

# 一个新的单木竞争指标——相对有效冠幅比

王迪生 宋新民

关键词 阳性有效冠幅、单木竞争指标、林分密度

单木与距离无关的竞争指标,通常使用各种优势度,如相对冠幅( $CW_i/\overline{CW}$ )、相对胸径( $D_i/\overline{D}$ )等<sup>[1,2]</sup>表示,这些指标只能反映个体在林分中所占优势情况,而不能与其生长空间联系起来,故不能较为客观地反映单木实际竞争水平。根据河北省塞罕坝机械林场华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii* Mayr)人工林实际资料,通过分析阳性有效冠幅及其动态预测方法,将个体阳性有效冠幅与相同胸径疏开木的有效冠幅之比——相对有效冠幅比(RECR)作为一个能反映林分中单木受周围林木竞争程度、描述单木生长受影响情况的单木竞争指标。

## 1 阳性有效冠幅的概念及其特性

阳性冠是指四周与近邻木接触点最高处枝条基部(即阳性冠底)以上的树冠部分<sup>2)</sup>。它不受挤压、遮挡,直接外露,可以接受阳光照射;而以下的阴性冠通常受上部枝条和周围树木树冠的遮挡,不能直接照射阳光,仅能靠微弱的散射或透射光维持生理活动。阳性冠的冠幅大小即称作阳性冠幅。

日本 Tadaki 等<sup>2)</sup>认为,阳性冠幅部分光合效率最高,是树木体内光合有机产物的主要来源,而下部的枝条净光合效率低,对树木机体生长贡献很小。他通过从树梢到树干基部不同部位断面积生长量分析,发现从树梢开始随高度降低,断面积生长量增加,当达到阳性冠底位置后,其生长量趋于稳定。表1是5株来自不同林分的华北落叶松不同位置树干断面积连年生长量,从表中可见,阳性冠是树木生长的有效冠,其冠幅称阳性有效冠幅,而该部位以下断面积生长量趋于一致,因此在研究林木冠幅空间大小时,可以不考虑这部分树冠。

## 2 华北落叶松不同密度(CCF)林分阳性有效冠幅直径与胸径关系

华北落叶松阳性有效冠幅直径与胸径之间呈线性关系,可用一元线性模型( $SunCW_i = AA + BB \cdot D_i$ )描述,56块不同CCF的临时标准地资料分别进行拟合,其结果通过F检验均达极显著相关。由参数AA和BB与CCF的散点图(图1,2)知,AA随CCF变化具有一定规律性,而BB与CCF没有明显相关关系,可见阳性有效冠幅直径与胸径关系受林分密度影响,这个结论与另外一些学者的研究结果一致,如Curtis<sup>[3,4]</sup>研究疏开木和各种不同密度林分冠幅直径

1993-11-25 收稿。

王迪生助理工程师(林业部调查规划设计院 北京 100714);宋新民(北京林业大学林业资源学院)。

1)谢守鑫. 华北落叶松人工林单木模型的研究(北京林业大学硕士学位论文). 1991.

2)韩兴吉. 油松人工林生长的数学模拟(北京林业大学硕士学位论文). 1985.

关系时发现:密度不同,冠幅直径和胸径线性关系不同,而且这种回归直线在平面坐标系上通常位于疏开木和最大密度林分冠幅直径——胸径直线之间;吴志德等<sup>1)</sup>研究杉木冠幅直径与胸径关系时也发现,相同胸径的立木冠幅直径存在着随林分郁闭度增大而减小的规律。主要原因是,当密度(如 CCF、郁闭度)不同时,林木树冠平均受挤压状况不同,导致树冠发育不一致。可见这种规律带有普遍性,利用这种规律可以得到不同密度(CCF)林分的阳性冠幅直径与胸径回归关系,预测不同林分或同一林分不同年龄时各林木的阳性有效冠幅。

表 1 5 株解析木各部位断面面积连年生长量

1		2		3		4		5	
H(m)	ΔG(cm <sup>2</sup> )	H(m)	ΔG(cm <sup>2</sup> )	H(m)	ΔG(cm <sup>2</sup> )	H(m)	ΔG(cm <sup>2</sup> )	H(m)	ΔG(cm <sup>2</sup> )
1.0	2.450	0.0	9.914	0.5	10.392	0.5	10.937	0.5	4.509
1.3	2.780	0.5	7.223	1.3	8.981	0.6	8.043	1.3	4.100
2.0	2.592	1.3	6.005	1.5	9.702	1.3	7.980	1.5	4.027
3.0	2.735	1.5	5.732	2.5	9.672	1.5	9.503	2.0	3.450
4.0	2.199	2.5	5.402	3.5	10.407	1.7	11.593	2.5	4.165
5.0	1.995	3.5	6.945	4.5	8.503	2.5	10.037	3.0	4.493
5.3	2.155	4.5	5.991	5.5	10.603	3.5	12.189	4.0	4.531
5.8	2.091	5.5	5.132	5.9*	10.492	3.7*	10.430	4.7	3.964
6.0	2.380	6.0	5.107	6.5	9.472	4.5	10.680	5.0	4.601
6.2*	2.465	6.5	5.105	7.5	8.467	5.5	5.680	5.5*	4.798
6.5	2.393	6.8*	5.292	8.5	5.993	6.5	4.646	6.0	4.254
7.0	2.249	7.5	4.385	9.5	3.989	7.5	2.442	6.5	4.260
8.0	1.863	8.5	3.354	10.5	0.746	8.0	0.754	7.0	3.746
8.5	0.835	9.0	2.364	11.0	0.259	9.0	0.377	7.5	0.895

注: \* 为外业调查时测定的阳性冠底部位。

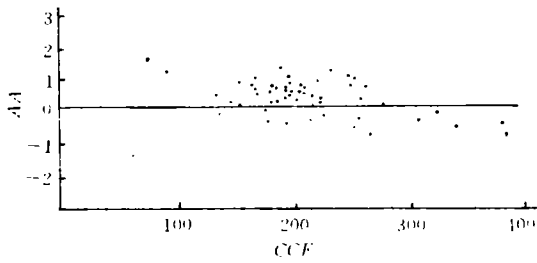


图 1 AA 随 CCF 变化散点图

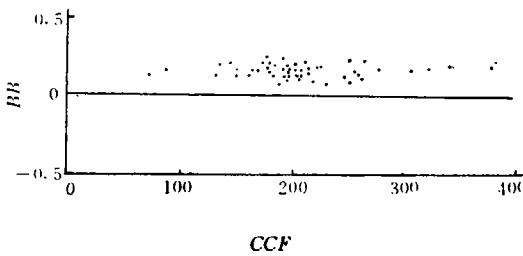


图 2 BB 随 CCF 变化散点图

采用参数预估技术,得到华北落叶松人工林不同密度(CCF)的阳性有效冠幅直径与胸径回归模型:

$$SunCW_i = 1.040636(1 - 0.177218e^{0.0060706CCF}) + 0.167868D_i \quad (1)$$

式中  $SunCW_i$ 、 $D_i$  分别表示林木阳性有效冠幅直径和胸径。模型通过 2111 株样木的回检以及 42 株未参加建模样木的实际检验,绝大多数误差在 ±15% 以内。

(1) 式中,树冠竞争因子 CCF (Crown Competition Factor)<sup>[3,5,6]</sup> 是一个全林分密度指标,

1) 骆期带. 南岭山地森林立地分类、评价研究(论文集). 林业部中南林业调查规划设计院“七五”攻关子专题, 1990.

反映林木总体平均竞争水平。关于  $CCF$  的特性, Krajicek<sup>[6]</sup> 已有过详细的描述, 对于华北落叶松人工林来说, 其特性据另外的研究得知,  $CCF$  最小值和最大值分别为 78.5 和 390, 虽然不受立地、年龄的直接影响, 但因为林分结构随年龄、立地而变化, 对于某林分  $CCF$  随年龄变化是近似于 S 型动态变化的。当  $CCF=78.5$  时, (1) 式则变为疏开状态下最大有效冠幅直径与胸径回归模型, 其值比最大活冠幅直径为小, 说明疏开木最大活冠幅并非对树木生长均是有效的。从表 2 中可得出, 一般疏开木最大冠幅直径的 70% 为有效冠幅直径。由于此原因, 林分中当树木树冠在一定范围内受挤压时, 只要其阳性有效冠幅不受影响, 则对林木生长所受影响不大, 反而有利于提高木材质量以及改善林内卫生状况。

表 2 疏开木不同直径的最大冠幅和阳性有效冠幅比较

胸径 (cm)	冠幅直径			冠幅面积		
	最大(m)	有效(m)	比率(%)	最大(m <sup>2</sup> )	有效(m <sup>2</sup> )	比率(%)
5	2.39	1.66	66.0	4.5	1.96	43.6
6	2.61	1.82	66.9	5.3	2.40	44.7
7	2.83	1.99	67.6	6.3	2.89	45.7
8	3.05	2.16	68.2	7.3	3.41	46.5
9	3.27	2.33	68.7	8.4	3.99	47.2
10	3.50	2.50	69.1	9.6	4.60	47.8
11	3.72	2.66	69.5	10.8	5.26	48.4
12	3.94	2.83	69.9	12.2	5.97	48.9
13	4.16	3.00	70.2	13.6	6.72	49.3
14	4.38	3.17	70.5	15.0	7.51	49.7
15	4.60	3.33	70.8	16.6	8.35	50.1
16	4.82	3.50	71.0	18.2	9.23	50.4
17	5.04	3.67	71.2	20.0	10.1	50.8
18	5.26	3.84	71.4	21.7	11.1	51.0
19	5.48	4.01	71.6	23.6	12.1	51.3
20	5.70	4.17	71.8	25.6	13.2	51.5
21	5.93	4.34	71.9	27.6	14.3	51.8
22	6.15	4.51	72.1	29.7	15.4	52.0
23	6.37	4.68	72.2	31.8	16.6	52.2
24	6.59	4.85	72.3	34.1	17.8	52.3
25	6.81	5.01	72.4	36.4	19.1	52.5
26	7.03	5.18	72.6	38.8	20.4	52.7
27	7.25	5.35	72.7	41.3	21.8	52.8
28	7.47	5.52	72.8	43.9	23.2	53.0
29	7.69	5.69	72.8	46.5	24.7	53.1
30	7.91	5.85	72.9	49.2	26.2	53.2
平均	5.16	3.68	70.8	23.1	11.9	50.1
标准差	1.69	1.28	1.97	13.8	7.5	2.8

### 3 单木竞争指标 $RECR$ 及计算方法

林木生长空间压力的大小, 即林木生长受影响的程度, 不仅与树木自身大小、优劣(优势度)有关, 而且受周围竞争木大小、生长状况等的影响。竞争效应可以通过树木的生长现状或生

活空间的拥挤程度综合描述。前面的讨论得出,对疏开木来说,仅上部树冠(冠幅为最大冠幅的70%左右)对生长是有效的。如将有效冠幅看成是树木生长的有效空间,则相同胸径疏开木的有效冠幅成为树木生长的最大有效生活空间。这种空间随树木大小而变,当树木实际占有空间超过其最大生长空间时,树木之间过于稀疏,林地利用率低,造成生长空间的浪费;而当实际占有空间低于其最大生活空间时,树木生长必然会受到影响,并且随着生长空间的减小,影响愈明显,当达到致死空间时树木生长停止直至死亡。因此利用林分中林木实际拥有的阳性有效冠幅直径与其疏开状态下充分得到生长时最大有效冠幅直径之比即阳性有效冠幅比(*RECR*),可以反映林木在林分中的地位,反映林木实际生长空间与所需的最大生长空间的差距,从而反映了林木所受竞争程度。这样,*RECR* 不仅考虑了不同大小林木所需的生长空间不同,而且将其与充分发挥潜力时的潜在有效生长空间联系起来。

林分中某胸径 *i* 的林木其相对有效冠幅比 *RECR<sub>i</sub>* 可计算如下:

$$RECR_i = \frac{\text{林分中 } D_i \text{ 林木的阳性有效冠幅直径}}{\text{相同胸径 } D_i \text{ 的疏开木有效冠幅直径}} \quad (2)$$

因此,只要知道了林木实际阳性有效冠幅直径和疏开状态时有效冠幅直径,就可以计算具体林木的 *RECR*,同时,由于阳性有效冠幅直径与胸径之间线性关系显著,也可以通过预估各种密度下林木阳性有效冠幅直径及疏开时有效冠幅直径来计算,如华北落叶松单木 *RECR* 的计算经验式为:

$$RECR_i = \frac{1.040\ 636(1 - 0.177\ 218e^{0.006\ 070\ CCF}) + 0.167\ 868\ D_i}{0.722\ 421\ 8 + 0.167\ 868\ D_i} \quad (3)$$

#### 4 单木竞争指标(*RECR*)的分析与应用

单木竞争指标(*RECR*)是一个相对指标,反映了林木实际具有的阳性有效生长空间与疏开时充分生长所应有的生长空间差距。以单株林木为测算对象,同时考虑到了周围一定范围内林木对对象木所产生的综合竞争影响,但又避免了直接通过确定竞争圈、通过竞争圈内竞争木状况而去计算竞争压力。*RECR* 取值于[0,1],当值等于0时,表示某林木已经严重被压,濒临枯死;随着 *RECR* 值的增大,林木竞争程度愈低,生长影响愈小,当值等于1时,表示林木处于疏开状态,不受周围林木竞争影响,与疏开状态下林木生长情况相同。

由图3可见,*RECR<sub>i</sub>* 值愈大,林木受竞争程度愈低;不同密度 *CCF* 林分,随 *CCF* 增大,相同胸径的林木 *RECR* 值愈小;而同一密度 *CCF* 的林分,随胸径 *D<sub>i,3</sub>* 增大,*RECR<sub>i</sub>* 亦增大,并趋于稳定,可见 *RECR<sub>i</sub>* 的描述与华北落叶松生物学特性相符。

与距离无关的单木竞争指标 *RECR* 计算简便,动态预测能力强,应用方便,能够较客观地评价单株林木遭受竞争挤压的状况,描述林

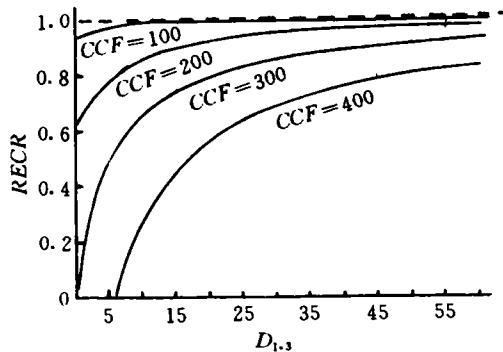


图3 华北落叶松不同 *CCF* 下 *RECR* 随胸径 *D<sub>1,3</sub>* 变化曲线

木生长受影响程度,具有良好的数学逻辑和生物学意义。适用于同龄尤其是阳性树种组成的单层林,具有多方面用途,如:(1)用于生态学中进行种群个体动态消长变化分析与研究;(2)用于森林经营中调整林分密度,提高林地生产力,指导抚育间伐选择间伐木;(3)用于建立林分或单木生长收获模型,枯死率模型,掌握单木或林分生长动态变化,提供森林经理决策的依据等。

### 参 考 文 献

- 1 关玉秀,张守攻. 竞争指标的分类与评价. 北京林业大学学报,1992,14(4):1~8.
- 2 唐继林. 山杨中龄林林木竞争指数的研究( I ). 北京林业大学学报,1988,10(1):86~91.
- 3 Clutter J L, Fortson J C, Pienaar L V, et al. Timber management —— a quantitative approach. New York: John Wiley & Sons, 1983.
- 4 Curtis R O. Stand density measures, an interpretation. For. Sci. , 1970, 16: 403~414.
- 5 Davis L S, Johnson K N. Forest management (3rd Edition); New York: McGraw-Hill Book Company. 1987.
- 6 Krajieck J E, Brinkman K A, Gingrich S F. Crown competition factor——a measure of density. For. Sci. , 1961, 7: 35~42.

## A New Single-tree Competition Measure——Relative Effective Crown Ratio

Wang Disheng      Song Xinmin

**Abstract** In this paper, a new single-tree competition measure——Relative Effective Crown Ratio(RECR), which is independent of distance, is put forward, based on the sunned effective crown and the relationship between the sunned effective crown diameter and the DBH of trees in *Larix principis-rupprechii* stands of different densities in Saihanba Forest Farm, Heibei Province. This measure, which is the ratio of the sunned effective crown diameter of the tree in the stand to that of the open-grown tree with the same DBH, may be used in many aspects in even-aged stands, such as the stand growth dynamic prognosis, stand density control and management etc.

**Key words** sunned effective crown diameter, single-tree competition measure, stand density, forest management

---

Wang Disheng, Assistant Engineer (Academy of Forest Inventory and Planning, the Ministry of Forestry Beijing 100714); Song Xinmin (Forest Resources College of Beijing Forestry University).