

文章编号: 1008-2786-(2020)5-710-07

DOI:10.16089/j.cnki.1008-2786.000548

# 青海云杉创伤树脂道分布调查

张建奇<sup>1</sup>, 郅佳志<sup>2,3</sup>, 张永<sup>2\*</sup>

(1. 甘肃祁连山国家级自然保护区管理局, 甘肃 张掖 734000;

2. 中国科学院地理科学与资源研究所 中国科学院陆地表层格局与模拟重点实验室, 北京 100101; 3. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘 要:** 创伤树脂道作为树轮地貌学方法中具有季节分辨率的干扰事件指标, 在国际上被广泛地应用于山地灾害的研究之中。我国是山地灾害高发的国家, 树轮地貌学在山地灾害的研究方面潜力巨大, 但目前还没有开展创伤树脂道的相关研究工作。本研究在青海省祁连县一样点内选取带有明显伤疤的青海云杉, 采集树轮样芯, 利用统计分析和对比研究的方法, 调查了伤疤周边不同位置处创伤树脂道的分布特征。研究结果发现: 山地灾害造成的伤害会诱发青海云杉产生创伤树脂道, 距离伤疤左侧、右侧或上部 10 cm 和 20 cm 位置处创伤树脂道占绝大多数, 而伤疤相反一侧响应于干扰事件不明显。山地灾害事件发生后, 伤疤上部形成的创伤树脂道明显要多于左侧和右侧, 伤疤上部 20 cm 位置处创伤树脂道出现频率最高, 是适合采集干扰信号的有利位置。依据树轮地貌学工作大样本量的采样要求, 在无法大量采集树盘的情况下, 如何利用生长锥合理高效的获取有价值的树芯样品成为一个重要的问题, 本研究将为野外采样工作提供参考信息, 有助于推动树轮地貌学方法在我国山地灾害研究中的应用。

**关键词:** 创伤树脂道; 祁连县; 山地灾害; 青海云杉

**中图分类号:** P942

**文献标志码:** A

创伤树脂道 (Traumatic Resin Duct, TRD) 是树木 (主要为针叶树) 受到昆虫侵袭或其他机械伤害时, 形成层受损且部分细胞死亡, 而其他存活的形成层细胞为适应干扰, 在受损区周围产生的密集树脂道<sup>[1]</sup>。正常情况下, 这种管道在未受伤树中是不存在的, 或者只是少量出现, 属于单一且分散的“正常”轴向管道, 是树木组织和器官发育的正常特征, 但外部因素可能导致异常的树脂道发育<sup>[2-3]</sup>, TRD 形成代表了树木本身拥有的非特异防御反应<sup>[4]</sup>。激发 TRD 发育的外界因素众多, 例如落石、滑坡、泥石流、洪水和雪崩等自然灾害<sup>[5]</sup>, 它的形成往往需要一定的时间, 如果损伤发生在形成层活动期, 则之

后 4 ~ 28 d 内在次生木质部会生成树脂道<sup>[6-7]</sup>; 如果损伤发生在休眠季, 那么树脂道只会在下一个生长季的树轮中少量出现, 或者根本不出现。因此, 作为树木主动的防御反应, TRD 对于重建雪崩、泥石流等自然灾害的复发间隔具有重要的指示意义。

在无资料或者少资料地区, 借由 TRD 可以辅助完成历史时期灾害事件的认定工作, 填补灾害资料的空白, 为探讨过去数百年灾害发生的规律提供参考信息。TRD 在早材或晚材中出现的位置可以指示干扰事件发生的季节<sup>[8]</sup>, 运用 TRD 进行分析, 可提高对山地灾害事件重建的定年精度<sup>[5]</sup>。例如, Casteller 等<sup>[9]</sup> 在分析安第斯山的山洪时, 采集出现

收稿日期 (Received date): 2019-06-22; 改回日期 (Accepted date): 2020-09-16

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金面上项目 (41977392, 41471087)。[National Natural Science Foundation of China, General Program (41977392, 41471087)]

作者简介 (Biography): 张建奇 (1972-), 男, 高级工程师, 主要研究方向: 森林资源保护与管理。[ZHANG Jianqi (1972-), male, senior engineer, research on protection and management of forest resources.] E-mail: 470382787@qq.com

\* 通讯作者 (Corresponding author): 张永 (1979-), 男, 副研究员, 主要研究方向: 气候与环境变化。[ZHANG Yong (1979-), male, associate professor, research on climate and environmental change.] E-mail: zhangyong@igsrr.ac.cn

TRD 等干扰特征的树木样本,利用树轮地貌学方法重建了该地区 1890—2009 年的 21 个山洪事件,发现 58.2% 的山洪事件发生在休眠期,29.1% 和 12.7% 的事件发生在早材和晚材的生长期。TRD 作为一种季节性的指标,在树轮地貌学的研究中具有巨大潜力<sup>[10-11]</sup>。

想要获取含有更多 TRD 信息的生长样芯,则需要合理选择采样位置。国际上已经开展了相关的研究,例如针对欧洲针叶树,一般在受伤位置上部采集生长样芯,因为树木响应干扰生成的 TRD 在伤口上方的轴向延伸最大<sup>[12-13]</sup>。我国是山地灾害高发的国家,随着树轮年代学手段在国内的发展,树轮地貌学已经逐步被应用于山地灾害、冰川活动等领域<sup>[14-18]</sup>,具有很大的发展潜力。目前国内已有工作主要还是基于对树轮宽度变化、偏心圆等的分析,对 TRD 的相关研究并不多见。作为树轮地貌学手段的重要指征,TRD 特征是需要重点调查的:首先,要确定某个树种在受到自然灾害影响后,是否会出现 TRD? 其次,在受影响树木的哪个位置采样易于获得更多的 TRD 信息? 在树轮地貌学的研究工作中,为了获取可靠的信息,需要采集较多的样本,一般需要几百棵树木,工作量很大,而且采样的位置也需要根据研究目标有所侧重,例如针对伤疤树要尽可能靠近伤疤位置采样等。获取树盘是观测异常生长特征的有效途径,但是无法大量采集,通常是利用口径 0.5 cm 的生长锥进行取样,在这种情况下,确定在受影响树木的哪个位置采样容易获得更多的 TRD 信息,进而减少工作量,避免不必要的样芯采集,对于科研人员和树木本身都是十分重要的。

本研究所用的树种为青海云杉 (*Picea crassifolia*),属于中国特有树种,分布于中国青海、甘肃、宁夏、内蒙古等省、自治区,生长于海拔 2350 ~ 3500 m 之间的山地低海拔地区<sup>[19]</sup>,更接近人类活动范围,容易受到各种山地灾害的影响,同时该树种由于树轮较宽,对环境变化响应敏感,是研究环境变化的理想材料。本研究设计在青海云杉的伤疤周边不同位置采集样芯,调查青海云杉在受到山地灾害影响后是否会形成 TRD;利用统计分析和对比研究方法,分析不同位置出现 TRD 的情况,最终确定最易获取 TRD 的位置信息,为相关的野外采样工作提供参考信息。

## 1 数据及方法

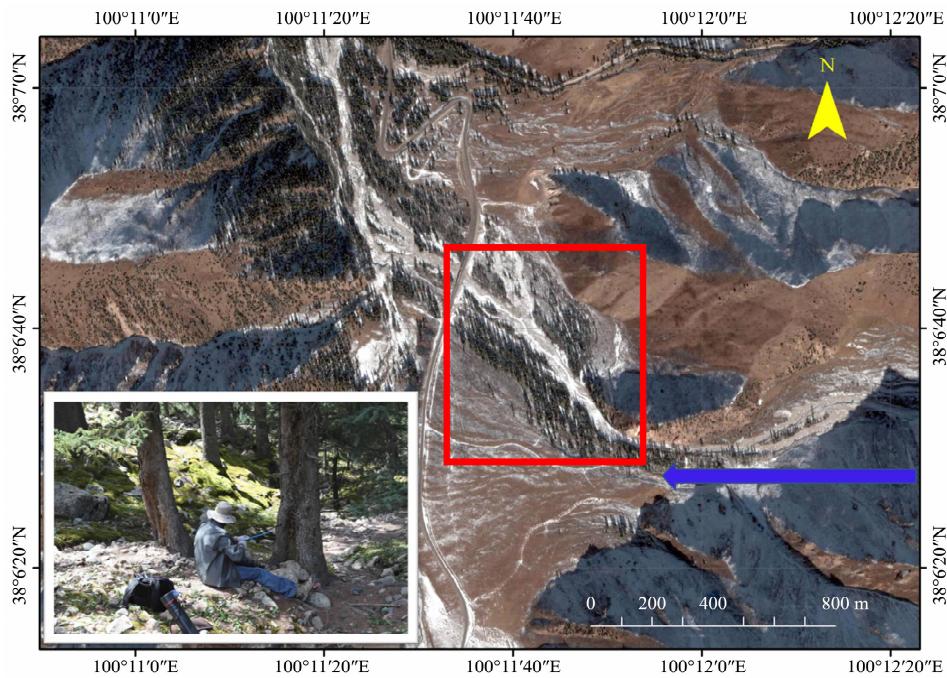
本研究的样本采自青海省祁连县西南部约 9 km 的一处受山洪影响的青海云杉林 (38.11°N, 100.20°E),山洪形成的河道从森林中通过,位于河道边缘的部分青海云杉存在分叉木、伤疤等伤害特征,伤疤多面向河道上游方向,明显为山洪携带的上游石块撞击形成。

### 1.1 采样策略

为了便于对比研究,依据以下三个标准在伤疤树上进行样本采集:(1) 伤疤树胸径在 30 ~ 40 cm 范围内,在采样区此类样本占绝大多数,本研究重点关注这一胸径范围内伤疤树的 TRD 分布特征,其他径级的云杉 TRD 统计暂不考虑;(2) 伤疤的宽度能达到胸径的一半以上;(3) 树表无虫害现象。已有研究表明:落叶松受到泥石流影响后,轴向方向上创伤树脂道出现的平均范围:伤疤上部 43 cm,伤疤下部 14 cm<sup>[20]</sup>,而云杉中树脂道的分布和落叶松类似<sup>[3]</sup>。因伤疤大多距离地面较近,伤疤的下方无法采集样本。因此,利用生长锥在靠近伤疤裸露处 10 cm 左右的上部、左侧和右侧,并依次间隔 10 cm 进行样芯采集,各采集 3 个样芯,分别标记为 U1、U2、U3 (上部,由下至上),L1、L2、L3 (左侧,由左至右),R1、R2、R3 (右侧,由右至左),在部分树木的伤疤相反一侧也有采集样芯,并标记为 O。记录采样树的经纬度、采样高度、胸径及邻近树木的生长情况,并对采样树进行拍照记录,最终采集了 14 棵青海云杉的树木样芯 (图 1),依次标号为 T1 - T14。在样点周边同时采集了 25 棵未受异常干扰、健康生长的青海云杉,用于辅助伤疤树样芯的交叉定年。

### 1.2 统计分析

在实验室,依照树轮样本处理的基本程序,对所采样芯进行粘贴、表面打磨、交叉定年、宽度测量。基于定年结果记录各个采样位置 TRD 出现的确切年份,并统计样芯中 TRD 数目,分析在伤疤周边不同位置处 TRD 的分布特征,统计时采取“逢出现便记录”原则。同时,统计一棵树的不同样芯中 TRD 出现次数较多的年份,把连续 4 年出现定义为强度较大的干扰年份。由于强干扰事件可能造成树轮内连续多年出现 TRD,因此只记录 TRD 连续出现时的



注:红色框是采样区,蓝色箭头表示山洪冲积方向,左下角图片为采集伤疤树样芯。  
Note: The red box is sampling area; The blue arrow indicates the direction of mountain flood alluvium; The picture in the lower left corner expresses a scene of collecting scar tree core

图 1 位于青海省祁连县的采样区  
Fig.1 Sampling area of Qilian County, Qinghai Province, China

第一年。针对此类干扰事件,我们统计该年内伤疤左侧、右侧和上部 10 ~ 20 cm 位置处 TRD 个数,以调查强干扰事件下 TRD 的分布特征。

在研究区,虫害和极端气候不具有空间异质性,对比伤疤树和健康生长树木中树脂道的存在状况,可排除虫害、极端气候等因素引起的树脂道。此外,伤口诱导产生的导管长度大,且分布较广,而不同伤口造成的导管重叠会在径向上形成均匀紧密排列的树脂道<sup>[3]</sup>,因此,受机械损伤而产生的树脂道往往呈紧密、连续排列状<sup>[5]</sup>,而正常存在的树脂道是分散的,根据树脂道的紧密排列程度可对树木本身存在的树脂道和创伤树脂道进行区分。本研究中 TRD 的具体特征如图 2a 和图 2b 所示,TRD 分别位于靠近晚材和早材位置。需要指出的是,树木中有轴向和径向树脂道,目前对于创伤发生后,TRD 在轴向上的分布认知有限<sup>[20]</sup>,研究 TRD 在轴向上的分布需要采集树木圆盘,而本工作利用生长锥获取树木样芯,主要关注样芯中径向的 TRD 信息。

2 结果

2.1 不同位置 TRD 统计

14 棵伤疤树中最年轻树为 1963—2019 年,最老树为 1815—2018 年,平均树龄 102 年。所用树木中均可发现清晰 TRD,比较一致的 TRD 发生年为:1959、1970、1973、1977、1979、1981、1987、1990、1999、2001 年,至少有 4 棵树出现 TRD,以 1979 和 1981 年最多,各有 6 棵树同时发育 TRD。

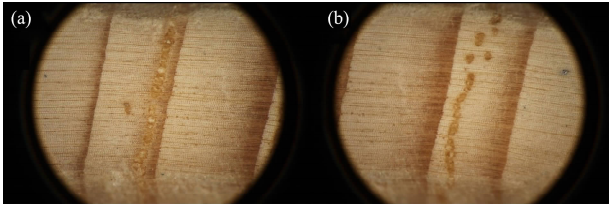
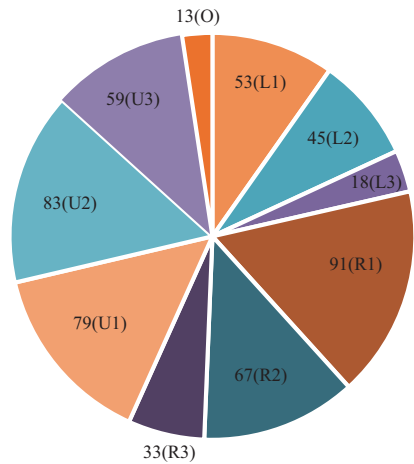


图 2 树轮中的 TRD 及其位置:  
(a)晚材中 TRD; (b)早材中 TRD  
Fig.2 TRD and its position in tree ring: (a) is TRD in late wood; (b) is TRD in early wood



注：L1-L3、R1-R3 和 U1-U3 分别表示伤疤左、右侧和上部 10~30 cm 位置，为等距离采样；O 表示伤疤的对侧位置

Note: L1-L3, R1-R3 and U1-U3 represent the positions of the left, the right and the upper 10~30cm from a scar, respectively; equidistant sampling; O, contralateral position of a scar.

图 3 伤疤附近不同位置处的 TRD 数量统计

Fig. 3 Statistics on the number of TRDs at different positions around the scars

TRD 的数量如图 3 所示，图中数字表示对应采样位置的 TRD 数量。无论是伤疤左侧、右侧，还是伤疤上部，10~20 cm 范围内 TRD 数量占绝大多数，而距离伤疤 30 cm 位置处，TRD 数量偏少。在伤疤对侧采集的样芯中也有 TRD 出现，但是相对于其他位置则明显较少。

2.2 10~20 cm 范围内上部与左、右侧 TRD 比较

14 棵伤疤树所有 10~20 cm 范围内的统计结果显示：左侧共有 98 个 TRD，右侧共有 158 个，而上部则有 162 个。伤疤上部 TRD 数量高于左、右两侧。考虑到个别样芯的 TRD 数量异常会对总体 TRD 分析造成影响，例如个别样芯受灾害影响明显，表现为连续十多年出现 TRD，而个别受灾害影响较轻，基本没有 TRD。因此，在考虑伤疤上部和左、右两侧 TRD 的分布差异时，需把以上两类样芯剔除。基于上述考虑，我们选取标号为 T2、T3、T4、T6、T7、T9、T10、T12、T13 的 9 棵树木样芯，针对伤疤上部和左、右侧 10~20 cm 平均状态下 TRD 的数量分布进行对比，并进行差异性检验，统计如表 1 所示：10~20 cm 范围内伤疤上部 TRD 数量明显多于左、右侧的平均值。T 检验的结果显示，伤疤上部和

左、右侧平均状态下的 TRD 数量有显著性差异 ( $P < 0.05$ )。

2.3 伤疤上部 10~30 cm 位置处 TRD 比较

针对伤疤上部 10~30 cm 位置处 TRD 的数量分布特征，统计如图 4 所示，U1、U2、U3 分别表示伤疤上部 10 cm、20 cm 和 30 cm 位置，图中数值表示对应位置 TRD 的数量百分比。当树木受到伤害形成伤疤时，在伤疤上部 10 cm 处就会有 TRD 响应出现。在伤疤上部 20 cm 处形成的 TRD 最多，此位置可能是采集伤疤干扰信号的最有利位置。随着与伤疤的距离变大，在距离伤疤 30 cm 处形成的 TRD 相对较少。

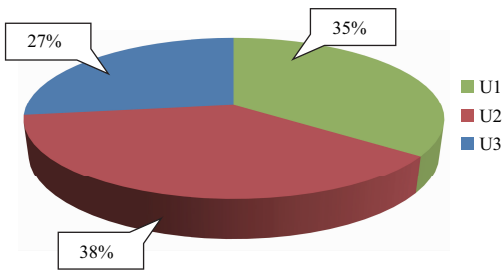
表 1 不同样芯伤疤上部和左、右侧平均 TRD 的数量统计

Tab. 1 Statistics on the number of TRD in the average state of the upper, left and right side of scars in different trees

位置	TRD/个数								
	T2	T3	T4	T6	T7	T9	T10	T12	T13
L/R	5.50	4.50	7	10.50	8.50	2	10	3.50	1.50
U	9	17	16	11	19	7	14	4	2

注：T2、T3 等为不同的样芯代号；L/R 表示伤疤左、右侧 10 和 20 cm 位置处；U 表示伤疤上部 10 和 20 cm 位置处

Note: T2 and T3, etc. represent the codes of different tree ring cores; L/R represents the average number of TRDs at 10 and 20 cm on the left and right side of a scar; U represents the number of TRDs at 10 and 20 cm above a scar.



注：U1~U3 分别表示伤疤上部 10~30 cm 位置

Note: U1~U3 represent the positions of the upper 10~30 cm from a scar, respectively

图 4 伤疤上部 10~30 cm 位置 TRD 的数量百分比

Fig. 4 Percentage of TRDs at the upper of 10~30 cm from a scar

2.4 强干扰事件年上部与左右两侧 TRD 个数对比

针对同一棵树不同位置出现 TRD 次数较多的年份，该年内伤疤的左侧、右侧和上部 10~20 cm 位

置处 TRD 的个数统计如表 2 所示,选取的样本代号依次为 T1 ~ T7 和 T10。可以发现,伤疤上部 10 ~ 20 cm 位置形成的 TRD 数量为 42 个,明显高于伤疤左侧和右侧 10 ~ 20 cm 位置,而左侧和右侧的 TRD 数量依次为 28 和 32 个,差别不大。

表 2 强度较大干扰事件中不同位置处 TRD 的数量

Tab. 2 The number of TRDs at different positions in the strong interference events

位置	TRD/个数								总计
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T10	
U1 - 2	13	3	4	11	0	1	5	5	42
L1 - 2	9	4	1	4	1	4	2	3	28
R1 - 2	8	2	1	11	2	1	3	4	32

注:U1 - 2、L1 - 2、R1 - 2 分别表示伤疤上部、左侧和右侧 10 cm 和 20 cm 位置

Note: T1 and T2, etc. represent the codes of different tree ring cores; U1 - 2, L1 - 2, R1 - 2 indicate the 10 cm and 20 cm positions on the upper, left and right side of a scar, respectively.

### 3 讨论

以上统计结果表明,青海云杉的伤疤树中 TRD 出现十分频繁,青海云杉对外界创伤比较敏感。目前已有的山洪重建工作,多是利用同时期出现的异常生长特征进行事件确定,因此本研究发现的 1979 和 1981 年的 TRD,很可能是这两年发生的山洪事件所致。例如 1979 年 TRD 多集中在早材位置,而祁连县的日降水数据显示 7 月 26 日降水量达到 25.9 mm,是一年之中日降雨量的最大值,三日累计最大降雨量发生在 8 月 5 日—8 月 7 日,降水达到 44.3 mm,强降雨的发生时间与 TRD 出现时间基本接近;而 1981 年 TRD 在早材和晚材位置都有出现,相应的年内日最大降雨量为 27.6 mm,发生在 9 月 3 日,不过在 7 月 1 日和 12 日降雨量也较大,分别为 23.9 mm 和 26.6 mm,三日累计最大降雨量为 9 月 3 日—9 月 5 日的 42.2 mm。因此结合青海云杉的 TRD 信息以及其他异常生长特征,可以有效地进行山洪事件的重建和恢复工作,具有很大的潜力去开展更深入的工作。

研究表明,无论是总数的分布,还是较大强度干扰后的状况,上部出现 TRD 的概率最大。TRD 相对

于损伤的出现位置,会因树种差异而有所不同。一般而言,距离损伤的位置越远,TRD 的数量也越少<sup>[21]</sup>,它们的排列也会越分散<sup>[3]</sup>。目前国外已开展的针对机械损伤后 TRD 出现位置的调查工作,同样发现损伤上部会响应出现较多 TRD<sup>[21]</sup>。因为损伤位置的生理结构被破坏,所以伤口位置不会产生 TRD。而机械损伤发生时产生的冲击波,往往会通过茎干向上传播<sup>[22]</sup>,向下传播的冲击波则很可能被树根和地面所减轻<sup>[23-24]</sup>。除此之外,随着与损伤处的距离增大,年内 TRD 的存在状况会发生变化,这可能是受伤后树木内化学信号缓慢传播的结果<sup>[25]</sup>。本研究结果表明,距离伤疤裸露处上方 20 cm 附近是适宜采集样芯的位置,在实际工作中可以优先采集。当然考虑到实际工作中树芯断裂、腐朽等情况,伤疤两侧也是较为理想的采样位置。

### 4 结论

通过分析青海云杉中伤疤左侧、右侧和上部不同位置处的树轮样芯,发现青海云杉在受到山地灾害引发的创伤后会产生 TRD。统计结果显示,在距离伤疤 10 cm 和 20 cm 位置处的 TRD 占大多数,而伤疤对侧 TRD 数量较少。不论是轻微,还是具有一定强度的干扰事件发生后,伤疤上部诱发 TRD 概率明显高于左侧和右侧。伤疤上部 20 cm 位置产生的 TRD 要多于 10 cm 和 30 cm 位置。因此,此位置是适合采集青海云杉的山地灾害干扰信号的有利位置。

本研究只关注了胸径大小较为接近的中龄青海云杉,且所用样本量有限,未来有待系统的开展基于大样本量的不同树龄、不同胸径的同一树种以及不同树种对外界机械伤害的响应特征研究,以期促进国内基于树轮地貌学的山地灾害研究工作的快速发展。

### 参考文献 (References)

- [1] BRÄUNING A, DE RIDDER M, ZAFIROV N, et al. Tree-Ring features: indicators of extreme event impacts [J]. IAWA Journal, 2016, 37(2):206-231.
- [2] THOMSON R B, SIFTON H B. Resin canals in the Canadian spruce (*Picea canadensis* (Mill.) B. S. P.)—an anatomical study, especially in relation to traumatic effects on their bearing on phylogeny [J]. Philosophical Transactions of the Royal Society of

- London, Series B, Biological Sciences, 1926, **214**:63–111.
- [3] BANNAN M W. Vertical resin ducts in the secondary wood of the Abietineae [J]. New Phytologist, 1936, **35**:11–46.
- [4] BERRYMAN A A. Resistance of conifers to invasion by bark beetle-fungus associations [J]. Bioscience, 1972, **22**:598–602.
- [5] STOFFEL M. Dating past geomorphic processes with tangential rows of traumatic resin ducts [J]. Dendrochronologia, 2008, **26**(1): 53–60.
- [6] NAGY N E, FRANCESCHI V R, SOLHEIM H, et al. Wound-induced traumatic resin duct formation in stems of Norway spruce (Pinaceae): anatomy and cytochemical traits [J]. American Journal of Botany, 2000, **87**(3):302–315.
- [7] FRANCESCHI V R, KREKLING T, CHRISTIANSEN E. Application of methyl jasmonate on *Picea abies* (Pinaceae) stems induces defense-related responses in phloem and xylem [J]. American Journal of Botany, 2002, **89**:578–586.
- [8] BALLESTEROS J A, STOFFEL M, BODOQUE J M, et al. Changes in wood anatomy in tree rings of *Pinus Pinaster* Ait. following wounding by flash floods [J]. Tree-Ring Research, 2010, **66**(2):93–103.
- [9] CASTELLER A, STOFFEL M, CRESPO S, et al. Dendro-geomorphic reconstruction of flash floods in the Patagonian Andes [J]. Geomorphology, 2015, **228**:116–123.
- [10] BOLLSCHWEILER M, STOFFEL M, EHMISCH M, et al. Reconstructing spatio-temporal patterns of debris-flow activity using dendrogeomorphological methods [J]. Geomorphology, 2007, **87**(4):337–351.
- [11] PROCTER E, BOLLSCHWEILER M, STOFFEL M, et al. A regional reconstruction of debris-flow activity in the Northern Calcareous Alps, Austria [J]. Geomorphology, 2011, **132**(1/2):41–50.
- [12] SCHNEUWLY D M, STOFFEL M, BOLLSCHWEILER M. Formation and spread of callus tissue and tangential rows of resin ducts in *Larix decidua* and *Picea abies* following rockfall impacts [J]. Tree Physiology, 2009, **29**(2):281–289.
- [13] SCHNEUWLY D M, STOFFEL M, DORREN L K, et al. Three-dimensional analysis of the anatomical growth response of European conifers to mechanical disturbance [J]. Tree Physiology, 2009, **29**(10):1247–1257.
- [14] 洪婷,白世彪,王建,等. 利用树轮重建九房山滑坡活动年份[J]. 山地学报,2012,30(1):57–64. [HONG Ting, BAI Shibiao, WANG Jian, et al. Reconstruct the activity years of Jiufangshan landslide by means of tree-rings [J]. Mountain Research, 2012, **30**(1):57–64]
- [15] 丁苗,白世彪,王建,等. 利用树木年轮重建滑坡复活时间的方法[J]. 山地学报,2016,34(5):545–554. [DING Miao, BAI Shibiao, WANG Jian, et al. Basic procedures of using tree rings to reconstruct the time of landslide reactivation [J]. Mountain Research, 2016, **34**(5):545–554]
- [16] 铁永波,MALIK I, OWCZAREK P. 树木年代学在高寒山区泥石流历史事件重建中的应用——以磨西河流域倒灶沟为例[J]. 山地学报,2014,32(2):226–232. [TIE Yongbo, MALIK I, OWCZAREK P. Dendrochronological dating of debris flow historical events in high mountain area [J]. Mountain Research, 2014, **32**(2):226–232]
- [17] ZHU Haifeng, SHAO Xuemei, ZHANG Hui, et al. Trees record changes of the temperate glaciers on the Tibetan Plateau: Potential and uncertainty [J]. Global and Planetary Change, 2019, **173**: 15–23.
- [18] ZHANG Yong, STOFFEL M, LIANG Eryuan, et al. Centennial-scale process activity in a complex landslide body in the Qilian Mountains, northeast Tibetan Plateau, China [J]. Catena, 2019, **179**:29–38.
- [19] 《中国森林》编辑委员会. 中国森林:第2卷——针叶林[M]. 北京:中国林业出版社,1999:718. [Editorial Board of *China Forest*. China forest;the second volume—Coniferous forest [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1999:718]
- [20] BOLLSCHWEILER M, STOFFEL M, SCHNEUWLY D M, et al. Traumatic resin ducts in *Larix decidua* stems impacted by debris flows [J]. Tree Physiology, 2008, **28**: 255–263.
- [21] FAHN A, WERKER E, BEN-TZUR P. Seasonal effects of wounding and growth substances on development of traumatic resin ducts in *Cedrus libani* [J]. New Phytologist, 1979, **82**:537–544.
- [22] DORREN L K A, BERGER F, PUTTERS U S. Real-size experiments and 3D simulation of rockfall on forested and non-forested slopes [J]. Natural Hazards and Earth System Sciences, 2006, **6**:145–153.
- [23] LUNDSTRÖM T, JONSSON M J, KALBERER M. The root-soil system of Norway spruce subjected to turning moment: resistance as a function of rotation [J]. Plant Soil, 2007, **300**:35–49.
- [24] LUNDSTRÖM T, JONAS T, STÖCKLI V, et al. Anchorage of mature conifers: resistive turning moment, root-soil plate geometry and root growth orientation [J]. Tree Physiology, 2007, **27**: 1217–1227.
- [25] STOFFEL M, HITZ O M. Rockfall and snow avalanche impacts leave different anatomical signatures in tree rings of juvenile *Larix decidua* [J]. Tree Physiology, 2008, **28**:1713–1720.



## Investigation of the Distribution of Traumatic Resin Ducts in *Picea crassifolia*

ZHANG Jianqi<sup>1</sup>, QIE Jiazhi<sup>2,3</sup>, ZHANG Yong<sup>2\*</sup>

(1. Gansu Qilian Mountain National Nature Reserve Administration, Zhangye 734000, Gansu, China;

2. Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** As a significant indicator of disturbing incident in dendrogeomorphology, Traumatic Resin Duct (TRD) has been world-widely used in the research of mountain geohazards because of its physical property of seasonal resolution. China is a country with high incidences of mountain geohazards. Although dendrogeomorphology has great prospect for the research of mountain disasters, there has not yet works to be known related to TRD at present in China. In this study, *Picea crassifolia* with discernible scars were selected for investigation of TRD at a sampling site of Qilian County, Qinghai Province, China. It collected samples of tree ring cores and then used statistical analysis as well as comparative method to explore the distribution characteristics of TRD at different positions around scars. The results show that the damages in *Picea crassifolia* caused by geohazard incidents produced TRD. Regardless of the left, right or upper part, TRDs in core samples at 10 cm and 20 cm away from a scar accounted for absolute majority, whereas the opposite side of the scar did not respond to interference events evidently. After a session of geohazards hitting trunks, there were obviously more TRDs formed on the upper part of a scar than on the left and right side. TRDs at the upper 20 cm of a scar had the highest occurrence, which is a favorable position for collecting interference signals. Dendrogeomorphology requires large sample size. In the case that a large quantity of tree disks cannot be collected, how to use growth cones to obtain valuable tree core samples reasonably and efficiently, which has become a challenging issue in Dendrogeomorphology. This study provides strong reference for field sampling work, and will contribute to promoting the application of dendrogeomorphology in mountain geohazard research in China.

**Key words:** traumatic resin ducts; Qilian county; mountain hazards; *Picea crassifolia*