

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第33卷 第11期 Vol.33 No.11 **2013**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第33卷第11期 2013年6月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 新一代 Landsat 系列卫星: Landsat 8 遥感影像新增特征及其生态环境意义 徐涵秋, 唐菲 (3249)
- 两种自然保护区设计方法——数学建模和计算机模拟 王宜成 (3258)
- 家域研究进展 张晋东, Vanessa HULL, 欧阳志云 (3269)
- 浅水湖泊生态系统稳态转换的阈值判定方法 李玉照, 刘永, 赵磊, 等 (3280)
- 辐射传输模型多尺度反演植被理化参数研究进展 肖艳芳, 周德民, 赵文吉 (3291)
- 微囊藻毒素对陆生植物的污染途径及累积研究进展 靳红梅, 常志州 (3298)

个体与基础生态

- 年龄、性别及季节因素对千岛湖岛屿社鼠最大活动距离的影响 叶彬, 沈良良, 鲍毅新, 等 (3311)
- 寄主大小及寄生顺序对蝇蛹佣小蜂寄生策略的影响 詹月平, 周敏, 贺张, 等 (3318)
- 两种苹果砧木根系水力结构及其 PV 曲线水分参数对干旱胁迫的响应
..... 张林森, 张海亭, 胡景江, 等 (3324)
- 三种根系分泌脂肪酸对花生生长和土壤酶活性的影响 刘苹, 赵海军, 仲子文, 等 (3332)

种群、群落和生态系统

- 象山港春季网采浮游植物的分布特征及其影响因素 江志兵, 朱旭宇, 高瑜, 等 (3340)
- 洞头海域网采浮游植物的月际变化 朱旭宇, 黄伟, 曾江宁, 等 (3351)
- 狗牙根与牛鞭草在三峡库区消落带水淹结束后的抗氧化酶活力 李兆佳, 熊高明, 邓龙强, 等 (3362)
- 三亚岩相潮间带底栖海藻群落结构及其季节变化 陈自强, 寿鹿, 廖一波, 等 (3370)
- 长期围封对不同放牧强度下草地植物和 AM 真菌群落恢复的影响 周文萍, 向丹, 胡亚军, 等 (3383)
- 北京松山自然保护区森林群落物种多样性及其神经网络预测 苏日古嘎, 张金屯, 王永霞 (3394)
- 藏北高寒草地生态补偿机制与方案 刘兴元, 龙瑞军 (3404)
- 辽东山区次生林生态系统不同林型树干茎流的理化性质 徐天乐, 朱教君, 于立忠, 等 (3415)
- 施氮对亚热带樟树林土壤呼吸的影响 郑威, 闫文德, 王光军, 等 (3425)
- 人工高效经营雷竹林 CO₂ 通量估算及季节变化特征 陈云飞, 江洪, 周国模, 等 (3434)
- 新疆典型荒漠区单食性天花吉丁虫磷元素含量对环境的响应 王晶, 吕昭智, 宋菁 (3445)
- 双斑长跗萤叶甲越冬卵在玉米田的空间分布型 张聪, 葛星, 赵磊, 等 (3452)
- 舟山群岛四个养殖獐种群遗传多样性和遗传结构 林杰君, 鲍毅新, 刘军, 等 (3460)

景观、区域和全球生态

- 乡镇尺度金塔绿洲时空格局变化 巩杰, 谢余初, 孙朋, 等 (3470)
- 合并与不合并: 两个相似性聚类分析方法比较 刘新涛, 刘晓光, 申琪, 等 (3480)

资源与产业生态

- 基于投入产出表的中国水足迹走势分析 王艳阳,王会肖,张 昕 (3488)
- 基于 MRICES 模型的气候融资模拟分析 朱潜挺,吴 静,王 铮 (3499)
- 黄东海陆架区沉积物中磷的形态分布及生物可利用性..... 张小勇,杨 茜,孙 耀,等 (3509)
- 鄱阳湖采砂南移扩大影响范围——多源遥感的证据 崔丽娟,翟彦放,邬国锋 (3520)
- 温度、盐度及其互作效应对吉富罗非鱼血清 IGF-I 与生长的影响 强 俊,杨 弘,王 辉,等 (3526)

城乡与社会生态

- 福建省城镇-交通系统的景观分隔效应 张天海,罗 涛,邱全毅,等 (3536)

研究简报

- 青藏高原高寒草原区工程迹地面积对其恢复植物群落特征的影响 毛 亮,周 杰,郭正刚 (3547)
- 黄土山地苹果树树体不同方位液流速率分析..... 孟秦倩,王 健,张青峰,等 (3555)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 314 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 33 * 2013-06



封面图说: 清晨的天山马鹿群——家域是动物行为学和保护生物学的重要概念之一,它在动物对资源环境的适应与选择,种群密度及社会关系等生态学过程研究中有着重要的作用。马鹿属于北方森林草原型动物,在选择生境的各种要素中,隐蔽条件、水源和食物的丰富度是最重要的指标。野生天山马鹿是中国的特产亚种,主要分布在北天山深山海拔 1500—3800m 地带的森林草原中,在高山至谷地之间不同高度的坡面上,马鹿按季节、昼夜变化的不同进行采食。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201111231791

王晶, 吕昭智, 宋菁. 新疆典型荒漠区单食性天花吉丁虫磷元素含量对环境的响应. 生态学报, 2013, 33(11): 3445-3451.

Wang J J, Lü Z Z, Song J. The response of phosphorus in *Julodis varioloris* Pall to the environment in typical desert area of Sinkiang. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(11): 3445-3451.

新疆典型荒漠区单食性天花吉丁虫磷元素 含量对环境的响应

王 晶^{1,2}, 吕昭智^{2,*}, 宋 菁³

(1. 喀什师范学院化学与环境科学系, 喀什 844006;

2. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 中国科学院干旱区生物地理与生物资源重点实验室, 乌鲁木齐 830011;

3. 沈阳大学, 城市有害生物治理与生态安全辽宁省重点实验室, 沈阳 110044)

摘要:磷是生态系统中重要的元素, 驱动着生态系统的食物链及其相关的生态过程。沙漠生态系统 P 元素相对亏缺, 了解该地区 P 元素对生物种群过程的影响及对生物多样性的保护有重要价值。通过定期监测土壤-植物(梭梭 *Haloxylon ammodendron*) 和昆虫(天花吉丁虫 *Julodis varioloris* Pall) 磷元素变化(磷含量及其 RNA), 分析土壤-植物-昆虫之间 P 元素的关系, 结果表明: 梭梭叶片中的 C/P 与土壤中有有效 P 呈负相关, 吉丁虫体内 P 和 RNA 与梭梭叶片中 C/P 呈负相关, 与土壤中有有效 P 含量呈正相关。吉丁虫中 P 与 RNA 含量直接受梭梭叶片中 C/P 影响, 间接受土壤有效 P 影响, 土壤和植物间 P 元素动力学可能是驱动天花吉丁虫种群变化的重要因素。自然条件下天花吉丁虫种群数量与其体内 RNA 含量变化一致, 表明天花吉丁虫种群动态变化可以通过自然环境中磷元素的变化来评估, 这可能是一个从微观角度研究昆虫种群变化的新方法。

关键词:土壤; 梭梭; 天花吉丁虫; 磷元素; 种群动态

The response of phosphorus in *Julodis varioloris* Pall to the environment in typical desert area of Sinkiang

WANG Jing^{1,2}, LÜ Zhaozhi^{2,*}, SONG Jing³

1 Department of Chemical and Environment Science, KaShGaR Normal College, KaShi 844006, China

2 Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Key Laboratory of Biogeography and Bioresource in Arid Land, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China

3 Liaoning Key Laboratory of Urban Integrated Pest Management and Ecological Security, Shenyang University, Shenyang 110044, China

Abstract: The phosphorus (P) changes in soil, dominant plant (*Haloxylon ammodendron*) and main insect (*Julodis varioloris* Pall) in desert area of Sinkiang were periodically measured, and the P transference between soil, plant and insect was investigated. The results shows that Carbon/phosphorus (C/P) in *Haloxylon ammodendron* leaves negatively correlated with available phosphorus in soil. The P and RNA content in *Julodis varioloris* Pall negatively correlated with C/P in *Haloxylon ammodendron* leaves, while positively correlated with available phosphorus in soil. This indicates that the P and RNA in *Julodis varioloris* Pall were directly affected by C/P in *Haloxylon ammodendron* leaves, and indirectly affected by available phosphorus in soil. The P dynamics between soil and plant may be an important factor that drive *Julodis* population change. The population of *Julodis varioloris* Pall was consistent with the changes of the P and RNA contents in natural environment. It demonstrates that the dynamic change of *Julodis* population in desert area can be estimated by the

基金项目: 中国科学院“西部之光”东西部“联合学者”资助项目(LHXZ200603)

收稿日期: 2011-11-23; 修订日期: 2013-03-04

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhaozhi@ms.xjb.ac.cn

changes of the P and RNA contents. This gives us a new way to study insect population in microcosm.

Key Words: Soil; *Julodis varioloris* Pall; *Julodis varioloris* Pall; Phosphorus; Population dynamics

生态化学计量学是以生物学、化学、物理学等为基础,将不同尺度、不同生物群系和不同研究领域的生物有机联系,研究生物系统能量平衡和多重化学元素(主要是 C、N、P)平衡的科学,其中动态平衡原理和生长速率理论是该学科最重要理论^[1-2]。生长速率理论(GRH)认为有机体 C:N:P 的变化主要是由生物体 P 含量的变化决定的^[3];生物体 P 的变化至少部分受不同生长或发育速率的有机体 rRNA 中 P 含量变化的影响^[4-6]。

生态化学计量学的理论提出以来,国内外学者通过大量的实验研究进一步阐述了其在生态系统中,特别是在生物与环境中 P 元素关系中的重要意义。国内外学者通过对 P 元素的限制性研究,表明了 P 元素与生物体的生长及 RNA 含量存在密切关系,进而影响种群动态^[1-2]。在一定条件下当环境食物供应量不足时,特别是 P 元素缺乏时,生物体内 RNA 含量及种群动态与 P 元素之间的关系更为密切^[7-8]。大量的研究表明,以不同比值的 C:N:P 的食物饲养水蚤、轮虫等低等生物的实验中,都显示在供应的食物 P 元素低于正常的条件下,生物个体 RNA 含量及生长速率随着 P 的增加而提高,并且生物个体 P 含量, RNA:DNA 与其食物的 P 含量呈正相关^[9-11]。

迄今生态化学计量学理论已被普遍认同,近几年我国学者在化学计量学方面也做了大量的研究,但仅限于宏观尺度,主要集中在 C、N、P 含量及 C:N:P 关系,缺乏分子水平的机理研究。同时,对生长速率理论的验证和发展多数是营养结构比较简单的水生生态系统和实验室可控条件下单个个体生长的研究^[12-14],而该理论在自然条件下昆虫群体中的研究较少。

本研究正是基于对生态化学计量学理论在自然条件下对新疆荒漠区生态系统中土壤-梭梭 *Haloxylon ammodendron*-天花吉丁虫 *Julodis varioloris* Pall P 元素含量和天花吉丁虫 RNA 含量之间的关系做了较为详细的比较分析和研究。同时讨论了三者之间的 P 元素变化关系,为研究自然条件下,昆虫体内 P 元素及 RNA 变化趋势与种群动态之间的关系在微观领域探索提供更有效的方法。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区域位于新疆北部准噶尔盆地南缘,北与古尔班通古特沙漠相邻,南接博格达山,属于绿洲与荒漠之间的过渡区,北纬 44°12' 37" —44°21' 53",东经 87°50' 24"—87°54' 06"。研究区南部为山前冲积平原,北部为沙漠边缘,地势平坦,海拔高度为 450—500 m,降水量变化很大,南部平原年降水量 130—150 mm,北部至沙漠区少于 130 mm,属温带荒漠气候。土壤基本为碱化漠钙土或盐化草甸土。主要植被类型是以低矮的灌木、半灌木为主,除了短命植物和 1 年生植物以外,几乎全为旱生、超旱生植物,形成稀疏的植物群落。主要群落类型有红砂(*Reaumuriasoongorica*)群落,梭梭(*Haloxylon ammodendron*)群落,盐爪爪(*Kalidium foliatum*)群落,碱蓬(*Suaedaacuminata*)群落等。植物种类总体稀少,覆盖度相对较低,植物种类组成单调和旱生性是当地植被的主要特征。

1.2 样品采集

样品采集按时间顺序每隔 20d 调查 1 次,分别于 2007 年 5 月 21 日、6 月 11 日、7 月 1 日、7 月 21 日进行采集。

土壤样品选择天花吉丁虫活动的梭梭密集区,随机选择 12 株梭梭,采集距离梭梭 0.5m 处土壤,采样深度为 0—10cm 和 10—30cm,每个样点 3 个重复,共计 72 个样本。

梭梭样本选择捕获到天花吉丁虫的植株,每个样点采集 5 株,共采集 9 个样本。

天花吉丁虫采用手捕法采集梭梭上固定或很少活动的成虫个体,样点布设采用棋盘式,以 10 株为 1 个样点单位,每个样点相距 20m 左右,在 100 株梭梭上绕植株一周随机采集天花吉丁虫,记录种群数据,并将捕获

的昆虫放入实验箱带回室内。

1.3 样品处理

土壤样品带回实验室风干,过筛。

土壤有效磷的测定:0.5mol NaHCO₃ 浸提钼锑抗比色法^[15](土壤农化分析)。

梭梭样品 60℃ 烘干 48h 后粉碎测元素含量:梭梭有机碳测定采用土壤碳重铬酸钾容量法-外加热法测定^[15];梭梭叶片磷采用酸溶-钼锑抗比色法测定^[15];分光光度计为 UV-120-01, TARC JAPAN。

采集的天花吉丁虫在室内常温饥饿 24h 后,分为两组,一组-70℃ 保存,提取总 RNA;另一组在烘箱中 70℃ 烘干 72h,称重,粉碎测定个体磷含量。天花吉丁虫总 RNA 提取用试剂盒 EZ Spin Column Total RNA Isolation Kit (Bio Basic Inc, Canada),紫外分光光度计测定 RNA 含量。天花吉丁虫个体磷含量测定采用酸溶-钼锑抗比色法^[15]。

1.4 数据分析

土壤有效 P、植物 P、昆虫 RNA 及昆虫个体 P 含量不同时间段之间差异性比较采用单因素方差分析(ANOVA)的 Bonferroni 法进行比较($P < 0.05$),土壤有效 P,梭梭 P 和 C/P,天花吉丁虫 RNA 及 P 含量之间的相关关系采用线性回归。统计软件使用 Origin 7.5。

2 结果与分析

2.1 不同时间土壤、梭梭、天花吉丁虫 P 元素的化学计量组成

2.1.1 不同时间土壤有效 P 含量

不同时间段的土壤有效 P 含量表现出了一定的差异性,如图 1 所示在 6 月与 7 月间土壤有效 P 含量差异显著($P < 0.05$),同时从 5 月下旬到 6 月上旬土壤有效 P 含量呈一定的增长趋势,6 月中旬到 7 月上旬含量明显降低,7 月下旬有微弱增长,在监测时段内 6 月 11 日测得土壤有效 P 的最大值为 25.1908 mg/g。

2.1.2 不同时间梭梭叶片 P 含量与 C/P 的变化

梭梭叶片 P 含量与土壤有效 P 含量表现出了一定的趋同性,梭梭叶片 P 含量在 6 月与 7 月间差异显著($P < 0.05$)(图 2),在 6 月 11 日达到最大值,叶片中的 P 含量为 1.61mg/g,高于其它调查时间;梭梭叶片 C/P 在 6 月 11 日最小,与 5 月和 7 月存在显著差异($P < 0.05$),表明梭梭在 6 月上旬是生长最快的时期^[16]。

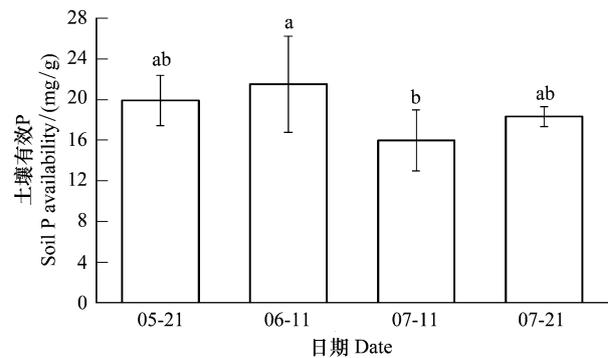


图 1 不同时间土壤有效 P 含量

Fig. 1 Soil P availability in different time

误差线代表标准误(SE);不同字母表示差异显著($P < 0.05$)

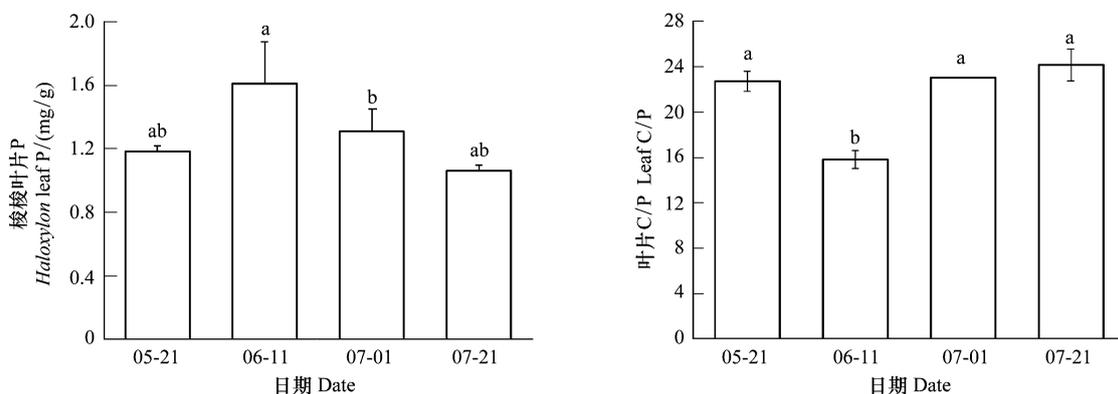


图 2 不同时间梭梭叶片 P 含量与 C/P

Fig. 2 Content of *Haloxylon ammodendron* P and leaf C/P in different time

比较不同时间梭梭叶片 P 含量与 C/P 的关系发现,不同时间梭梭个体 P 含量与 C/P 之间存在显著的线性负相关关系。同时,通过对梭梭有机碳含量的测定,发现在不同时期内梭梭有机碳含量相对稳定,含量在 20.8—24.2g/kg 之间,表明梭梭 C/P 的变化在不同时间段内主要受梭梭叶片 P 含量变化的影响。

2.1.3 不同时间天花吉丁虫个体 P 与 RNA 含量

天花吉丁虫个体 P 含量在 6 月与 7 月间差异显著 ($P < 0.05$),在其他时间差异不显著 ($P > 0.05$),基本维持稳定水平(图 4)。但 6 月初吉丁虫个体 P 含量出现最大值,明显高于其它时间,这与梭梭叶片磷含量表现了一致性。天花吉丁虫体内 RNA 含量除 7 月 1 日、7 月 21 日以外在不同时期存在显著差异 ($P < 0.05$) (图 4),且 6 月 11 日最高,7 月份明显降低。同时在整个调查期内天花吉丁虫 RNA 含量和 P 含量呈正相关(图 5)。

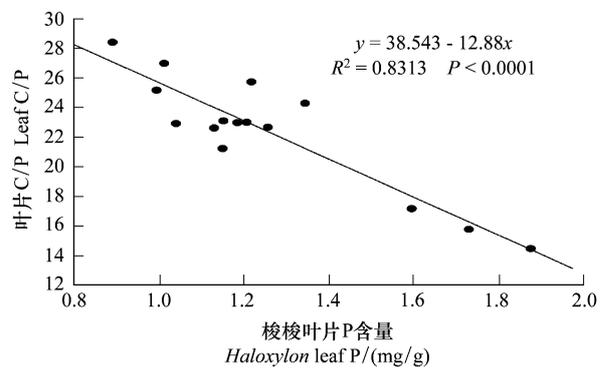


图 3 梭梭叶片 P 含量与 C/P 比的关系
Fig. 3 Relationship between P in *Haloxylon ammodendron* and C/P in leaf

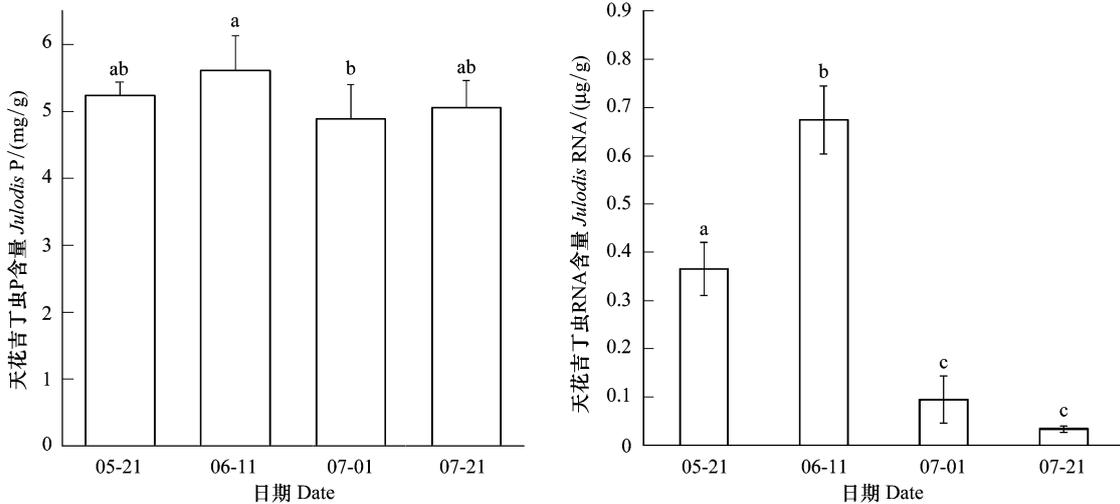


图 4 不同时间天花吉丁虫个体 P 含量与 RNA 含量
Fig. 4 Content of P and RNA of *Julodis varioloris* in different time

2.2 土壤-梭梭-天花吉丁虫系统 P 元素组成关系

2.2.1 土壤有效 P 含量与梭梭叶片 C/P 的关系

土壤有效 P 含量与梭梭叶片 C/P 之间存在显著的线性负相关(图 6)。梭梭在整个调查期内 5 月 21 日至 7 月 21 日,叶片 P 含量随着土壤有效 P 的增加而增加,特别是当土壤供应的有效 P 最高时,梭梭叶片 P 含量也达到了最大值,此时梭梭叶片 C/P 最小,梭梭生长也最快。

2.2.2 梭梭叶片 C/P 比值与天花吉丁虫 P 及 RNA 含量的关系

梭梭叶片 C/P 与天花吉丁虫个体 P 与 RNA 含量都存在显著的线性负相关关系(图 7)。吉丁虫个体

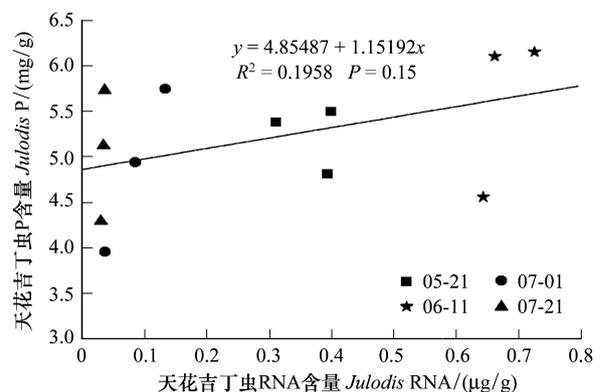


图 5 天花吉丁虫 RNA 与 P 含量关系图
Fig. 5 Relationship between RNA and P in *Julodis varioloris*

RNA 含量在一定程度上受梭梭叶片 C/P 影响,反应了梭梭 P 含量的变化引起吉丁虫 P 含量变化,进而导致体内 RNA 含量也随之发生改变。

2.2.3 土壤有效 P 对天花吉丁虫 P 含量和 RNA 的影响

天花吉丁虫 P、RNA 含量与土壤有效 P 之间都有正相关关系(图 8),表明天花吉丁虫个体 P 与 RNA 含量与土壤有效 P 含量的变化趋势一致。

3 讨论

3.1 土壤-梭梭-天花吉丁虫系统元素关系

天花吉丁虫作为新疆典型荒漠区单食性昆虫其体内 P 与 RNA 含量与梭梭叶片 P 元素含量及土壤有效 P 含量的变化之间存在一定的关系。从三者之间的关系来看,梭梭叶片 P 元素含量及 C/P 的变化直接受

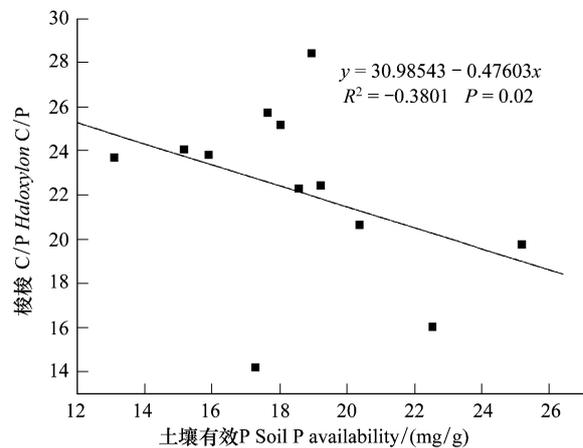


图 6 梭梭 C/P 与土壤有效 P 之间关系

Fig. 6 Relationship between plant leaf C/P and soil available P

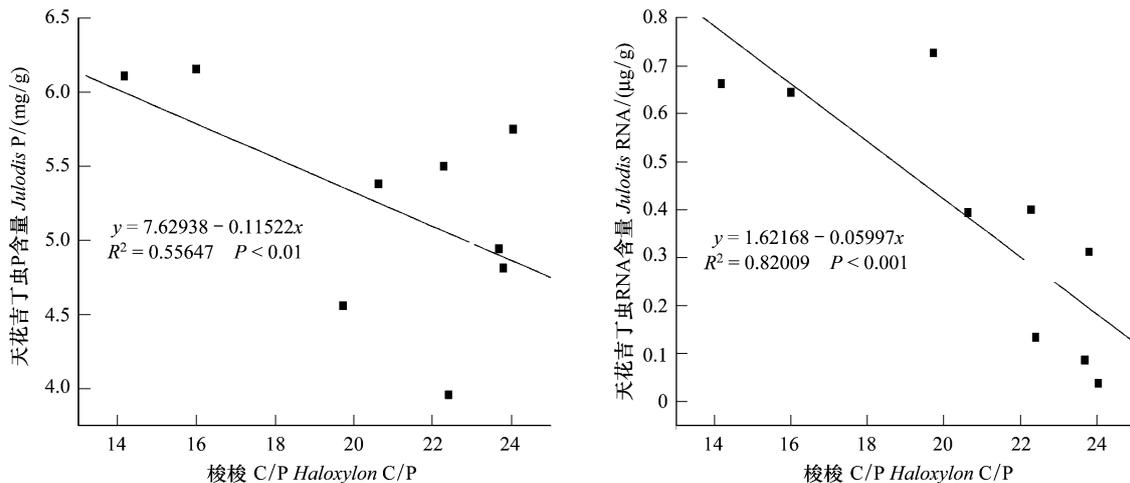


图 7 梭梭 P 含量与昆虫 RNA,昆虫个体 P 含量关系

Fig. 7 Relationship between plant P and beetle RNA, P in different time

到土壤有效 P 含量供给的影响,而土壤有效 P 的含量受季节变化的影响与环境条件密切相关;梭梭叶片 P 元素含量直接影响取食者天花吉丁虫 P 与 RNA 含量,而土壤有效 P 含量通过影响天花吉丁虫食物(梭梭叶片) P 元素含量间接影响其体内 P 与 RNA 含量(图 9)。

3.2 天花吉丁虫 P 元素和 RNA 含量在一定程度上反映种群动态

P 元素是生物体内膜磷脂、蛋白以及能量分子 ATP、ADP 等的重要组成元素^[17], RNA 是重要的磷库,与有机体维持生命的新陈代谢息息相关, RNA 的含量直接影响到有机体的 P 含量^[18]。生长快速的有机体,对核糖体和蛋白质的需求越高,从而增加 RNA 的含量,同时对 P 元素的需求也增加,迫使环境供应更多的 P 元素^[19]。当供应的 P 元素在有机体需求的临界点以下时,不断增加 P 元素的供应量, RNA 含量与生长速率也随之增长^[9-20]。而当 P 元素增加到能够满足有机体的需求时,这种关系就不存在了。天花吉丁虫体内 P 含量的变化受到土壤有效 P 和植物叶片 C/P 的影响,这种变化关系符合生态化学计量学中的生长速率理论(GRH)。

食物的 C/P 反应对 C、P 元素对生物体的供给关系,当 C/P 小于 50 时, P 元素就能满足消费者的需求^[16]。土壤-梭梭-天花吉丁虫系统中土壤有效 P、梭梭 P 元素呈现时间变化趋势,但天花吉丁虫个体 P 含量

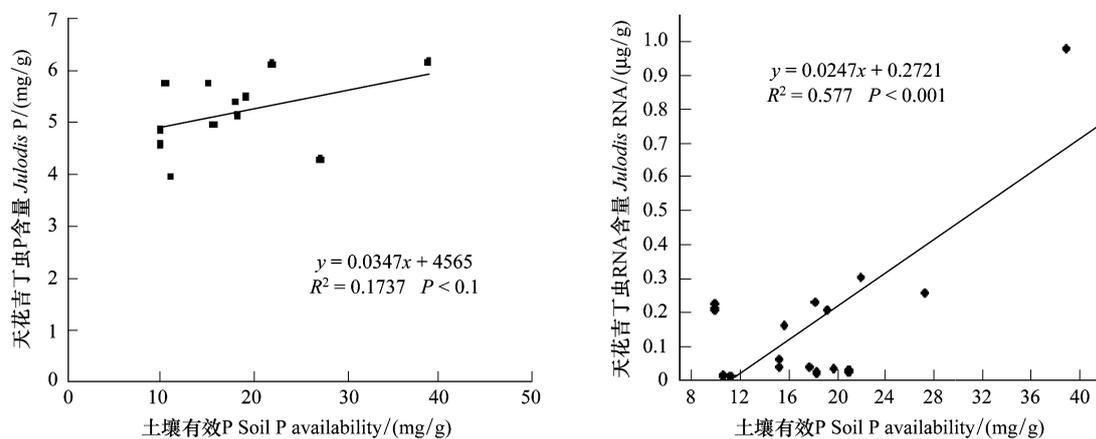


图8 土壤有效 P 与天花吉丁虫 P、RNA 含量的关系

Fig.8 Relationship between soil availability P and *Julodis* P, RNA

相对稳定。同时,梭梭 C/P 最大值为 24.054,因此认为土壤和梭梭对天花吉丁虫 P 的供应是充足的,而昆虫保持体内元素平衡的适应能力可能与个体体内机制相关^[20]。

本研究在探讨昆虫生长速率与环境之间的时空动态变化关系方面,通过对天花吉丁虫个体 P 含量的研究发现,其个体 P 含量除在 6 月与 7 月间存在差异外,在其整个生长周期内比较稳定,在一定程度上不能够显著地反映生长速率的变化趋势,而天花吉丁虫体内的 RNA 在其他整个生长周期内更能敏感地判断环境对生物个体生长与群体变化的影响。根据实验调查,5 月下旬天花吉丁虫个体开始出现,6 月上旬数量增多,7 月上旬调查试验区天花吉丁虫数量减少。天花吉丁虫 RNA 含量在调查时期内变化很大,并且与天花吉丁虫种群数量变化趋势一致,由此推断,在适宜的环境条件下,当外界 P 元素供应充足,昆虫体内 RNA 含量的变化在一定程度上能够表明种群变化趋势。天花吉丁虫种群动态变化可以通过自然环境中磷元素的变化来评估,这可能是一个从微观角度研究天花吉丁虫种群变化的新方法。这与生态化学计量学认为的有机体内元素和 RNA 含量的变化反映生长速率的理论一致。

3.3 生态化学计量学在陆地生态系统中的应用

陆地生态系统相对于水生生态系统营养结构关系要复杂得多,研究起来比较困难。而且,生态化学计量学理论的形成和其发展与丰富主要基于对营养结构关系相对简单的浮游水生生态系统的研究。而自然群落动态受到食物质量(营养成分含量)的限制,食物质量决定生物在其生存环境中的成功存活,高品质食物丰富时,群落内各种生物都大量的发展起来;营养条件恶化时,耐受性差的物种或个体大量死亡,使种群动态发生变化^[21]。本文在自然环境条件相对稳定的新疆典型荒漠区研究了特有物种单食性天花吉丁虫-梭梭-土壤之间的生态化学计量关系,在一定程度上表明了食物质量对昆虫个体 P 和 RNA 含量及种群动态的影响,使生态化学计量学理论在陆地生态系统中得到验证,为新疆脆弱生态环境的变化对生物种群及多样性的影响提供了新的研究途径。

4 结论

(1) 土壤有效 P、梭梭 P 及 C/P、天花吉丁虫 P 与 RNA 含量随着时间的推移发生变化,三者的变化存在一定的相关性。

(2) 在研究土壤-梭梭-天花吉丁虫三者之间的关系中发现,天花吉丁虫 P 元素与 RNA 含量直接受植物 P

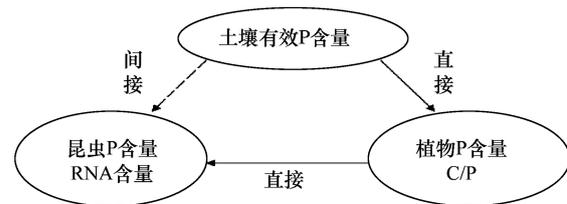


图9 土壤-植物-昆虫三者关系图

Fig.9 Relationship in soil-plant-beetle system

元素影响,受土壤有效 P 间接影响,土壤-梭梭-天花吉丁虫的三者之间呈线性正相关关系。

(3) 天花吉丁虫 RNA 含量与吉丁虫种群数量变化趋势一致,在一定的环境条件下,当外界 P 元素供应充足,昆虫体内 RNA 含量的变化在一定程度上能够表明种群变化趋势。

(4) 通过研究土壤有效 P、梭梭 P 及 C/P、天花吉丁虫 P 与 RNA 之间的生态化学计量关系,使生态化学计量学理论在陆地生态系统中得到应用和验证。

References:

- [1] Sterner R W, Elser J J. Ecological Stoichiometry: the Biology of Elements from Molecules to the Biosphere. Princeton: Princeton University Press, 2002.
- [2] Kojiman S A L M. The stoichiometry of animal energetics. Journal of Theoretical Biology, 1995, 177(2): 139-149.
- [3] Vanni M J, Flecker A S, Hood J M, Headworth J L. Stoichiometry of nutrient recycling by vertebrates in a tropical stream: linking species identity and ecosystem processes. Ecology Letters, 2002, 5(2): 285-293.
- [4] Zeng D H, Chen G S. Ecological stoichiometry: A science to explore the complexity of living systems. Acta Phytoecologica Sinica, 2005, 29(6): 1007-1019.
- [5] Elser J J, Dobberfuhl D, MacKay N A, Schampel J H. Organism size, life history, and N: P stoichiometry: towards a unied view of cellular and ecosystem processes. BioScience, 1996, 46(9): 674-684.
- [6] Elser J J, Sterner R W, Gorokhova E, Fagan W F, Markow T A, Cotner J B, Harrison J F, Hobbie S E, Odell G M, Weider L J. Biological Stoichiometry from genes to ecosystems. Ecology Letters, 2000, 3(6): 540-550.
- [7] Elser J J, O'Brien W J, Dobberfuhl D R, Dowling T E. The evolution of ecosystem processes: growth rate and elemental stoichiometry of a key herbivore in temperate and arctic habitats. Journal of Evolutionary Biology, 2000, 13(5): 845-853.
- [8] Frost P C, Elser J J. Growth responses of littoral mayflies to the phosphorus content of their food. Ecology Letters, 2002, 5(2): 232-240.
- [9] Hessen D O, Jønsen T C. RNA responses to N- and P-limitation; reciprocal regulation of stoichiometry and growth rate in *Brachionus*. Functional Ecology, 2007, 21(5): 956-962.
- [10] Wagner M, Durbin E, Buckley L. RNA: DNA ratios as indicators of nutritional condition in the copepod *Calanus finmarchicus*. Marine Ecology Progress Series, 1998, 162: 173-181.
- [11] Schade J D, Kyle M, Hobbie S E, Fagan W F, Elser J J. Stoichiometric tracking of soil nutrients by a desert insect herbivore. Ecology Letters, 2003, 6(2): 96-101.
- [12] Zhang L X, Bai Y F, Han X G. Application of N:P stoichiometry to ecology studies. Acta Botanica Sinica, 2003, 45(9): 1009-1019.
- [13] Frost P C, Cross W F, Benstead J P. Ecological stoichiometry in freshwater benthic ecosystems: an introduction. Freshwater Biology, 2005, 50(11): 1781-1785.
- [14] Elser J J, Acharya K, Kyle M, Cotner J, Makino W, Markow T, Watts T, Hobbie S, Fagan W, Schade J. Growth rate-stoichiometry couplings in diverse biota. Ecology Letters, 2003, 6(10): 936-943.
- [15] Bao S D. Soil and Agricultural Chemistry Analysis. Beijing: China Agriculture Press, 2000.
- [16] Tibbets T M, Molles M C Jr. C: N:P stoichiometry of dominant riparian trees and arthropods along the Middle Rio Grande. Freshwater Biology, 2005, 50(11): 1882-1894.
- [17] Dobberfuhl D R. N: P Stoichiometry in Crustacean Zooplankton: Phylogenetic Patterns, Physiological Mechanisms, and Ecological Consequences [D]. Arizona: Arizona State University, 1999.
- [18] Hessen D O, Lyche A. Inter- and intraspecific variation in zooplankton element composition. Archiv Für Hydrobiologie, 1991, 121: 355-363.
- [19] Sterner R W, Schulz K L. Zooplankton nutrition: recent progress and a reality check. Aquatic Ecology, 1998, 32(4): 261-279.
- [20] Kyle M, Acharya K, Weider L J. Coupling of growth rate and body stoichiometry in *Daphnia*: a role for maintenance processes? Freshwater Biology, 2006, 51(11): 2087-2095.
- [21] Acharya K, Jack J D, Bukaveckas P A. Dietary effects on life history traits of riverine *Bosmina*. Freshwater Biology, 2005, 50(6): 965-975.

参考文献:

- [4] 曾德慧,陈广生.生态化学计量学:复杂生命系统奥秘的探索.植物生态学报,2005,29(6):1007-1019.
- [15] 鲍士旦.土壤农化分析.北京:中国农业出版社,2000:30-107.

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索自然奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 朱永官 编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 33 卷 第 11 期 (2013 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 11 (June, 2013)

编 辑 《生态学报》编辑部
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085
电话:(010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

主 编 王如松
主 管 中国科学技术协会
主 办 中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂
发 行 科 学 出 版 社
地址:东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717
电话:(010)64034563
E-mail: journal@cspg.net

订 购 全国各地邮局
国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址:北京 399 信箱
邮政编码:100044

广告经营 京海工商广字第 8013 号
许 可 证

Edited by Editorial board of
ACTA ECOLOGICA SINICA
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Tel: (010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

Editor-in-chief WANG Rusong
Supervised by China Association for Science and Technology
Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel: (010)64034563
E-mail: journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading
Corporation
Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元