	茎 Stem	叶 Leaf	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	根 Root
0	38.6 ± 5.3a	20.4 ± 3.7a	28.2 ± 6.7a	5.0 (45%)b	2.7 (24%)c	3.5 (31%)b
0.15	21.9 ± 4.1b	13.9 ± 0.3b	14.6 ± 5.6b	36.8 (51%)a	30.3 (42%)b	4.6 (7%)ab
0.3	17.7 ± 0.2bc	13.6 ± 0.8bc	13.4 ± 3.0b	32.9 (34%)a	56.5 (59%)a	6.8 (7%)a
0.45	15.4 ± 1.5c	10.1 ± 0.7d	10.3 ± 4.3b	29.9 (34%)a	51.7 (59%)a	5.7 (7%)ab
0.6	13.8 ± 1.0c	10.7 ± 1.2cd	9.2 ± 2.1b	33.5 (46%)a	36.3 (50%)b	3.3 (4%)b
0.75	13.6 ± 0.3c	10.1 ± 0.4d	8.2 ± 1.4b	36.1 (45%)a	40.1 (50%)b	3.3 (5%)b

括号中数字表示各部分钾累积量占全株钾累积量的比例 Numbers in parentheses are percentages of K accumulation in individual plant parts out of total K accumulation in all plant parts

2.5 不同氮水平对爬山虎的氮磷钾养分利用率的影响

从图 2 可以看出,随着供氮水平的增加,爬山虎的氮养分利用率显著降低,磷和钾的养分利用率逐渐增加,但供氮水平达到一定浓度 (0.45g·L⁻¹)以后,磷和钾的养分利用率增加不显著,表明较低的氮供应能限制爬山虎对磷钾养分的利用率,较高的氮供应能提高爬山虎对磷钾养分的利用率。总体上,爬山虎的磷养分利用率明显高于对氮和钾的利用率。

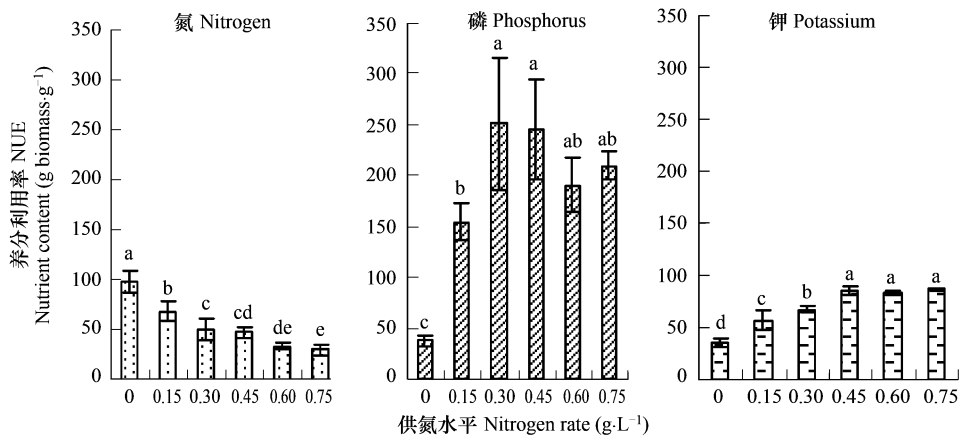


图 2 不同氮水平下爬山虎氮磷钾养分利用效率

Fig.2 Nitrogen , phosphorus , and potassium use efficiencies (NUE) by *Parthenocissus tricuspidata* P seedling under different N rates

3 讨论

植物组织中的养分含量与养分累积量能反映植物的营养状况和养分需要量 ,与养分的供应浓度有直接的关系^[10] ,一般植物的养分含量随生长期和器官的不同而发生变化 ,通常植物的含氮量为 10 ~ 50 g·kg⁻¹ ,磷含量为 1 ~ 5 g·kg⁻¹ ,钾含量为 3 ~ 50 g·kg⁻¹ ^[11]。在本试验的水培营养液生长环境中 ,爬山虎的根、茎和叶的氮磷钾含量基本在植物养分常规含量的范围内 (表 2 ~ 表 4) ,氮素在叶片的含量高于茎的含量 ,而茎的磷钾含量高于叶片的含量 ;由于叶生物量在全株生物量的 50% 以上 ,爬山虎的氮磷钾养分主要储存在叶片中。不同氮素供应水平对爬山虎的根茎叶中磷素含量影响不显著 ,但氮素供应增加能降低爬山虎茎和叶的钾素含量。一般情况下 ,当某一营养元素供应水平增加 ,会明显的促进植物生长和该元素含量的增加 ,但对其它稳定供应的营养元素的含量造成相对稀释的作用 ,使其在植物体内的含量降低^[12]。而在本试验中磷钾供应稳定的情况下 ,氮素供应增加对磷素没有表现出明显的稀释效应 ,而对钾素在叶和茎中的含量稀释效应显著 ,这可能与爬山虎对磷素需求量相对较小 ,试验中的供磷水平能满足爬山虎生物量增加的需要 ;而爬山虎对钾素需求量较大 ,试验中的供钾水平有限 ,爬山虎生物量的增加能明显对钾含量出现稀释作用。由于磷素易被土壤固定 ,土壤有效磷含量较低 ,是常见的植物生长限制因子 ,爬山虎这种高攀附 ,叶量大的的生长结构对磷素较低利用量可能是爬山虎适应营养胁迫重要机制之一 ,需要进一步研究。

对光资源的竞争和支持物界面的不同被认为是影响爬山虎等攀援植物生长行为主要因素之一^[13 ~ 15] ,但这是建立在适当的养分供应和植物对养分利用效率的基础上^[16]。植物的养分利用效率与不同贫富营养环境的养分供应量的关系存在很多争议 ,主要支持的观点是贫营养环境的植物养分利用率高 ,富营养环境的植物养分利用率低。Aerts 等研究 3 种苔草属植物的氮素营养效率与氮营养供应的关系表明氮营养效率随氮供应量的提高而下降^[17]。但并非养分供应量越高 ,养分利用效率就越低。养分供应量提高只能使养分利用效率降低到一定水平 ,而后便无变化^[18]。本试验的研究结果也验证了这一现象 ,表明氮供应量的增加 ,爬山虎的氮养分利用效率显著降低 ,在氮供应量增加到 0.6 g·L⁻¹ 和 0.75 g·L⁻¹ 水平后 ,爬山虎的氮养分利用效率的变化没有显著差异。与此同时 ,氮供应量的增加 ,能显著的提高磷和钾的养分利用效率 ,但磷钾的养分利用率增加到一定值后变化不显著。可见在爬山虎植株体内存在一定的氮磷钾养分平衡 ,当养分供应达到一定程度后 ,爬山虎对养分的吸收利用可能达到了一种饱和状态。描述植物的养分利用效率和对养分环境的适应能力不仅考虑土壤的养分有效供应量 ,还要研究养分的在植物体内的再吸收过程^[19]。爬山虎作为一种多年生落叶植物 ,衡量爬山虎的养分利用效率不仅要研究养分供应量的影响 ,还需要关注养分在爬山虎体内的驻留时间和体内循环利用等方面的研究 ,才能充分揭示爬山虎的养分利用效率以及其对贫富营养环境的适应机制。

爬山虎等攀援植物与其他植物相比 ,缺乏直立生长能力 ,可以借助外物支持支持自身重量 ,使攀援植物可

以分配较多的生物量到光合系统叶片中 ,并且其茎结构在减少支持作用后却没有降低水分和养分的输导能力^[20]。可能的原因是 :一方面攀援植物叶片的平面叶面积大 ,叶片的蒸腾作用强烈 ,可以加快水分和养分的被动吸收 ;同时叶片是攀援植物主要的生长中心 ,可以消耗代谢能加快养分的主动吸收 ,养分和水分分配和利用可能都是以叶片为中心。而普通植物的养分和水分吸收不成比例并且分配方向不同 ,普通植物的水分分配到叶片 ,而养分主要分配到当时的生长中心^[5]。另外 ,攀援植物的茎体细弱 ,也能控制或降低水分和养分的通量 ,避免在高温干旱等环境胁迫条件下 ,水分和养分的过快运输 ,提高对不利生长环境的适应能力。攀援植物这种叶茎结构可能是其对生长环境具有广泛的适应性的主要原因 ,即在适合生长的环境中通过叶片的作用达到快速攀援生长的目的 ,也可在逆境环境中通过茎体限制水分和养分的吸收通量 ,从而提高抗逆能力。因此 ,对攀援植物的生长结构和光合作用 ,水分运移、养分吸收之间的关系还需要结合起来进行深入的研究。

攀援植物能以相对较小的生物量获得较大的叶面积 ,并且生长速度一般高于其它植物 ,在森林生态系统中通常被看作制约和损伤树木生长 ,妨碍森林保护和管理的物种^[21 22]。同时 ,攀援植物也具有覆盖地被 ,遮荫等作用 ,也被认为是森林生态恢复的重要物种。Putz F E 提出攀援植物的生长特点使其在生态系统中的养分循环和养分竞争中扮演重要角色^[23] ,但目前的研究还不能确定养分与攀援植物生长量的相关关系^[24 25]。所以深入研究营养元素的种类和数量对攀援植物的生长的影响 ,攀援植物的养分利用效率和利用方式等问题 ,发现攀援植物生长的营养限制因子 ,不仅有利于森林生态的管理 ,也有利于攀援植物在破损岩壁绿化 ,城市的垂直绿化、园林造景和森林恢复等方面合理应用。

4 结论

随着供氮浓度的提高 ,爬山虎的生物量和各器官的生物量增加 ,但叶茎生物量比呈先升高后降低的趋势 ,叶生物量占全株生物量的比例最大 ,达到 50% 以上 ;植株茎、叶和根的氮含量和氮累积量也随着供氮浓度的提高而增加 ,对根茎叶的磷含量影响不显著 ,但能显著降低根茎叶中的钾含量 ,供氮水平的增加降低了爬山虎的氮利用率 ,提高了磷钾的利用率 ,并且磷的利用率高于氮钾的利用率。

References :

[1] Zhang Y G , Lu S L , Sun Z Y , *et al.* Utilization status of germplasm resource of creeper (*Parthenocisus Planch*). *Resources Science* , 2005 , 25 (5) : 141 — 145.

[2] He G F. A collection of special subject reports in investigations and studies on plant resources. Beijing : Science Press , 1996.

[3] Zhang Y G , Sun Z Y , Lu S L. The strategies of making green in barren mountains with creepers. *Forest Science and Technology* , 2000 , (1) : 26 — 27.

[4] Yu C L , Huang T K. The dictionary of Chinese herb medicine. Beijing : Chinese Pharmaceutical Press , 1993. 1967 — 1968.

[5] Wang Z. *Plant Physiology*. Beijing : China Agriculture Press 2005.

[6] Tian X H , Wang Z H , Li S X. Effect of the supply level of nitrogen and potassium etc on mineral elements accumulation in lettuce seedlings. *Agricultural Research in the Arid Areas* , 1999 , 17 (2) : 53 — 58.

[7] Mao D R. *Research of plant nutrition*. Beijing : Beijing Agricultural University Press , 1994.

[8] Bao S D. *Analysis of soil and agrochemistry*. Beijing : China Agricultural University Press , 2000.

[9] Akhtar M , Shahbaz Y O , Tadashi A , *et al.* Phosphorus starvation induced root-mediated pH changes in solublization and acquisition of sparingly soluble P sources and organic acids exudation by *Brassica* cultivars. *Soil Science and Plant Nutrition* , 2006 , 52 , 623 — 633.

[10] Chapin F S , Vitousek P M , Van Cleve K. Plant response to multiple environmental factors. *Bioscience* , 1987 , 37 : 49 — 57.

[11] Liao H , Yan X L. *Advance plant nutrition*. Beijing : Science Press , 2003. 115 — 140.

[12] Peng S L. *Study and application of restoration ecology in tropical and subtropical China*. Beijing : Science Press , 2003.

[13] Huang C L , Ff S L , Liang S Y. Relationships between light and physiological characters of five climbing plants. *Chinese Journal of Applied Ecology* , 2004 , 15 (7) : 1131 — 1134.

[14] He W M , Zhong Z C. Effects of external support on the foraging behavior and reproductive strategies in *Gynostemma pentaphyllum* populations. *Acta Ecologica Sinica* , 2001 , 21 (1) : 47 — 50.

[15] Tao J P , Zhong Z C. Effects of support angles on the morphology and growth in the herbaceous climber *Trichosanthes kirilowii*. *Acta Ecologica Sinica* , 2003 , 23 (1) : 1 — 7.

[16] Milka H M , Westbeek T L , Pons M L , *et al.* Analysis of differences in photosynthetic nitrogen use efficiency of alpine and lowland *Poa* species. *Oecologia* ,1999 ,120 :19 —26.

[17] Aerts R and De Caluwe H. N itrogen use efficiency of *Carex* species in relation to nitrogen supply. *Ecology* ,1994 ,75 :2362 —2372.

[18] Jaramillo V J , Detling J K. Small-scale heterogeneity in a semi-arid North American grassland I . Tillering , N up take and retranslocation in simulated urine patches. *Journal of Applied Ecology* ,1992 ,29 :1 —8.

[19] Su B , Han X G , Huang Z H , *et al.* The nutrient use efficiency (NUE) of plants and it 'simplications of the strategy of plant adaptation to nutrient-stressed environments. *Acta Ecologica Sinica* ,2000 ,20 (2) :335 —343.

[20] Darwin C. The movements and habits of climbing plants. Beijing : Science Press ,1957.

[21] Putz F E. Liana biomass and leaf area of a 'tierra firme 'forest in the Rio Negro Basin Venezuela. *Biotrpica* ,1983 ,15 :185 —189.

[22] William T G , Putz F E. Effects of lianas on growth and regeneration of *Prioria copaifera* in Darien , Panama. *Forest Ecology and Management* , 2004 ,190 :99 —108.

[23] Putz F E , Harold A M. The biology of vines. Cambridge : Cambridge University Press ,1991.

[24] Laurance W F. Rain foorest fragmentation and the structure of Amazonian liana communities. *Ecology* ,2001 ,82 :105 —116.

[25] Gentry A H. The distribution and evolution of climbing plants. In *The Biology of Vines*. Cambridge : Cambridge University Press ,1991 :3 —49.

参考文献：

[1] 张毅功,陆诗雷,孙振元,等. 爬山虎属植物利用研究. *资源科学* 2005 25 (5) :141 ~145.

[2] 何关福. 植物资源专项调查研究报告. 北京:科学出版社,1996.

[3] 张毅功,孙振元,陆诗雷. 种植爬山虎绿化荒山研究与对策. *林业科技通讯* ,2000 ,(1) 26 ~27.

[4] 余传隆,黄泰康. *中药辞海* (第一卷). 北京:中国医药科技出版社 ,1993. 1967 ~1968.

[5] 王忠. 植物生理学. 北京 :中国农业出版社 ,2000.

[6] 田霄鸿,王朝辉,李生秀. 氮钾锰硼的供应水平对莴笋植株累积矿质元素的影响. *干旱区农业研究* ,1999 ,17 (2) :53 ~58.

[7] 毛达如. 植物营养研究法. 北京:北京农业大学出版社,1994.

[8] 鲍士旦. 土壤农化分析. 北京:中国农业出版社,2000. 39 ~39.

[1] 廖红,严小龙. 高级植物营养学. 北京:科学出版社,2003. 115 ~140.

[12] 彭少麟. 热带亚热带恢复生态学研究与实践. 北京:科学出版社,2003. 177 ~180.

[13] 黄成林,傅松玲,梁淑云. 五种攀缘植物光合作用与光因子关系的初步研究. *应用生态学报* ,2004 ,15 (7) :1131 ~1134.

[14] 何维明,钟章成. 外界支持物对绞股蓝种群觅养行为和繁殖对策的影响. *生态学报* ,2001 ,21 (1) :47 ~50.

[15] 陶建平,钟章成. 支持物倾角对攀援植物栝楼形态和生长的影响. *生态学报* ,2003 ,23 (1) :1 ~7.

[19] 苏波,韩兴国,黄建辉,等. 植物的养分利用效率 (NUE)及植物对养分胁迫环境的适应策略. *生态学报* ,2003 ,20 (2) :335 ~343.