

文章编号: 1674-7054(2022)01-0013-06



不同林龄橡胶林土壤呼吸速率的变化及其与水热因子的关系

原慧芳, 谢江, 张勇波, 陈国云, 田耀华

(云南省热带作物科学研究所, 云南 景洪 666100)

摘要: 为探明不同林龄橡胶林土壤呼吸速率(R_s)的变化特征及其与水热因子的关系, 以云南省景洪市3个不同林龄(2年幼林、7年成林、30年老林)的橡胶林为对象, 连续2年, 每月定期原位测定地表5 cm土壤呼吸速率(R_s)、土壤温度(T_s)和土壤湿度(M_s)的变化特征。结果表明: 3个不同林龄橡胶林的 R_s 均有显著差异($P < 0.05$), 2年幼林(YR)显著高于7年成林(MR), 30年老林(OR)显著最低; 3个不同林龄橡胶林的 R_s 、 T_s 和 M_s 均表现为雨季显著高于干季的季节性变化规律; 各林龄土壤呼吸速率峰值出现的月份不一致, YR、MR和OR的 R_s 最高值分别为9月、7月和6月; 3个不同林龄橡胶林的 R_s 与 T_s 、 M_s 具有极显著($P < 0.01$)的正相关关系, 其中 M_s 相关性最大, T_s 相关性较弱。回归分析结果表明, 不同林龄橡胶林土壤呼吸速率的变化特征是水热因子联合效应的结果, 土壤呼吸速率受土壤湿度影响最大, 受土壤温度的影响作用相对较小。

关键词: 橡胶林; 土壤呼吸速率; 土壤温度; 土壤湿度; 水热因子

中图分类号: S 794.1; S 154.1 **文献标志码:** A

引用格式: 原慧芳, 谢江, 张勇波, 等. 不同林龄橡胶林土壤呼吸速率的变化及其与水热因子的关系 [J]. 热带生物学报, 2022, 13(1): 13-18. DOI: 10.15886/j.cnki.rds wxb.2022.01.003

土壤呼吸是土壤释放 CO_2 的过程, 是陆地生态系统碳循环的一个重要组成部分, 也是土壤碳库的主要输出途径^[1]。土壤呼吸受气候变化、植被类型、土壤性质等众多因子的影响, 其中林龄是一个重要的影响因素^[2-4]。国内关于热带或亚热带生态系统土壤呼吸作用方面的研究很多^[5-10], 但大多关注土壤呼吸速率与气候因素变化的响应机理方面。与橡胶林土壤呼吸速率相关的研究主要集中在年际尺度的土壤水分、温度、湿度等与土壤呼吸季节变化等方面^[11-14], 不同林龄橡胶林土壤呼吸速率的研究主要集中在海南植胶区^[15-16], 而云南植胶区则少有涉及。该研究以云南省热带作物科学研究所试验基地的橡胶林为研究对象, 持续2年, 每月测定3个林龄(2年幼林、7年成林和30年老林)橡胶林的土壤呼吸速率情况, 比较不同林龄橡胶林土壤呼吸速率的变化特征以及与土壤

水热因子关系, 旨在为准确估算该区域的碳收支状况提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况和样地设置 样地位于西双版纳傣族自治州景洪市(21°09' ~ 22°40'N, 99°55' ~ 101°50'E)。该地区属于南亚热带季风气候, 有明显的干季(11月至翌年4月)和雨季(5~10月)。干季降雨 266 mm, 占年降雨的 17%; 雨季降雨 1 293 mm, 占年降雨的 83%; 年均相对湿度 60% ~ 80%。太阳年总辐射量 4 902.4 MJ·m⁻², 年日照时数 1 787.8 h。年均气温 21.5 °C, 最热月(5月)均温 25.3 °C, 最冷月(1月)均温 15.5 °C。选取3个林龄的橡胶林样地, 株行距均为 3 m×8 m。每年4、6、8月对幼林和成林种植带进行3次除草, 每年7、11月对保护带进行2次砍草(杂草控制在50 cm以下)。各样地基本情况见表1和图1。

收稿日期: 2021-05-25 修回日期: 2021-06-26

基金项目: 云南省热带作物科技创新专项资金(RF2021-3)

第一作者: 原慧芳(1978-), 女, 硕士, 副研究员. 研究方向: 热带作物生理生态. E-mail: 359358205@qq.com

通信作者: 田耀华(1977-), 男, 博士, 研究员. 研究方向: 热带作物生理生态. E-mail: tyhyhf@126.com

表1 不同林龄橡胶林样地概况

| 样地 | 海拔高度/m | 林龄/a | 林下常见植物 |
|--------|--------|------|--|
| 老林(OR) | 814 | 30 | 弓果黍、荩草、刚莠竹、白茅、马唐、竹叶草、两耳草、飞机草、蓝花野苘蒿、藿香蓟、鬼针草、假臭草、巨瓣豆、肾苞草、葛藤、鳞花草、粗毛刺果藤、臭牡丹、龙珠果、竹节菜、毛蕨、鸭拓草、马莲鞍、柳叶海金沙、景洪崖爬藤等 |
| 成林(MR) | 621 | 7 | 弓果黍、竹叶草、皱叶狗尾草、荩草、肾苞草、鳞花草、多脉莎草、浆果藎草、飞机草、柳叶海金沙、镰瓣豆、盾翅藤、细齿山芝麻、鹧鸪花、杯苋、灯油藤、黄花稔、粗叶榕、攀援卷柏、凤尾蕨、狭眼凤尾蕨、华南毛蕨、齿牙毛蕨等 |
| 幼林(YR) | 662 | 2 | 蓝花野苘蒿、飞机草、藿香蓟、鬼针草、小蓬草、弓果黍、两耳草、皱叶狗尾草、细圆藤、掌叶鱼黄草、鸭跖草、绞股蓝、肾苞草、鳞花草、羽叶决明、腺茉莉、无刺含羞草、臭牡丹、龙珠果、红瓜、巨瓣豆、假臭草、竹节菜、灯油藤等 |

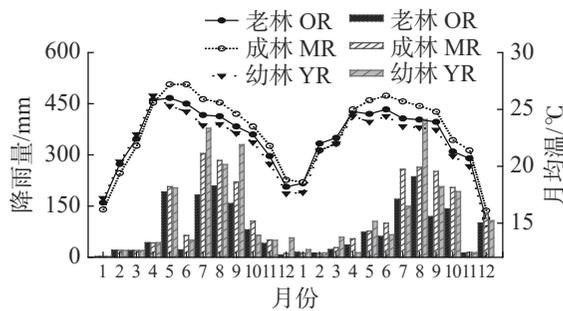


图1 实验样地2年月均温和降雨量的动态变化
折线代表月均温度;柱状代表降雨量。

1.2 试验设计与测定方法 在每个样地内的株间、1/2 行间和 1/4 行间下各放置 3 个 PVC 土壤环(直径 10 cm, 高 5 cm)作为重复, 每个样地共放置 9 个土壤环。土壤隔离环要一直放在土壤表面, 放置过程中尽量减少对土壤的影响, 避免引起土壤扰动而造成短期内呼吸速率波动。

选取每月下旬的晴朗无雨日, 8:30~11:30, 进行野外原位测定。采用 Li-6400-09 便携式气体分析系统(Li-CORIC, LiColn, NE, USA)测定土壤呼吸速率(R_s), 采用 Li-6400-09 的土壤温度探针测定 5 cm 以上土壤的温度(T_s)和湿度(M_s)。为减少对土壤表层的干扰, 测定时要先移开土壤环上的覆盖物, 然后把气室罩在土壤环上, 测定结束后再把覆盖物还原, 尽量不改变覆盖物的状态。

1.3 数据统计 采用 SPSS 19.0 软件对 2 年观测数据进行方差统计分析; 以单双因素方差(ANOVA)分析林龄和季节对各参数的影响, 并以邓肯(Duncan)法进行多重比较(显著度 $P < 0.05$)。比较不同林龄橡胶林的土壤呼吸速率、土壤温度和土壤湿度的月动态变化; 采用二次线性回归拟合分析土壤呼吸速率与土壤温度、土壤湿度的关系; 采用 SigmaPlot 10.0 软件作图。

2 结果与分析

2.1 不同林龄橡胶林土壤呼吸速率季节性变化特征 3 个不同林龄的土壤呼吸速率(R_s)、土壤温度(T_s)和土壤湿度(M_s)间有显著差异($P < 0.05$) (图 2)。在干季, 幼林(YR)的 R_s 显著高于成林(MR)和老林(OR), 而 MR 和 OR 间无显著差异; 在雨季, 3 个林龄的 R_s 均有显著差异, YR 的 R_s 显著最高, 其次是 MR, OR 显著最低。在干季, 3 个不同林龄的 T_s 和 M_s 变化趋势一致, YR 均显著最高, 其次是 MR, OR 显著最低。各林龄橡胶林的 R_s 、 T_s 和 M_s 在不同季节间也均有明显差异, 表现为雨季显著高于干季。总的来看, 3 个不同林龄橡胶林的 R_s 、 T_s 和 M_s 的高低顺序依次为: 幼林>成林>老林。

2.2 不同林龄橡胶林土壤呼吸速率与土壤湿度、土壤温度月变化特征 在各个月份, 3 个林龄的土壤呼吸速率(R_s)达到最高值的时间不同。YR 的 R_s 值在 9 月达到最高, 平均为 $5.62 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; 其次为 7 月, 平均为 $5.10 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; 2 月的 R_s 值最低, 平均为 $1.03 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; 其他月份间的 R_s 值平均为 $(1.00 \sim 3.70) \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。MR 的 R_s 为 7 月最高, 平均为 $6.11 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; 其次是 9 月, 平均为 $3.88 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; 其他月份的 R_s 值与 YR 相近, 平均为 $(1.00 \sim 3.40) \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。OR 的 R_s 值在 6 月最高, 平均为 $3.12 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; 其次是 7 月和 8 月, 平均为 $2.70 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; 2 月最低, 平均为 $0.69 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; 其他月份平均为 $(0.69 \sim 2.10) \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。3 个不同林龄橡胶林的 T_s 与 R_s 变化趋势稍有不同, MR 的 T_s 显著最高, 其次是 YR, OR 显著最低。土壤温度的变化范围为 $(11.85 \sim 34.41)^\circ\text{C}$, 3 个林龄橡胶林的 T_s 最低值均在 12 月, 而 T_s 最高值出现的月份不同。MR 的 T_s 为 7 月最高, 平均为 33.4°C , 其他月份为

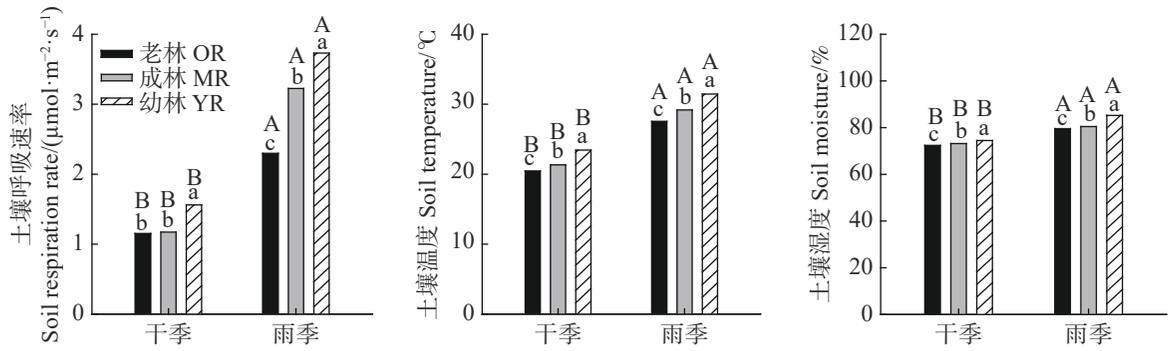


图 2 不同林龄橡胶林干雨季土壤呼吸速率、土壤温度和土壤湿度的变化特征
小写字母代表同季节下不同处理间显著差异; 大写字母代表同处理下不同季节间显著差异。

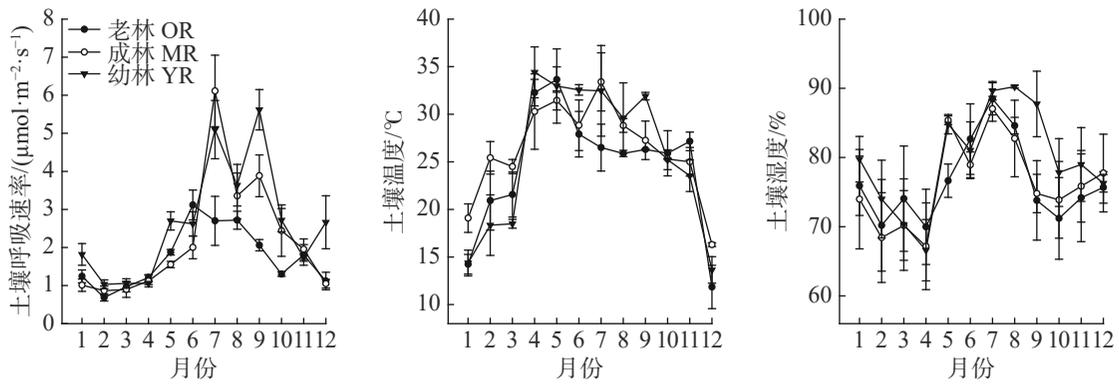


图 3 不同林龄橡胶林土壤呼吸速率、土壤温度和土壤湿度的月动态变化
图中数据为 18 个重复的平均值±标准误。

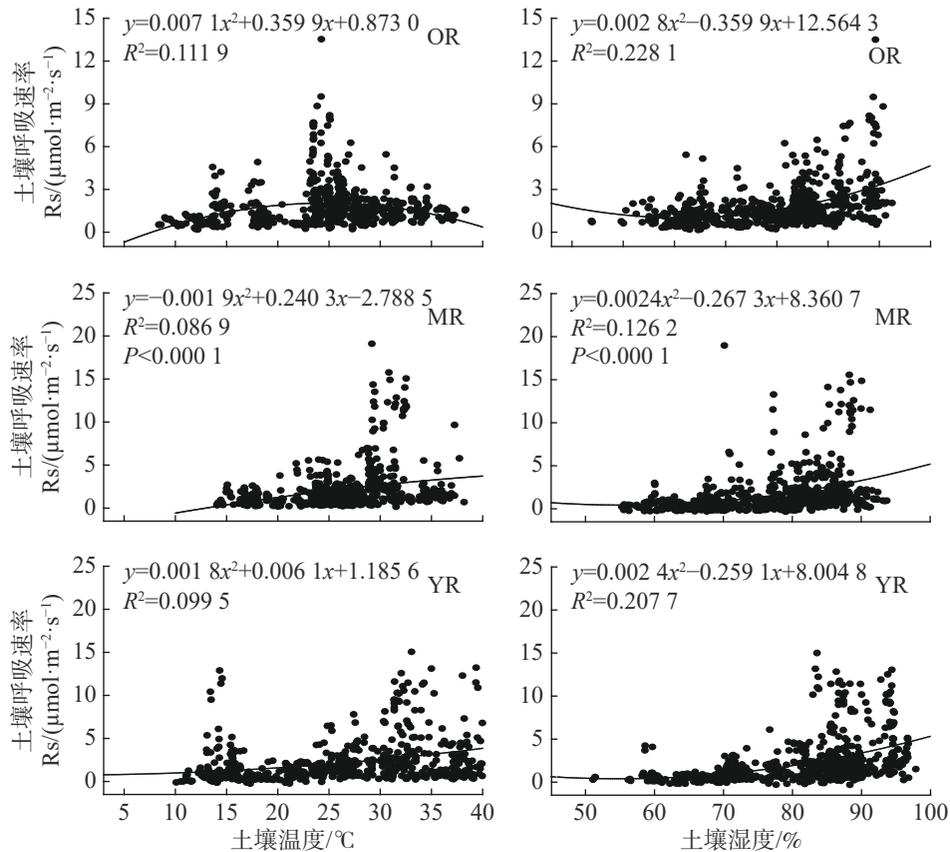


图 4 不同林龄橡胶林土壤呼吸速率与土壤温度和土壤湿度的关系

(16.30~32.0)℃; YR的Ts为4月最高,平均为34.4℃,其他月份为(13.64~36.3)℃; OR的Ts为5月最高,平均为33.64℃,其他月份为(11.85~33.0)℃。3个不同林龄橡胶林的Ms与Rs的变化趋势基本一致, YR显著最高,而MR和OR间的Ms无显著差异。3个不同林龄橡胶林的Ms均为4月最低, OR和MR的Ms均为7月最高,其他月份为68.18%~84.60%; YR的Ms为8月最高,平均为90.24%,其他月份为67.60%~89.66%。

2.3 不同林龄橡胶林土壤呼吸速率和水热因子相关性分析 回归分析结果表明, 3个不同林龄的Rs基本随着Ts和Ms的升高而升高,但变化幅度不尽一致, Rs与Ts、Ms的相关性都达到了极显著水平($P < 0.01$) (图4)。3个不同林龄橡胶林Rs与Ts拟合度(R^2)分别为0.119、0.087、0.100,说明土壤温度能够解释土壤呼吸速率变异百分比分别是11.9%、8.7%、10.0%。3个林龄橡胶林Rs与Ms拟合度(R^2)分别为0.228、0.126、0.208,说明土壤湿度能够解释土壤呼吸速率变异百分比分别是22.8%、12.6%、20.8%; Ms对Rs的相关性最大, Ts对Rs有较弱的正相关。分析结果表明, 3种林龄橡胶林下土壤呼吸速率受土壤湿度的影响最大, 土壤呼吸受土壤温度的影响作用相对较小。

3 讨论

林龄在森林碳库分配及不同生态系统碳通量差异中扮演着重要角色, 其差异会引起森林生态系统碳平衡的变化, 进而形成不同的土壤呼吸速率特征^[18-19]。在本研究中, 3个不同林龄橡胶林的土壤呼吸速率变化趋势一致。幼林的土壤呼吸速率在各个季节均显著最高, 成林在雨季显著高于老林, 但在干季成林和老林间无显著差异。幼林和成林土壤呼吸速率的最高值出现在7月和9月, 说明在水热条件好的环境下土壤呼吸速率会加速, 推测是由于降雨频繁、蒸发量大、土壤温度升高等因素所致。幼林土壤呼吸速率的最高值出现在9月, 可能是因为在干雨季交替期土壤微生物会加速分解地面的凋落物, 增强了土壤呼吸速率; 同时植物光合作用加强, 幼林和成林内透光度也相对高, 进而土壤呼吸速率也随之增强^[21]。老林的土壤呼吸速率在两季均最低, 或许是由于老林

郁闭度高、抵达地面的太阳辐射减少、土壤温度降低等因素所致; 此外土壤水分含量过高、土壤通透性差, 会导致土壤呼吸速率有所降低。从季节上看, 3个不同林龄橡胶林的土壤呼吸速率均为雨季显著高于干季。各林龄橡胶林土壤呼吸速率的最高值和最低值出现的月份不一致, 但最高值变化在雨季(6~9月)期间, 最低值变化在干季(10月至翌年3月)期间。本研究中各林龄土壤呼吸速率的高峰期与沙丽清等^[11]学者的研究结果类似, 均在6~7月和9~10月出现了高峰值; 雨季土壤呼吸速率均高于干季, 与房秋兰、王铭等^[1,20]的研究结果一致; 与王春燕等^[15]关于3个林龄橡胶林土壤呼吸速率的月均最高值出现在7月和8月, 最低值出现在2月和3月的研究结果也类似, 但各林龄间土壤呼吸速率无显著差异, 与本研究中3个林龄间的土壤呼吸速率均有显著差异结果不同。分析认为, 季节影响土壤呼吸速率高低的原因可能有2个方面: 其一, 在少雨的干季, 降水量减少导致土壤湿度和土壤含水量下降, 土壤温度也逐渐下降, 土壤微生物活性和根系活动逐渐停止, 所以土壤呼吸速率呈下降趋势; 同时, 由于植物在干季时处于生长发育期或成熟期, 植物体内的碳素主要输送于地上部分或果实, 地下部分分配的光合产物较少, 呼吸作用也减弱, 进而土壤呼吸速率也会降低; 其二, 在水热条件好的雨季, 植株进入生长旺盛期, 光合作用增强, 根际呼吸也加强, 土壤呼吸速率随之也增强^[21-22]; 同时, 由于水热因子使植株生长迅速, 凋落物量和向地下输送光合产物的量也随季节发生变化, 且非常有利于微生物活动和凋落物分解, 进而释放较多的CO₂^[23]。可见, 不同林龄橡胶林的土壤呼吸速率在水热因子的主导作用下呈现明显的季节变化, 1~3月土壤呼吸速率均低, 从4月开始逐渐上升, 7~9月达到最大值, 以后逐渐下降。

一般认为水热条件对土壤呼吸速率具有明显的季节影响, 土壤温度、土壤湿度或土壤含水量的共同作用影响着土壤呼吸速率的高低。本研究发现, 土壤水热因子对3种林龄土壤呼吸速率高低的响应幅度不一致, 但均为雨季显著高于干季。西双版纳属于热带季风气候, 干季降水极少, 湿度和温度相对偏低, 土壤呼吸速率也随之降低; 雨季(5~10月)土壤水分充足, 湿度和温度偏高, 土壤呼吸速率直接或者间接地受到温度和水分的影响

响, 许多研究报道^[24-26]也证实了相同的结论。3 个林龄橡胶林土壤呼吸速率与水热因子的相关性分析结果表明, 土壤湿度高于土壤温度对土壤呼吸速率的影响。可见, 水热因子与土壤呼吸速率的关系比较复杂。在一定范围条件下, 土壤呼吸速率会随土壤水热因子的增大而加快, 当土壤水热因子偏高时, 微生物呼吸所需的氧气不能进入土壤, 同时 CO₂ 排放受阻, 上述因素会导致土壤呼吸速率降低。当土壤水热因子偏低时, 甚至超出植物根系和微生物活动所必需的生存条件时, 土壤呼吸释放量会降低^[27-28]。本研究中水热因子与土壤呼吸速率相关性系数不高的另一个原因, 可能是因为测定数据量偏多, 掩盖了土壤呼吸速率随水热因子变化的真实规律。由于每个因子都以独特的方式影响土壤呼吸速率, 特别在野外条件下测定的土壤呼吸速率, 实际上是许多因子联合效应的结果。虽然土壤水热条件交互作用共同影响着不同林龄的土壤呼吸过程, 其研究结论也缺乏一致性, 但土壤呼吸速率高低直接或者间接地还是受到温度、湿度和水分等因素的控制^[29-32]。以上分析结果表明, 不管是幼林、成林还是老林, 土壤呼吸速率基本上都是随水热因子的变化而变化, 一方面具有某种规律性, 但另一方面又表现出不规律的变化, 显示了其相互间的复杂性。该研究为准确评价橡胶人工林碳汇碳源功能方面提供了基础数据, 可为今后改进橡胶人工林的土壤管理提供参考。

参考文献:

- [1] 房秋兰, 沙丽清. 西双版纳热带季节雨林与橡胶林土壤呼吸[J]. *植物生态学报*, 2006, 30(1): 97-103.
- [2] 高会议, 郭胜利, 刘文兆. 黄土旱塬裸地土壤呼吸特征及其影响因子[J]. *生态学报*, 2011, 31(18): 5217-5224.
- [3] 王家骏, 王传宽, 韩轶. 帽儿山不同年龄森林土壤呼吸速率的影响因子[J]. *生态学报*, 2018, 38(4): 1194-1202.
- [4] 刘绍辉, 方精云. 土壤呼吸的影响因素及全球尺度下温度的影响[J]. *生态学报*, 1997, 17(5): 469-476.
- [5] 张艳, 姜培坤, 许开平, 等. 集约经营雷竹林土壤呼吸年动态变化规律及其影响因子[J]. *林业科学*, 2011, 47(6): 17-22.
- [6] 余再鹏, 黄志群, 王民煌, 等. 亚热带米老排和杉木人工林土壤呼吸季节动态及其影响因子[J]. *林业科学*, 2014, 50(8): 7-13.
- [7] 李熙波, 曾文静, 李金全, 等. 短期寒潮天气对福州市绿地土壤呼吸及组分的影响[J]. *生态学报*, 2011, 31(19): 5728-5738.
- [8] 王丹, 王兵, 戴伟, 等. 杉木生长及土壤特性对土壤呼吸速率的影响[J]. *生态学报*, 2011, 31(3): 680-688.
- [9] 姚玉刚, 张一平, 于贵瑞, 等. 热带雨林土壤呼吸测定代表性时段研究[J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2011, 35(4): 74-78.
- [10] 王光军, 田大伦, 闫文德, 等. 亚热带杉木和马尾松群落土壤系统呼吸及其影响因子[J]. *植物生态学报*, 2009, 33(1): 53-62.
- [11] 沙丽清, 郑征, 唐建维, 等. 西双版纳热带季节雨林的土壤呼吸研究[J]. *中国科学(D辑, 地球科学)*, 2004, 34(增刊II): 167-174.
- [12] 卢华正, 沙丽清, 王君, 等. 西双版纳热带季节雨林与橡胶林土壤呼吸的季节变化[J]. *应用生态学报*, 2009, 20(10): 2315-2322.
- [13] 周文君, 沙丽清, 沈守良, 等. 西双版纳橡胶林土壤呼吸季节变化及其影响因子[J]. *山地学报*, 2008, 26(3): 317-325.
- [14] 谢明德, 陈明智, 吴蔚东, 等. 施肥及环境因子对海南热带橡胶林土壤呼吸的影响[J]. *生态环境学报*, 2014, 23(3): 430-438.
- [15] 王春燕, 陈秋波, 袁坤, 等. 橡胶林土壤呼吸速率及其与土壤温湿度的关系[J]. *土壤学报*, 2013, 50(5): 974-982.
- [16] 谢明德. 海南不同树龄胶园土壤呼吸及其组分研究[D]. 海口: 海南大学, 2014.
- [17] 蔡子良, 邱世平. 西双版纳热带季节雨林土壤呼吸季节动态及驱动因素[J]. *生态环境学报*, 2019, 28(2): 283-290.
- [18] 肖胜生, 叶功富, 郭瑞红, 等. 不同林龄木麻黄人工林的土壤呼吸比较分析[J]. *海峡科学*, 2008, 22(10): 34-36.
- [19] 崔羽, 严思维, 吴建召, 等. 不同林龄银合欢生长季土壤呼吸影响因素分析[J]. *武夷学院学报*, 2018, 37(9): 31-38.
- [20] 王铭, 刘兴土, 李秀军, 等. 松嫩平原西部草甸草原典型植物群落土壤呼吸动态及影响因素[J]. *应用生态学报*, 2014, 25(1): 45-52.
- [21] 王新友, 马全林, 靳虎甲, 等. 石羊河下游人工梭梭林土壤呼吸变化特征及其与水热因子的关系[J]. *干旱区地理*, 2019, 42(3): 570-580.
- [22] SINGH B, NORDGREN A, LOFVENIUS M O, et al. Tree root and soil heterotrophic respiration as revealed by girdling of boreal Scots pine forest: extending observations beyond the first year [J]. *Plant Cell and Environment*, 2003, 26: 1287-1296.
- [23] 赵昕, 张万军, 沈会涛, 等. 针阔树种人工林地凋落物对土壤呼吸的贡献[J]. *中国生态农业学报*, 2014, 22(11): 1318-1325.
- [24] 乌俊杰, 许建初, 李云驹, 等. 西双版纳山地三种土地利用方式的旱季土壤呼吸[J]. *植物分类与资源学*, 2012, 34(4): 357-365.
- [25] SINGH J S, GUPTA S R. Plant decomposition and soil respiration in terrestrial ecosystems [J]. *The Botanical Review*, 1977, 43: 449-528.
- [26] 高艳红, 刘立超, 贾荣亮, 等. 坡头人工植被演替过程的土壤呼吸特征[J]. *生态学报*, 2012, 32(8): 2474-2482.
- [27] 韩广轩, 周广胜. 土壤呼吸作用时空动态变化及其影

- 响机制研究与展望[J]. *植物生态学报*, 2009, 33(1): 197–205.
- [28] 罗璐, 申国珍, 谢宗强. 神农架海拔梯度上 4 种典型森林的土壤呼吸组分及其对温度的敏感性[J]. *植物生态学报*, 2011, 35(7): 722–730.
- [29] 赵娜, 孟平, 张劲松, 等. 华北低丘山地不同土地利用条件下的土壤呼吸比较[J]. *林业科学*, 2014, 5(2): 1–7.
- [30] 马骏, 唐海萍. 内蒙古农牧交错区不同土地利用方式下土壤呼吸速率及其温度敏感性变化[J]. *植物生态学报*, 2011, 35(2): 167–175.
- [31] 徐凡珍, 胡古, 沙丽清. 施肥对橡胶人工林土壤呼吸、土壤微生物生物量碳和土壤养分的影响[J]. *山地学报*, 2014, 32(2): 179–186.
- [32] 赵吉霞, 王邵军, 陈奇伯, 等. 滇中高原云南松幼林和成熟林土壤呼吸及主要影响因子分析[J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2014, 38(3): 71–76.

Comparison of soil respiration rate in rubber plantations at different stand ages and Its relationship with soil hydrothermal factors

YUAN Huifang, XIE Jiang, ZHANG Yongbo, CHEN Guoyun, TIAN Yaohua

(Yunnan Institute of Tropical Crops, Jinghong, Yunnan 666100, China)

Abstract: In order to explore the changes of soil respiration rate (R_s) and the relationship between R_s and hydrothermal factors in rubber plantations of different ages, rubber plantations at three different stand ages (2 a, 7 a, 30 a) were selected for analysis. The change characteristics of soil respiration rate (R_s), soil temperature (T_s) and soil moisture (M_s) in 5 cm soil surface were measured *in situ* every month for two years. The results showed that the R_s of rubber plantations at the three stand ages were significantly different ($P < 0.05$). The R_s of the 2 a rubber plantation (young rubber plantation, YR) was significantly higher than that of the 7 a rubber plantation (mature rubber plantations, MR), and the R_s of the 30 a rubber plantation (old rubber plantation, OR) was the lowest. The R_s , T_s and M_s of the rubber plantations at the three stand ages had obvious seasonal variation, showing significantly higher values in rainy season than in dry season. The peak of soil respiration rate of the rubber plantations at different ages appeared in different months, and the highest R_s values of YR, MR and OR occurred in September, July and June respectively. The R_s had a highly significant positive correlation ($P < 0.01$) with T_s and M_s in the rubber plantations at different stand ages, the highest with M_s and the lower with T_s . Regression analysis showed that the change characteristics of the R_s in the rubber plantations of different stand ages are the results of combined effect of multiple hydrothermal factors and that R_s is affected mostly by M_s and relatively less by T_s .

Keywords: rubber plantation; soil respiration rate; soil temperature; soil moisture; hydrothermal factor

(责编委: 吴志祥 责任编辑: 钟云芳)