

青藏高原丽江大黄某些生态学特性的研究

谢宗强

(中国科学院植物研究所 植被数量生态学开放研究实验室, 北京 100093)

摘要: 丽江大黄 (*Rheum likiangense*) 主要分布于四川青藏接壤的石灰岩山地, 垂直分布范围在海拔 3500~4400m, 处在高寒灌丛草甸和山地寒温性针叶林带。其种群分布格局在大于 1.5m² 尺度上为集群格局; 在小于 1.5m² 的尺度上, 为随机分布。丽江大黄光合速率日变化在晴天呈现出典型的单峰曲线, 与低海拔平原区植物明显不同。这主要缘于在植物生长季节, 高原的光和温的互相补偿作用能使光反应和暗反应协调进行, 有利于光合作用。其土壤 P 的含量远低于根茎和叶, Fe 含量则为土壤>根茎>叶, 其中, 根茎与叶相差不大, 但它们与土壤相差 50~110 倍; Ca、Na、Mn、Cu 的含量表现为土壤>叶>根茎。

关键词: 丽江大黄; 分布; 光合速率; 元素含量

Studies on certain ecological characteristics of *Rheum likiangense* in Yushu, Qinghai

XIE Zong-Qiang (Laboratory of Quantitative Vegetation Ecology, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China)

Abstract: *Rheum likiangense* was distributed in a limestone region from alt. 3500 to 4400 meters and the contiguous area of Sichuan, Qinghai and Tibet. It belongs to a high-cold scrub-meadow zone and montane cold-temperate coniferous forest zone. The spatial distribution pattern of *Rheum likiangense* population showed contagious when the sampling scale was greater than 1.5m² and random when less than 1.5m². Daily variation of net photosynthesis rate of the plant showed typical mono-peak curve, differing from that of plants in plains at low altitudes, because the compensation of light and temperature in the plateau was helpful to the net photosynthesis of plants in growing season. For *Rheum likiangense*, P content in soil was lower than that in both leaves and rhizomes, and Fe content fitted soil>rhizomes>leaves, without significant difference between rhizomes and leaves. Ca, Na, Mn and Cu contents appeared soil>leaves>rhizomes.

Key words: *Rheum likiangense*; distribution; net photosynthesis rate; element content

文章编号: 1000-0933(2000)02-0815-05 中图分类号: Q948.1 文献标识码: A

作为著名药材, 大黄 (*Radix et rhizoma rhei*) 自古以来用作“破瘀活血, 攻下泻热”的主药, 并与人参 (*Radix ginseng*)、熟地 (*Radix rehmanniae*)、附子 (*Radix aconiti praeparata*) 一起被誉为临床中药的“四大金刚”, 力峻功奇^[1]。然而, 大黄资源日渐减少, 正品大黄的供应早已不敷临床、制药和国际贸易的需求。特别是由于过渡采挖和垦荒, 某些正品大黄在许多地区已处于野外灭绝状态^[2]。因此, 除了对正品大黄的引种栽培外, 有必要对非正品大黄进行研究。丽江大黄 (*Rheum likiangense*) 在我国民间常外用治外伤出血或内服治跌打损伤和痢疾, 其药理作用在非正品大黄中有较大的开发价值^[3]。但是, 无论是正品大黄还是非正品大黄, 长期以来有关它们生态学特性的研究一直不受重视。丽江大黄生态学方面的研究就从未进行,

基金项目: 国家重点基础研究发展规划资助项目 (G2000048600) 和中国科学院重大资助项目 (KZ951-A1-202)

收稿日期: 1998-09-23; 修订日期: 1999-07-30

刘灿然博士在数据处理中提供帮助, 深表谢忱。

作者简介: 谢宗强, 男, 内蒙古杭锦旗后旗人, 博士, 副研究员。主要从事保护生态研究。

这对其资源的开发利用极为不利。为了填补这方面的空白,笔者以青藏高原玉树地区的丽江大黄为对象,进行了初步研究,试图为其开发利用奠定基础。

1 自然概况

丽江大黄主要分布在青海、西藏、四川的交界地带,基本上处于怒江、澜沧江、金沙江、雅砻江切割所形成的横断山脉北端,云南丽江也有零星分布。从整个地形看,西北部高而平缓,海拔 4500~5200m。通天河、扎曲(澜沧江上游)、怒江、雅砻江自西北向东南方向倾泻而去,下切作用不断加强,形成山峰陡立、峡谷幽深的破碎地貌。在这样的地质和地貌基础上,发育的主要土壤类型有栗钙土、山地草原化草甸土、草甸土、潮土、灰褐土和高山草甸土。土壤偏碱性,有机质含量介于 4%~20%。分布区的气候与西南季风的形成和青藏高原的隆起有密切关系,具有暖季温湿、冷季干寒的气候特征。最暖月均气温 11.9~13.2℃,最冷月均气温 -6.6~-8.5℃,年均气温 1.0℃,≥0℃的年积温为 1500℃,但没有绝对无霜期。年降水量 480~520mm,其中生长季节降水量占全年的 85%以上。基于上述气候与地质地貌条件,本区形成许多小气候区,使植被分布互相镶嵌,变化明显。山地的阴坡和阳坡天然植被类型截然不同,如生柳(*Salix oritrepha*)灌丛仅分布于阴坡、半阴坡^[4],而川西锦鸡儿(*Caragana erinacea*)灌丛则见于阳坡。

2 研究方法

采用样地调查法在沿山坡的带状样地内设置 5m×5m 的小样方 8 个,对丽江大黄的群落进行野外调查,并记录样地的坡度、坡向、海拔等因子。同时对典型样地中的丽江大黄进行每株定位,应用常用的种群格局判定参数,研究其种群分布格局。(1)方差均值比 v/m , v 为方差, m 为均值。当 $v/m > 1$ 时,判定为集群分布; $v/m = 1$, 随机分布; $v/m < 1$, 均匀分布。(2)Morisita 指数 $I = n(\sum x^2 - \sum x) / ((\sum x)^2 - \sum x)$ 。 x 为出现株数, n 为抽样单位总数。 $I < 1$ 判定为均匀分布; $I = 1$, 随机分布; $I > 1$, 集群分布。显著性检验采用 F 检验。(3)Lloyd 的聚块性指数 $m^* / m = 1 + 1/K$, K 为负二项参数。它表示平均每个个体有多少个同单位的其它个体,数值越大,集群性越强。

选择 5 株丽江大黄,每株以北侧健康的基生叶为材料,测定光生态指标。仪器采用英国 ADC 便携式红外线 CO₂ 气体分析系统,在野外自然光照、温度和湿度条件下测定。测定前仪器按照使用手册进行标定。测定的时间周期为 2h,每个叶片测定 3 个重复。测定时尽量保持叶片的正常着生位置,使光线自然照射表皮。

选择样株,采集叶和根茎样品,就地晒干、分装后带回;同时采集其根部 0~20cm 土层的土壤样品,装入土壤采集袋风干后带回。对所采样品行进行常规的预处理,再用 ICP 测定其元素含量。

3 结果与分析

3.1 丽江大黄的生境特征

丽江大黄常见于海拔 3500~4400m 石灰岩山地的阳坡和半阳坡,植被覆盖率低,裸岩多见,土层浅薄、干旱缺水,所产大黄为我国民间外用治外伤出血或内服治跌打损伤和痢疾^[5]。在高原强光照下,白天地表温度很高,夜间又急剧降温,导致土壤昼夜温差大,因而群落中的植物大都具有抗寒耐旱能力,在植物形态上表现出根系发达、叶片小而且厚并具毛、叶片变态为管状或具枝刺等不同的症状。由于立地条件差,丽江大黄个体和根茎都比常见的正品大黄小,但它更能忍耐极端生境。在其群落中,匍匐子(*Cotoneaster adpressus*)为重要灌木优势种,丽江大黄和青甘韭(*Allium przewalskianum*)是草本优势种。密生苔草(*Carex crebra*)、小叶锦鸡儿(*Caragana pygmaea*)的盖度在群落中也占重要地位。但群落总盖度仅 50%。

3.2 丽江大黄种群的分布格局

研究种群分布格局的取样手段分为两类:单一尺度取样和可变尺度取样。由于二者都存在某些缺陷^[6~8],因此,笔者通过对丽江大黄个体的野外精确定位,获得坐标值 x, y 。依据 (x, y) ,实现不同样方大小的随机取样,得出对应于不同样方大小的样方数 n ,采用常用的 3 个指标对种群分布格局进行判断(表 1)。

由表 1 可看出,丽江大黄在 1.0×1.0m² 以下的较小尺度,种群的分布格局为随机分布;当取样面积增加至 1.4×**万方数据**1.7m² 时,种群呈现显著的集群分布。由于聚块性指数 m^* / m 值越大,种群的集聚性越强,因此,丽江大黄种群在格局规模为 1.4×1.4m² 时,表现为明显的集群分布,其格局强度最大。

研究种群分布格局的目的不仅是为了对种群水平结构进行定量的描述,更重要的是揭示格局的成因,阐述种群的动态变化。确定种群格局仅仅是进一步研究格局成因的起点^[9,10]。丽江大黄种群分布格局的上述特点与其生态环境和生物学特性密切相关。丽江大黄生于海拔 3500~4400m 的阳坡、半阳坡石灰岩山地,地表裸岩多见,每处所占面积在 1.5~3m²,常形成丽江大黄生长的空白区;而在裸岩之间的凹处积聚的浅薄土层上,形成丽江大黄植株密集的斑块。这样,当取样面积介于 1.5~3m² 时,丽江大黄株数为 0 和多株的样方频数高,统计检验的结果一致地表现为集群分布。在丽江大黄的每个集群内,生境相对均一,表现为土层浅薄、干旱缺水;其种子兼有重力传播和风媒传播的能力,散布的随机性大。在环境条件差别不大的情况下,当某一主导因子成随机出现时,会引起种群的随机分布^[7]。因此,丽江大黄种群在 1.5m² 以下的小尺度表现为随机分布。

表 1 玉树地区丽江大黄种群的分布格局判定

Table 1 Distribution pattern of *Rheum likiangense* population in Yushu, Qinghai

样方大小 Size(m ²)	样方数 <i>n</i>	<i>v/m</i>	<i>T</i>	<i>T</i> _{0.05}	<i>T</i> _{0.01}	<i>I</i>	<i>F</i>	<i>F</i> _{0.05}	<i>F</i> _{0.01}	<i>m</i> [*] / <i>m</i>	分布型 Pattern
0.2×0.2	100	0.92	-0.57	1.99	2.64	0.15	0.93	1.24	1.36	0.10	<i>r</i>
0.5×0.5	100	1.12	0.81	1.99	2.64	1.31	1.13	1.24	1.36	1.27	<i>r</i>
1.0×1.0	50	1.34	1.66	2.01	2.68	1.29	1.36	1.35	1.52	1.27	<i>r</i>
1.4×1.4	25	1.82	2.85	2.06	2.80	1.35	1.90	1.52	1.79	1.33	<i>c</i> [*]
1.7×1.7	16	2.12	3.06	2.13	2.95	1.32	2.26	1.67	2.04	1.30	<i>c</i> ^{**}

3.3 丽江大黄的光合特性

丽江大黄的光合速率日变化在晴天没有明显的中午降低现象,呈现出典型的单峰曲线(图 1)。而在青藏高原以东的低海拔平原区,同一植物或不同植物晴天的光合速率日变化多呈双峰曲线,且有明显的中午降低现象^[11]。降低的原因众说纷纭,见解不一^[12],但有两种因素起主导作用,一是中午周围环境中高度的水分亏缺,引起植物的相对含水量减少,水势降低,气孔开度变小,蒸腾和光合速率下降;一是强光或强光导致的高温产生抑制现象。张树源等^[13]对青藏高原高寒草甸主要植物光合作用的研究中也发现了这一点。由于光合作用中光反应速率快,受温度影响小,暗反应比光反应慢得多,受温度影响大。青藏高原在植物生长季节光照很强,气温适中,形成光和温的互相补偿作用,使光反应进行较快,制造的有机物较多;暗反应因温度适宜,仍能尽快持续不断地将反应产物及时运走。因此,青藏高原植物光合作用主要取决于光能的多少^[13]。

3.4 丽江大黄及其土壤的元素含量特点

由表 2 可以看出,丽江大黄叶的元素含量在 10000mg/kg 以上的有 Ca、K;1000~10000mg/kg 的有 Mg、Na、P;1000mg/kg 以下的有 Fe、Mn、Zn、Cu。其含量顺序为 Ca>K>Mg>Na>P>Fe>Mn>Zn>Cu。除 Cu、Zn、P 缺乏对比资料外,其它元素含量基本上在所报道的陆生高等植物中元素含量的范围内。丽江大黄根茎元素含量由大到小的顺序为:Ca>K>Mg>P>Fe>Na>Mn>Zn>Cu。与大黄属植物根茎元素含量范围比较,Na 略低于其下限,Mg 显著高于其上限。

从表 3 可以看出,①丽江大黄土壤 C/N 值在 11~12 之间,这对它们的生长还是有利的。因为土壤有机质的 C/N 值对土壤有效 N 的供应影响很大,当 C/N<15 时,在其矿化作用一开始,它所提供的有效 N 量就会超过微生物数量,使植物很快从有机质矿化过程中获得有效 N 的供应,有利于有机质的矿化和作物的吸收利用^[16]。②丽江大黄土壤 Ca 含量远远超过全球土壤 Ca 含量中值,Fe、Al 含量则分别低于全球土壤

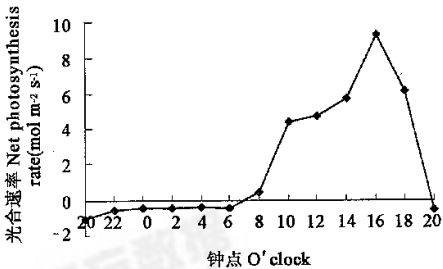


图 1 玉树地区丽江大黄的光合速率日进程
Fig. 1 Daily variation of the net photosynthesis rate of *Rheum likiangense* in Yushu, Qinghai(1997-07-19)

Fe、Al 含量中值^[16],土壤呈微碱性,使土壤有效养分的转化和吸收受到抑制,特别是对 P 的固定与转化有很大影响,也影响到土壤 N 的氨基化过程。③丽江大黄土壤中的 K、P 含量低于全球土壤 K、P 含量中值,N 含量高于全球土壤 N 含量的中值^[16]。海拔较高和温度较低,导致土壤矿化度不高、养分分解缓慢是其重要原因。丽江大黄适应这种生境,并且能顺利完成其生活史,其适应机制值得深入研究。④S、Zn、Cu 的含量接近于其对应的中值,Na、Mg、Mn 的含量与大陆土壤中相应元素含量的中值相差在 1.5 倍的范围内。

表 2 玉树地区丽江大黄叶和根茎的元素含量(mg/kg)
Table 2 Element contents in leaves and rhizomes of *Rheum likiangense* in Yushu, Qinghai

元素 Element	Na	K	Mg	Ca	Mn	Fe	Cu	Zn	P
丽江大黄叶 Leaves of <i>R. likiangense</i>	1380	18400	7000	29700	84	326	7.3	18.4	1320
陆生植物叶 ^[14] Leaves of terrestrial plants	100~ 500000	200~ 100000	500~ 20000	1000~ 100000	200~ 500	200~ 500			
丽江大黄根茎 Rhizomes of <i>R. likiangense</i>	158	8670	3870	12700	43.8	360	5.1	21.1	1260
大黄属根茎 ^[15] Rhizomes of <i>Rheum</i>	162~ 3830	1320~ 661000	915~ 2980	1200~ 161000	5.6~ 170	81~ 2280	2.5~ 15.8	6.9~ 72	235~ 3630

表 3 玉树地区丽江大黄土壤中的元素含量($\times 10^{-6}$ mg/kg)
Table 3 Element contents in soils of *Rheum likiangense* in Yushu, Qinghai

元素 Element	pH	C/N	有机质(%) Org. matter	Na	K	Mg	Ca	Mn	Fe	Cu	Zn	Al	P	S	全 N Total N
丽江大黄 ^①	7.1	11.25	7.01	3520	12180	6560	136400	1470	18830	22.53	119.7	34800	294	699.4	3610
全球土壤 ^{[16]②}				5000	14000	5000	15000	1000	40000	30	90	71000	800	700	2000
				150~	80~	400~	700~	20~	2000~	2~	1~	10000~	35~	30~	200~
				25000	37000	9000	500000	10000	550000	250	900	300000	5300	1600	5000

①*Rheum likiangense*; ②Mean and range of the world soils.

4 讨论

Greig-Smith 将不同格局尺度及其成因归为形态格局(Morphological pattern)、环境格局(Environmental pattern)和群落学格局(Sociological pattern)3 类,形态格局多由诸如种子传播、克隆生长等生物本身特性决定,环境格局缘于环境因子的时空分布规律,群落学格局则强调生物与环境的相互作用。就丽江大黄种群格局成因而言,在 1.5~3m² 的较大尺度上,种群格局明显地由环境格局决定;在<1.5m² 的较小尺度上,种群的随机分布格局主要由其形态格局决定。由于任一种群个体或斑块在自然群落中的分布总是镶嵌在其它种的个体或植丛中,因而在较大范围内不可能凭视觉直观地对其分布类型作出定量的准确判断。只有通过大量的抽样,取得该种个体密度的数据或单位样方中个体数目的数据,运用各类数学模型和统计方法对实测结果进行分析,才能对该种的种群分布类型作出正确的判断。所以,取样方法和统计方法成为格局分析中两个重要部分。通过本研究发现,方差均值比、Morisita 指数和聚块性指数对丽江大黄种群分布格局的判定的结果吻合性良好。虽然某物种在群落内的分布格局是其真实属性,但在取样中并非能够绝对真实地反映这种属性,它与取样大小有关。因此,对于种群分布格局的研究不应在单一随机取样尺度上进行,集群性发生的真正尺度只能通过对同一种群进行多次不同样方大小的反复取样来实现^[7]。笔者对丽江大黄种群的个体进行定位调查,能够实现一定范围内多次不同样方大小的反复取样。虽然野外定位增加了工作量,但在此基础上结合各种指数进行的格局研究,能够详尽地分析种群在各种尺度上的空间分布格局及其成果,较好地了解格局动态。

植物的生长数据程度上是由植物的光合作用速度和效率决定的,而光合作用的速度和效率又受到外界环境因素的强烈影响。这些环境因素主要包括光、CO₂、水及温度。青藏高原得天独厚的特殊生境对高

原植物光合作用的影响,曾引起关注^[17~19],特别是对青藏高原高寒草甸植物的生物学产量大大超过内蒙古典型草原的光合生理机制的研究取得了重大进展,为优良牧草的引种与栽培提供了理论依据。丽江大黄光合速率日变化在晴天呈现出典型的单峰曲线,与低海拔平原区植物明显不同。这主要缘于在植物生长季节,高原的光和温的互相补偿作用能使光反应和暗反应协调进行,有利于光合作用。在对丽江大黄进行引种驯化和合理栽植时,应充分考虑到它的这种光生态特性。

陆生植物在其生长过程中,一方面从大气圈中吸收所需气体,另一方面也必须从土壤中吸收矿物元互。由于外界土壤溶液中所含有元素成分的差异以及植物本身对元素吸收选择力的不同,植物与其土壤的元素含量之间存在着一定的联系^[20]。就青藏高原丽江大黄来看,元素含量有以下特点:第一,土壤中P的含量远低于大黄根茎和叶。土壤中P的含量因土壤母质、成土作用的方式不同而有差异。由于土壤中K或Ca含量很高,影响了其它矿质营养元素的有效性,尤其对土壤P的有效性影响最大。在石灰岩土壤中,水溶性磷酸盐与碳酸钙作用,生成溶解度很小的磷酸钙盐,从而降低了P的有效性,使土壤有效P含量普遍偏低。植物器官对P的富集作用则与植物的代谢有关。第二,Fe含量表现为土壤>根茎>叶,其中,根茎与叶相差不大,但它们与土壤相差50~110倍。第三,Ca、Na、Mn、Cu的含量为土壤>叶>根茎。

参考文献

[1] 殷卫,郑俊华.大黄的药理研究近况.北京医科大学学报,1993,25(5)增刊:141~143.

[2] 叶宝林.青海省大黄资源.中药材,1996,19(6):280~282.

[3] 高晓山,陈馥馨.大黄.北京:中国医药科技出版社,1988.1~259.

[4] 中国科学院青藏高原综合科学考察队.西藏植被.北京:科学出版社,1988.

[5] 肖培根.大黄属药用植物的资源利用.中药通报,1981,6(2):11~13.

[6] Pielou E C, *The interpretation of ecological data*, Wiley, N Y, 1984.

[7] Kershaw K A & J H H Looney. *Quantitative and dynamic plant ecology* (3rd ed.), Edward Arnold, London, 1985.

[8] Bouxin G & N Gautier. Pattern analysis in Belgian grassland, *Vegetatio*, 1982, 49: 65~83.

[9] Doncaster C P. The spatial distribution of ants nests on Ramsey Island, South Wales. *J. Animal Ecol.* 1981, 50: 195~218.

[10] Lamont B B & Fox J E D. Spatial pattern of six sympatric leaf variants and two size classes of *Acacia aneura* in a semi-arid region of Western Australia. *Oikos*, 1981, 37: 73~79.

[11] 张树源,武海,韩发.青海高原植物生理生态学研究Ⅳ不同海拔高度植物的净光合速率.高寒草甸生态系统(4).北京:科学出版社,1995.53~58.

[12] Hodges J D. Patterns of photosynthesis under natural environmental conditions. *Ecology*, 1967, 48: 234~242.

[13] 张树源,武海,陆国泉.青海高原植物生理生态学研究Ⅱ高寒草甸植物的光合作用.西北植物学报,1993,13(4):302~307.

[14] 王夔主编.生命科学中的微量元素(上册).北京:中国计量出版社,1991.8~9.

[15] Isaac R A. Atomic absorption methods for analysis of soil extracts and plant tissue digests, *J. Assoc. Anal. Chem.*, 1980, 63(4): 793.

[16] 陈寿芳,郑俊华,安根录,等.中国大黄属29种生药样品中微量元素的分析——等离子发射光谱法.北京医科大学学报,1993,25(5)(增刊):21~25.

[17] 苏梯之,潘锦珊.青海香日德春小麦高产的生理特性分析.作物学报,1991,7:19~26.

[18] 张树源.矮蒿草甸植物净光合速率变化的研究.高原生物学集刊,1988,8:133~139.

[19] 郭连旺,沈允钢,许大全,等.几种高寒草甸常见植物的光合特性及其光合作用的光抑制.高寒草甸生态系统(4).北京:科学出版社,1995.65~72.

[20] 侯学煜.中国植被地理及优势植物化学成分.北京:科学出版社,1982.358~386.