

谢银燕,王 松,吴春银,等. 木麻黄病虫害及其防治的最新进展[J]. 江苏农业科学,2019,47(20):36-41.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.20.009

木麻黄病虫害及其防治的最新进展

谢银燕,王 松,吴春银,毛子翎,王 军,单体江

(华南农业大学林学与风景园林学院/广东省微生物信号与作物病害防控重点实验室,广东广州 510642)

摘要:木麻黄(*Casuarina* spp.)是世界热带和亚热带地区重要的生态林和经济林,作为我国沿海防护林的当家树种,具有不可替代性,对我国生态安全和生态环境有至关重要的作用。但是随着木麻黄人工林的大面积种植以及全球气候环境的变化,木麻黄病虫害的发生和危害日趋严重。本研究对已报道的木麻黄病虫害及其危害进行综述,目前有 14 种病害,其中青枯病和衰退病是木麻黄的主要病害,危害也最为严重。文献报道有 155 种虫害,但危害严重的主要有 18 种,其中星天牛、木麻黄毒蛾、多纹豹蠹蛾是危害木麻黄的主要害虫。同时,对报道的防治措施进行归纳与总结,在现有防治措施的基础上,建议政府部门大力推广和扶持种子苗,以提高木麻黄的抗病和抗虫能力。本研究为木麻黄病虫害的识别和鉴定以及病虫害的综合防治提供了重要的理论依据。

关键词:木麻黄;病虫害;防护林;防治措施;综合防治;生态环境

中图分类号: S792.93 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)20-0036-05

木麻黄(*Casuarina* spp.)为木麻黄科(Casuarinaceae)木麻黄属(*Casuarina*)常绿灌木或乔木,原产于澳洲及太平洋的一些热带岛屿,主要分布于热带和亚热带地区,引种到我国已有 100 年以上的历史^[1-2]。木麻黄根系具有根瘤菌和菌根菌,能在贫瘠的沙土上迅速生长^[3-5]。作为沿海沙质地带和特殊生境的当家树种,木麻黄在防风固沙、抵御海啸以及风暴潮等自然灾害方面发挥了重要作用,极大地改善了沿海地区的生态环境,其生态效益远大于直接的经济效益^[5-7]。木麻黄材质坚重,可作为建筑、家具、造纸用材林;树皮可用于提制栲胶,制备染料;枝条和种子可用于饲养家禽;同时,树形姿态优雅,亦可用作行道树或绿篱等园林绿化树种^[4,8-11]。由于木麻黄的不可替代性以及林业生产的迅速发展,人工育苗及造林中病虫害的发生逐年递增,严重影响了木麻黄的正常生长,降低了木麻黄生长的产量和品质^[12]。目前,关于木麻黄单一病害或虫害的报道较多,但缺乏对木麻黄病虫害及其防治的系统性综述。本研究对木麻黄病虫害及其防治的内容进行归纳总结,并结合国内外最新的研究进展,对我国沿海木麻黄常见病虫害的种类、危害以及防治措施进行系统概述,以期对木麻黄病虫害的识别、鉴定以及综合防治提供参考,从而为木麻黄防护林的健康发展提供保障。

1 木麻黄主要病害与其危害

木麻黄作为热带、亚热带广泛分布的植物类型,其病害类型很多,包括侵染性病害和非侵染性病害等。目前文献报道的有 14 种木麻黄病害,表 1 总结了所有病害的种类、病原以

及危害部位,其中细菌性病害青枯病和非侵染性病害衰退病是木麻黄的主要病害,危害也最为严重。其他病害主要为真菌性病害,其中白粉病、猝倒病、立枯病主要发生在苗期,丛枝病病原尚不清楚,但危害也主要发生在苗期;溃疡病和树干痂腐病为枝干病害,但在我国尚未发现木麻黄树干痂腐病的发生;红根病和根腐病为根部病害,炭疽病、黑粉病和煤污病虽有报道,但发病并不严重,因此不作详细介绍。

1.1 木麻黄青枯病

木麻黄青枯病是危害木麻黄最严重的土传性病害,是世界范围内传播广泛、最难防治的细菌性重大病害之一^[18,20-21,27]。1951 年,Orian 首次报道了毛里求斯木麻黄苗木受青枯病危害而死亡^[14,28],我国于 1964 年在广东省阳江县海陵岛首次发现木麻黄青枯病^[20-21,29]。发病后植株的小枝稀疏、黄绿、凋落,枯枝枯梢较多,根系腐烂变黑,有水浸臭味,横切约 5 min 后就有乳白色至黄褐色的细菌脓液溢出^[20,30]。木麻黄青枯病病菌在发病前长期宿存于土壤、杂草及一些非寄主植物中,经寄主根系或根茎部的伤口侵入或通过根际连生从病株蔓延到健株^[31]。由于积水容易导致病害发生,故青枯病常先发生于低洼或地下水位较高的地方^[21]。近年来,木麻黄青枯病在我国东南沿海和华南地区发病严重,台风暴雨后病害往往随之流行,造成树木大面积死亡,严重危害当地的生产和生态安全^[17,21]。据历年观察,苗木得病后 20~50 d 死亡,3 年生以下幼树需要 1~2 年,10 年生以上大树则需要 3~8 年才死亡^[30]。

1.2 木麻黄衰退病

木麻黄衰退病是由多种自然因素和人为因素长期综合作用引起的一种病害,是引起木麻黄病害的主要原因,主要有诱发因素、刺激因素、促进因素等^[32]。诱发因素主要是树、种源的不适应以及土壤肥力下降和水分失调;激化因素主要是星天牛、木毒蛾等虫害;促进因素是引起木质部变色的次生病病原菌^[14,32-33]。感病植株往往表现为小枝黄化、稀少、短小、枯枝多,有的植株上部 1/3 全部死亡,整株呈现明显的衰枯现

收稿日期:2018-06-26

基金项目:广东省自然科学基金(编号:2017A030313200)。

作者简介:谢银燕(1994—),女,山东临沂人,硕士研究生,从事森林保护学研究。E-mail:xiexinyan@stu.scau.edu.cn。

通信作者:单体江,博士,讲师,从事植物和微生物次生代谢以及森林保护学研究。E-mail:tjshan@scau.edu.cn。

表 1 危害木麻黄的主要病害

病害类别	病害名称	病原	危害部位	分布地区	参考文献
非侵染性病害	大树衰退病	—	木质部、枝干	中国福建、中国广东	[13–16]
细菌性病害	青枯病	<i>Ralstonia solanacearum</i>	枝叶、根茎	中国海南、中国福建、中国广东、中国广西	[2,15,17–21]
真菌性病害	苗木白粉病	<i>Erysiphe robusta</i>	小枝、叶片	中国广东	[2,12,15]
	苗木溃疡病	<i>Phomopsis</i> sp.	根茎、木质部	中国浙江	[14–15]
	苗木猝倒病	—	木质部、枝梢	中国福建	[15,22]
	立枯病	—	小枝、茎	中国海南	[2,12]
	炭疽病	—	叶片	中国广东、中国台湾、中国海南	[12,14,23]
	煤污病	<i>Capnodsum</i> sp.	枝、叶	中国福建	[23]
	根腐病	<i>Fusarium</i> sp.	根部	中国福建	[23]
	树干疱腐病	<i>Trichosporium vesiculosum</i>	树皮	印度	[14]
	黑粉病	—	—	—	[2]
	红根病	热带灵芝 [<i>Ganoderma tropicum</i> (Jungh.) Bres.]	根部	中国海南	[24]
其他病害	苗木丛枝病	—	枝条	中国广东	[15,22,25–26]

注：“—”表示参考文献未注明，下表同。

象^[34]。30 年以上成年大树及受星天牛危害严重的林分，症状尤为突出，病株内部有变褐现象，变褐范围大小不等，大多从伤口开始，有的从变褐的切面溢出水样状液体^[33–34]。这些因素对树木的作用是持续的，它们能促使原来生长不良的木麻黄进一步衰弱直至死亡^[35]。

1.3 木麻黄苗期病害

木麻黄白粉病发生时，小枝黄化，表面铺满白色菌丝和分生孢子，失去光泽，扭曲，皱缩呈黄褐色，严重时可使叶片干枯，整株死亡^[36]。引起木麻黄猝倒病的病原菌主要是镰孢菌、丝核菌、腐霉菌等^[37]。猝倒病又分为种芽腐烂型和茎腐型。种芽腐烂型猝倒主要危害发育中的幼根，造成幼苗的死亡；茎腐型猝倒则是侵染地上部分发芽种子的幼嫩组织，受侵染的组织表现为紫色至棕色的坏死斑或水浸状黑色区域，此区域变得凹陷和缩小，引起幼苗的腐烂、萎蔫和死亡^[38]。木麻黄丛枝病和肿枝病病原尚无明确的报道，通过超薄切片的电镜观察，在感染丛枝病的木麻黄嫩枝的筛管及伴胞内发现类菌原体^[26]。丛枝病主要引起丛枝和黄化，最后形成团状的“小老头”，严重时全株死亡^[25,39]。

1.4 木麻黄枝干病害

木麻黄感染溃疡病后，感病部位的表皮出现不规则褐色病斑，随着病斑逐渐扩大，皮层腐烂变黑，近皮层木质部变褐；向下延及根部，向上可蔓延至侧枝，造成一侧枝条枯死；病斑横向扩展，当年或翌年绕茎 1 圈，造成整株苗木枯死。病斑后期干缩，边缘隆起，中间凹陷，皮层脱落或不脱落，病斑呈梭形或不规则形。溃疡病多发生在主干上，病菌在树皮内过冬，发病时由树皮皮孔或伤口侵入^[40]。木麻黄树干疱腐病是 1986 年 8 月在印度马哈拉施特拉邦、安得拉邦发现个别木麻黄植株凋萎，后期树皮上出现疮状突起，继而出现烟色真菌孢子堆，孢子借风雨扩散后侵染邻近的健康树木。之后在吉吉拉特邦和奥里萨邦，也发现该病引起木麻黄人工林大量死亡。在泰米尔纳德邦林研所进行的木麻黄杂种引进试验林中发现了因疱腐病引起死亡的树木^[14,41]。

1.5 木麻黄根部病害

受红根病危害的木麻黄病株树冠稀疏，枯枝多，3~5 年后整株枯死，9—12 月间在病树茎干、近地面的茎基部和暴露的树根上长出鲜艳的担子果，病株易被强风连根吹倒；病树根表面黏附 1 层泥沙，湿度大时病根表面长有灰白色菌丝体，用水冲洗后可见枣红色和黑红色革质菌膜；后期病根的木质部松软呈海绵状，并散发出浓烈的蘑菇味^[24]。而对于根腐病，目前文献没有详细介绍。

2 木麻黄主要虫害与其危害

黄金水曾在 1991 年对危害木麻黄的虫害名录进行报道，在木麻黄上造成危害的有 150 种害虫^[42]。30 多年来，我国的生态环境和自然环境发生了很大变化，目前报道的有 155 种木麻黄害虫，但近年来危害严重的主要有 18 种，其中星天牛、木麻黄毒蛾和多纹豹蠹蛾是危害木麻黄的主要害虫（表 2）。

2.1 鞘翅目虫害

星天牛作为蛀干害虫，是鞘翅目中发生面积最大、危害最严重的种类^[22]。星天牛主要以幼虫蛀食树干木质部而造成危害，成虫啃食幼嫩枝梢的嫩皮，雌虫于离地面 40 cm 高度内的树干和侧根上咬皮层成“八”字或“T”字形刻槽。轻者导致树势衰弱，重者整株枯死；3~7 年生的木麻黄林分被害率最高^[4,16,22,45]。星天牛主要 1 年发生 1 代，少数 3 年发生 2 代，以老熟幼虫在树干内越冬^[61]。

2.2 鳞翅目虫害

木麻黄毒蛾、龙眼蚁舟蛾、茶袋蛾均为食叶害虫。木麻黄毒蛾主要以幼虫取食木麻黄小枝或嫩枝表皮^[47,57]。木麻黄毒蛾一般 1 年 1 代，以幼虫在卵内越冬，出卵幼虫有群集性。幼虫耐饥饿能力较强，可停食 10 d^[4,57]。龙眼蚁舟蛾幼虫多在枝条中部或近基部 1/3 处咬断，仅食用剩下的枝条，致林地遍地是被咬断的枝条。这种特殊的取食方式大大增加了危害的严重性。茶袋蛾主要以幼虫取食叶片，逐渐将全株叶片吃光并剥食枝皮，造成植株死亡^[52]。

多纹豹蠹蛾、相思拟木蠹蛾、皮暗斑螟均为蛀干害虫。多

表 2 危害木麻黄的主要害虫

虫害类别	虫害名称	为害部位	分布地点	参考文献
鞘翅目	星天牛[<i>Anoplophora chinensis</i> (Forster)]	树干、主根	福建、广东、浙江	[2,15,43-45]
鳞翅目	木麻黄毒蛾[<i>Lymantria xyli</i> na (Swinhoe)]	小枝、枝条、叶	中国福建、中国广东、中国台湾、中国浙江	[2,15,22,46-50]
	茶袋蛾[<i>Clania minuscula</i> Butler]	枝、叶	中国广东、中国福建、中国四川	[51-52]
	多纹豹蠹蛾[<i>Zeuxera multistrigata</i>]	树干、小枝	中国福建、中国广东、中国广西	[2,4,15,22,51,53-54]
	皮暗斑螟[<i>Euzopera batangesis</i> Caraadia]	枝干	中国福建、中国广东、中国河北	[15,22,51,55]
	龙眼蚁舟蛾[<i>Stauropus alternus</i> Walker]	叶子	中国福建、中国广东、中国台湾	[12,15,22]
	相思拟木蠹蛾[<i>Arbela baibarana</i> (Mats)]	树皮	中国福建、中国广东、中国台湾	[2,4,15,22,56]
直翅目	小地老虎[<i>Agrotis ypsilon</i> (Rott.)]	根	中国福建	[12,42]
	棉蝗[<i>Chondracris rosea</i> (de Geer)]	小枝	中国广东	[2,15,22,51]
	大蟋蟀[<i>Brachytrupes portentus</i> Lichtensein]	根、嫩茎、嫩枝	中国台湾、中国福建、中国云南	[12,51]
	黄星蝗[<i>Aularches miliaris</i> Scabiosae (F.)]	叶片、小枝	中国河南、中国海南、中国广东	[12,57]
同翅目	禾沫蝉[<i>Poophilus costalis</i> (Waiker)]	小枝、嫩叶	中国福建、中国广东、中国广西	[15,22,51,58]
	吹绵蚧[<i>Icerya purchase</i> (Maskell.)]	枝干	中国福建	[15,22,51,59]
	草履蚧[<i>Drosicha corpulenta</i> (Kuwana.)]	枝干	中国福建	[59]
	银毛吹绵蚧[<i>Icerya seychellarum</i> (Westwood.)]	枝干	中国福建	[59]
	象蚧*	枝干	—	[12]
等翅目	黑翅土白蚁[<i>Odontotermes formosanus</i> (Shiraki)]	树皮	中国福建、中国广东、中国广西	[51,60]
半翅目	麻皮蝽[<i>Erthsina fullo</i> (Thunberg)]	侧枝、小枝	中国福建	[34]

注：“*”表示参考文献中未注明拉丁名。

纹豹蠹蛾以幼龄虫钻食木麻黄嫩梢小枝,使枝叶枯萎;中老龄幼虫可钻蛀主干、主根,重者引起风折或整株枯死^[53-54]。相思拟木蠹蛾危害木麻黄后,树势明显衰退,甚至死亡;同时,危害后的伤疤给皮暗斑螟等的危害创造了良好条件^[62]。皮暗斑螟主要以幼虫在树干的韧皮部和木质部之间蛀食,被害处树皮外翘,韧皮部组织膨胀似肿瘤,常造成风折;有时几百头幼虫群集在寄主韧皮部周围蛀食,切断树木的输导系统,引起整株枯死^[63]。多纹豹蠹蛾在福建省 2 年发生 1 代,以老龄幼虫于 12 月初在树干基部的蛀道内越冬^[64]。相思拟木蠹蛾在福建沿海 1 年发生 1 代,以老熟幼虫在树干的蛀道里越冬^[62]。

2.3 直翅目虫害

危害木麻黄的直翅目害虫有棉蝗、大蟋蟀 2 种。棉蝗是一种多食性害虫,若虫与成虫均能危害,尤以老龄若虫和成虫危害最严重。严重时,成片木麻黄小枝被吃光,枝条呈火烧状,严重时可导致枯死。一般 1 年发生 1 代,4—6 月以若虫取食树干基部或伐根萌芽条的小枝^[51]。大蟋蟀是通过剪断嫩茎并取食根部造成幼苗死亡的^[34]。在坠物稀少或低洼的撂荒沙漠地上新造林分也常发生,1 头大蟋蟀 1 夜能咬断拖走幼苗达 10 余株,常造成缺苗或断梢现象^[65]。

2.4 同翅目虫害

目前报道的同翅目害虫主要有禾沫蝉、吹绵蚧 2 种,禾沫

蝉若虫刺吸嫩枝嫩叶,夏天成虫刺吸嫩梢造成小枝枯死。1 年 4 代,以卵在小枝节间越冬,在 3 年生以下木麻黄林发生最严重^[58]。吹绵蚧,别称棉团蚧、白条蚧和白蚧等,1 年发生 3 代,以若虫和成虫取食寄主体液危害,其排出的“蜜露”可使寄主植物诱发煤污病^[51,66]。其他害虫对木麻黄虽有危害,但不严重,在此不作详细介绍。

3 木麻黄病虫害的防治

青枯病、衰退病、星天牛、木麻黄毒蛾和多纹豹蠹蛾是文献报道的最主要的病虫害。其中,青枯病的危害最为严重,被称作“木麻黄的癌症”,目前尚无有效的防治方法。不同的病虫害虽然采取的防治方法不同,但对于木麻黄病虫害应做好预测预报,加强植物检疫,选育抗病和抗虫品种,采取以林业防治和生物防治为主、化学防治为辅的综合防治措施。

3.1 选育抗性品种

对于所有林木病虫害而言,选用抗病或抗虫品种是最经济最有效的防治措施,目前也是防治木麻黄青枯病的最好方法^[18,34,67]。20 世纪 80 年代,梁子超等选育了几个速生抗青枯病的木麻黄无性系,大规模推广后成功地控制了青枯病的扩散和发生^[29]。福建省林业科学研究院等单位也筛选出多个优良的抗星天牛的木麻黄品系^[22,45]。目前世界上抗病虫害的木麻黄品种相对较少,青枯病病菌在自然环境下易发生

变异,随着单一无性系的大力推广,使抗性植株难以维持抗性。星天牛、木毒蛾等危害较大的害虫对木麻黄无性系品种的适应性也逐渐增强,导致木麻黄的虫害现象越来越严重^[15,19]。

3.2 林业防治

沿海木麻黄多以人工纯林为主,种群结构简单,林分生物多样性和稳定性差,易引起生境恶化^[68]。增强土壤肥力是预防木麻黄衰退的重要手段。合理选择混交树种,可增强生物多样性和生态系统的稳定性。研究表明,木麻黄与湿地松、桉树混交可以减轻蛀干害虫的危害,但与相思树混交,相思拟木蠹蛾的危害反而会加重,若附近种植柑橘等星天牛的寄主植物,将加重星天牛的危害^[16]。适时修枝和适当保留林地间地被物可促进树木良好生长,抚育过程中整枝强度要适宜,一般不要超过树冠高度的1/3^[20]。对于青枯病等侵染性病害,要迅速清除病株,挖去树头树根,并集中烧掉,做好土壤的消毒工作^[12]。对于有趋光性的害虫,如木麻黄毒蛾成虫,可采用黑光灯诱杀^[69-70]。此外,在5月下旬至8月中旬,可在树干基部寻找“T”形裂缝,用石头或小锤砸星天牛产卵痕,或于树皮排粪孔附近砸死星天牛初龄幼虫^[43]。对于木麻黄毒蛾,可人工采摘卵块,能有效控制其发生和蔓延^[70]。

3.3 生物防治

从保护生态环境和可持续发展的角度考虑,生物防治是未来林业有害生物防治的趋势^[71]。生物防治见效慢,但持续时间长,通过放养天敌来控制有害生物的数量,增加生态系统的稳定性,是最理想的措施之一^[72]。笔者在广东湛江一带调查发现,部分国有林场通过释放肿腿蜂来防治星天牛已具有一定的成效。在室内温度为26℃以下时接种从星天牛分离的白僵菌,星天牛致死率达100%,在室内温度为26℃以上时,致死率达93.8%^[48]。丁瑜等比较了白僵菌不同施用方法对星天牛、多纹豹蠹蛾和相思拟木蠹蛾的防治效果,其中菌膏涂孔法效果最好,其次是菌液塞孔法,而菌液喷干、菌粉撒干、菌膏涂干等方法,由于白僵菌与害虫虫体接触的机会较少,故防治效果较差^[56]。木麻黄弗兰克氏菌、木麻黄根瘤浸提液能抑制青枯病病菌的生长,根瘤量高的苗木对青枯病病菌具有较强的抵抗能力^[73]。对于其他病虫害,尚未见生物防治的报道。

3.4 化学防治

化学防治是最常用也是最有效的方法,但常规的施药方法,会造成农药流失严重,既浪费人力物力,又造成环境污染,破坏生态平衡^[74]。林间常采用70%噻虫啉水分散粒剂来防治木麻黄星天牛^[45]。苦楝是星天牛成虫补充营养最喜欢取食的植物,具有很强的引诱能力,在苦楝上取食、停歇及交配的时间超过2h,可在苦楝上喷施农药,使其爬触或取食时死亡^[44,75]。1.8%阿维菌素乳油对木麻黄毒蛾的防治效果最好^[46]。对于吹绵蚧,可用涂干法于幼龄若虫发生期,在树干上刮1个宽为20~30cm的树环,老皮见白,嫩皮见绿,然后涂上内吸性的药剂^[76]。在白蚁危害区域埋放加工好的粉剂诱杀包,是一次性杀灭蚁巢的最简便、最经济的方法^[77]。对于立枯病,可定期喷1%波尔多液;发病期间可用7%敌克松可湿性粉剂500~800倍液、甲基托布津可湿性粉剂800~1000倍液或25%多菌灵可湿性粉剂200~400倍液进行防治^[12]。

4 讨论

东南和华南沿海地区风沙大,木麻黄因其生长迅速、耐干旱、抗风沙和耐盐碱的特性,成为热带海岸防风固沙的优良先锋树种,其作用尚无其他树种可替代^[17,43]。青枯病、衰退病、星天牛、木麻黄毒蛾、多纹豹蠹蛾是目前危害木麻黄最主要的病虫害。对于木麻黄病虫害的防治,要以生态调控为基础措施,结合现有的防治措施和经验,提高沿海防护林病虫害的综合防治水平。笔者在广东沿海一带调查发现,木麻黄人工林几乎全部采用水培苗。相较于种子苗,水培苗生长迅速,造林初期林分生长好,成活率高,蛀干害虫的危害率低^[34]。种子苗虽韧性好,抗病和抗风沙能力强,但种子苗生长缓慢,且育苗成本高出水培苗好几倍,营林时往往只关注成本,在市场利益的驱动下,近20年来几乎见不到种子苗。由于水培苗抗病性差、枝条易折断、抗风沙能力弱,尤其是台风来临时,易造成伤口,这也是台风过后木麻黄大面积死亡的重要原因。但是沿海木麻黄关系到我们国家的生态安全和生态文明建设,因此需要国家政策的引导和扶持,大力推广和种植种子苗。病虫害防治是一个综合性、持久性的问题。由于木麻黄生长环境的特殊性,以及全球气候复杂多变,未来木麻黄病虫害的危害不容忽视。单纯传统的化学药剂防治,已不能适应当今社会及生产的发展需求。随着科技的发展以及综合性生物防治的开展,应逐步扭转生产上普遍存在的“重治大于重防,依赖化学防治”的错误认识,建立安全、绿色、高效、健康的综合防治措施。

参考文献:

- [1] Fan C, Qiu Z, Zeng B, et al. Physiological adaptation and gene expression analysis of *Casuarina equisetifolia* under salt stress[J]. *Biologia Plantarum*, 2018, 62(3): 1-12.
- [2] 王珏新. 惠安县木麻黄沿海防护林建设面临的问题及对策[J]. *安徽农学通报*, 2016, 22(1): 65-66.
- [3] Touati J, Chliyah M, Touhami A O, et al. Effect of mycorrhizae on growth and root development of *Casuarina* spp. under greenhouse conditions[J]. *International Journal of Advances in Pharmacy, Biology and Chemistry*, 2016, 5(3): 261-270.
- [4] 李兴天. 木麻黄主要虫害及其防治[J]. *安徽农学通报*, 2013, 19(4): 122-123.
- [5] 张巧, 韩永刚, 黄义雄, 等. 沿海木麻黄生态效益研究综述[J]. *防护林科技*, 2014(1): 45-49.
- [6] 李茂瑾. 景观型木麻黄优良品系筛选研究[J]. *防护林科技*, 2017(2): 5-8.
- [7] Selvakesavan R K, Dhanya N N, Thushara P, et al. Intraspecific variation in sodium partitioning, potassium and proline accumulation under salt stress in *Casuarina equisetifolia* Forst[J]. *Symbiosis*, 2016, 70(1/2/3): 117-127.
- [8] Gopichand C V, Anjani A, Himaja A, et al. Phytochemical evaluation of *Lantana camara*, *Casuarina equisetifolia*, *Michella nilagirica* [J]. *International Journal of Research in Pharmacy and Biosciences*, 2015, 3(6): 461-463.
- [9] 单体江, 秦楷, 谢银燕, 等. 木麻黄内生真菌次生代谢产物及生物活性[J]. *华南农业大学学报*, 2019, 40(3): 67-74.
- [10] Karthikeyan A, Chandrasekaran K, Geetha M, et al. Growth response

- of *Casuarina equisetifolia* Forst. rooted stem cuttings to Frankia in nursery and field conditions[J]. Journal of Biosciences, 2013, 38(4): 741–747.
- [11] Modhumita G D, Radha V, Karpaga R B. Characterization of genes expressed in *Casuarina equisetifolia* in response to elicitation by cell wall components of *Trichosporium vesiculosum*[J]. Silvae Genetica, 2017, 62(4): 161–173.
- [12] 陆文, 薛杨, 林之盼. 木麻黄苗圃常见病虫害防治研究[J]. 热带林业, 2010, 38(2): 46–47, 45.
- [13] 黄金水, 何学友. 中国木麻黄病虫害[M]. 北京: 中国林业出版社, 2012.
- [14] 何学友. 木麻黄病害研究概述[J]. 防护林科技, 2007(2): 27–30.
- [15] 吕财发, 李旭明. 木麻黄病虫害综合防治探讨[J]. 防护林科技, 2017(11): 105–107.
- [16] 何学友, 黄金水, 丁瑜, 等. 星天牛危害木麻黄规律的研究[J]. 防护林科技, 2000(增刊2): 26–29.
- [17] 杨晓朱, 黄少彬, 雷梦英, 等. 气流对广东侵染性林木病害发生的影响[J]. 林业与环境科学, 2017, 33(3): 57–60.
- [18] 许秀玉, 徐斌, 甘先华, 等. 木麻黄青枯病菌的分离及强致病菌株的筛选[J]. 林业科学研究, 2017, 30(3): 409–416.
- [19] 陈厚猛, 谭崇德. 木麻黄优良无性系品种抗青枯病研究[J]. 现代农业科技, 2015(4): 171–172.
- [20] 刘洪波, 史冬辉, 陈旭华, 等. 木麻黄青枯病研究进展[J]. 浙江林业科技, 2013, 33(1): 68–73.
- [21] 孙思, 伍慧雄, 王军. 木麻黄青枯病研究概述[J]. 中国森林病虫, 2013, 32(5): 29–34.
- [22] 黄金水, 蔡守平, 何学友, 等. 东南沿海防护林主要病虫害发生现状与防治策略[J]. 福建林业科技, 2012, 39(1): 165–170.
- [23] 林际朗, 陈贻谋. 福建省主要林木病害名录[J]. 福建林业科技, 1990(1): 76–79.
- [24] 陈礼浪, 李增平. 木麻黄红根病病原菌鉴定及其生物学特性测定[J]. 热带作物学报, 2016, 37(6): 1188–1193.
- [25] 容向东, 张景宁, 梁德明. 施矿质元素防治木麻黄丛枝病效果初报[J]. 广东林业科技, 1986(4): 16–17.
- [26] 张景宁, 许东, 刘仲健, 等. 木麻黄丛枝病病原研究[J]. 植物病理学报, 1983, 13(4): 37–42.
- [27] Salanoubat M, Genin S, Artiguenave F, et al. Genome sequence of the plant pathogen *Ralstonia solanacearum*[J]. Nature, 2002, 415(6871): 497–502.
- [28] Orian G. Division of plant pathology [R]. Department of Agriculture, Mauritius, 1949 & 1950.
- [29] 梁子超, 岑炳沾. 木麻黄抗青枯病植株小枝水培繁殖法[J]. 林业科学, 1982, 18(2): 199–202.
- [30] 林斯明, 王乃全. 木麻黄青枯病的发生和防治[J]. 热带林业科技, 1984(4): 26–29.
- [31] 王军, 岑炳沾, 苏海. 林木青枯病研究综述[J]. 华南农业大学学报, 1997, 18(4): 121–124, 130.
- [32] 李传道. 林木衰退病[J]. 中国森林病虫, 1988(1): 24–26.
- [33] 何学友. 福建省沿海木麻黄衰枯原因的研究[J]. 福建林业科技, 1998, 25(3): 42–47.
- [34] 黄衍庆. 泉州市防护林木麻黄主要病虫害调查及防治[J]. 防护林科技, 2000(增刊2): 79–82.
- [35] 盛世法. 认识和重视一类病害——森林衰退病[J]. 热带农业科技, 2003, 26(1): 27–31.
- [36] 杜棣芬. 木麻黄白粉病的发生和防治[J]. 广东林业科技, 1981(5): 41.
- [37] 李金丽. 林木种茧猝倒病及其防治措施[J]. 中国农业信息, 2016(3): 144–146.
- [38] 蔡三山, 陈京元. 苗木猝倒病及研究进展[J]. 湖北林业科技, 2008(6): 38–41.
- [39] 王静, 梁德明, 张景宁, 等. 木麻黄黄化丛枝病治疗试验小结[J]. 广东林业科技, 1987(5): 33–36.
- [40] 刘秋霞. 林木溃疡病的综合防治[J]. 国土绿化, 2008(6): 55–55.
- [41] Jamaluddin. Wilt disease – a potential threat to *Casuarina plantations*[J]. Indian Forester, 1998, 124(1): 59–61.
- [42] 黄金水. 木麻黄害虫名录初报[J]. 福建林业科技, 1991, 18(4): 83–94.
- [43] 吴惠忠. 惠安赤湖林场木麻黄星天牛发生情况与防治对策[J]. 防护林科技, 2015(8): 75–76, 112.
- [44] 刘佳敏, 徐华潮. 苦楝对星天牛的引诱研究[J]. 浙江农林大学学报, 2014, 31(3): 437–441.
- [45] 曾丽琼, 黄金水, 蔡守平, 等. 48个木麻黄无性系对星天牛的抗性鉴定[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2014, 38(5): 51–56.
- [46] 朱国富. 四种药剂对木麻黄毒蛾幼虫的林间防治试验[J]. 林业勘察设计, 2017(3): 70–73.
- [47] 李茂瑾. 惠安赤湖林场木麻黄毒蛾发生和防治现状[J]. 防护林科技, 2010(3): 55–57.
- [48] 何学友, 蔡守平, 黄金水, 等. 应用绿僵菌和白僵菌林间防治木麻黄毒蛾的初步研究[J]. 福建林业科技, 2011, 38(2): 10–13.
- [49] Nai Y S, Wu C Y, Wang T C, et al. Genomic sequencing and analyses of *Lymantria xyli* multiple nucleopolyhedrovirus [J]. BMC Genomics, 2010, 11(1): 116.
- [50] Shen T C, Shae Y C, Liu C S, et al. Relationships between egg mass size and egg number per egg mass in the *Casuarina* moth, *Lymantria xyli* (Lepidoptera: Lymantriidae) [J]. Environmental Entomology, 2003, 32(4): 752–755.
- [51] 吴马愿. 晋江市沿海防护林主要害虫及其防治研究[J]. 林业勘察设计, 2010(2): 131–133.
- [52] 宣家发, 莫大玲, 李焕周, 等. 茶袋蛾生物学特性初步研究[J]. 安徽林业科技, 1998(1): 33–34.
- [53] 熊瑜. 木麻黄多纹豹蠹蛾的发生与防治[J]. 防护林科技, 2011(1): 68–69, 93.
- [54] 叶剑雄, 何学友, 黄金水, 等. 木麻黄星天牛预测预报技术[J]. 防护林科技, 2000(增刊2): 45–47.
- [55] 许伟东. 枇杷枝干新害虫——皮暗斑螟观察初报[J]. 华东昆虫学报, 2002, 11(1): 107–108.
- [56] 丁瑜, 黄金水, 何学友, 等. 木麻黄三种蛀干害虫生物防治技术的研究[J]. 防护林科技, 2000(增刊2): 72–75.
- [57] 许天委, 郝慧华, 吴小霞, 等. 高尔夫草坪病虫害研究进展[J]. 热带农业科学, 2015, 35(9): 60–65, 87.
- [58] 黄海清. 禾蝼蛄生物学特性的观察[J]. 森林病虫通讯, 1996(3): 28–30.
- [59] 黄勤清, 黄建. 三种珠蚧及其天敌瓢虫的考查[J]. 华东昆虫学报, 2003, 12(2): 113–114.
- [60] Ju Y M, Hsieh H M. *Xylaria* species associated with nests of *Odontotermes formosanus* in Taiwan [J]. Mycologia, 2007, 99(6): 936–957.

杨慧卿,王根全,郝晓芬,等. 糯质谷子育种研究进展[J]. 江苏农业科学,2019,47(20):41-47.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.20.010

糯质谷子育种研究进展

杨慧卿,王根全,郝晓芬,王晓宇,秦玉忠,宋艳芳

(山西省农业科学院谷子研究所,山西长治 046011)

摘要:品质是农作物最重要的经济性状,糯性作物育种研究是当前的热点研究问题之一。国内外学者对糯性作物开展了大量的研究,并取得了丰富的研究成果。本文从糯质谷子的鉴定、我国近年来的育成品种及影响糯质谷子品质形成的因素等 3 个方面总结了糯质谷子育种的一些研究进展,同时展望了糯质谷子育种的发展前景,可为糯质谷子种质资源全面系统研究提供理论基础。

关键词:谷子;糯质;育种;研究进展

中图分类号: S515.03 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)20-0041-07

中国是谷子(*Setaria italica*)种植的发源地,距今已有 8 700 年以上的栽培历史,栽培面积约 140 万 hm^2 ,年产量 270 万~450 万 t,约占世界总产量的 80%。谷子脱壳为小米,小米是北方人最喜爱的主要粮食之一,小米分为粳性小米、糯性小米和混合小米。小米营养丰富、易消化吸收。小米可以用来酿酒、酿醋,五粮液、汾酒以及南方人喜欢喝的小米黄酒、日本人爱喝的清酒,主要原料都是小米,山西陈醋的主要原料也是小米,谷子的消费已逐渐以健康保健食品形式被社会公众所接受^[1]。因此,受消费形式的影响,小米的商品

品质、食味品质、蒸煮加工品质、糯性等,应该成为品质育种关注的重点,也就是说谷子育种关注的品质性状应该从传统的蛋白质、脂肪含量转移到这些市场需要的品质上来^[2]。

糯谷子,别称黏谷子,起源于中国,主要分布在东南亚、中国、印度、非洲中部和中亚。中国糯谷子分布地区较广,但集中分布在华北地区(山西省、河北省)、山东省、陕西省和西南的贵州省。我国有 2 万多份谷子种质资源,类型非常丰富,其中糯性谷子地方品种 2 748 份,约占 8.1%。在国外糯小米因被评为“营养之王”而列为保健食品。它还具有较高的黏滞性和良好的适口性,制成品有甜香味,加温处理的糯小米淀粉具有较高的膨胀力和透明性,糯谷子以其优良的口感、高营养价值和消化速度越来越受到人们的欢迎^[3-4]。糯小米为低糖作物,含糖量较低,有利于人们身体健康,特别有利于糖尿病等人群食用;但粘谷子生产长期以来不受重视,只有个别农家零星种植,品种混杂、退化,产量水平很低。选育品质优、产量高的糯质谷子新品种,不仅可以提高谷子的经济效益,还能拓展谷子应用领域,促进谷子深加工产业化进程^[5]等。因此,深入研究谷子种质资源的品质性状,筛选适用不同用途的

收稿日期:2018-06-20

基金项目:山西省农业科技成果转化与示范推广项目(编号:2017CGZH28);山西省农业科学院生物工程育种(编号:17yzgc025);山西省农业科学院谷子研究所所长青年引导专项(编号:yydx05)。

作者简介:杨慧卿(1981—),女,山西长治人,硕士,副研究员,主要从事谷子育种与栽培研究。E-mail:feier325@sina.com。

通信作者:王根全,副研究员,主要从事谷子育种与栽培研究。

E-mail:gqwang1111@163.com。

[61]徐 起. 木麻黄害虫星天牛生活习性及防治[J]. 林业科学研究,1997,10(5):102-106.

[62]康文通. 相思拟木蠹蛾生物学特性及防治研究[J]. 华东昆虫学报,1998,7(2):41-44.

[63]黄金水. 木麻黄皮暗斑螟的发生与综合防治技术研究[J]. 林业科学,1995,31(5):421-427.

[64]黄金水,杨月娥,何益良. 多纹豹蠹蛾的初步研究[J]. 中国森林病虫害,1985(4):1-4.

[65]刘新旺,孟吉金,杜月飞. 蟋蟀危害苗木的防治[J]. 农村科技,2006(8):44.

[66]童立堂. 吹绵蚧发生规律及综合防治[J]. 安徽林业科技,2007(3):40.

[67]马海宾,康丽华,江业根,等. 我国木麻黄青枯病防治研究进展与对策[J]. 防护林科技,2011(5):44-45,48.

[68]林传凤. 海岸带木麻黄防护林更新造林技术研究[J]. 海峡科学,2006(3):37-39.

[69]黄金塔. 不同林分类型木麻黄蛀干害虫发生情况调查[J]. 防

护林科技,2010(5):50-52.

[70]林炳俊. 木毒蛾的发生与防治[J]. 黑龙江生态工程职业学院学报,2007,20(6):37-38.

[71]陈海妹. 几种常见虫害防治方法的探讨[J]. 热带林业,2009,37(4):40-43.

[72]黄树军. 南安市森林病虫害防治策略[J]. 福建林业,2015(1):45-48.

[73]康丽华. 木麻黄根瘤内生菌——弗兰克氏菌对青枯病菌的抑制作用研究[J]. 林业科学研究,1999,12(1):45-49.

[74]何银忠,肖艳琼. 林木病虫害防治工作存在的问题及对策[J]. 农业与技术,2013,33(4):48.

[75]黄金水,何学友,叶剑雄,等. 防护林木麻黄主要蛀干害虫控制技术综述[J]. 防护林科技,2000(增刊2):1-6.

[76]魏 红. 吹绵蚧的为害与防治[J]. 中国园艺文摘,2009,25(10):55.

[77]曹 琳,戴 亮. 黑翅土白蚁和黄翅大白蚁的诱杀技术[J]. 农业与技术,2015,35(9):83-86.