

黄河三角洲贝壳堤岛典型建群植物养分吸收积累特征

刘庆, 孙景宽, 田家怡, 张敏

(滨州学院 山东省黄河三角洲生态环境重点实验室, 山东 滨州 256603)

摘要:对黄河三角洲贝壳堤岛 8 种主要建群植物氮磷钾养分的吸收与累积特征进行研究。结果表明:黄河三角洲贝壳堤岛 8 种植物氮元素累积大小的顺序为:沙打旺>砂引草>杠柳>柽柳>狗尾草>二色补血草>蒙古蒿>芦苇;磷元素累积大小的顺序为:杠柳>狗尾草>砂引草>蒙古蒿>沙打旺>柽柳>芦苇>二色补血草;钾元素累积大小的顺序为:砂引草>狗尾草>杠柳>沙打旺>蒙古蒿>二色补血草>芦苇>柽柳。植物不同部位对营养元素积累存在一定的差异,其基本规律以叶部最大,根部次之,茎部最小。根、茎、叶三个部位均以氮的积累量最大,钾元素次之,磷元素积累量最小。从叶部与整个植株的 N/P 和 N/K 比值比较来看,叶部的 N/P 与 N/K 比值均大于整个植株中两种元素的比值。养分在植物叶部的积累情况更能反映植物对养分的需求状况。

关键词:植物营养;吸收与累积;贝壳堤岛;黄河三角洲

中图分类号:S154.4

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2010)03-0153-04

Nutrients Absorption and Cumulation in Typical Edificatos of Seashell Islands in Yellow River Delta

LIU Qing, SUN Jing-kuan, TIAN Jia-yi, ZHANG Min

(Shandong Provincial Key Laboratory of Eco-environmental Science for Yellow River, Binzhou University, Binzhou, Shandong 256603, China)

Abstract: The study was performed on the nutrients absorption and cumulation in eight types of edificatos of Seashell Islands in the Yellow River Delta. The results showed that the cumulation sequence of nitrogen in eight types of edificatos is *Astragalus adsurgens* > *Messerschmidia sibirica* > *Periploca sepium* > *Tamarix chinensis* > *Setaria viridis* > *Limonium bicolor* > *Artemisia mongolica* > *Phragmites communis*, the sequence of phosphorus in eight types of edificatos is *Periploca sepium* > *Setaria viridis* > *Limonium bicolor* > *Messerschmidia sibirica* > *Artemisia mongolica* > *Astragalus adsurgens* > *Tamarix chinensis* > *Phragmites communis* > *Limonium bicolor* and the sequence of potass in eight types of edificatos is *Messerschmidia sibirica* > *Setaria viridis* > *Periploca sepium* > *Astragalus adsurgens* > *Artemisia mongolica* > *Limonium bicolor* > *Phragmites communis* > *Tamarix chinensis*. There is difference of nutrition cumulation in different parts of eight plants and the basic rule of it is leaf > root > stem. The element whose nutrition cumulation is the largest one in the three parts is nitrogen and the smallest one is phosphorus. From contrasting the N/P and N/P ratios in leafs and in whole plants, we know that the ratios in leaf is bigger and which in whole plant is smaller, so we can draw a conclusion that the nutrient accumulation in leaf can better reflect the plant's nutrient requirement than the whole plant.

Key words: plant nutrition; absorb and cumulation; Seashell Islands; Yellow River Delta

氮磷钾作为植物生长发育所必需的营养元素,在植物体构成和生理代谢方面发挥着重要作用^[1-2],

目前,植物体内营养元素含量及其分配特征是当前生态系统物质循环研究的重要内容^[3-4]。植物体营

* 收稿日期:2009-11-23

基金项目:山东省自然科学基金项目(Y2006D01);山东省自然科学基金联合专项(ZR2009BL003);滨州学院博士研究生奖励基金项目(2007Y07)

作者简介:刘庆(1972-),男,山东菏泽人,博士,讲师,主要研究方向为土壤生态与环境。E-mail: qy7271@163.com

通信作者:田家怡(1951-),男,山东桓台人,研究员,主要研究方向为环境生态。

养物质的浓度被用来估计植物对营养物质的吸收和利用价值,并通过植物体不同部位营养元素的化学计量比来判断对植物生长有限制作用的营养元素种类^[5-6]。同时,研究植物对营养元素吸收利用将有助于从机理上解释植被对环境变化的适应与响应机制,也是判断环境对植物生长养分供应状况的最有效指标之一^[7]。

黄河三角洲贝壳堤岛位于古代黄河三角洲的无棣、沾化沿海,作为一种宝贵的自然资源,可为研究黄河三角洲的形成、渤海古代变迁、环境变化趋势等提供天然本底。同时,贝壳堤岛还是东北亚内陆和环西太平洋鸟类迁徙的重要中转站。黄河三角洲贝壳堤岛无论从海岛生态系统还是海岸带生态系统来讲都具有其特有和重要的生态学价值。

本文通过对黄河三角洲贝壳堤岛上 8 种主要建群种植物不同部位全氮、全磷、全钾等营养元素的含量及分布进行研究,明确该区域生态系统中重要生命元素的生物地球化学循环特征,以期为本区域生物多样性保护与生态系统恢复提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

黄河三角洲贝壳堤岛与湿地系统自然保护区位于山东省无棣县北部和中东部的浅海区域和滨海低地,地理坐标为北纬 $38^{\circ}02'50.51'' - 38^{\circ}21'06.06''$,东经 $117^{\circ}46'58'' - 118^{\circ}05'42.95''$,总面积约 435.4 km^2 。该区域贝壳岛和由其组成的贝壳堤是 7 000 多年来渤海成陆过程中的重要产物,它与美国圣路易安娜州贝壳堤、南美苏里南贝壳堤并称为世界三大古贝壳堤。该区处于暖温带东亚季风大陆性半湿润气候区,分布着大面积的滩涂、沼泽,形成了独特的泥质海岸湿地生态系统。保护区属于暖温带落叶阔叶林区,暖温带北部落叶栎林地带。主要生长一年生碱蓬、多年生柽柳及其他盐生草本植物和草甸植被,由于贝壳堤岛上含浅层淡水,因此还保留有大片的陆生荒漠植被,植物资源丰富。贝壳堤岛贝壳沙中养分含量情况见表 1,其中总有机碳和总氮由总有机碳分析仪测定,速效磷和速效钾分别通过 $0.5 \text{ mol/L NaHCO}_3$ 浸提-钼锑抗比色法与 $1 \text{ mol/L NH}_4\text{OAc}$ 浸提-火焰光度法测定。

表 1 贝壳堤岛贝壳沙中养分含量 mg/kg

土壤层次/cm	总有机碳	总氮	速效磷	速效钾
0-20	8.66	2.60	6.38	197.8
20-40	9.22	2.55	5.77	225.6

1.2 样品采集

取样时间为 2008 年 8 月。取样地点主要位于无棣县贝壳堤岛汪子堡至大口河一带。样地选择植被表现均一,没有明显的间断存在,植被连续覆盖面积 $30 \sim 50 \text{ m}^2$ 的主要建群植物种类。主要采集的建群植物种类包括:柽柳(*Tamarix chinensis*)、杠柳(*Periploca sepium*)、芦苇(*Phragmites communis*)、蒙古蒿(*Artemisia mongolica*)、沙打旺(*Astragalus adsurgens*)、二色补血草(*Limonium bicolor*)、狗尾草(*Setaria viridis*)和砂引草(*Messerschmidia sibirica*)共 8 种。样品采用多点随机取样法,采集一定数量的包括根系在内的完整植物样品。

1.3 样品处理与测定

将采集到的植物体根上的泥土用蒸馏水冲洗干净后晾干,然后剪取每株植物的根、茎、叶分别装袋,将所有样品置于烘箱中, $80 \sim 90^{\circ}\text{C}$ 烘 $15 \sim 30 \text{ min}$ 杀青,然后,降温至 $60 \sim 70^{\circ}\text{C}$,再烘大约 $12 \sim 24 \text{ h}$ 至样品恒重。将烘干后的植物样品磨碎、过筛,以备氮磷钾养分的测定。

植物样品营养元素含量测定采用 $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}_2$ 消煮,植物全氮的测定采用开氏法,全磷测定采用钼锑抗比色法,全钾的测定采用火焰光度法进行。

1.4 数据处理

所有的统计分析均采用 Excel 2003 和 SPSS 13.0 软件进行。

2 结果与分析

2.1 不同植物营养元素吸收量的差异

营养元素在植物中的生物循环过程,是相对独立的,按其自身固有循环方式进行,植物特有的循环方式可以改变营养元素地球化学循环过程的方向及其强度^[8]。因此,不同植物种类对其所生长的土壤中营养元素的吸收与积累量具有一定的差异。本研究中黄河三角洲贝壳堤岛 8 种植物对土壤中氮磷钾的平均吸收积累量如图 1 所示。

由图可见,8 种植物类型中,以沙打旺对氮的吸收量最大,砂引草次之,其吸收量分别达到植物体干重的 1.93% 和 1.32% ;蒙古蒿和芦苇对氮的吸收量最小,其吸收量分别为植物体干重的 0.64% 和 0.63% 。氮元素在 8 种植物体干重中所占的百分比由大至小的顺序为:沙打旺 > 砂引草 > 杠柳 > 柽柳 > 狗尾草 > 二色补血草 > 蒙古蒿 > 芦苇。

8种植物对磷元素的吸收量以杠柳最大, 狗尾草次之, 其吸收量分别达到植物体干重的 0.29% 和 0.26%, 以芦苇和二色补血草对磷的吸收量最小, 其吸收量分别为植物体干重的 0.10% 和 0.07%。磷元素在 8 种植物体干重中所占的百分比由大至小的顺序为: 杠柳> 狗尾草> 砂引草> 蒙古蒿> 沙打旺> 柽柳> 芦苇> 二色补血草。与氮元素的吸收量相比, 植物对磷的吸收量明显较少。

8种植物对钾元素的吸收量以砂引草最大, 狗尾草次之, 其吸收量分别达到植物体干重的 1.87% 和 1.58%, 以芦苇和柽柳对钾的吸收量最小, 其吸收量分别为植物体干重的 0.59% 和 0.48%。钾元素在 8 种植物体干重中所占的百分比由大至小的顺序为: 砂引草> 狗尾草> 杠柳> 沙打旺> 蒙古蒿> 二色补血草> 芦苇> 柽柳。

从图中还可以看出, 8种植物对氮和钾的吸收与积累量基本处于同一数量级, 均表现为对氮钾的吸收与积累量明显超过对磷的吸收与积累量, 但不同植物品种表现出不同的吸收积累特征。柽柳、沙打旺对氮的吸收与积累量高于对钾的吸收量, 而杠柳、砂引草、狗尾草、蒙古蒿对氮的吸收积累量低于对钾的吸收量, 二色补血草与芦苇对氮钾的吸收积累量基本相等。

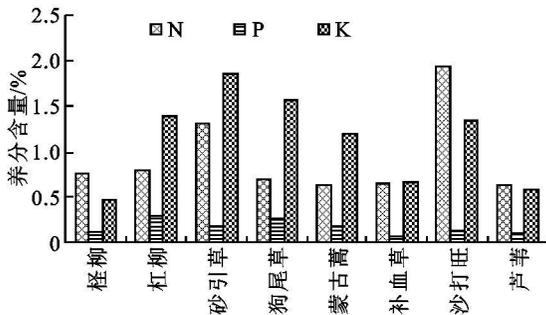


图 1 植物对营养元素的吸收积累量

2.2 植物不同部位营养元素吸收与富集性能

生态系统的功能基础是物质和能量的积累, 而营养元素积累是生态系统中最重要物质积累形式, 对维持生态系统的结构和功能起着重要作用。由于植物的根茎叶等不同部位对维持生态系统结构和功能所发挥的作用不同, 因此, 植物不同部位对养分的吸收与积累量也是不同的。本研究分别对氮、磷、钾三种营养元素在 8 种植物根、茎、叶的积累量进行分析, 得到氮、磷、钾三种营养元素在植物根、茎、叶组织中积累情况分别见图 2-4。

2.2.1 根部营养元素积累特征 图 2 反映的是氮、磷、钾三种营养元素在 8 种植物根部积累量的差异。

由图可见, 三种营养元素在 8 种植物根部积累量的变异情况分别为: 氮 0.45% ~ 1.68%, 均值为 0.71%; 磷 0.10% ~ 0.18%, 均值为 0.14%; 钾 0.28% ~ 1.37%, 均值为 0.82%。8 种植物中, 根部氮积累量最大的是沙打旺, 最小的是柽柳, 磷积累量最大的是杠柳, 最小的是芦苇, 钾积累量最大的是蒙古蒿, 最小的是柽柳。从图 2 上还可以看出, 8 种植物根部氮元素和钾元素的变异较大, 而磷元素的变异则较小。

2.2.2 茎部营养元素积累特征 图 3 反映的是氮、磷、钾三种营养元素在 8 种植物茎部积累量的差异。由图可以看出, 三种营养元素在不同植物茎部积累量的变异情况分别为: 氮 0.31% ~ 1.58%, 均值为 0.65%; 磷 0.05% ~ 0.33%, 均值为 0.14%; 钾 0.43% ~ 3.10%, 均值为 1.32%。8 种植物中, 茎部氮积累量最大的是沙打旺, 最小的是杠柳, 磷积累量最大的是狗尾草, 最小的是柽柳, 钾积累量最大的是砂引草, 最小的是芦苇。图 3 还反映出三种营养元素在 8 种植物茎部积累量的变异均较大, 其积累量的最大值与最小值的倍数达到了 4~7 倍。

2.2.3 叶部营养元素积累特征 图 4 反映的是氮、磷、钾三种营养元素在 8 种植物叶部积累量的差异。由图可见, 三种营养元素在叶部积累的变异情况分别为: 氮 0.72% ~ 2.53%, 均值为 1.41%; 磷 0.05% ~ 0.52%, 均值为 0.23%; 钾 0.23% ~ 1.91%, 均值为 1.27%。8 种植物中, 叶部氮积累量最大的是沙打旺, 最小的是二色补血草, 磷积累量最大的是杠柳, 最小的是二色补血草, 钾含积累最大的是狗尾草和杠柳, 最小的是二色补血草。从图 4 上还可以看出, 8 种植物叶部以磷元素变异最大, 钾元素次之, 除二色补血草外, 氮元素在其余 7 种植物叶部积累量的变异相对较小。

2.3 植物体及叶部 N/P、N/K 比特征

生态化学计量学是分析多重化学元素的质量平衡对生态交互作用影响的一种理论^[9]。生态化学计量比可以用来判断限制有机体生长、发育或繁殖的元素种类及其利用价值。它为研究植物体尤其是叶片养分浓度与养分限制性的关系、不同植物对 N、P 养分的利用价值提供了新的思路和手段^[3]。目前已有许多关于植物叶部氮磷养分生态化学计量学的研究^[2,8,10]。本文基于不同植物及不同部位对营养元素吸收与积累的数据, 对不同植物及其不同部位的生态化学计量特征进行分析。

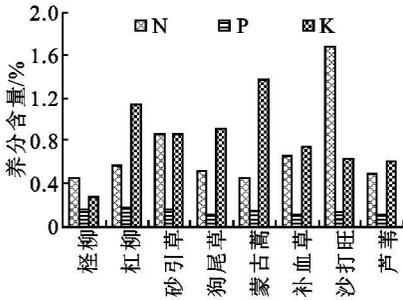


图 2 植物根部营养元素含量

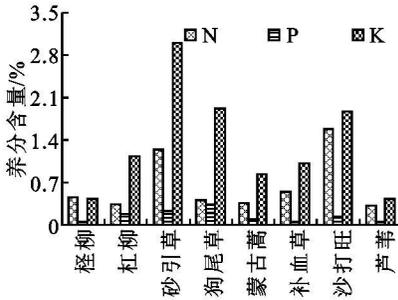


图 3 植物茎部营养元素含量

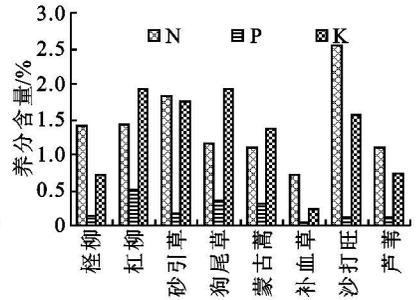


图 4 植物叶部营养元素含量

表 2 贝壳堤岛植物 N/P 和 N/K 比

植物品种	植株		叶部	
	N/P	N/K	N/P	N/K
柽柳	6.29	1.61	9.25	1.98
杠柳	2.65	0.56	2.79	0.75
砂引草	6.97	0.71	9.91	1.05
狗尾草	2.68	0.44	3.33	0.60
蒙古蒿	3.50	0.53	3.59	0.80
二色补血草	9.14	0.97	14.76	3.12
沙打旺	14.26	1.43	20.43	1.63
芦苇	6.63	1.08	8.54	1.50

表 2 显示的是黄河三角洲贝壳堤岛 8 种植物体干重条件下,植物体及其叶部对营养元素氮、磷、钾积累量的比值。从表 2 可以看出,不同植物品种间三种元素的比值呈现不同比例的变化。就不同植物品种对氮和磷的吸收积累量比值来看,以沙打旺对氮磷积累量的差异最大,二色补血草次之,以狗尾草和杠柳对氮磷积累量的差异最小;就不同植物品种对氮和钾的吸收积累比值来看,柽柳、沙打旺、芦苇三种植物对氮的吸收积累量大于钾,而其它 5 种植物对氮的吸收积累量却小于钾。这一结果说明,不同植物类群间对不同营养元素的需求不仅在量上存在差异,而且还要维持一定的比例关系,适宜的营养元素比例是植物正常生长的前提。

研究表明,植物叶部的生物地球化学组分相对稳定,因此,植物叶片的养分组成研究已成为植物生态化学计量学的重要内容^[3]。从植物营养学的理论来讲,叶部的植物养分含量体现了植物对养分的利用与积累能力。从表 2 叶部与整个植株的 N/P 和 N/K 比值比较来看,叶部的 N/P 与 N/K 比值均大于整个植株中两种元素的比值。因为叶片是整个植株生长与营养供应的器官,因此,研究植物养分需求与环境养分供应之间的关系时,叶部养分的积累情况将更有参照意义。

3 结论

(1) 黄河三角洲贝壳堤岛 8 种植物对氮、磷、钾

三种营养元素的吸收能力各有不同。以植物体干重条件下营养元素积累量进行排序,氮元素累积由大到小的顺序为:沙打旺>砂引草>杠柳>柽柳>狗尾草>二色补血草>蒙古蒿>芦苇;磷元素累积由大到小的顺序为:杠柳>狗尾草>砂引草>蒙古蒿>沙打旺>柽柳>芦苇>二色补血草;钾元素累积由大到小的顺序为:砂引草>狗尾草>杠柳>沙打旺>蒙古蒿>二色补血草>芦苇>柽柳。植物对养分吸收与积累量的差异一方面和植物本身的遗传特性有关,另一方面也可能和植物生长环境中各种养分含量差异有关。8 种植物对生长环境的要求不同,如沙打旺、狗尾草等为沙生植物,柽柳、砂引草、芦苇等为盐生植物,不同的生境条件下,土壤中养分的含量不同,从而导致了植物体对不同养分吸收与积累量的差异。

(2) 由于植物根、茎、叶不同器官在植物生长过程中,对养分的利用效率不同,因此营养元素在植物不同部位的积累量存在一定的变异。本研究中的 8 种植物其具体表现为:根部氮元素和钾元素变异较大,而磷元素变异较小;三种营养元素在 8 种植物茎部变异均较大;叶部以磷元素变异最大,钾元素次之,除二色补血草外,氮元素在其余 7 种植物叶部的变异相对较小,这种变异的存在,可能与取样时植物所处的不同生长阶段有一定的关系。另外,植物根、茎、叶等不同器官在植物生长过程中发挥着不同的功能,植物不同部位对营养元素的吸收与累积能力同样具有一定的差异。本研究中所涉及的 8 种植物品种,对营养元素的积累能力均以叶部最强,根部次之,茎部最小。

(3) 适宜的营养元素供应是植物正常生长的前提,从本研究的结果来看,不同植物类群间对不同营养元素的需求不仅在量上存在差异,而且还维持一定的比例关系。从表 2 叶部与整个植株的 N/P 和 N/K 比值比较来看,叶部的 N/P 与 N/K 比值大于整个植株中两种元素的比值,叶片的养分组成对环境的要求更有指示意义。

(下转第 161 页)

(3) 随着封禁时间的延长, 不同经营措施华北落叶松林地内枯落物的自然含水量表现出增加的趋势。封禁 1 a 后, 增长率表现为群团状择伐改造> 带状皆伐改造> 人工促进更新> 封禁促进植被恢复> 未封禁, 其值为 0.54%~1.41%。

(4) 随着封禁时间的延长, 不同经营措施华北落叶松林地内枯落物的有效拦蓄量表现出增加的趋势, 2 a 的增长率表现为群团状择伐改造> 人工促进更新> 封禁促进植被恢复> 带状皆伐改造> 未封禁, 最大增长率为 5.82%。

总之, 在冀北山地华北落叶松人工低效林中, 通过人工促进更新、带状皆伐改造、群团状择伐改造、封禁促进植被恢复等几种改造措施, 可增加华北落叶松林下枯落物的蓄水能力, 减少地表径流, 提高水土保持和水源涵养功能。

参考文献:

- [1] 王云琦, 王玉杰, 张洪江. 重庆缙云山几种典型植被枯落物水文特性研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(3): 41-44.
- [2] 庞学勇, 包维楷, 张咏梅. 岷江上游中山区低效林改造对枯落物水文作用的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(4): 119-123.
- [3] 韩同吉, 裴胜民, 张光灿. 北方石质山区典型林分枯落物层涵蓄水分特征[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2005, 36(2): 275-278.
- [4] 方海东, 纪中华, 杨艳鲜, 等. 金沙江干热河谷新银合欢

人工林枯落物层持水特性研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(5): 52-55.

- [5] 张振明, 余新晓, 牛健植, 等. 不同林分枯落物层的水文生态功能[J]. 水土保持学报, 2005, 19(3): 139-143.
- [6] 王佑民. 中国林地枯落物持水保土作用研究概况[J]. 水土保持学报, 2000, 14(4): 108-113.
- [7] 徐娟, 余新晓, 席彩云. 北京十三陵不同林分枯落物层和土壤层水文效应研究[J]. 水土保持学报, 2009, 23(3): 189-193.
- [8] 李红云, 杨吉华, 鲍玉海, 等. 山东省石灰岩山区灌木林枯落物持水性能研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(1): 44-46.
- [9] 林波, 刘庆, 吴彦, 等. 亚高山针叶林人工恢复过程中凋落物动态分析[J]. 应用生态学报, 2004, 15(9): 1491-1496.
- [10] Kavvaadias V A, Alifragis D, Tsiontsis A, et al. Litter fall litter accumulation and litter decomposition rates in four forest ecosystems in northern Greece[J]. Forest Ecology Management, 2001, 144(1/3): 113-117.
- [11] 杨吉华, 张永涛, 李红云. 不同林分枯落物的持水性能及对表层土壤理化性状的影响[J]. 水土保持学报, 2003, 17(2): 141-144.
- [12] 苏宁虎. 森林植物凋落物动态的数学模型[J]. 林业科学, 1989, 25(2): 162-165.
- [13] 林波, 刘庆. 川西亚高山人工针叶林枯枝落叶及苔藓层的持水性能[J]. 应用与环境生物学报, 2002, 8(3): 234-238.

(上接第 156 页)

参考文献:

- [1] Marschner H. Mineral Nutrition of Higher Plants [M]. London: Academic Press, 1995.
- [2] 甘露, 陈伏生, 胡小飞, 等. 南昌市不同植物类群叶片氮磷浓度及其化学计量比[J]. 生态学杂志, 2008, 27(3): 344-348.
- [3] 曾德慧, 陈广生. 生态化学计量学: 复杂生命系统奥秘的探索[J]. 植物生态学报, 2005, 29(6): 1007-1019.
- [4] 林慧龙, 王军, 徐震, 等. 草地农业生态系统中的碳循环研究动态[J]. 草业科学, 2005, 22(4): 59-62.
- [5] Chen G S, Zeng D H, Chen F S. Concentrations of foliar and surface soil in nutrients of Pinus sp. plantations in relation to species and stand age in Zhanggutai sandy land, northeast China[J]. Journal of Forestry Research, 2004, 15(1): 11-18.
- [6] Zhang L X, Bai Y F, Han X G. Differential responses of N: P stoichiometry of *Leymus chinensis* and *Carex korshinskyi* to N additions in a steppe ecosystem in NeiMongol[J]. Acta Botanica Sinica, 2004, 46: 259-270.
- [7] 李香珍, 陈佐忠. 不同放牧率对草原植物与土壤 C、N、P 含量的影响[J]. 草地学报, 1998, 6(2): 90-98.
- [8] 熊汉锋, 黄世宽, 陈治平, 等. 梁子湖湿地植物的氮磷积累特征[J]. 生态学杂志, 2007, 26(4): 466-470.
- [9] Elser J J, Dobberfuhl D, MacKay N A, et al. Organismsize, life history, and N: P stoichiometry: Towards a unified view of cellular and ecosystem processes[J]. BioScience, 1996, 46: 674-684.
- [10] 郑淑霞, 上官周平. 黄土高原地区植物叶片养分组成的空间分布格局[J]. 自然科学进展, 2006, 16(8): 965-973.