

尾叶桉人工林下植被物种多样性研究

张华 (深圳职业技术学院, 广东深圳 518055)

摘要 通过对广东珠三角地区尾叶桉人工林野外样方调查, 对林下植物物种多样性开展研究, 分析了尾叶桉人工林植物群落物种多样性的基本特征, 初步揭示了尾叶桉人工林植物群落物种多样性的内在规律。

关键词 尾叶桉; 人工林; 物种多样性特征

中图分类号 S718.54 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)30-14717-03

Study on Species Diversity of *Eucalyptus urophylla* Plantation

ZHANG Hua (Shenzhen Polytechnic, Shenzhen, Guangdong 518055)

Abstract Based on the investigation of *Eucalyptus urophylla* plantation in the Pearl River Delta of Guangdong, the species diversity of *Eucalyptus urophylla* plantation communities were analyzed. The inner laws of species diversity of *Eucalyptus urophylla* plantation communities were preliminarily revealed.

Key words *Eucalyptus urophylla*; Plantation; Species diversity

桉树(*Eucalyptus* spp.)原产澳大利亚、印度尼西亚和菲律宾等国。因其生长迅速,用途广泛,经济价值大,是全球三大著名速生树种(松、杨、桉)之一。我国最早于1890年引种桉树,但大量推广种植是在20世纪70~80年代。目前我国桉树人工林面积仅次于巴西,列世界第2位;已有16个省(市、自治区)共栽植200多个桉树品种,人工林面积约150万 hm^2 ^[1-2]。

随着桉树人工林的广泛种植,它所引发的生物多样性下降问题被越来越多的专家学者关注^[3-6]。在广东经济快速发展的形势下,城市对周边山林的生态功能要求大大提高,珠三角已有多个城市开始生态风景林建设工作^[7-8]。从总体上看,现存的大面积人工按林在较长的时期内仍将承担重要的生态防护功能,这对人工桉树林的管理提出了更高要求。笔者以珠三角地区的5个保护较好的尾叶桉(*Eucalyptus urophylla*)人工林为研究对象,进行系统的群落学调查,试图通过对尾叶桉人工林生物多样性的研究,初步揭示尾叶桉人工林植物群落物种多样性的基本特征,探索尾叶桉人工林植物群落物种多样性的内在规律。

1 研究区概况

该研究主要在广东省珠三角地区尾叶桉栽培区内进行,根据不同地理区域,在深圳市凤凰山、大南山、羊台山、塘朗山、中山市大尖山、广州市增城林场等地设标准地进行调查。该区域位于珠三角中部和南部,114°05'~113°23' E, 23°37'~22°16' N之间,属南亚热带气候,年均气温为21~24℃,雨量充沛,平均降雨量在1500 mm以上。尾叶桉人工林多分布在低山丘陵地段,与周边城市距离较近,土壤类型以赤红壤为主。

2 研究方法

2.1 调查方法 在研究区范围内设置400 m^2 尾叶桉林标准地10个(表1)。在标准地内进行每木检尺。每个标准地中设置5个(5 m×5 m)小样方进行灌木层的调查,5个(2 m×2 m)小样方进行草本层调查。记录项目包括:乔木的高度、胸径、冠幅以及乔木层郁闭度、灌木和草本种类、高度、盖度、株数、生境因子如海拔、坡向、坡度、坡位、土壤条件等^[9-11]。

表1 调查样地基本情况

Table 1 The basic situations of the investigated sample plots

标准地号 Standard sample plot	地区 Areas	乔木树种 Arbor tree species	乔木层 Arbor layer					环境概况 Environment situations
			株数 Plant number	林龄//年 Forest age	郁闭度 Canopy density	平均胸径//cm Average diameter at breast height	平均树高//m Average tree height	
1	凤凰山	尾叶桉	51	9	0.81	13.10	17.8	地处小丘顶,土层较厚
2	凤凰山	尾叶桉	47	10	0.74	14.36	18.5	地处山脚,土层较厚,林地湿润
3	羊台山	尾叶桉	45	12	0.76	16.23	19.9	地处山坳,土层较厚
4	羊台山	尾叶桉	43	12	0.73	16.41	19.1	山坡中上部,阳坡,坡度23°
5	塘朗山	尾叶桉	42	8	0.66	13.34	16.7	山坡中上部,林下草本覆盖度较大
6	塘朗山	尾叶桉	37	6	0.78	13.01	15.1	地处山脚,土层较厚
7	大尖山	尾叶桉	58	6	0.76	12.78	11.4	地处山坳,林地湿润,土层较厚
8	大尖山	尾叶桉	64	7	0.80	13.20	14.7	山坡上部,土层较厚,坡度31°
9	增城林场	尾叶桉	59	8	0.84	14.23	15.3	地处小山丘,土层较厚
10	增城林场	尾叶桉	63	8	0.80	12.67	16.2	山坡下部,土层较厚

2.2 物种多样性指标的计算

2.2.1 采用J. T. Curtis和R. P. Mcintosh提出的重要值概念进行重要值计算^[9-16]。

作者简介 张华(1972-),男,广西柳州人,讲师,从事园林、园艺方面的教学与科研工作。

收稿日期 2009-05-31

灌木层和草本层的重要值(IV)=[相对密度(盖度)+相对频度]/2

2.2.2 物种多样性的计算。

(1)物种丰富度 S。S=样地内出现的物种数目。

(2)Shannon-Wiener 多样性指数 H。 $H = - \sum_{i=1}^S (P_i \ln P_i)$

式中,S是样地中的物种数; $P_i = n_i/N$, n_i 是第*i*个物种的个体数, P_i 代表第*i*个物种的相对多度。

(3)Simpson 多样性指数 D。 $D = 1 - \frac{\sum_{i=1}^S [n_i(n_i - 1)]}{N(N - 1)}$

式中, n_i 、N和S的含义同上。

(4)种间相遇几率 PIE。 $PIE = \sum_{i=1}^S [(n_i/N)(N - n_i)(N - 1)]$

(5)Pielou 物种均匀度指数 E。 $E = \frac{H}{\ln S}$

鉴于植物个体数目计数困难,笔者采用重要值作为多样性指数的计算依据^[9,17-18]。

2.2.3 运用 SPSS 统计软件对数据进行分析。

3 结果与分析

3.1 尾叶桉林下主要组成物种 尾叶桉林下主要组成物种列于表2。

表2 尾叶桉林下植被主要组成物种

Table 2 Main species composition of vegetation under *Eucalyptus urophylla* plantation

地区	灌木层主要物种	草本层主要物种
Areas	Tree species in shrub layer	Tree species in herb layer
凤凰山	鸭脚木 <i>Schefflera octophylla</i> 、黄瑞木 <i>Adinandra milleitii</i> 、梅叶冬青 <i>Ilex asprella</i> 、九节 <i>Psychotria rubra</i> 、荷木 <i>Schima superba</i> 、漆树 <i>Toxicodendron verniciflnum</i> 、银柴 <i>Aporusa dioica</i>	铁芒箕 <i>Dicranopteris linearis</i> 、金星蕨 <i>Parathelypteris glanduligera</i> 、乌蕨 <i>Stenoloma chusana</i> 、宽叶沿阶草 <i>Ophiopogon platyphyllus</i> 、华南紫萁 <i>Osmunda vachellii</i>
羊台山	鸭脚木 <i>Schefflera octophylla</i> 、藜蒴 <i>Castanopsis fissa</i> 、马占相思 <i>Acacia mangium</i> 、破布叶 <i>Microcos paniculata</i> 、银柴 <i>Aporusa dioica</i> 、楝叶吴茱萸 <i>Evodia glabrifolia</i> 、山乌柏 <i>Sapium discolor</i> 、九节 <i>Psychotria rubra</i> 、荷木 <i>Schima superba</i>	半边旗 <i>Pteris semipinnata</i> 、狗尾草 <i>Setaria</i> spp.、金星蕨 <i>Parathelypteris glanduligera</i> 、铁线蕨 <i>Asplenium</i> spp.、金毛狗 <i>Cibotium barometz</i> 、淡竹叶 <i>Lophatherum gracile</i>
塘朗山	梅叶冬青 <i>Ilex asprella</i> 、荷木 <i>Schima superba</i> 、银柴 <i>Aporusa dioica</i> 、胶樟 <i>Litsea glutinosa</i> 、桃金娘 <i>Rhodomyrtus tomentosa</i>	铁芒箕 <i>Dicranopteris linearis</i> 、淡竹叶 <i>Lophatherum gracile</i> 、白茅草 <i>Imperata cylindrica</i> 、乌蕨 <i>Stenoloma chusana</i> 、悬钩子 <i>Rubus</i> spp.
大尖山	荷木 <i>Schima superba</i> 、马尾松 <i>Pinus massoniana</i> 、藜蒴 <i>Castanopsis fissa</i> 、大叶相思 <i>Acacia auriculiformis</i> 、台湾相思 <i>Acacia confusa</i> 、山杜英 <i>Elaeocarpus sylvestris</i> 、野桐 <i>Mallotus japonicus</i>	铁芒箕 <i>Dicranopteris linearis</i> 、丝茅草 <i>Graminae</i> spp.、萹草 <i>Arthraxon hispidus</i> 、野牡丹 <i>Melastoma candidum</i> 、淡竹叶 <i>Lophatherum gracile</i> 、莎草 <i>Cyperus</i> spp.
增城林场	木姜子 <i>Litsea pungens</i> 、藜蒴 <i>Castanopsis fissa</i> 、山乌柏 <i>Sapium discolor</i> 、野桐 <i>Mallotus japonicus</i> 、鸭脚木 <i>Schefflera octophylla</i> 、银柴 <i>Aporusa dioica</i> 、千年桐 <i>Vernicia montana</i> 、杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i> 、荷木 <i>Schima superba</i>	乌蕨 <i>Stenoloma chusana</i> 、淡竹叶 <i>Lophatherum gracile</i> 、野牡丹 <i>Melastoma candidum</i> 、宽叶沿阶草 <i>Ophiopogon platyphyllus</i> 、二花珍珠茅 <i>Scleria biflora</i> 、莎草 <i>Cyperus</i> spp.

3.2 不同地区尾叶桉林下植被物种多样性的比较分析 该

文所计算的物种多样性是 α 多样性,主要应用 Simpson 指数(D)、Shannon-Wiener 指数(H)、种间相遇几率(PIE)、Pielou 均匀度指数(E)以及物种丰富度(S)。其分析结果见表3。

3.2.1 灌木层物种多样性。从表3的各多样性指数来看,其结果基本一致,但也存在略微差别(Simpson 指数与种间相遇几率计算结果与标准地大小顺序基本一致),这主要是不同指数计算公式对取样技术和取样面积大小的敏感度不同,其中以 Shannon-Wiener 多样性指数 H 最简单,对面积大小的敏感度最低,是进行多样性度量的较好指标^[19]。笔者主要采用 H 指数和物种丰富度进行比较。

灌木层物种数在标准地间的变化为 6~19,标准地灌木层平均物种 12.6 种,以羊台山的尾叶桉林下物种数最多(标准地 3 为 19 种),以增城林场 10 号标准地最少(6 种)。各个标准地 H 指数的变化为 1.102 6~2.572 9,标准地平均 H 指数 1.888 7,以羊台山的尾叶桉林下 H 指数最高,为 2.572 9(3 号标准地)。

表3 各调查样点物种多样性指数

Table 3 Species diversity index in different investigated sample plot

地区	标准地号	层次	S	H	D	PIE	E	
Areas	No. of standard plot	Layer						
凤凰山	1	灌	9	1.891 9	0.788 0	0.788 1	0.861 0	
		草	24	2.463 7	0.884 0	0.884 9	0.775 2	
	2	灌	17	2.196 6	0.868 8	0.869 5	0.775 3	
		草	23	2.571 1	0.908 3	0.909 4	0.820 0	
	羊台山	3	灌	19	2.572 9	0.802 0	0.802 3	0.873 8
			草	28	2.702 5	0.926 8	0.928 1	0.811 0
塘朗山	5	灌	16	2.356 4	0.849 9	0.850 5	0.849 9	
		草	25	2.641 3	0.909 7	0.910 8	0.820 6	
大尖山	7	灌	17	1.924 3	0.760 9	0.754 8	0.679 2	
		草	26	2.342 3	0.848 7	0.849 3	0.718 9	
增城林场	9	灌	7	1.570 7	0.614 0	0.613 6	0.807 2	
		草	13	1.621 3	0.779 1	0.780 2	0.632 1	
增城林场	10	灌	11	1.994 7	0.666 8	0.672 0	0.831 9	
		草	14	2.105 7	0.855 9	0.856 6	0.797 9	
增城林场	10	灌	9	1.400 1	0.750 7	0.750 5	0.637 2	
		草	16	1.838 2	0.782 6	0.782 7	0.663 0	
增城林场	10	灌	15	1.877 2	0.813 8	0.814 0	0.693 2	
		草	24	2.524 9	0.893 3	0.894 3	0.794 5	
增城林场	10	灌	6	1.102 6	0.462 9	0.467 0	0.615 4	
		草	13	1.926 8	0.806 6	0.806 8	0.751 2	

从不同地区来看,虽有一定的差别,但总体上差异不明显,表现出基本一致的 H 多样性指数和物种丰富度。根据方差分析的结果表明:地区间灌木层的 H 指数(P=0.187 5)和物种丰富度(P=0.628 6)差异性不显著,可以认为几个地区尾叶桉林灌木层的物种多样性是基本一致的。

3.2.2 草本层物种多样性。草本层物种数在标准地间的变化为 13~28,标准地平均物种 20.6 种。大部分标准地中均表现出明显的优势物种,有的优势物种其重要值占 50% 以上。各标准地 H 指数变化幅度为 1.621 3~2.702 5,平均 H 指数 2.273 8,以羊台山 3 号样地尾叶桉林下 H 指数最高,为 2.702 5。采用 H 指数和物种丰富度进行地区间草本层比较,表现出基本一致的 H 多样性指数(P=0.224 6)和物种丰富

度($P=0.3771$)。可以认为几个地区尾叶桉林草本层的物种多样性是基本一致的。

3.3 尾叶桉林群落与天然林物种多样性的比较分析 从灌木层和草本层的 H 多样性指数和物种丰富度比较(图 1、2)可以看出,在各标准地中,灌木层和草本层的多样性曲线变化趋势是一致的,整体上草本层的多样性指数高于灌木层多样性指数。尾叶桉人工林群落不同层次的物种多样性的大小顺序是:草本层 > 灌木层 > 乔木层,乔木层一般只有尾叶桉一个种群组成。而叶万辉、史军辉等对鼎湖山天然林群落物种多样性研究^[20-21]结果显示,多样性大小的顺序为:灌木层 > 草本层 > 乔木层。

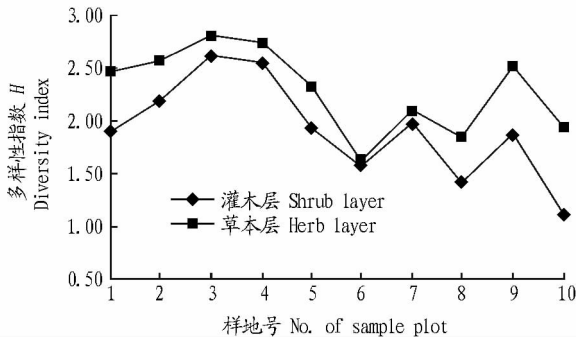


图 1 尾叶桉林下灌木层与草本层多样性指数 H 比较

Fig. 1 Shannon-wiener index (H) comparison of shrub layer and herb layer under *Eucalyptus urophylla* plantation

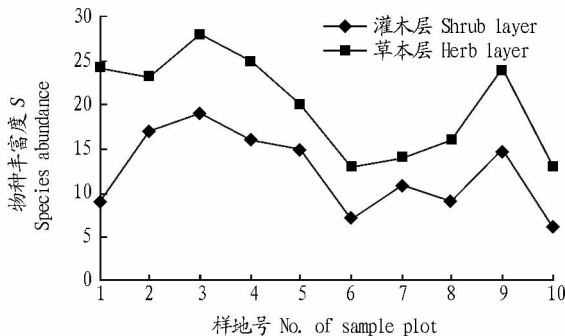


图 2 尾叶桉林下灌木层与草本层物种丰富度比较

Fig. 2 Species abundance comparison of shrub layer and herb layer under *Eucalyptus urophylla* plantation

对比上述两种结果可以看出,尾叶桉人工林群落和天然林的物种多样性在群落的垂直结构上具有不同特征:在天然林中是灌木层的丰富度大于草本层,而在尾叶桉人工林群落中情况则相反,草本层大于灌木层。

4 结论与讨论

林下植物对改善表层土壤肥力、减少林地水土流失、促进凋落物的分解等具有明显的作用。林下植物多样性的提高,还可有效减轻林分病虫害的发生和增加系统的稳定性。因而研究尾叶桉人工林下植物物种多样性特征,对调控人工林林分的群落结构、促进和恢复林下植物物种多样性及保持生态系统稳定性具有重要意义。笔者从尾叶桉群落多样性特征的 4 个方面进行研究,主要结论如下:

(1) 在此次研究范围内尾叶桉林下物种较为丰富,灌木层和草本层物种共计 57 种,其中灌木层物种 26 种,草本层 47 种(其中包含部分灌、乔木幼苗种类)。标准地内平均总物

种为 21.57 种,各地区平均物种数 28.3 种(2 个 400 m² 标准地内)。

(2) 在灌木层中,物种数在标准地间的变化为 6~19,标准地平均物种 12.6 种。各个标准地 H 指数的变化为 1.102 6~2.572 9,标准地平均 H 指数 1.888 7。5 个地区尾叶桉林灌木层的物种多样性是基本一致的。

(3) 在草本层中,物种数在标准地间的变化为 13~28,标准地平均物种 20.6 种。大部分标准地中均表现出明显的优势物种。各标准地的 H 指数变化幅度为 1.621 3~2.702 5,标准地平均 H 指数 2.273 8。5 个地区尾叶桉林草本层的物种多样性是基本一致的。

(4) 尾叶桉人工林群落不同层次的物种多样性的大小顺序是:草本层 > 灌木层 > 乔木层,若按层次来看,草本层的变化幅度比灌木层要小,但两者间的差异不显著。未表现天然林群落灌木层 > 乔木层 > 草本层的显著性差异。

(5) 尾叶桉人工林这种多样性格局形成的可能原因是,首先尾叶桉是速生树种,具有较强的资源竞争能力,生长速度明显高于其他物种,在群落形成早期就能迅速占领群落的最上层形成乔木层,一方面形成的林冠减少了下层物种对光的利用,使林下植被的生长受到抑制^[22-23],减小林下乔木物种进入乔木层的机率,短期内一般没有其他物种进入乔木层,所以乔木层一般只有尾叶桉一个物种,物种非常单一。草本层的物种多样性大于灌木层的可能原因是,由于尾叶桉人工林群落形成的时间一般都比较短,灌木层发育时间尚不充足;而且上层尾叶桉属阳性树种,使得林下具有更丰富的阳光照射到草本层而使草本层物种多样性提高。这种林下光强的变化以及土壤的镶嵌提供了更丰富的微生境,从而提供了草本层物种多样性增加的环境条件。关于林冠郁闭度对灌、草层多样性的影响及其机制还有待进一步的研究来剖析。除此之外,草本层中也不仅是草本的物种,调查结果表明,草本层中存在着大量的灌木和乔木的幼苗,这也是草本层物种多样性一般比灌木层高的原因之一。

参考文献

- [1] 刘永提,高登梅,甘德军. 桉树引种栽培的调查研究[J]. 湖北林业科技, 2004(21): 18-21.
- [2] 杨民胜,吴志华,陈少雄. 桉树的生态效益及其生态林经营[J]. 桉树科技, 2006(1): 32-39.
- [3] 赵一鹤,杨宇明,杨时宇,等. 桉树人工林生物多样性研究进展[J]. 云南农业大学学报,2007,22(5): 741-746.
- [4] 庞正毅. 关于桉树人工林生态问题的讨论[J]. 广西林业,2008(5): 57-64.
- [5] 于福科,黄新会,王克勤,等. 桉树人工林生态退化与恢复研究进展[J]. 中国生态农业学报,2009,17(2): 393-398.
- [6] 陈少雄. 桉树生态问题的来源与对策[J]. 热带林业,2005,33(4): 26-30.
- [7] 孙冰,尹光天,廖绍波,等. 深圳市生态风景林体系总体规划与布局研究[J]. 中国城市林业, 2004,2(4): 8-11.
- [8] 薛春泉,李松峰,李嘉骅,等. 佛山市城市森林发展规划[J]. 中国城市林业,2005,3(6): 29-32.
- [9] 陈灵芝,马克平. 生物多样性科学:原理与实践[M]. 上海:上海科学技术出版社,2001.
- [10] 中国科学院生物多样性委员会. 生物多样性研究的原理与方法[M]. 北京:中国科学技术出版社,1994.
- [11] PIELOU E C. Ecological diversity [M]. New York: A Wiley Interscience Publication. John Wiley & Sons, 1975.
- [12] 郎璞玫,娄从艳. 森林多样性指数簇及其本质性分析[J]. 北京林业大学学报,2008(5): 148-153.

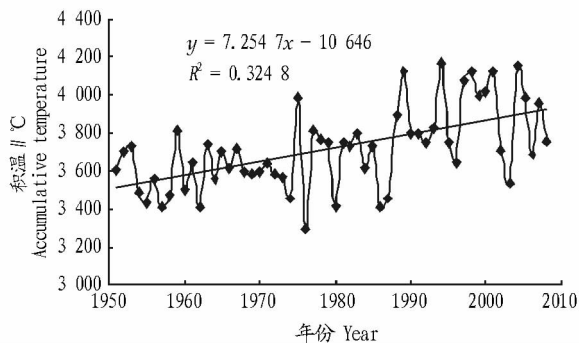


图3 历年 $\Sigma T \geq 10\text{ }^\circ\text{C}$ 积温变化趋势

Fig.3 Variation trend of annual $\Sigma T \geq 10\text{ }^\circ\text{C}$ accumulative temperature

345 $^\circ\text{C}$ 。

表3 20世纪至今各年代平均 $\Sigma T \geq 10\text{ }^\circ\text{C}$ 积温与距平值

Table 3 Average accumulative temperature $\Sigma T \geq 10\text{ }^\circ\text{C}$ and departure value of each age $^\circ\text{C}$

年代 Age	平均 $\Sigma T \geq 10\text{ }^\circ\text{C}$ 积温 Average accumulative temperature $\Sigma T \geq 10\text{ }^\circ\text{C}$	距平值 Departure
50年代 50s	3 569	-145
60年代 60s	3 614	-100
70年代 70s	3 627	-87
80年代 80s	3 729	15
90年代 90s	3 914	200
2000后 After 2000	3 863	149
历年平均 Mean	3 714	-

2.2 月平均气温趋势分析。根据基准年各月平均气温分析,在1~4月这段时间里,月平均气温距平值离散最大,见图4。就全年来说,增温最为明显时间在12~4月,占全年增温幅度的60%以上。也就是说,冬半年增温幅度大于夏半年。从年代平均气温分析来看,1~4月平均气温极差在2.0~3.4 $^\circ\text{C}$,5~12月平均气温极差在1.2~1.8 $^\circ\text{C}$,再次说明大连增温主体在寒冷的季节里。

3 结论与讨论

3.1 气温变化趋势 大连从1988年开始气温在逐年明显升高,冬季比夏季增温提前1~2 a。59年年平均气温升高了1.9 $^\circ\text{C}$; $\Sigma T \geq 10\text{ }^\circ\text{C}$ 积温增加400 $^\circ\text{C}$ 。升高阶段主要表现在1~4月时间段里,冬季气温变率最大,达到207.1%,说明冬季增温幅度十分明显,这也是近些年暖冬频繁出现的结果。

第3、第4基准年增温显著,近20年(1989~2008年)平均气温比前39年升高了1.3 $^\circ\text{C}$, $\Sigma T \geq 10\text{ }^\circ\text{C}$ 积温平均增加了280 $^\circ\text{C}$ 。

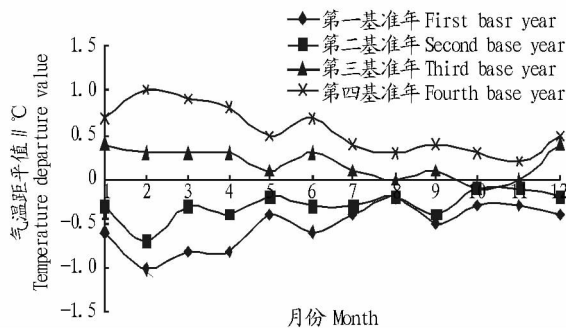


图4 基准年状态下各月气温距平变化趋势

Fig.4 Variation trend of temperature departure of each month under base year

3.2 对农业的影响 气温升高、积温增加使作物生长季延长,利用热量资源,可适当改变植物种群的构成,提高作物生物产量。冬季气温的升高可考虑开展日光温室和霜期农业项目,以延长农业作业时段,增加农民收入。同时冬季气温的升高也给作物病虫害越冬提供了成活条件,在增加有利气候条件的给农业生产和人们生活带来负面影响,可谓是利弊共存。

3.3 建议 针对热量资源增多、气候变暖特别是冬季气温升高,应采取以下措施:气象部门及时为当地政府及农业部门提供气候资源变化、分析依据;气象与农业部门及时交流信息,研究调整作物病虫害预测预报方法;过去指导农业的气象指标失去了有效性和针对性,应尽快研究并寻找适应在新的气候条件下的作物气候指标,只有在变化的气候条件中调整农业生产才能使农业可持续发展。

参考文献

- [1] 衣霞,贾斌,王建,等.聊城市近40年气温变化特征分析[J].安徽农业科学,2008,36(26):11457-11519.
- [2] 唐红玉,翟盘茂,王振宇.1951~2002年中国平均最高、最低气温及日较差变化[J].气候与环境研究,2005,10(4):728-735.
- [3] 于淑秋,林学椿,徐祥德.我国西北地区近50年温度和降水变化[J].气候与环境研究,2003,8(1):9-17.
- [4] 欧爱松,王宏华,彭浩,等.近44年吉首市气温变化统计分析[J].中国农业气象,2006,27(3):183-186.
- [5] 杨永岐.农业气象中的统计方法[M].北京:气象出版社,1982.
- [6] 隋景跃,张国林,梁群.朝阳地区热量资源趋势变化及对农业生产的影响[J].安徽农业科学,2009,37(20):9732-9734.

(上接第14719页)

- [13] 王志高,叶万辉,曹洪麟,等.鼎湖山季风常绿阔叶林物种多样性指数空间分布特征[J].生物多样性,2008(5):454-461.
- [14] WHITTAKER R H, NIERING W A. Vegetation of the Santa Catalina Mountains, Arizona, (II) A gradient analysis of the south slope [J]. Ecology, 1965, 46: 429-452.
- [15] SCHULZE E D, MOONEY H A. Biodiversity and ecosystem function [M]. New York: Springer Berlin Heidelberg, 1993.
- [16] 彭少麟,陈章和.广东亚热带森林群落物种多样性[J].生态科学,1983(2):68-74.
- [17] 马克平.生物群落多样性的测度方法I: α 多样性的测度方法(下)[J].生物多样性,1994,2(4):231-239.

- [18] 刘灿然,马克平.生物群落多样性的测度方法V:生物群落物种数目的估计方法[J].生态学报,1997,17(6):601-609.
- [19] 彭少麟,周厚诚.广东森林群落的组成结构数量特征[J].植物生态学与地植物学学报,1989,13(1):10-17.
- [20] 叶万辉,曹洪麟,黄忠良,等.鼎湖山亚热带常绿阔叶林20公顷样地群落特征研究[J].植物生态学报,2008,32(2):274-286.
- [21] 史军辉,黄忠良,周小勇,等.鼎湖山森林群落多样性垂直分布格局的研究[J].生态学报,2005,24(10):1143-1146.
- [22] 余雪标,钟罗生,杨为东,等.桉树人工林林下植被结构的研究[J].热带作物学报,1999,20(1):66-72.
- [23] 吴钿,刘新田,杨新华.雷州半岛桉树人工林林下植物多样性研究[J].林业科技,2003,28(4):10-13.