

杨明秀,宋乃平,杨新国. 人工柠条林枝、叶构件生物量的分配格局与估测模型[J]. 江苏农业科学,2013,41(12):331-333.

# 人工柠条林枝、叶构件生物量的分配格局与估测模型

杨明秀, 宋乃平, 杨新国

(宁夏大学西北土地退化与生态恢复国家重点实验室培育基地, 宁夏银川 750021)

**摘要:**对荒漠草原 4 种林龄人工柠条林地的柠条进行地上生物量、枝条等级、形态指标等测定,在构件水平上研究了不同年限柠条枝、叶生物量的分配格局,并利用形态指标构建了 16 年生柠条枝、叶构件生物量估测模型。结果表明:(1)柠条枝长、茎粗、粗枝生物量随林龄的增加而升高,而中枝、细枝、叶的生物量随林龄的增加而下降,柠条老化趋势凸显;(2)9、16 年生柠条地上构件生物量中叶生物量是主体,但 25、37 年生地上生物量开始由叶向枝条转移;(3)以柠条枝长( $L$ )与茎粗( $D$ )的复合因子  $D^2L$  为自变量建立模型,各构件生物量模型为: $m_{\text{枝}} = 0.394 (D^2L)^{1.020}$ ,  $m_{\text{叶}} = 6.599 (D^2L)^{1.032}$ ,  $m_{\text{总}} = 0.725 (D^2L)^{0.956}$ 。

**关键词:**人工柠条;构件;生物量;模型;荒漠草原

**中图分类号:** S727.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)12-0331-03

为治理沙化草地,20 世纪 80 年代起宁夏盐池县在荒漠草原大规模种植人工柠条林<sup>[1]</sup>,柠条逐渐成为该地区占显著优势的植被类型和草地生产力的主体。柠条作为优质的灌木饲料植物资源<sup>[2-3]</sup>,具有较高的生态价值和经济价值。以生物量度量个体和种群大小,科学认识目前柠条生物量的大小、结构和可利用生物量比例,是指导荒漠草原柠条资源可持续利用与生态保护的重要依据。同时,从构件水平研究柠条种群,可以了解个体水平以下植物对环境的反应<sup>[4-6]</sup>,进一步明确环境因素作用下柠条的构件特征和生物量配置。采用易测因子估测灌木地上生物量的方法可减少灌木生物量测定的工作量<sup>[7-9]</sup>,该方法也是准确估计柠条可利用枝叶生物量比例的有效途径,但相关研究尚停留于单位面积柠条地内现存量的估算上<sup>[10-11]</sup>,难以准确把握不同林龄柠条林地的潜在可利用资源数量。目前,研究较多的易测因子有植株高度、地径、冠幅、分枝数<sup>[12-15]</sup>,它们不仅能够较好地体现出灌木形态特征,还能作为基础数据建立更直观的生物量估测模型<sup>[16-17]</sup>。另外,研究荒漠灌木枝、叶、花等构件在时间序列上的生长和

生物量分配规律<sup>[18-19]</sup>,有助于进一步认识其生长发育对不同环境条件的反应,从而探讨荒漠灌木种群的生态适应策略和进化机制<sup>[20-21]</sup>。本研究通过测定荒漠草原区不同林龄人工柠条林的柠条地上生物量,并利用枝长、茎粗等形态指标建立柠条枝构件和整株生物量估测模型,旨在研究人工柠条林生物量分配规律,为人工柠条林管理和利用提供依据。

## 1 研究区概况

研究区位于宁夏盐池县(37°49'N,107°30'E),属中温带半干旱区农牧交错带。年平均气温 8.1℃,≥10℃有效积温 2 990℃,昼夜温差约 12.5℃;年日照时数 3 032 h,日照率 67%;年降水量 289 mm,年蒸发量 2 014 mm,无霜期 165 d;冬季、春季风沙天气较多。研究区地带性土壤为淡灰钙土,成土母质多为砂岩、砂砾岩或泥岩,非地带性土壤主要有风沙土、黄绵土、盐碱土、草甸土等,结构松散,肥力较低。植被主要为自然或人工柠条灌木林及草、灌次生植被。柠条灌木林种植面积约 17.33 万 hm<sup>2</sup>,种植密度为 915~3 015 丛/hm<sup>2</sup><sup>[22]</sup>,主要草本植物有山苦荬 [*Ixeris chinensi* (Thunb.) Nakai]、猪毛菜 [*Salsola collina* Pall.]、牛枝子 [*Lespedeza potaninii* Vass.]、白草 [*Pennisetum centrasiacicum* Tzvel.] 等。

## 2 研究方法

2012 年 5 月分别在试验区封育状态下的 9、16、25、37 年生人工柠条林地选择柠条长势均一、形态完整、发育健康的典

收稿日期:2013-05-16

基金项目:国家“973”计划前期研究专项(编号:2012CB723206);国家科技支撑计划(编号:2011BAC07B03)。

作者简介:杨明秀(1989—),女,甘肃临夏人,硕士研究生,从事植物生态恢复研究。E-mail:yangmingxiu1989@163.com。

通信作者:宋乃平,博士,教授,研究方向为土地利用与生态过程。

E-mail:songnp@163.com。

[16]刘颖,王德利,韩士杰,等.放牧强度对羊草草地植被再生性能的影响[J].草业学报,2004,13(6):39-44.

[17]戎郁韩,韩建国.华北农牧交错带人工草地放牧系统植物补偿性生长研究[J].草地学报,2005,13(增刊):62-66.

[18]耿元波,罗光强.内蒙古羊草草原呼吸的影响因素分析和区分[J].地理学报,2010,65(9):1058-1068.

[19]Nie Z N,Chapman D F,Tharmaraj J,et al. Effects of pasture species mixture, management, and environment on the productivity and persistence of dairy pastures in south-west Victoria. 1. Herbage

accumulation and seasonal growth pattern[J]. Australian Journal of Agricultural Research,2004,55(6):625-636.

[20]杜菁陶,杜占池,崔晓勇.内蒙古典型草原地区常见植物光合、蒸腾速率和水分利用效率的比较研究[J].草业科学,2003,20(6):11-15.

[21]王忠,高煜珠.关于光呼吸与光合作用关系的研究——Ⅶ.光呼吸是伴随光合作用发生的过程[J].江苏农学院学报,1988,9(2):13-18.

型样地,在样地内随机选取 10 个代表性柠条灌丛作为调查样株(丛)。记录采样株丛的株高、冠幅(冠幅=东西冠幅×南北冠幅)、分枝数、径粗等。采用直接收割法,将 16 年生的柠条样枝从基部剪下,分出枝(粗: >14 mm,中:10~14 mm,细:<10 mm)、叶称量其鲜重后带回实验室,65℃恒温烘干至恒重,测干重。

采用 Excel 2007 软件进行数据处理和图形绘制;运用 SAS 8.2 软件对不同林龄、株高、茎粗、分枝数等形态指标进行方差分析;采用 SPSS 17.0 软件的 Bivariate Correlation 分析法对 16 年生柠条样枝枝长、茎粗与地上主要构件生物量进行相关性分析,选择最佳估测模型自变量,同时利用 Curve Estimation 分析法进行生物量拟合,建立生物量估算模型。

3 结果与分析

3.1 不同林龄柠条地上构件形态指标及生物量分配

从表 1 可见,以柠条样株的株高和冠幅直径为基本统计量,不同林龄柠条的个体差异较大。随着林龄增长,从柠条各形态指标变化及枝叶生物量分配比例可以看出,16 年生柠条枝叶生长状况较好。

表 1 不同林龄单株柠条形态指标

林龄 (年)	株高 (cm)	冠幅 (m <sup>2</sup> )	分枝数 (个)	茎粗 (mm)
37	178.33 ± 37.53	6.97 ± 3.06	23 ± 11	16.43 ± 4.94
25	129.00 ± 15.10	3.39 ± 0.66	25 ± 1	15.48 ± 1.08
16	162.33 ± 9.71	5.73 ± 1.23	36 ± 7	13.75 ± 0.82
9	147.00 ± 18.25	2.83 ± 0.68	26 ± 4	10.25 ± 0.56

从图 1 可见,对于不同生长年限的柠条枝,中径级、细径级分枝数所占比例均较大,尤以 16 年生柠条最为突出;而 37 年生柠条枝的粗径级分枝数所占比例明显较大。从构件角度,如果用茎粗拟合林龄,可以看出 16 年生柠条生长处于旺盛期,而 37 年生柠条处于衰退期。说明随着生长年限的延长,柠条老化趋势明显,可利用的有效枝、叶生物量比例降低。

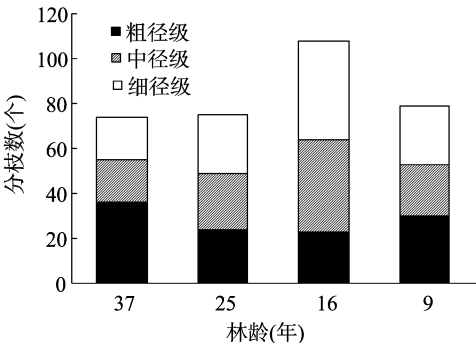


图1 不同林龄柠条个体分枝数

对于地上生物量来说,不同林龄柠条的地上生物量及各组分生物量存在差异,各组分生物量占地上生物量的比例也随之发生变化(表 2)。9、16 年林龄柠条叶生物量是地上生物量的主体,25 年林龄时地上生物量由叶逐渐向主蔓及枝条转移,这体现了在干旱区有限的水分条件下,随着林龄增加,地上生物量由光合器官逐渐向非光合器官转移,保证了光合器官所需水分的供给,是植物的一种生态适应策略<sup>[15]</sup>。

表 2 不同林龄单株柠条枝、叶分配特征

林龄 (年)	枝长 (cm)	茎粗 (mm)	叶生物量 (g)	枝生物量 (g)	总生物量 (g)	比叶重 (%)
37	143.33	16.72	18.63	91.93	110.57	0.18
25	112.00	12.85	31.79	109.03	140.82	0.24
16	130.89	11.91	52.61	148.20	200.81	0.32
9	117.67	9.59	48.27	64.68	112.94	0.43

3.2 16 年生单株柠条枝、叶生物量分配

调查结果显示,16 年生柠条枝、叶总生物量的最大值与最小值相差 1.48~1.92 倍;样枝径级为 7.59~19.46 mm,最大值与最小值相差 11.87 mm;样枝枝长为 80~145 cm,最大值与最小值相差 65 cm。从图 2 可以看出,16 年生单丛柠条粗径级枝条比例较中径级、细径级低,但占总生物量的比例较大,而且相应叶生物量也随着枝条的增粗而增加(图 3),符合 Corner 法则,即一定大小的枝支撑一定的叶量,树枝越粗,则其所支撑的单位叶量越大<sup>[23]</sup>。

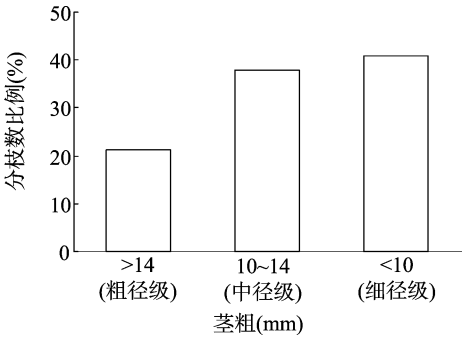


图2 16年生单株柠条分枝数比例

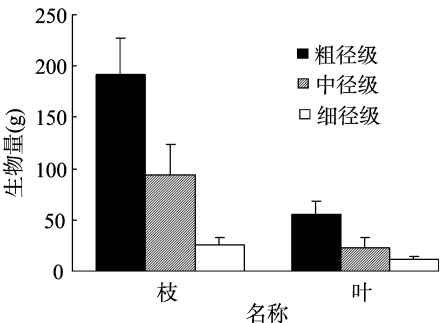


图3 16年生单株柠条枝、叶生物量分配

3.3 柠条地上构件生物量模型的建立与选择

通过对柠条枝、叶生物量与茎粗( $D$ )和枝长( $L$ )等变量之间的相关分析,得出枝、叶构件与  $D$ 、 $D^2$ 、 $L$ 、 $DL$ 、 $D^2L$  存在显著或极显著相关,其中  $D^2L$  计算方式近似为圆锥形体积,符合柠条生长特征及形态。据此,选择  $D^2L$  为回归模型的自变量。图 4、图 5、图 6 分别为枝生物量模型、叶生物量模型、枝叶总生物量模型的拟合效果:  $m_{枝} = 0.394(D^2L)^{1.020}$ ;  $m_{叶} = 6.599(D^2L)^{1.032}$ ;  $m_{总} = 0.725(D^2L)^{0.956}$ 。

4 结论与讨论

构件生长习性使植物具有潜在的无限生长能力,构件的持续生长是植株在短期内得到新资源与其邻体竞争的唯一途

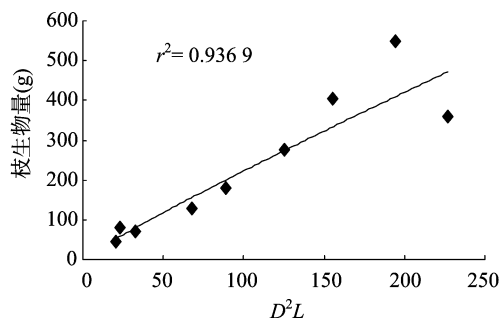


图4 柠条枝生物量模型拟合效果

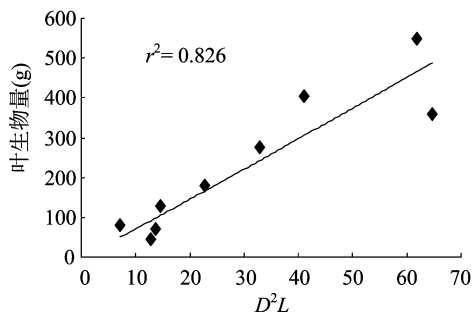


图5 柠条叶生物量模型拟合效果

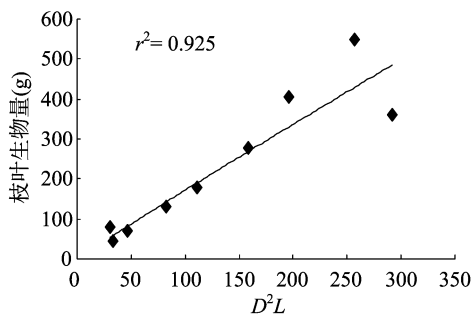


图6 柠条枝叶总生物量模型拟合效果

径,因此从构件水平上深入研究植物与环境的相互作用,有助于认识植物种群和群落动态发展演化机理,能更有效探讨植物种群的生存、适应对策和进化机制。因此,研究干旱荒漠草原生境中柠条灌丛的枝、叶比例关系,不仅可以反映植物生物量分配模式,也关系到植物构型塑造和对于干旱环境的生态适应策略<sup>[20-21]</sup>。灌木生物量和灌木形态关系密切,从构件角度利用枝长( $L$ )与茎粗( $D$ )的复合因子  $D^2L$  对柠条枝、叶构件生物量进行拟合,具有更好的精确性,同时有利于识别有效生物量的构成。

本研究表明:(1)柠条枝长、茎粗、粗枝生物量随林龄的增加而升高,而中枝、细枝、叶的生物量随林龄的增加有下降趋势。并且随着生长年限延长,粗枝条比例增加,柠条老化趋势凸显,可利用的有效枝、有效叶生物量比例降低。(2)9、16年生柠条地上构件生物量中叶生物量是主体,但25、37年生地上生物量开始由叶向主蔓及枝条转移,这是柠条对于干旱环境的一种生态适应策略。(3)自变量  $D^2L$  与柠条枝、叶构件的生物量有极为密切的关系,经过筛选比较,得出各生物量模型为:  $m_{\text{枝}} = 0.394 (D^2L)^{1.020}$ ;  $m_{\text{叶}} = 6.599 (D^2L)^{1.032}$ ;  $m_{\text{总}} = 0.725 (D^2L)^{0.956}$ 。

#### 参考文献:

- [1] 宋乃平,王磊,张庆霞,等. 农牧交错区典型村域的土地利用变化过程研究——以盐池县马儿庄村为例[J]. 资源科学,2010,32(6):1148-1153.
- [2] 赵艳云,程积民,王延平,等. 半干旱区环境因子对柠条灌木林结构的影响[J]. 水土保持通报,2005,25(3):10-14.
- [3] 张帆,陈建文,王孟本. 幼龄柠条细根的空间分布和季节动态[J]. 生态学报,2012,32(17):5484-5493.
- [4] 聂勇,黎云祥,马永红,等. 川产淫羊藿属(*Epimedium*)药用植物的无性系构件特征和生物量配置比较[J]. 植物研究,2010,30(4):490-495.
- [5] Odum E P. Fundamentals of ecology [M]. Philadelphia: WB Saunders, 1971.
- [6] 李雪华,李晓兰,蒋德明,等. 科尔沁沙地70种草本植物个体和构件生物量比较研究[J]. 干旱区研究,2009,26(2):200-205.
- [7] 姜凤岐,卢凤勇. 小叶锦鸡儿灌丛地上生物量的预测模式[J]. 生态学报,1982,2(2):103-110.
- [8] 蔡哲,刘琪璟,欧阳球林. 千烟洲试验区几种灌木生物量估算模型的研究[J]. 中南林学院学报,2006,26(3):15-18,23.
- [9] 张海清,刘琪璟,陆佩玲,等. 千烟洲试验站几种常见灌木生物量估测[J]. 林业调查规划,2005,30(5):43-49.
- [10] 张士才. 柠条鸡锦儿人工灌丛地生物量预测模型的选择[J]. 中国沙漠,1989,9(4):55-64.
- [11] 庞琪伟,贾黎明,郑士光. 基于多谱辐射仪的柠条地上干生物量估算模型研究[J]. 北京林业大学学报,2010,32(4):81-85.
- [12] 苏金梅,李钢铁,秦富仓,等. 梭梭人工林地上生物量预测研究[J]. 内蒙古林业科技,1997(3):9-11.
- [13] 曾慧卿,刘琪璟,马泽清,等. 基于冠幅及植株高度的灌木生物量回归模型[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2006,30(4):101-104.
- [14] 郭孝玉,孙玉军,刘凤娇. 不同估算树冠生物量方法的比较——以长白落叶松林为例[J]. 林业资源管理,2010(5):41-47.
- [15] 吴旭东,谢应忠,徐坤,等. 贺兰山东麓不同种植年限酿酒葡萄林生物量分配及估算模型[J]. 中国生态农业学报,2012,20(10):1322-1328.
- [16] 王蕾,张宏,哈斯,等. 基于冠幅直径和植株高度的灌木地上生物量估测方法研究[J]. 北京师范大学学报:自然科学版,2004,40(5):700-704.
- [17] 赵蓓,郭泉水,牛树奎,等. 雾灵山灌木生物量模型研究[J]. 广东农业科学,2012,39(8):61-64.
- [18] Nájera J, Méndez E, Nájera A, et al. Biomass equations for shrub species of *Tamaulipan thornscrub* of north-eastern Mexico [J]. Journal of Arid Environments, 2004, 59(4): 657-674.
- [19] 张德魁,王继和,马全林,等. 油蒿与沙蒿枝构件特征研究[J]. 草原与草坪,2009(1):43-46.
- [20] 何明珠,王辉,张景光. 民勤荒漠植物枝系构型的分类研究[J]. 西北植物学报,2005,25(9):1827-1832.
- [21] 孙栋元,赵成义,王丽娟,等. 荒漠植物构型研究进展[J]. 水土保持研究,2011,18(5):281-287.
- [22] 宋乃平,杨新国,何秀珍,等. 荒漠草原人工柠条林重建的土壤养分效应[J]. 水土保持通报,2012,32(4):21-26.
- [23] 刘任涛,杨明秀,朱凡. 荒漠草原柠条新萌蘖枝叶相关关系及生态学意义[J]. 生物数学学报,2013,28(1):179-184.