

西双版纳人工橡胶林 2015–2016 年冠层小气候特征研究

余丽丽 孙正芝*

滇西应用技术大学珠宝学院

DOI:10.12238/as.v8i3.2786

[摘要] 以西双版纳人工橡胶林为研究对象,利用铁塔冠层小气候仪器获取人工橡胶林冠层气象数据。基于2015–2016年西双版纳人工橡胶林的气象数据,对每个气候因子进行定量研究,研究结果表明:(1)光合有效辐射无论是在旱季还是雨季,在13:00–14:00达到峰值,接近饱和,而后开始下降。(2)橡胶林冠层的空气相对湿度的月变化受空气相对湿度受季节变化和物候的影响,橡胶林空气相对湿度高,使得林分保持高湿环境,形成的水平降水对橡胶林的生态环境有深远影响。(3)饱和水汽压差的变化与橡胶林生长季光合作用的强度呈反比关系。(4)本研究区位于西双版纳,地形特殊,风速低,林冠茂盛,对风有很强的抑制和削减作用。所以,风速对橡胶林、温度、湿度和饱和水汽压差的影响不显著。通过定量评价西双版纳人工橡胶林冠层小气候各因子的特征,可为研究生态尺度上橡胶林冠层光合作用及其环境控制机制提供数据支撑。

[关键词] 人工橡胶林; 气象因子; 季节变化; 西双版纳

中图分类号: S815.3 **文献标识码:** A

Study on canopy microclimate characteristics of Xishuangbanna artificial rubber forest from 2015 to 2016

Lili Yu Zhengzhi Sun*

West yunnan university of applied science

[Abstract] Taking Xishuangbanna artificial rubber forest as the research object, the canopy weather data of artificial rubber can be obtained by using the iron tower canopy microclimate instrument. Based on the meteorological data of Xishuangbanna artificial rubber forest from 2015 to 2016, the quantitative analysis of each climatic factor showed that:(1) Photosynthetically active radiation peaked at 13:00–14:00, whether in the dry season or the rainy season. It was close to saturation and then began to fall. (2) The monthly relative change of air relative humidity of rubber canopy was affected by seasonal changes and phenology of air relative humidity. The relative humidity of rubber forest was so high that the stand maintained high humidity environment, and the horizontal precipitation formed was the ecological environment of rubber forest. (3) The change of saturated water vapor pressure difference was inversely related to the intensity of photosynthesis in rubber forest growing season. (4) This research area was located in Xishuangbanna with special topography, low wind speed and lush forest crown, which had strong inhibition and reduction effect on wind. Therefore, the influence of wind speed on rubber forest, temperature, humidity and saturated vapor pressure deficit was not significant. By quantitatively evaluating the characteristics of various factors in the canopy microclimate of Xishuangbanna artificial rubber forest, it can provide data support for studying the photosynthesis of rubber canopy and its environmental control mechanism on the ecological scale.

[Key words] artificial rubber forest; meteorological factors; seasonal variation; Xishuangbanna

引言

森林小气候是森林中光、温、水、气等各种气象因子综合影响的结果^[1-2]。它与森林群落结构有着紧密的联系^[3-4]。主要受到植被覆盖度、树木生长状况、土壤水分、天气状况、地形、

地势、树种组成、保护措施以及经营措施等的影响^[5-6]。森林小气候研究受到研究领域的国内外关注^[7-8]。我国从1952年开始,先后开展了橡胶防护林、亚热带杉木、落叶松天然林等森林小气候研究^[9]。森林小气候是森林生态系统功能的重要研究内

容^[10]。森林小气候因子限制着树木各组织器官的生长发育、光合蒸腾、凋落物等生理生化活动^[11]。森林小气候的研究可以为协调生物与环境的关系^[12],评价森林生态系统的环境效应,维护森林生态系统的完整性提供科学基础^[13]。

不同的植物群落各异的小气候生境又构成了不同的生物群落^[14]。橡胶林的小气候与橡胶林群落结构有着紧密的联系,橡胶林中光、温、水等各种因子^[15],研究橡胶林小气候可以了解橡胶林与环境机制的关系^[7]。橡胶林小气候作为橡胶林生态系统功能的主要研究内容,可以为评价橡胶林生态系统的环境效应^[16],维护橡胶林生态系统的完整性提供科学基础,因此,要协调橡胶林与环境的关系,离不开小气候的研究^[17]。

本文以西双版纳人工橡胶林为研究对象,对2015-2016年收集的数据(主要是29.8m处的数据)进行日、月尺度的统计分析。旨在进一步系统地揭示西双版纳人工橡胶林对小气候的特征,对后期研究橡胶林冠层光合作用的环境控制机制提供科学依据。

1 研究区域概况与研究方法

1.1 研究区域概况

研究区域位于中国科学院西双版纳热带森林生态系统研究站的人工橡胶林群落试验区内(21° 56' N, 101° 15' E, 海拔580m),是以30年生橡胶林为主的单优人工群落,采用株距3.1m,窄行距2.5m,宽行距19.0m的宽窄行密株的种植方式,群落高20~30m,橡胶树种植密度370株/hm²。版纳地区一年中干湿季分明,雾凉季(11月~翌年2月)月平均雾日均超过23d,最多的1月可达26.1d,年雾日可达186.4d;一般在夜间22:30左右开始起雾,直到第二天11:00以后才逐渐消散,其次便是干热季(3~4月)和湿热季(5~10月)。西双版纳地区年日照时数为1858.7h^[18]。最大值出现在干热季的4月(197.8h),而最小值出现在雨季的7月(113.8h)。年平均气温21.8℃。年降水量为1492.9mm。年平均相对湿度为85.0%。

1.2 仪器布置及测量

观测铁塔设置在人工橡胶林生态系统中。在观测铁塔顶层设置有太阳辐射传感器,在冠层上方附近设置有太阳辐射和反射辐射(长、短波)及净辐射观测的传感器;空气温度(Ta)和相对湿度(RH)设置了7层。各种数据用美国收集,并实时传输到计算机中存储。

1.3 数据分析方法

采用Sigmaplot软件对冠层各环境因子数据进行处理和运算,并绘制各水热因子变化趋势图及相关表格。

2 结果与分析

2.1 光合有效辐射特征

如图1,2015年和2016年二月月均日变化的均呈单峰曲线,都是在8:00开始逐渐升高,至14:00到达峰值,分别为1047 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 和1318 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 。然后开始下降,19:00后,变化平缓趋近于0。2016年2月PAR峰值高于2015年。2015年和2016年七月呈现不规则变化的曲线,都是在7:30开始逐渐升高,2015年至

13:00到达峰值,为1392 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$,2016年至13:00到达峰值,为1211 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$,然后开始下降,至20:00后变化平缓,趋近于0。

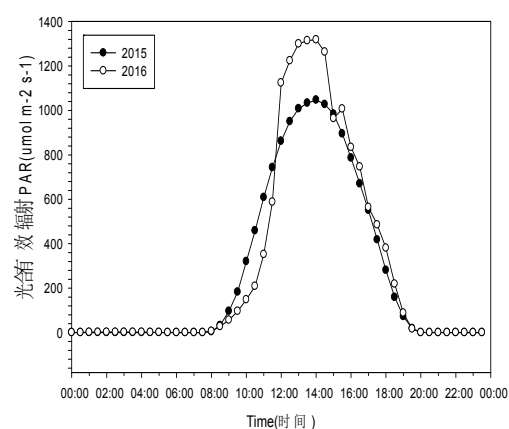
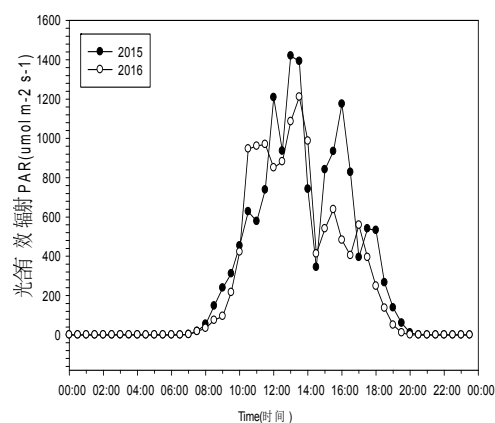


图1 二月光合有效辐射月平均日均变化图



七月光合有效辐射月平均日均变化图

图2为2015年和2016年月平均光合有效辐射特征。2016年各月PAR值均高于2015年。可见,在橡胶树落叶的月份,光合有效辐射低。但是6-7月下降。如图2所示,2015和2016的变化趋近一致。2015年光合有效辐射峰值在5月,为298.51 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$,最低值在12月,为208.13 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$;2016年光合有效辐射最高在8月,是346.60 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$,最低在12月,是161.44 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 。

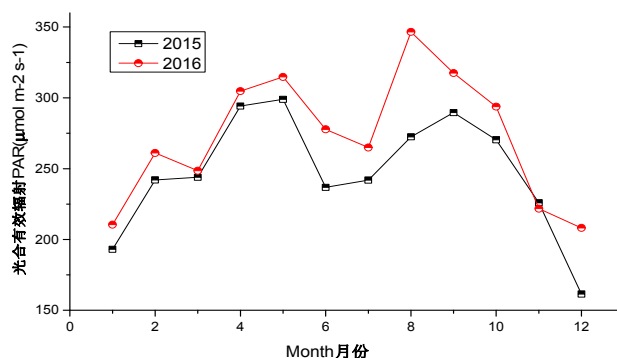


图2 光合有效辐射月平均变化图

2.2 空气温度特征

如图3所示, 2015年和2016年二月气温日变化为先升高又逐渐降低的单峰曲线, 气温大致8:00开始上升, 下午达到最高值。雨季而言, 温度较低, 11:00 左右变幅最大。2015年二月的最低气温在8:00 左右, 为10.57℃; 最高气温在16:30左右, 为32.43℃, 气温日较差为21.86℃。2016年二月的最低气温在6:30左右, 为7.77℃; 最高气温在17:30左右, 为21.07℃, 气温日较差为13.32℃。两年中的二月份在19:00-次日9:00呈现辐射逆温现象。

2015年和2016年七月气温大致7:30开始缓慢上升, 12:30-17:30波动上升。下午16:00达到最高值, 18:00后持续降温一直到第二天7:00左右。9:00-17:30左右变幅最大。2015年七月的最高气温在16:00为30.3℃, 最低气温在6:30, 为21.72℃, 气温日较差为8.58℃。2016年七月的最高气温在16:00, 为21.91℃, 最低气温在6:00左右, 为16.24℃, 气温日较差为5.67℃。在22:00-次日8:00呈现辐射逆温现象。总体看夜间温差19:00-8:00的温差比日间大。

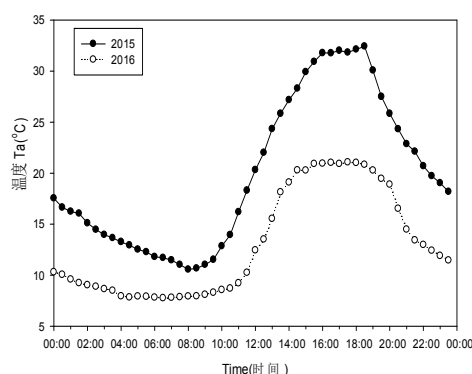
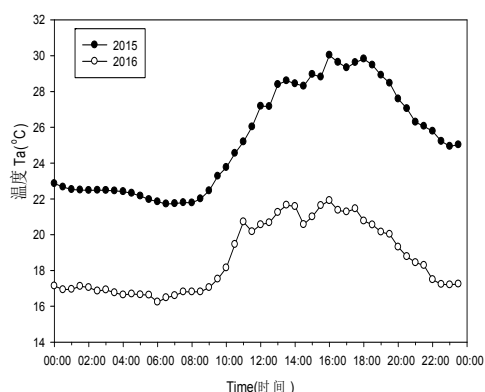


图3 二月气温月平均日均变化图



七月气温月平均日均变化图

如图4所示, 2015和2016年的月均温都呈现偏倒“U”结构。最高温均出现在5月份, 2015为25.66℃, 2016年为20.76℃, 2015年最低温是1月份, 为15.55℃, 2016年的最低温是12月, 曲线基本上处于平行, 2016年每个月的气温都低于2015年, 最大差值是9月, 相差8.39℃, 最小差值出现在1月, 相差1.79℃。但6-7月份,

雨季太阳辐射少, 自然林冠气温亦会出现小低谷。

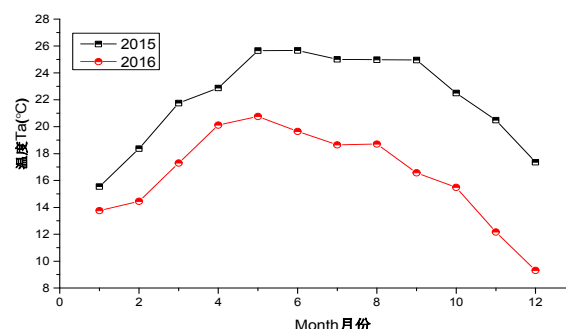


图4 空气温度月平均变化图

2.3 空气相对湿度特征

如图5所示, 日变化都表现为一种相似的“U”型曲线, 2015年, 10:00相对湿度最高, 为96.6%, 随后迅速下降, 在下午17:30左右相对湿度出现最低值为18.59%。2016年, 3:00相对湿度最高, 为84.2%, 随后迅速下降, 在上午11:30左右相对湿度出现最低值为19.86%。因为夜晚没有太阳辐射影响, 空气相对湿度最高值都出现在11:00前, 总趋势是: 相对湿度早晚高, 中午小, 一天中呈现出正弦线波动, 且受太阳高度角的影响, 相对湿度与温度的变化规律呈现明显的负相关。如图5, 两年的七月份相对大气湿度的日间动态均呈现明显波动变化, 日变化都表现为一种相似的“勺”型曲线, 2015年, 6:30-8:00相对湿度最高, 为97.0%, 随后迅速下降, 在下午16:30左右相对湿度出现最低值为55.79%。2016年, 16:00相对湿度最高, 为87.3%, 随后迅速下降, 在上午9:00左右相对湿度出现最低值为62.54%。

如图6, 2015年和2016年月平均相对湿度变化趋势呈现一致变化, 研究期间内平均相对湿度最高值出现在7月份(2015年83.34%, 2016年76.02%), 最低值出现在3月(2015年69.61%, 2016年56.80%)。1~3月份中, 1月和2月橡胶树叶子全部脱落, 蒸腾作用减弱, 空气湿度逐渐降低, 3月份空气中蒸腾作用低, 是下降趋势, 4月份相对湿度迅速增加, 7月最高, 一直持续到8月份有大幅度的降低, 主要是因为受到降水影响, 相对空气湿度增大明显。

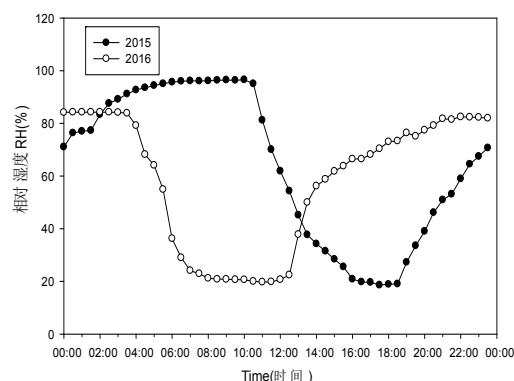
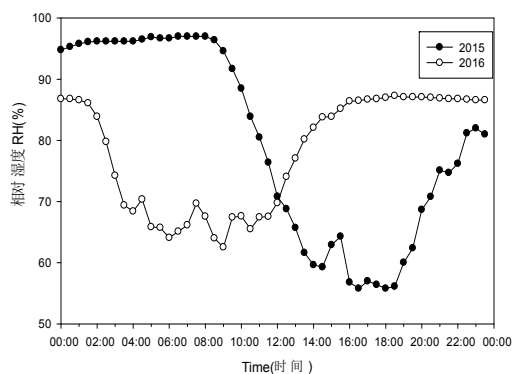


图5 二月相对湿度月平均日均变化图



七月相对湿度月平均日均变化图

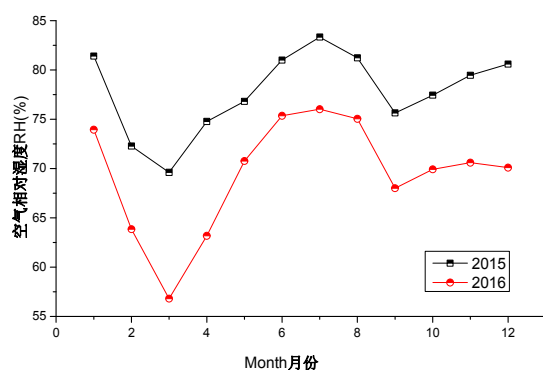


图6 空气相对湿度月平均变化图

2.4 饱和和水气压差特征

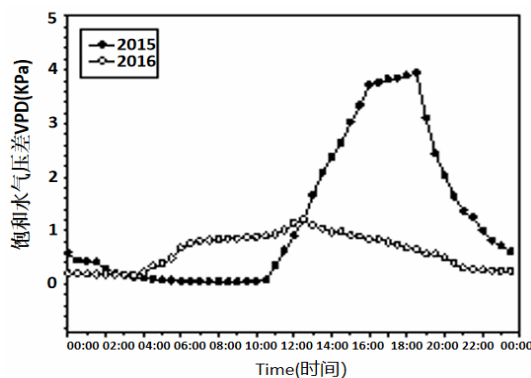
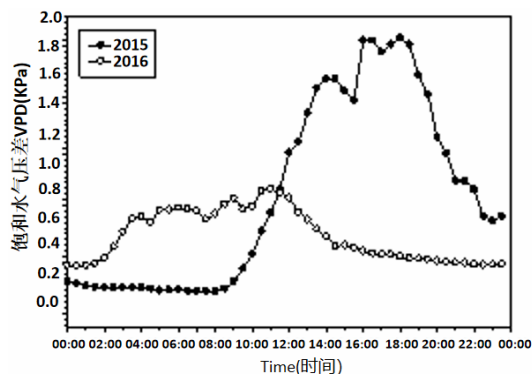


图7 二月饱和和水气压差月平均日均变化图



七月饱和和水气压差月平均日均变化图

如图7所示, 2015年2月月平均饱和和水汽压差日变化的呈单峰曲线, 0:00–11:00变化范围是: 0.58kPa–0.35kPa, 最低值出现于9:00, 是0.05kPa。从11:00开始升高, 至18:30到达最高值, 然后开始下降。相较而言2016的变换是十分平缓, 凌晨3:00出现最低值, 是0.18kPa, 3:30开始升高, 12:30到达最高值, 是1.20kPa, 然后开始平缓下降。2016变换是十分平缓, 但是从1:00开始波动升高, 变化范围是从0.25kPa–0.80kPa。至11:00到达最高值, 是0.80kPa, 然后开始下降, 至点趋于平缓, 几乎维持在0.30kPa左右。

如图8可见, 饱和和水汽压差的变化曲线虽然不规则, 但是2015和2016的变化走向趋近一致。2015和2016年饱和和水汽压差最高均在3月, 分别是1.18kPa和0.85kPa, 最低在12月, 是0.34kPa和0.34kPa。1~2月份橡胶树叶全部脱落, 蒸腾作用减弱, 3~4月为橡胶树长新叶的时期, 蒸腾水分主要用于橡胶树生命活动。VPD如果过高, 将导致植物降低气孔开度以阻止过多的水分流失, 这会减少光合作用的CO₂吸收, 从而影响植物及其果实的生长。因此在5–9月时, 橡胶林树叶长势好, 光合作用强, VPD逐渐呈“U”型曲线变化。

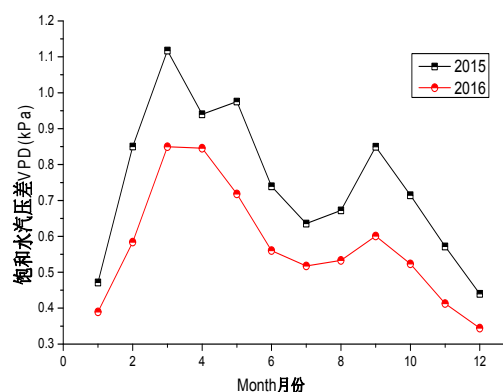


图8 饱和和水气压差月平均变化图

2.5 风速特征

风力的变化表现在林冠对风速的阻挡。如图9所示, 2015年和2016年的风速呈现不规则变化, 2015年2月风速的月平均日变化虽然有波动, 但是比较平稳, 除了最高值出现在17:30左右, 是1.65ms⁻¹以外, 其余的都没有超过1ms⁻¹, 最低值为0ms⁻¹; 2016年的上午变化明显, 波动剧烈, 振幅较大, 最高值出现在12:00, 为2.36ms⁻¹, 最低值出现在夜间。从图9可以看出, 2015年和2016年的风速呈现不规则变化, 2015年7月风速的月平均日变化上午变化明显, 波动集中于4:00–14:00之间, 峰值出现在16:30, 为2.65ms⁻¹, 2016年七月风速的月平均日变化振幅较大波动集中于14:00–21:00之间。最高值出现在8:00左右, 1.86ms⁻¹。两年的7月风速最低值出现在凌晨, 在夜间曲线波动不明显, 振幅明显偏小, 风速趋于0ms⁻¹。

图10所示, 2015和2016年的月平均风速的变化特征呈现不规则的变化, 但是均超过1m/s。2015年最高风速是5月, 为0.68ms⁻¹, 最低11月, 为0.16m/s; 2016年最高风速是2月, 为0.51m/s, 最低12月, 为0.22ms⁻¹。

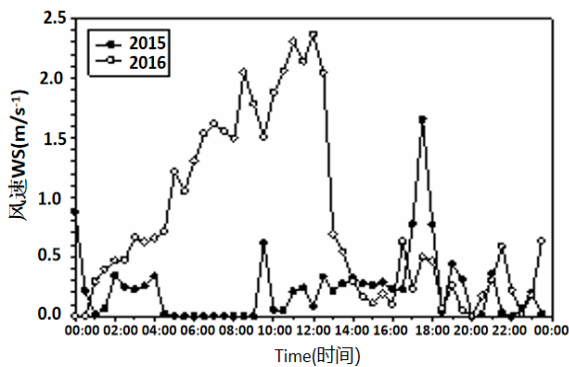
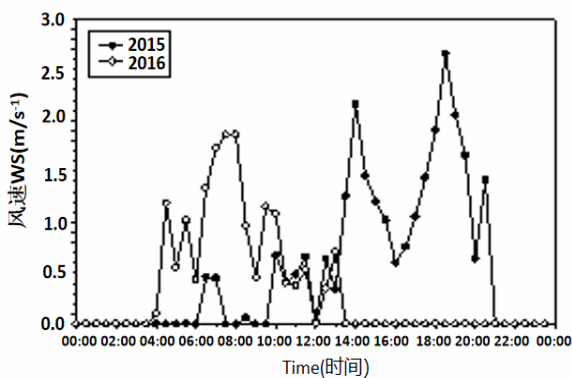


图9 二月风速月平均日均变化图



七月风速月平均日均变化图

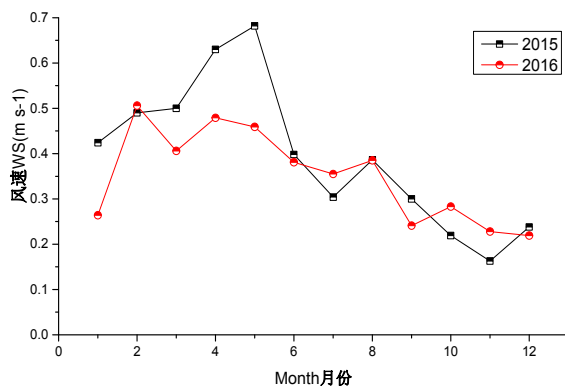


图10 风速月平均变换图

3 讨论

本研究探讨了西双版纳人工橡胶林冠层小气候的各气候因子2015-2016年间的变化特征。

太阳辐射能是森林自然环境诸要素发展变化的主要动力,是形成森林生态系统能量的基础,光合有效辐射是森林生态系统中一切生命活动的能源^[19-20],在橡胶林的生态系统中起着至关重要的作用,它直接影响到橡胶林的生长、发育、形态和生产力。综合本研究橡胶林光合有效辐射的月平均日变化值来看,旱季是在14点达到峰值,2015年和2016年分别为 $1047 \mu \text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 和 $1318 \mu \text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 雨季是在13点达到峰值;2015年为

$1392 \mu \text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$,2016年 $1211 \mu \text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 。从光合有效辐射月平均量的变化来看,在树木生长旺盛,枝叶繁茂,冠层郁闭度和叶面积指数高的月份光合有效辐射值比其他月份更高。这与海南橡胶林生态系统微气候的研究基本一致^[17,20]。

本研究中大气温度的特征与代云川、喻彦、农定飞等人的研究基本一致,日平均气温和都是,月平均气温是夏季>秋季>春季>冬季,西双版纳雨热同期,雨季太阳辐射少,加之橡胶林长势旺盛,此时气温会出现下降的情况。

从本研究橡胶林冠层的空气相对湿度月平均日变化来看,变化过程与海南橡胶林变化情况大体相似^[17]。而月变化有关空气相对湿度受季节变化和物候的影响。春夏两季的相对湿度相对较大,秋冬两季相对较小,其原因一方面是春夏季节大量的降水给系统带来了充沛的水分;另一方面是春夏季节气温较高,较强的蒸发和蒸腾作用向大气输送了大量的汽态水。

饱和水汽压差是模拟水、碳通量和状态的生态模型最重要的气候变量之一,是植被蒸散的主要驱动因素之一。本研究选橡胶林不同月份水汽压差的变化,饱和水汽压差影响橡胶林的光合作用,对橡胶林的生产力有着重要的影响。一方面,饱和水汽压差的最大值和较高值出现在非生长季期间;另一方面,生长季,橡胶林光合作用从“弱”到“强”再到逐渐减弱,饱和水汽压差也逐渐呈“U”型曲线变化。

风可以增加林冠蒸发,减少林冠水分的存储能力和降低气温。本研究区位于西双版纳人工橡胶林,森林覆盖率高,林分郁闭度高,面积比较大,特殊的地形本身就不会产生大风。即使有风,当风进入林分后,由于林冠的摩擦和阻挡,对风有很好的抑制和削减作用。所以,风速对橡胶林、温度、湿度和饱和水汽压差的影响不显著。

4 结论

西双版纳人工橡胶林的光合有效辐射在2015-2016年,无论是在旱季还是雨季,在13:00-14:00达到峰值,而后开始下降,其变化还与太阳辐射强度和橡胶林冠层郁闭度和叶面积指数密切相关;2015和2016年的气温的日均值和月均值变化趋势基本相同,都呈现偏倒“U”结构。但从两年的月平均气温来看,6-7月份,雨季太阳辐射少,林冠气温会出现小低谷;饱和水汽压差的变量从月平均日变化量和月变化量来看,无论何时,2015年的比2016年的值都低,但变幅和走向是一致的;在风速的影响方面,由于西双版纳地区风速低,因此风的变幅和影响都不显著。

[参考文献]

- [1]王霞,李永涛,魏海霞,等.黄河三角洲白蜡人工林小气候特征的时空动态变化[J].东北林业大学学报,2017,45(4):60-64,80.
- [2]石星.低覆盖度行带式固沙林带间小气候特征[D].北京:北京林业大学,2015.
- [3]张远彬,王开运,鲜骏仁,等.川西亚高山白桦林小气候的时空动态特征[J].应用与环境生物学报,2006,12(3):3-9.

- [4]雷钧杰,张永强,陈兴武,等.施氮量对新疆滴灌冬小麦冠层结构及其小气候特征的影响[J].中国农业大学学报,2017,22(10):1-14.
- [5]陈宏志,胡庭兴,龚伟,等.我国森林小气候的研究现状[J].四川林业科技,2007,28(2):26.
- [6]Smart RE,Robinson JB,Due GR,et al. Canopy Microclimate Modification for the Cultivar Shiraz. I. Definition of Canopy Microclimate[J].Vitis,2015,126(4):807-812.
- [7]张一平,刘玉洪,马友鑫,等.热带森林不同生长时期的小气候特征[J].南京林业大学学报(自然科学版),2002,26(1):83-87.
- [8] Martius C,Höfer H,Garcia MVB, et al. Microclimate in Agroforestry Systems in Central Amazonia: Does Canopy Closure Matter to Soil Organisms?[J]. Agroforestry Systems, 2004, 60(3):291-304.
- [9]王琛.北京地区森林小气候特征研究[D].北京:北京林业大学,2010.
- [10]郑思俊.上海新江湾城半自然植被林冠下小气候特征研究[D].上海:华东师范大学,2007.
- [11]Xiong H,Al E. Seasonal Variations of Soil Enzyme Activities in Fir and Birch Forests in Subalpine Area of Western Sichuan[J]. Chinese Journal of Applied & Environmental Biology,2004,10(4):416-420.
- [12]Gehrig-downie C,Obregón A,Bendix J, et al. Epiphyte Biomass and Canopy Microclimate in the Tropical Lowland Cloud Forest of French Guiana[J].Biotropica,2011,43(5):591-596.
- [13]梅续芳,解李娜,刘哲,等.内蒙古高原荒漠区垫状锦鸡儿灌丛的微气候特征[J].天津师范大学学报(自然科学版),2016,36(4):55-58.
- [14] Kichah A,Bournet PE,Migeon C, et al. Measurement and Cfd Simulation of Microclimate Characteristics and Transpiration of an Impatiens Pot Plant Crop in a Greenhouse[J]. Biosystems Engineering,2012,112(1):22-34.
- [15]Priyadarshan PM,Hoa TTT,Huasun H,et al.Yielding Potential of Rubber (hevea Brasiliensis) in Sub-optimal Environments[J].Journal of Crop Improvement,2005,14(1):221-247.
- [16]吴志祥,谢贵水,杨川,等.橡胶林生态系统干季微气候特征和通量的初步观测[J].热带作物学报,2010,31(12):2081-2090.
- [17]吴志祥,陶忠良,兰国玉,等.海南岛橡胶林生态系统碳通量及其影响因子研究[J].热带作物学报,2014,35(11):2099-2108.
- [18]Tan Z,Zhang Y,Song Q, et al. Rubber Plantations Act as Water Pumps in Tropical China[J].Geophysical Research Letters,2011,38(L24406):24406.
- [19]黄春燕,王登伟,刘敏.不同水分条件下棉花冠层光合有效辐射特征分析[J].新疆农业科学,2013,50(10):1787-1792,1798.
- [20]蒋冲,朱枫,杨陈,等.秦岭南北地区光合有效辐射时空变化及突变特征[J].地理科学进展,2013,32(3):435-446.
- 作者简介:**
- 余丽丽(1992--),女,汉族,云南省保山市人,研究实习员,硕士,滇西应用技术大学珠宝学院,研究方向:自然地理学。
- *通讯作者:**
- 孙正芝(1991--),女,汉族,云南省保山市人,研究实习员,硕士,滇西应用技术大学珠宝学院,研究方向:园林植物应用研究。