

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2019.03.006

雅安不同海拔地区的珙桐群落土壤养分特征

李长燕¹, 彭希²

(1. 名山区林业局, 四川 雅安 625100; 2. 四川农业大学林学院, 四川 成都 611130)

摘要:为了探究珙桐群落在雅安不同海拔地区的梯度土壤的化学计量特征, 阐明珙桐群落土壤性质对海拔变化的响应规律, 进而有效指导珙桐群落的保护, 在雅安的珙桐群落分布带上选取了 1 000 m ~ 1 500 m、1 500 m ~ 2 000 m 和 2 000 m ~ 2 500 m 3 个海拔梯度, 测定海拔 1 000 m ~ 2 500 m 范围内土壤 pH 值和养分含量, 计算并分析土壤 C:N、C:P、C:K、N:P、N:K 和 P:K。结果表明: (1) 雅安的珙桐群落土壤中有机碳、全氮、全磷和全钾变化范围分别为 $7.08 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \sim 86.26 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $0.73 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \sim 5.74 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $0.27 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \sim 1.77 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $20.56 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \sim 70.37 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 且随着海拔梯度的增加土壤中有机碳、全氮、全磷、全钾含量增加。(2) 土壤中 C:N、C:P、C:K、N:P、N:K 和 P:K 范围分别为 8.91 ~ 33.98、22.25 ~ 78.06、0.17 ~ 3.53、1.47 ~ 5.80、0.02 ~ 0.23 和 0.01 ~ 0.06。随着海拔梯度的增加, 土壤中 C:N、C:P 和 N:P 变化趋势类似, 随着海拔梯度的增加先增加后降低, 土壤中 C:K、N:K 随着海拔梯度的增加而增加, 土壤中 P:K 在不同海拔梯度下变化趋势不大。

关键词:珙桐; 土壤; 海拔梯度; 化学计量

中图分类号: S792.99

文献标识码: A

文章编号: 1003-5508(2019)03-0031-06

Characteristics of Soil Nutrients in *Davidia involucrata* Communities at Different Altitudes in Ya'an

LI Chang-yan¹ PENG Xi²

(1. Forestry Bureau of Mingshan County, Ya'an 625014, China;

2. College of Forestry, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

Abstract: The elevations of 1 000 m ~ 1 500 m, 1 500 m ~ 2 000 m and 2 000 m ~ 2 500 m were selected in order to explore the soil stoichiometric characteristics and the response regularity of *Davidia involucrata* communities in different altitudes in Ya'an City by measuring Soil pH and nutrient contents, calculating and analyzing soil C:N, C:P, C:K, N:P, N:K and P:K. The results were as follows: (1) the soil organic carbon, nitrogen, phosphorus and potassium were $7.08 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \sim 86.26 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $0.73 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \sim 5.74 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $0.27 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \sim 1.77 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ and $20.56 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \sim 70.37 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ respectively, and these contents increased with the increase in elevation. (2) Soil C:N, C:P, C:K, N:P, N:K and P:K ranged between 8.91 ~ 33.98, 22.25 ~ 78.06, 0.17 ~ 3.53, 1.47 ~ 5.80, 0.02 ~ 0.23, and 0.17 ~ 3.53 respectively. With the increase in elevation, the changes of C:N, C:P and N:P were similar in soil. The soil C:K and N:K increased with the increase in elevation, the change trend of soil P:K was not significant under different elevation gradients.

Key words: *Davidia involucrata* Baill, Soil, Elevation gradient, Stoichiometry

收稿日期: 2018-12-19

作者简介: 李长燕(1973-), 女, 四川名山人, 本科, 主要从事林业生产、苗木培育、病虫害防治、树木学研究, e-mail: 820750880@qq.com。

土壤碳氮磷钾含量的多少对植物的结构和功能有着重要的影响,直接决定地被植物生长、植物群落的结构、生产力水平高低和森林生态系统的稳定性^[1~2]。作为土壤碳氮磷钾循环的重要指标,土壤生态化学计量比综合了森林生态系统功能的变异性,不仅方便测量,而且在全球气候变化的时代,有助于维护森林生态系统的稳定^[3]。土壤生态化学计量学在欧洲起步较早,20世纪中期就已经有了初步的研究,到21世纪初,国外的化学计量学已经比较系统^[4],且我国化学计量学也开始步入起步阶段。近10年,国内生态学者开始运用化学计量学对土壤及其植被进行了大量的研究,如肖焯等对吉林东部山地沼泽湿地土壤碳、氮、磷含量及其生态化学计量学特征的研究^[5]。目前,国内这方面的研究主要集中在:(1)不同土壤深度的化学计量学特征^[6~7];(2)不同植被类型土壤的化学计量特征^[8~9];(3)不同施肥条件下土壤的化学计量特征^[10~11];(4)不同林龄乔木土壤的化学计量特征^[12]等。当前,围绕不同海拔梯度上森林生态系统土壤碳氮磷钾等研究^[13]逐渐增多,作为一种自然地理变化,海拔梯度的变化对森林土壤碳氮磷钾含量、植被类型以及因植被郁闭度不同导致林地凋落物的变化均有一定的影响^[14],而且这些因素又会对森林土壤养分造成一定的影响^[15]。因此,对不同海拔土壤碳

氮磷钾的研究至关重要。

雅安位于四川盆地西部边缘,属于典型的亚热带季风性湿润气候,许多珍稀濒危植物在这儿得以生存和繁衍。珙桐作为我国特有的珍稀物种,具有多方面的价值,不仅有很好的观赏价值,在药用、经济方面也具有很高的价值。鉴于此,以雅安珙桐群落不同海拔高度土壤作为研究对象,测定土壤有机质、氮磷钾等养分含量,以生态学计量学方法探究雅安珙桐群落不同海拔土壤碳氮磷钾特征,分析不同海拔梯度间的土壤养分差异及生态学计量特征,为雅安珙桐群落的保护提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于雅安市宝兴县、汉源县、雨城区、天全县和荣经县5个地区的珙桐群落分布带上,地域跨29°28'00"N~30°4'29"N,102°18'33"E~102°58'30"E之间,海拔在1213 m~2276 m之间。降雨多,日照时间较少,年均降雨量1800 mm左右。雅安珙桐群落分布广阔,低海拔地区的珙桐群落多与常绿阔叶树种混交,高海拔地区多与落叶阔叶树种混交。土壤类型主要为紫色土、山地黄壤、山地黄棕壤,土壤养分较为丰富(见表1)。

表1 不同海拔梯度样地基本概况

海拔梯度(m)	样地数 Number of sites(个)	土壤类型 Soil type	优势树种 Dominant tree species		
			乔木 Tree	灌木 Shrub	草本 Herbaceous
1 000 ~ 1 500	4	紫色土、山地黄壤	珙桐 (<i>Davidia involucrata</i>)	高粱泡 (<i>Rubus lambertianus</i>)	长江蹄盖蕨 (<i>Athyrium iseanum</i>)
1 500 ~ 2 000	6	山地黄壤、山地黄棕壤	珙桐 (<i>Davidia involucrata</i>)	细枝柃 (<i>Eurya loquaiana</i>)	楼梯草 (<i>Elatostema involucratum</i>)
2 000 ~ 2 500	6	黄棕壤	珙桐 (<i>Davidia involucrata</i>)	川莓 (<i>Rubus setchuenensis</i>)	长江蹄盖蕨 (<i>Athyrium iseanum</i>)

1.2 土壤样品采集

调查于2017年7—8月进行,在海拔1000 m~1500 m(梯度I)、1500 m~2000 m(梯度II)、2000 m~2500 m(梯度III)的雅安珙桐群落分布带上,随机选取了16个具有代表性的样地。根据雅安珙桐群落根系分布和土壤深度^[16],每个样地采用5点法采集0~30 cm土样5份,并去除枯枝落叶等,然后将5点土样混合均匀后装入袋子。将采集到的土壤样品带回实验室,风干,去除根、叶、石块,磨细后分别过2 mm和0.15 mm网筛,最后测定与分析

土壤样品的各指标。

1.3 测定方法

土壤pH值的测量采用电位法,有机碳测定采用重铬酸钾容量法—稀释热法,土壤全氮测定采用凯氏定氮法,土壤全磷测定方法采用钼锑抗比色法,土壤全钾的测定采用酸溶—火焰光度法^[17]。

1.4 数据处理

数据分析采用软件Excel2010和SPSS 20.0,对不同海拔梯度之间土壤碳氮磷钾含量和生态学计量比进行单因素方差分析和LSD多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同海拔梯度土壤 C、N、P、K 含量

对雅安珙桐群落不同海拔梯度土壤有机碳、全氮、全磷和全钾含量进行分析(见表2),随着海拔梯度的增加,土壤有机碳、全氮、全磷和全钾含量逐渐升高,表现为Ⅲ>Ⅱ>Ⅰ,速效钾含量表现为先降低后增加的趋势,土壤有机碳、全氮含量增加的程度逐

渐减小,全磷、全钾含量增加的程度逐渐增加。土壤有机碳、全氮、全磷的变异系数都较高,其中有机碳最高,说明不同海拔梯度下有机碳、全氮、全磷差异较大,土壤有机碳含量对海拔梯度的响应最大,全钾变异系数较低,海拔梯度对全钾含量影响较小,不同海拔梯度土壤全钾含量分布较均匀。土壤 pH 值变化差异不大,随着海拔梯度的增加,pH 值逐渐增大,但始终偏碱性,变异系数也比较小,海拔的变化对其影响并不大。

表2 不同海拔梯度土壤理化性质

海拔梯度	pH 值	有机碳 (g·kg ⁻¹)	全氮 (g·kg ⁻¹)	全磷 (g·kg ⁻¹)	全钾 (g·kg ⁻¹)
Ⅰ	4.03 ± 0.02a	20.32 ± 2.02a	2.14 ± 0.13a	0.71 ± 0.03a	28.13 ± 1.73a
Ⅱ	4.08 ± 0.08a	38.90 ± 4.73ab	2.97 ± 0.29ab	0.73 ± 0.06a	33.30 ± 1.96a
Ⅲ	4.39 ± 0.22a	50.45 ± 7.60b	3.91 ± 0.27b	1.21 ± 0.11b	44.18 ± 4.42b
平均值	4.15	39.46	3.11	0.85	35.38
标准差	0.44	21.42	1.37	0.40	12.53
变异系数(%)	10.00	54.28	44.05	47.06	35.42

注:同列不同字母表示差异显著(P<0.05)

2.2 不同海拔梯度土壤 C、N、P、K 生态化学计量特征

对不同海拔梯度土壤 C、N、P、K 生态化学计量特征比 C:N、C:P、C:K、N:P、N:K、P:K 进行分析

(见表3),土壤 C:N、C:P、N:P 随着海拔的增加,呈现先增加后降低的趋势,土壤 C:P、N:K 随着海拔的增加而增加,P:K 随海拔的变化不变。Ⅰ和Ⅲ土壤 C:N、C:P 差异显著,其余差异不明显。

表3 不同海拔土壤化学计量特征

海拔梯度	C/N	C/P	C/K	N/P	N/K	P/K
Ⅰ	9.31 ± 0.26a	28.48 ± 1.24a	0.75 ± 0.02a	3.06 ± 0.06a	0.08 ± 0.00a	0.03 ± 0.00a
Ⅱ	14.4 ± 9.14ab	53.82 ± 3.66ab	1.32 ± 0.19a	3.86 ± 0.26a	0.10 ± 0.01a	0.03 ± 0.00a
Ⅲ	12.90 ± 0.01b	43.28 ± 5.39b	1.44 ± 0.40a	3.36 ± 0.33a	0.10 ± 0.02a	0.03 ± 0.00a
平均值	13.44	48.02	1.28	3.63	0.10	0.03
标准差	4.54	17.15	0.88	1.05	0.06	0.01
变异系数(%)	33.78	35.71	68.75	28.93	60.00	33.33

注:同列不同字母表示差异显著(P<0.05)

对不同海拔梯度土壤 C、N、P、K 生态化学计量特征进行相关分析(见图1),研究结果显示不同珙桐群落土壤碳氮磷平均值之间呈极显著相关,相关系数 R² 分别为 0.8636(P=0.000)、0.4421(P=0.000)、0.5951(P=0.000),土壤 K 与 C、K 与 N、K 与 P 之间相关性不显著。从空间尺度上看,土壤有机碳、全氮、全磷和全钾含量随海拔梯度的变化而变化。说明雅安珙桐群落土壤有机碳、全氮、全磷和全钾分布在一定程度上相互耦合。

3 讨论与结论

3.1 不同海拔土壤有机碳、全氮、全磷和全钾含量特征

森林群落的发展离不开土壤,土壤的各种化学

反应影响着土壤 pH 值,对土壤酶和有机质的分解至关重要,间接影响着植物根系对土壤养分的吸收,另外,土壤碳氮磷钾的含量影响着森林群落的结构和功能。随着海拔的增加,各海拔梯度土壤 pH 值差异不显著,海拔对土壤 pH 值影响不大,且土壤呈酸性,说明珙桐可能适合生长在酸性土壤中,这与杨敬天^[18]的研究结果一致。张继平的研究表明,土壤碳氮磷含量与海拔梯度就有一定的关系^[19]。张广帅等^[20]云南省泥石流频发区山地不同海拔土壤化学计量特征的研究发现,土壤全碳主要来自土壤微生物对地被植物凋落物的分解和转化,全氮含量来源于氮素的硝化与反硝化化学反应等过程^[19],土壤有机质和全氮含量相互影响。雅安珙桐群落不同海拔梯度土壤有机碳、全氮、全磷、全钾含量随着海拔的升高而增加。本研究中土壤有机碳、全氮和全磷

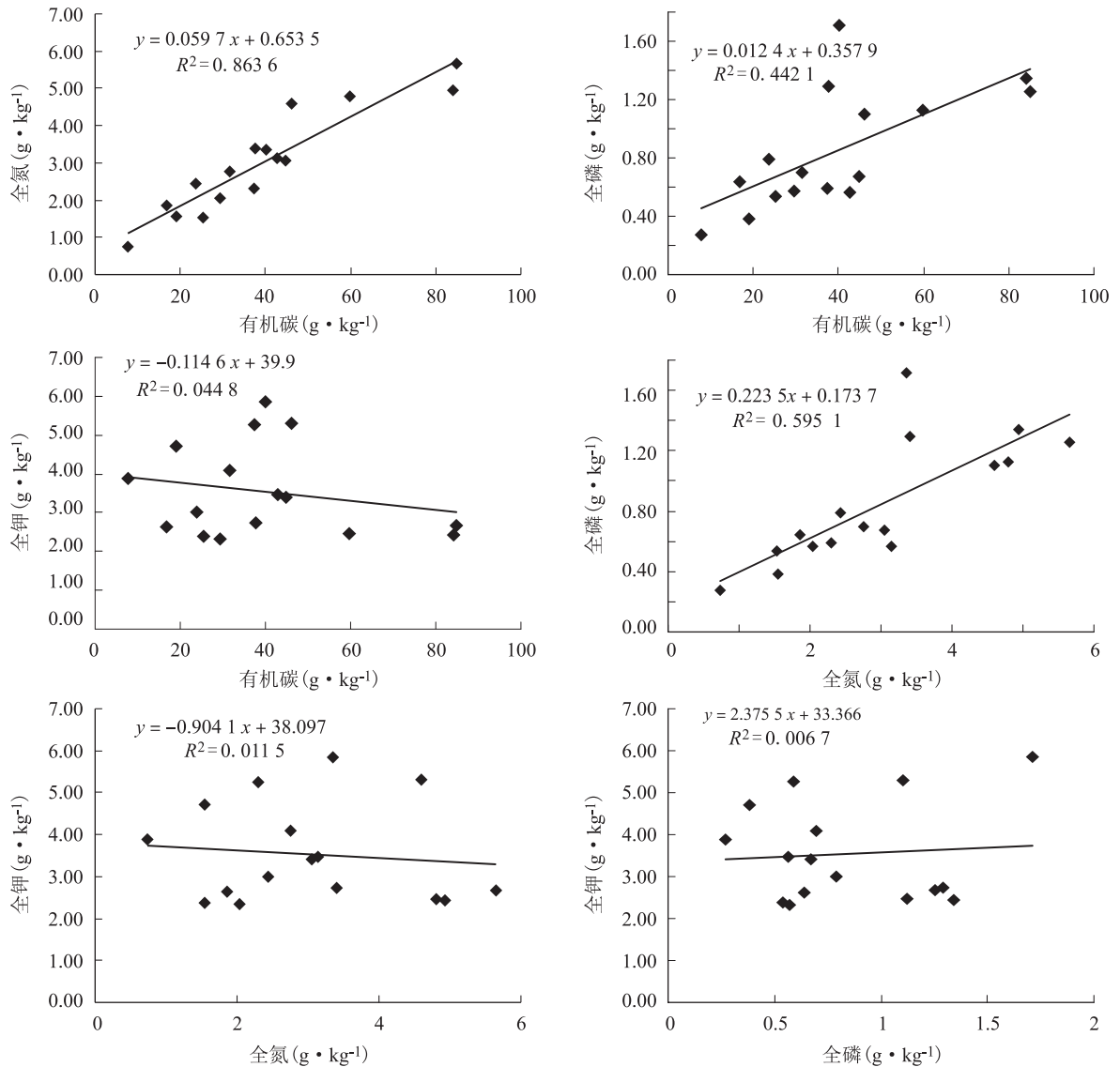


图1 不同珙桐群落土壤有机碳、全氮、全磷、全钾元素相关性

平均值分别为 $39.46 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $3.11 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $0.85 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，高于全国土壤有机碳、全氮和全磷平均值，说明土壤养分含量较高，这与赵维俊等^[21]研究一致。随着海拔梯度的增加，土壤有机质含量增加，其原因可能是相对低海拔地区，高海拔地区湿度大，致使高海拔地区凋落物转化为有机质的速度加快，高海拔地区土壤有机碳含量最高。由于土壤有机质和全氮的相互影响，土壤全氮和有机质的变化趋势相似。磷元素和钾元素主要受到岩石淋溶和气候的影响，雅安地形主要为山地，湿度较大，下雨强度较小，磷元素和钾元素的淋溶较小，海拔相对较高的地区土壤全磷和全钾含量较高。张巧明等^[22]在研究秦岭不同海拔土壤理化性质时发现土壤全氮含量随着海拔的增加而增加，与本研究结果一致。土壤中的

K元素主要来自矿物风化、森林凋落物和降水淋溶，与全钾的变化趋势不一致，与黄蔚茹等^[23]的研究结果不一致，可能是海拔梯度Ⅱ处珙桐群落人类活动较大，加剧了土壤速效钾的流失。

3.2 C、N、P、K 化学计量特征的影响因素

相关研究表明，影响土壤碳氮磷钾化学计量特征的因素主要有海拔、森林植被群落类型、土壤类型、气候条件等，其中不同海拔梯度和纬度区域下的植物群落表土土壤碳氮磷钾含量差异很大，使得土壤碳氮磷钾比差异明显。在本研究区域内，珙桐群落不同海拔梯度的土壤 C:N 介于 $8.91 \sim 33.98$ 之间，其均值为 13.34 ，略高于全球土壤 C:N，并且与相关的研究结果一致。研究区内土壤 C:P 平均值 (48.02) 低于全球森林 $0 \sim 30 \text{ cm}$ 土壤 C:P 平均

值^[24],说明土壤磷的含量比较高,这与张广帅等^[20]研究结果一致。C、N、P 作为植物细胞的必要组成成分,其含量相互影响,C、N、P 以枯落物形式进入土壤,张光启^[25]的研究表明,植物凋落物与土壤养分之间耦合,致使土壤 C、N、P 化学计量比变化趋势相似。且 N:C 的斜率比 P:C 大,说明 N 含量受 C 含量的影响较大。王绍强的研究也表明,土壤 C:N 与有机质分解速度成反比关系^[3]。土壤 C:K 平均值为 1.28,这与张海东^[26]的研究结果比较一致,土壤全钾含量较为丰富。土壤 C:N、C:P、N:P 在海拔梯度 II 较高,这主要是因为该海拔梯度范围内森林植物群落较为丰富,土壤有机碳含量高,生态系统生物化学循环快;此外,样地内的光照条件良好,优势乔木树种珙桐造成的遮光现象不严重,灌木和草本层的植物生长良好,生态系统内物质循环快;植物根系及其周围土壤微生物种类和数量较高,使得该海拔梯度内土壤的生物活性强,致使该海拔梯度内生态化学计量特征最高。随着海拔梯度的升高,土壤 C:N、C:P、N:P 逐渐增加,然后减少,而 C:K、N:K 随海拔梯度的增加而增加,主要是因为有机碳和全氮受外界环境和海拔的影响,不同海拔梯度 P:K 变化不大,主要是因为磷和钾元素都是气候和岩石淋溶的影响,造成不同的海拔梯度土壤全磷和全钾含量都随着海拔的增加,P:K 变化不大。低海拔梯度地区受人类活动的影响,有机碳和氮的积累少,有机碳和全氮含量较低。不同海拔梯度 C、N、P 与 K 的化学计量比相关性不明显,说明海拔对 C、N、P 与 K 的化学计量比影响不大。本研究中先通过计算不同珙桐群落土壤 C、N、P、K 含量的平均值,对 C、N、P 的化学计量比相关性分析,N:C 的斜率比 P:C 大,说明 N 含量受 C 含量的影响较大。王绍强的研究也表明,土壤 C:N 与有机质分解速度成反比关系^[3]。通过对 C、N、P 和 K 的化学计量比线性分析,K 与 C、N、P 之间的相互作用不大。

综上,珙桐群落土壤碳氮磷钾含量丰富,高于全国土壤 0~30 cm 碳氮磷钾含量,不同海拔珙桐群落土壤有机碳、全氮、全磷、全钾含量随着海拔的增加而增加,土壤有机碳、全氮、全磷、全钾含量受海拔的影响,土壤有机碳、全氮、全磷、全钾含量变异系数都较高(>25%);海拔梯度的变化对土壤 C:N、C:P 有一定的影响,C、N、P 之间相互影响,且与 K 的影响效果不大。在保护雅安珙桐群落的过程中,不仅需要当地的气候条件和土壤条件等,还应该考

虑海拔梯度的变化对土壤养分和 C:N、C:P、C:K、N:P、N:K、P:K 的影响。通过适当的林分调整保持合理的群落结构,并减少人为干扰,使珙桐群落与其生境充分发挥各自的生物学和生态学特征。针对本研究采集土壤样品深度导致的问题,对于土壤深度较浅的地区,可适当降低取样深度,如采集 0~20 cm 的土样;也可采集多层土样,如分别在 0~20 cm、>20 cm~40 cm 和 >40 cm~60 cm 土层采集土壤样品。

参考文献:

- [1] 刘蓉,张卫国,江小雷,等.垂穗披碱草群落退化演替的植被特性及其与土壤性状的相关性研究[J].草业科学,2010,27(10):96-103.
- [2] 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(06):141-153.
- [3] 王绍强,于贵瑞.生态系统碳氮磷元素的生态化学计量学特征[J].生态学报,2008(08):3937-3947.
- [4] Wenxuan Han, Jingyun Fang, Yan Zhang, et al. Leaf nitrogen and phosphorus stoichiometry across 753 terrestrial plant species in China[J]. New Phytologist, 2005, 168(2).
- [5] 肖焱,商丽娜,黄志刚,等.吉林东部山地沼泽湿地土壤碳、氮、磷含量及其生态化学计量学特征[J].地理科学,2014,34(08):994-1001.
- [6] 林丽,张法伟,李以康,等.高寒矮高草甸退化过程土壤碳氮储量及 C/N 化学计量学特征[J].中国草地学报,2012,34(03):42-47.
- [7] 张向茹,马露莎,陈亚南,等.黄土高原不同纬度下刺槐林土壤生态化学计量学特征研究[J].土壤学报,2013,50(04):818-825.
- [8] 都耀庭.高寒草甸不同植被类型土壤 C、N、P 及化学计量特征[J].黑龙江畜牧兽医,2016(01):137-140.
- [9] 曾全超,李鑫,董扬红,等.黄土高原延河流域不同植被类型下土壤生态化学计量学特征[J].自然资源学报,2016,31(11):1881-1891.
- [10] 刘海威,张少康,焦峰.氮磷添加对不同退耕年限草本植被群落及土壤化学计量学特征的影响[J].水土保持学报,2017,31(2):333-338.
- [11] 严正兵,金南琰,韩廷申,等.氮磷施肥对拟南芥叶片碳氮磷化学计量学特征的影响[J].植物生态学报,2013,37(6):551-557.
- [12] 任璐璐,张炳学,韩凤朋,等.黄土高原不同年限刺槐土壤化学计量学特征分析[J].水土保持学报,2017,31(2):339-344.
- [13] 李丹维,王紫泉,田海霞,等.白山不同海拔土壤碳、氮、磷含量及生态化学计量学特征[J].土壤学报,2017,54(1):160-170.
- [14] Zhang M, Zhang X K, Liang W J, et al. Distribution of Soil Organic Carbon Fractions Along the Altitudinal Gradient in Changbai Mountain, China[J]. Pedosphere, 2011, 21(5):615-620.

- [15] 向慧敏,温达志,张玲玲,等. 鼎湖山森林土壤活性碳及惰性碳沿海拔梯度的变化[J]. 生态学报,2015,35(18):6089~6099.
- [16] 肖开煌,苏智先,张素兰,等. 不同海拔珙桐群落乔木物种多样性与土壤因子关系研究[J]. 云南大学学报(自然科学版),2007(04):408~413.
- [17] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [18] 杨敬天,胡进耀,张涛,等. 北川片口珙桐种群土壤理化性质的初步研究[J]. 四川林业科技,2013,34(3):40~44+65.
- [19] 张继平,张林波,王凤玉,等. 井冈山国家级自然保护区森林土壤养分含量的空间变化[J]. 土壤,2014,46(2):262~268.
- [20] 张广帅,邓浩俊,杜锺,等. 泥石流频发区山地不同海拔土壤化学计量特征——以云南省小江流域为例[J]. 生态学报,2016,36(3):675~687.
- [21] 赵维俊,刘贤德,金铭,等. 祁连山青海云杉林叶片—枯落物—土壤的碳氮磷生态化学计量特征[J]. 土壤学报,2016,53(2):477~489.
- [22] 张巧明,王得祥,龚明贵,等. 秦岭火地塘林区不同海拔森林土壤理化性质[J]. 水土保持学报,2011,25(5):69~73.
- [23] 黄鲜茹,韦思,李承东,等. 雅长兰科植物自然保护区典型森林类型土壤理化性质研究[J]. 西南林业大学学报(自然科学),2018,38(4):59~63.
- [24] Cleveland C C, Liptzin D. C:N:P stoichiometry in soil: Is there a "Redfield ratio" for the microbial biomass? [J]. Biogeochemistry,2007,85(3):235~252.
- [25] Zhang G, Zhang P, Peng S, et al. The coupling of leaf, litter, and soil nutrients in warm temperate forests in northwestern China [J]. Scientific Reports,2017,7(1):11754.
- [26] 张海东,汝海丽,焦峰,等. 黄土丘陵区退耕时间序列梯度上草本植被群落与土壤C、N、P、K化学计量学特征[J]. 环境科学,2016,37(03):1128~1138.

(上接第30页)

效氮的限制更大;而中国沙棘虽然土壤有效磷含量较高、水解性氮含量较低,但其叶磷回收效率(PRE)达69.35%,表明其受到土壤有效磷的影响更多,其根系固氮作用能够缓解土壤氮供应不足的限制。

综上,川西高原退化草地区域人工种植的中国沙棘随着栽培年限增加,幼苗株形趋于稳定、生长量显著提高。生长旺盛季节中国沙棘和康定柳叶片氮、磷含量均低于北方典型沙生植物叶片养分水平,前者受到土壤有效磷的影响更多,而后者受到土壤氮限制作用更大。川西高原退化草地上以康定柳构建草方格,搭配种植中国沙棘,利用其根系生物固氮作用,不仅能够有效缓解土壤氮供应不足、减少土壤养分竞争,还能更快提高植物覆盖率,具有推广价值。

参考文献:

- [1] 邓东周,王朱涛,蒙嘉文,等. 川西北地区土地沙化成因探讨及对策建议[J]. 四川林业科技,2010,31(3):83~88.
- [2] 程根伟,罗辑. 贡嘎山高山森林自然演替特征与模拟[J]. 生态学报,2002,22(7):1049~1056.
- [3] 欧平贵,任君芳,罗鹏,等. 若尔盖县沙化治理试验研究初报[J]. 四川林业科技,2013,34(3):11~20.
- [4] 郭亨孝,孟宏伟,陈昌久,等. 关于川西北沙化问题的调研报告[J]. 四川林业科技,2010,31(2):1~3.
- [5] 蒙嘉文,左林,蔡应君,等. 若尔盖县土地沙化现状分析及治理对策研究[J]. 四川林业科技,2013,34(4):42~46.
- [6] Aerts R. Nutrient resorption from senescing leaves of perennials: Are there general patterns? [J]. Journal of Ecology,1996,84(4):597~608.
- [7] Killingbeck K T. Nutrients in Senesced Leaves: Keys to the Search for Potential Resorption and Resorption Proficiency [J]. Ecology,1996,77(6):1716~1727.
- [8] Adamas M B, Campbell R G, Allen H L, et al. Root and foliar nutrient concentrations in loblolly pine: Effects of season, site and fertilization [J]. Forest Science,1987,33:984~996.
- [9] 王博. 中国北方典型沙生植物叶片养分回收与功能特征的研究[D]. 兰州大学硕士学位论文,2007.
- [10] Gusewell S. N:P ratios in terrestrial plants: variation and functional significance. New Phytologist,2004,164:243~266.
- [11] Aerts R. Nutrient resorption from senescing leaves of perennials: Are there general patterns [J]. Journal of Ecology,1996,84:597~608.
- [12] 陈伏生,胡小飞,葛刚. 城市地被植物麦冬叶片氮磷化学计量比和养分再吸收效率[J]. 草业学报,2007,16(4):47~54.
- [13] 赵广帅,熊定鹏,石培礼,等. 羌塘高原降水梯度带紫花针茅叶片氮回收特征及影响因素[J]. 生态学报,36(11):3419~3428.