

台风“天鸽”对湿加松无性系种子园的影响*

林昌明¹ 车晓亮^{2,3} 李福明¹ 黄婷¹
司徒文斗¹ 李义良³ 郭文冰³

(1. 台山红岭种子园, 广东 江门 529223; 2. 华南农业大学 林学与风景园林学院, 广东 广州 510642;

3. 广东省森林培育与保护利用重点实验室 / 广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520)

摘要 2017年第13号台风“天鸽”正面袭击台山, 给台山红岭种子园内的湿加松(*Pinus ellittii* × *P. caribaea*)无性系种子园造成巨大损失, 一半的球果和三分之一的单株遭到严重破坏。经过调查发现, 单株的受害类型可以分为两类, 一种类型主要表现为枝干受损, 其中主干破裂占受害株的55%, 侧枝受损占36.4%, 而主干破裂的类型以基部破裂为主; 另一种类型表现为根系受损, 只占8.7%, 包括倾斜、倒伏和连根拔起。不同湿加松无性系的受灾情况存在明显差异, 参与分析的53个无性系中, 8个无性系(EHA10-1, EHA11-1, G3-1, G3-3, G5-1, G7-1, S95-20-1和S95-20-3)没有遭受风害, 7个无性系(G11-4, G3-4, A05H06-1, B16H02-1, G1-1, G5-4, S95-54-1)受灾率超过80%, 说明湿加松的抗风性在基因型间存在差异。跟踪调查2016—2019年湿加松种子园的种子品质, 发现台风当年(2017年)的出种率和千粒重不受影响, 但发芽率明显降低; 台风次年出种率下降, 但千粒重和发芽率不变。说明台风影响了球果的发育, 但仍可对球果进行采摘利用。

关键词 台风; 湿加松; 种子园; 风害

中图分类号: S722.3 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2020) 04-0053-06

Damage Assessment of Hybrid Pine Seed Orchards after Typhoon Hato

LIN Changming¹ CHE Xiaoliang^{2,3} LI Fuming¹ HUANG Ting¹
SITU Wendou¹ LI Yiliang³ GUO Wenbing³

(1. Taishan Hongling Seed Orchard, Jiangmen, Guangdong 529223, China; 2. College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agricultural University Guangzhou, Guangdong 510642, China; 3. Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization / Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract Taishan was attacked by the 13th typhoon Hato during 2017, causing serious damage and loss to *Pinus ellittii* × *P. caribaea* of Taishan Hongling Seed Orchard. Half of the cones and one-third of the individual plants were severely damaged. According to the field survey, it was found that the damage of individuals can be divided into two types. One is damage of stem and branch, among which stem breakage accounted for 55%, and branch destroyed accounted for 36.4%, while the main stem rupture was mainly caused by the base break. The other type showed damage to the root system, only accounted for 8.7%, including leaning falling, and uprooted. There were significant difference among genotypes on wind damage, among which 8 clones (EHA10-1, EHA11-1, G3-1, G3-3, G5-1, G7-1, S95-20-1 and S95-20-3) did not suffer from wind damage, while the disaster rate of 7 clones (G11-4, G3-4, A05H06-1, B16H02-1, G1-1, G5-4, S95-24-1) exceeded 80%, indicating that there were differences in wind resistance among genotypes. After tracking the seed quality of the seed orchard from 2016 to

* 基金项目: 广东省科技计划项目 (2017B020205003)。

第一作者: 林昌明 (1968—), 男, 高级工程师, 主要从事松树种苗繁育的研究工作, E-mail: tsshlzzy@126.com。

2019, the research found that the seed rate and 1 000-grains weight were not affected in 2017, but the germination rate was significantly reduced. The seed rate was decreased in 2018, but the 1000-grains weight and germination rate remained unchanged. Although the development of the cones were influenced by typhoon, the cones could also be collected and used.

Key words Typhoon; *Pinus ellittii* × *P. caribaea*; seed orchard; wind damage

台风是一种热带气旋,是发生在热带或副热带洋面上的低压涡旋,是一种强大而深厚的热带天气系统,常伴随着大风、暴雨和风暴潮及其引起的次生灾害^[1-2]。我国东南沿海省份是台风袭击最严重的地区,其频发于盛夏初秋之际^[3],每次台风灾害都给当地人民生命财产和社会生产带来巨大危害。台风灾害对东南沿海的林业生产造成巨大损失,例如2014年强台风“威尔逊”袭击广东雷州半岛和广西沿海城市,雷州半岛的橡胶树种植业受灾严重,风害率为100%^[4],此外也造成广西林业损失总估价值348 897.14万元^[5]。专家预测,由于全球气候变化,台风的发生将日趋频繁^[6],对林业生产的影响也将日益增加。因此,研究台风对林木的危害情况以及对应的保护措施尤为重要。

前人研究表明,林木的树种、树高、径粗、冠幅、根系深度与宽度、种植密度、管理措施等对林分的抗风性有显著影响^[7-10]。我国对风害与林木抗风能力的研究多集中在沿海防护林树种和桉树上^[11-14],对国外松的研究相对较少^[15]。湿加松(*Pinus ellittii* × *P. caribaea*)是湿地松(*P. elliotii* var. *elliotii*)与加勒比松(*P. caribaea*)杂交的子代,具备生长速度快、生长量大、抗逆性强的优点^[16-17]。湿加松和湿地松都是我国南方重要的商品林树种,主要的产品是木材和松脂。目前,湿加松主要种植于我国广东、福建、广西和海南这4个沿海省份,四川和云南也有少量种植^[18]。华南地区处于台风频发地区,台风可能成为湿加松种植业的限制因素之一。2000—2003年间,台山市红岭种子园建成了我国第一个湿加松无性系种子园。2017年8月,第13号台风“天鸽”对台山红岭种子园内的湿加松无性系种子园造成了巨大的影响,但对该地点人工林影响较小,为了分析湿加松种子园受灾原因,为今后在沿海地区营建湿加松种子园提供应对风害的经验,本研究对受灾情况进行调查分析,并连续跟踪了台风后2年种子园的结实情况。

1 材料与方法

1.1 台风“天鸽”概况

台风“天鸽”为2017年第13号台风,8月20日于西太平洋生成,8月23号于广东珠海登陆,登陆时最大风力14级,中心气压950 hPa。登陆后,“天鸽”继续朝西北方向移动,23日15:00时台风中心达到广东省台山市,最大风力13级。于24日穿越广西省后,强度降至热带低压^[19]。

1.2 调查地点与材料

本次调查的地点位于广东省台山市红岭种子园试验区内。该园地处22°11'N, 112°49'E;平均海拔30 m,土壤为花岗岩发育的酸性砖红壤,pH值5.0-5.5,土层深厚;属南亚热带海洋性气候,光热条件良好,年均气温21.8℃,年降水量1 940 mm,夏秋季台风频发。

此调查以台山市红岭种子园内的湿加松无性系种子园为材料,调查强台风“天鸽”过后的受灾情况。该种子园在2000—2003年建成,面积16.7 hm²,种植密度为300株/hm²(5 m×5 m以及5 m×10 m)。砧木是湿地松,接穗来自湿加松F₁遗传测定林6-8年生的优树。种子园共包含53个无性系,每个无性系平均90株,采用顺序错位排列法进行无性系配置。2017年测得种子园平均树高12.3 m,平均胸径26.1 cm。

1.3 调查方法

在“天鸽”过后进行受灾木每木调查,记录种子园的受灾情况,将受灾木分为倾斜、倒伏、连根拔起、侧枝受损、主干破裂等几种类型(表1)。同时将主干破裂(均<10 m)进一步细分为基部破裂(破裂位置<2 m)、中下部破裂(破裂位置2-5 m)和顶部破裂(破裂位置5-10 m)。

台风后第5天,对湿加松种子园内受害单株进行分区组调查,统计各种受害类型的百分比以及每个家系受害单株的比例。生长调查内容包括树高、胸径、冠幅和冠长率。其中,冠幅为南北与东西冠幅的平均值,冠长率为冠长与树高的比

表 1 湿加松种子园受害类型划分
Table 1 Damage types of seed orchard of *Pinus ellittii* × *P. caribaea*

受害类型 Damage type	受害情况 Damage description
倾斜	主干倾斜，枝干未破裂
倒伏	主干倒伏在地上，枝干未破裂
连根拔起	整株连根拔起，枝干未破裂
侧枝受损	大的侧枝出现明显破裂
主干破裂	主干从基部到顶部任意位置出现破裂

值。当主干折断时，树高包括断木长度与立木长度的总和；冠幅则量取着地后未受压方向的冠幅。

1.4 种子园结实情况调查

2016 年进行全园采果，采集球果 8 t；2017 年捡拾遭台风打落的球果 3.9 t；2018 年进行选择性地采摘，采果 5.7 t；2019 年选择性采摘球果 2.7 t。按照当年采集到的球果获得的种子量计算出种率，出种率为种子总重量与球果总重量的比值。发芽率为相同条件下生成正常幼苗的种子数量占检测种子总数的百分率。千粒重为抽取的饱满种子千粒重。

2 结果与分析

2.1 湿加松受灾类型与程度

台风“天鸽”对台山湿加松无性系种子园造成了严重损失，其中种子园一半的球果和三分之一湿加松的单株遭到严重破坏。调查结果（图 1）显示，单株的受害类型表现为地上部侧枝受损与主干受损，又以主干破裂为主，占 55%，其中基

部破裂的占 35.1%，中下部破裂的占 14.4%，顶部破裂的只占 5.5%；侧枝受损占 36.4%；而与根系受损有关的比例较小，其中连根拔起占 3.4%、倾斜占 2.9% 和倒伏占 2.3%。这说明，台风主要对地上部木材部分造成伤害，对地下根系的伤害相对较少。

为了分析受害类型是否与树木形态有关，对不同受害类型单株的树高、胸径、冠幅和冠长率进行多重比较（图 2）。如图可知，发生倾斜的个体与其他受害类型的个体的树高、胸径和冠幅存在显著差异，发生倾斜个体的这三类指标的平均值都小于其他受害类型；发生倾斜个体的冠长率与主干断裂的 3 种类型和连根拔起类型存在显著差异，而且发生倾斜个体的冠长率的平均值都大于主干断裂和连根拔起受害类型，但与侧枝折断和倒伏的个体不存在差异。根据前人在北美鹅掌楸种子园风灾受害株的打分方法，倾斜类型的受害株属于受害相对较轻的类型，反映倾斜受害株的根系部分受损^[20]，这说明树高、冠幅、胸径较

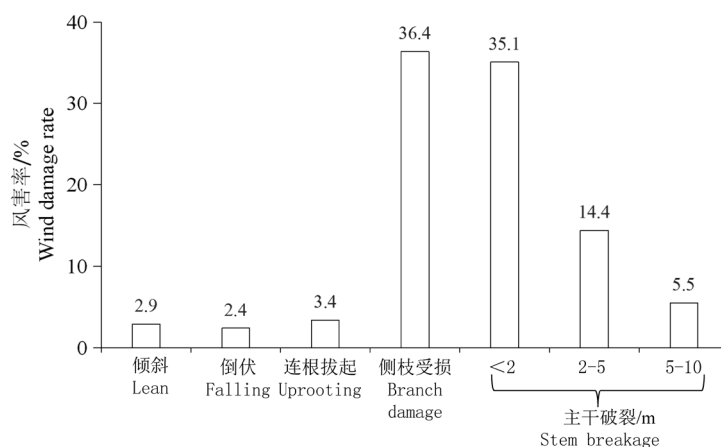
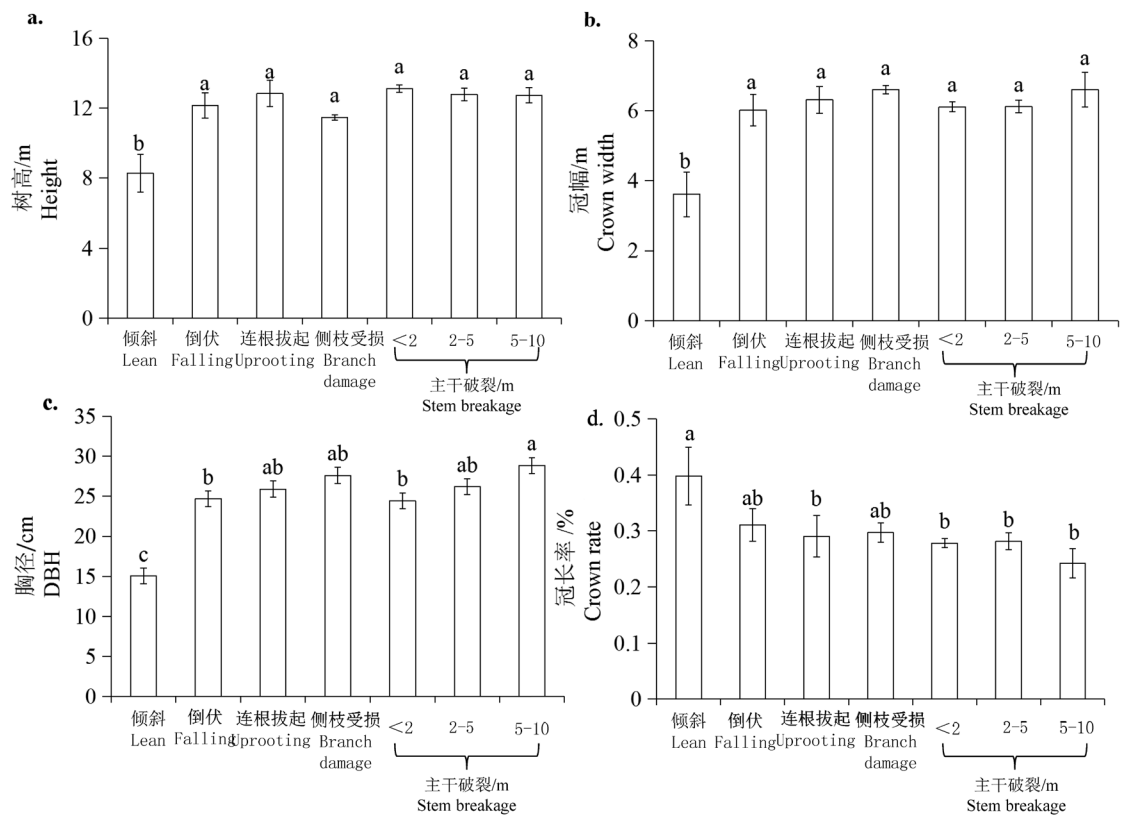


图 1 湿加松种子园受灾单株风害类型百分比

Fig.1 The percentage of damage type per plant in hybrid pine seed orchard



注：不同的小写字母代表存在显著差异 ($P<0.05$)。Note: there are significant differences in the different letters ($P<0.05$).

图 2 湿加松风害类型的各生长指标多重比较

Fig.2 Multiple comparison of growth indicators of wind damage types

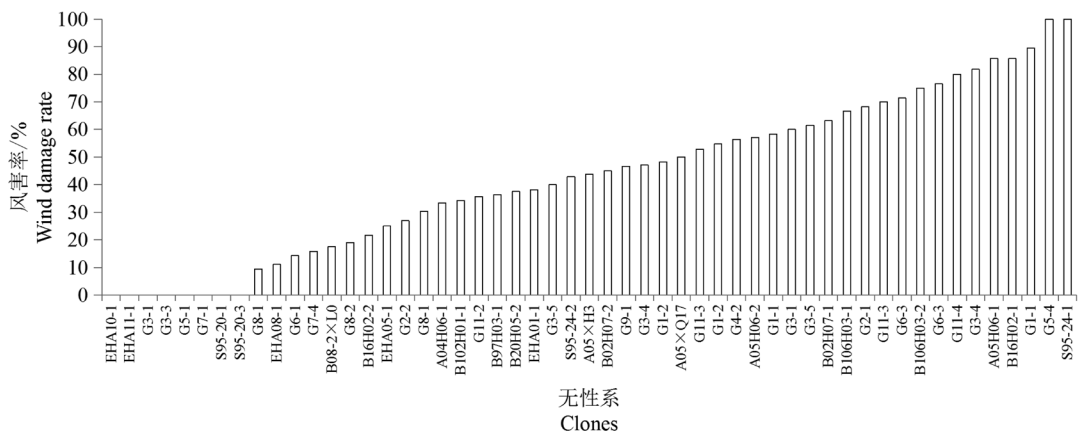


图 3 不同湿加松无性系的风害率

Fig.3 The wind damage rate of different clones of hybrid pine

小，而冠长率较大的树体受灾可能相对较轻。另外，胸径在根系受损与地上部受损两种类型中均呈现一定的趋势，在根系受损类型中，胸径越大，受损程度越高（即对根系的扰动更大）；而在地上部枝干受损类型中，胸径越大，破裂位置越高。

2.2 不同基因型的受灾程度

台风“天鸽”对台山湿加松无性系种子园各个区域造成严重破坏，分析分布在不同区域的无

性系受害类型，发现不同无性系受灾程度不同。如图 3 所示，53 个无性系中，8 个无性系（EHA10-1、EHA11-1、G3-1、G3-3、G5-1、G7-1、S95-20-1 和 S95-20-3）没有遭受风害，23 个无性系受害率低于 50%，22 个无性系受害率超过 50%，其中 G11-4、G3-4、A05H06-1、B16H02-1、G1-1、G5-4 和 S95-24-1 受灾率最严重，超过 80%，说明种子园树体的受灾情况与接穗基因型有关。

表 2 2016–2019 年湿加松种子园种子性状
Table 2 Seed traits of hybrid pine seed orchard from 2016 to 2019

年份 Year	出种率 /% Seed rate	千粒重 /g 1 000-grains weight	发芽率 /% Germination rate
2016	1.11	25.19	90.7
2017	1.37	25.00	72.0
2018	0.94	25.50	94.0
2019	1.12	22.72	88.3

2.3 风害影响种子产量与品质

湿加松成熟球果的收获时间为每年的 9 月上旬，并且松属植物的果实发育规律为开花当年完成授粉，次年球果才发育成熟。台风在 8 月 23 日登陆，球果在往年成熟期前的 15 天被台风刮落。为了探究 2017 年台风“天鸽”对湿加松种子园种子产量和品质的影响，在 2018 与 2019 年正常季节进行球果采摘，对种子性状的测定数据分析，结果显示（表 2），台风当年打落的球果出种率和千粒重与其他年份相似，但发芽率出现较大幅度下降，仅为 72%，这可能与球果提早脱离母树有关。台风次年（2018 年）采摘的球果出种率明显下降，而千粒重与发芽率则不受影响。

3 结论与讨论

台风是危害林业生产的气象灾害之一，在粤西地区，往年台风对松树的影响较小。2017 年台风“天鸽”使湿加松种子园遭受巨大损失，主要表现为树体受损、球果掉落。这虽然与台风正面袭击种子园所在区域有关，但可能也与种子园树体的特性有关，因此，有必要对受害原因进行调查。前人对桉树等树种受风灾的研究表明，树体的风害率与生长指标和木材密度、纤维等内部因素相关^[11-13,21-22]。对落叶松抗风性的研究表明，材积生长量与抗风性呈负相关^[23]。本调查的数据也证实，树体越高、胸径越大树体的破坏程度越严重。受害树体以主干断裂为主，而且主干断裂的位置以基部居多，顶部较少，暗示了种子园树体受害可能与异砧嫁接有关。在两种受害类型中，胸径越大根系受损越严重，暗示了受损可能与根冠不匹配有关，毕竟同等树龄下湿加松生长量是湿地松的两倍；而胸径越大主干受损的断裂位置则越高，这可能由于主干生长快的木材材性较差^[24]，上部受风后先断裂所造成。在这次风力为

14 级的台风“天鸽”袭击中，种子园无性系所表现的抗风能力差异也暗示了树体的受害程度可能与基因型有关。53 个无性系中 EHA10-1、EHA11-1、G3-1、G3-3、G5-1、G7-1、S95-20-1 和 S95-20-3 的抗风能力表现最为突出，风害率为 0，下一步将针对这些无性系作进一步的抗风性验证，为以后选育抗风品种提供遗传材料。

风害主要影响湿加松种子园当年的发芽率和次年的出种率。湿加松的球果收获时间是 9 月上旬，此次台风发生在 8 月 23 日，相当于球果提前 15 天左右离开母树，球果无法继续从母树获得营养，部分种子发育停滞，因此影响了当年种子的发芽率。但台风果的出种率和千粒重不受影响，说明湿加松种子的生物量在 8 月下旬已经完成累积，而 72% 的发芽率也表明大部分种子已经完成发育，这为今后自然灾害下是否提前采摘或是否捡拾球果提供了思路。此外，台风次年的出种率受到了影响，说明台风影响了当年树上幼果的发育，单果种子产量下降。

台风“天鸽”的风力大且正面袭击种子园区域是台山湿加松种子园破坏严重的直接原因。据专家预测，台风的发生将日趋频繁，如何进行抗风性选育，以及如何在沿海地区营建种子园是今后开展湿加松良种选育的重点工作。根据台风“天鸽”危害情况的调查结果，本研究提出了几点研究思路：一是重视湿加松抗风性与材性的测评，针对本次调查初步筛选获得的抗风能力强的无性系展开后续研究；二是考虑用本砧嫁接方式营建湿加松无性系种子园或营建实生种子园，以避免异砧嫁接造成的根冠不匹配从而降低受害程度；三是从经营方面入手，采取营建防风林、合理安排林分密度以增加树体的尖削度^[11,21]、构建不均匀的林分结构^[25-26]、对树体进行截顶等措施减轻受害程度。

参考文献

- [1] 张丽佳, 刘敏, 陆敏, 等. 中国东南沿海地区台风危险性评价[J]. 人民长江, 2010, 41(6): 81-83.
- [2] 柳龙生, 吕心艳, 高拴柱. 2018年西北太平洋和南海台风活动概述[J]. 海洋气象学报, 2019, 39(2): 1-12.
- [3] 薛建军, 李佳英, 张立生, 等. 我国台风灾害特征及风险防范策略[J]. 气象与减灾研究, 2012, 35(1): 59-64.
- [4] 贺军军, 文尚华, 罗萍, 等. 台风“威马逊”对雷州半岛植胶区橡胶树的影响[J]. 广东农业科学, 2015, 42(24): 88-93.
- [5] 杨小兰, 曾春阳, 文娟, 等. 基于9号超强台风“威马逊”灾害谈广西沿海防护林建设[J]. 防护林科技, 2015(7): 69-71.
- [6] KAZUHISA T, YOSHIOKA, M TARO, S, et al. Future increase of supertyphoon intensity associated with climate change[J]. Geophysical Research Letters, 2015, 42(2): 646-652.
- [7] COUTTS M. Components of tree stability in *Sitka spruce* on peaty gley soil[J]. Forestry An International Journal of Forest Research, 1986, 59(2): 173-197.
- [8] GARDINER B, STACEY G, BELCHER R, et al. Field and wind tunnel assessments of the implications of respacing and thinning for tree stability[J]. Forestry, 1997, 70: 233-252.
- [9] DUNHAM R, CAMERON A. Crown, stem and wood properties of wind-damaged and undamaged *Sitka spruce*[J]. Forest Ecology & Management, 2000, 135(1-3): 73-81.
- [10] ZENG H, PELTOLA H, TALKKARI A, et al. Influence of clear-cutting on the risk of wind damage at forest edges[J]. For. Ecol. Manage, 2004, 203, 77-88.
- [11] 朱成庆. 雷州半岛桉树无性系抗风性的研究[J]. 林业科学研究, 2006, 19(4): 532-536.
- [12] 王睿, 刘卫东, 高灵, 等. 赤桉家系的抗风性状与选择[J]. 中南林业科技大学学报, 2014(11): 104-106, 102.
- [13] 郑兴峰, 陶忠良, 邱德勃, 等. 巴西橡胶树抗风品系木材纤维的解剖特征[J]. 华南农业大学学报, 2003(1): 50-52.
- [14] 吴志华, 李天会, 张华林, 等. 沿海防护林树种木麻黄和相思生长和抗风性状比较研究[J]. 草业学报, 2010(4): 169-178.
- [15] 徐慧兰, 冯源恒, 吴东山, 等. 加勒比松和湿地松形态、密度与抗风能力分析[J]. 福建林业科技, 2017, 44(2): 65-68; 85.
- [16] 何克军. 澳大利亚昆士兰州松树杂交育种和造林[J]. 广东林业科技, 1996, 12(3): 35-39.
- [17] 赵奋成, 李宪政, 张应中, 等. 湿地松与洪都拉斯加勒比松的杂交效果分析[J]. 林业科学研究, 2006, 19(4): 409-415.
- [18] 薛杨, 磨志锋, 林之盼, 等. 国内湿加松文献分析及对海南省湿加松发展启示[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(8): 224-225.
- [19] 刘瑀菲, 陈跃清, 焦颖慧, 等. 1713号台风“天鸽”过程分析及其对农业生产的影响[J]. 福建热作科技, 2018, 43(4): 60-65.
- [20] CECH F, BROWN J, WEINGARTNER D. Wind damage to a yellow-poplar seed orchard[J]. Tree Planter' Notes, 1976: 3-4; 20.
- [21] 孙洪刚, 林雪峰, 陈益泰, 等. 沿海地区森林风害研究综述[J]. 热带亚热带植物学报, 2010, 18(5): 577-585.
- [22] 许秀玉, 王明怀, 仲崇禄, 等. 不同树种木材性质及其抗台风性能[J]. 浙江农林大学学报, 2014, 31(5): 751-757.
- [23] TORITA, H, MASAKA, K. Influence of planting density and thinning on timber productivity and resistance to wind damage in Japanese larch (*Larix kaempferi*) forests[J]. Journal of Environmental Management, 2020, 268: 110298.
- [24] 程范纲, 黄惠芳. 桉树种子园风害的调查[J]. 桉树科技协作动态, 1978(2): 6-14.
- [25] PUKKALA T, LAIHO O, LANDE E. Continuous cover management reduces wind damage[J]. Forest Ecology and Management, 2016, 372: 120-127.
- [26] SANTIAGO M, José r, COLL L. Wind and snow damage in the pyrenees pine forests: effect of stand attributes and location[J]. Silva Fennica, 2010, 44(3): 399-410.