

澳洲坚果气象灾害风险及应对策略

杨廷梅^{1,2}, 冯李晨^{1,2}, 陈宇春^{1,2}, 宁 娅^{1,2}, 岩 些³, 贺熙勇^{1,2}, 岳 海^{1,2*}

(1. 云南省热带作物科学研究所/云南省澳洲坚果农业工程研究中心, 云南景洪 666100;

2. 云南省木本油料技术创新中心, 云南景洪 666100; 3. 孟连县林草局, 云南孟连 665800)

[摘要] 澳洲坚果在我国云南、广西、广东、贵州、四川等地种植规模快速扩张, 已成为我国热区与南亚热带山区重要的木本油料与特色干果产业。澳洲坚果种植面临高温与干旱、低温与霜冻、强降雨与涝渍、强风与台风等气象灾害风险, 气象异常是制约澳洲坚果稳产优质的重要因素。文章总结梳理我国澳洲坚果主产区气候特征、主要气象灾害影响及现有相关研究成果, 整合给出针对性的应对策略, 以期助力澳洲坚果产业抵御气候风险, 实现高质量可持续发展。

[关键词] 澳洲坚果; 灾害性天气; 应对策略

中图分类号: S664.9; S42 文献标识码: A 文章编号: 1672-450X(2026)04-0057-06

Meteorological Disaster Risks and Climate Adaptation Strategies for *Macadamia* spp.

YANG Tingmei^{1,2}, FENG Lichen^{1,2}, CHEN Yuchun^{1,2}, NING Ya^{1,2}, YAN Xie³, HE Xiyong^{1,2}, YUE Hai^{1,2*}

1. Yunnan Institute of Tropical Crops/Yunnan Macadamia Agricultural Engineering Research Center, Jinghong 666100, China;

2. Yunnan Technology Innovation Center of Woody Oil, Jinghong 666100, China;

3. Forestry and Grassland Bureau of Menglian County, Menglian 665800, China

Abstract: Macadamia has seen a rapid expansion in planting scale in China, including Yunnan, Guangxi, Guangdong, Guizhou and Sichuan provinces. It has become an important woody oil and specialty nut industry in China's tropical and sub-tropical mountainous regions. Currently, the industry faces risks from meteorological disasters such as high temperature and drought, low temperature and frost, heavy rainfall and waterlogging, as well as strong winds and typhoons. Meteorological anomalies are a key factor restricting the stable yield and high quality of macadamia. This paper summarizes the climatic characteristics, impacts of major meteorological disasters, regional cases, and existing research findings in China's main macadamia-producing areas. It also integrated targeted countermeasures, aiming to help the macadamia industry withstand climate risks and achieve high-quality and sustainable development.

Key words: macadamia; hazardous weather; adaptation strategies

澳洲坚果 (*Macadamia* spp.) 原产于澳大利亚东部沿海亚热带雨林, 我国于1910年引种试种^[1], 截至2023年, 全球澳洲坚果种植面积约58.11万 hm^2 , 中国种植面积约35.94万 hm^2 , 占全球总种植面积的61.85%^[2], 是世界上最大的澳洲坚果生产国。澳洲坚果为多年生木本果树, 定植后进入盛果期的周期较长, 花期与坐果期对温度、光照、水分等环境因子尤为敏感^[3], 且不同品种在不同生态区的适应性表现差异显著^[4], 因此只有在气

候、土壤条件适宜的区域, 才能实现稳产与优质生产。近年来, 我国各澳洲坚果种植区面临高温与干旱、低温与霜冻、强降雨与涝渍、强风与台风等气象灾害风险, 不可预测的极端天气事件给澳洲坚果产业带来了巨大压力^[5]。气象异常不仅造成澳洲坚果当季减产, 还会干扰树体碳水化合物积累与养分分配, 造成树势衰弱并对后续多年产量产生持续负面影响。

当前研究主要围绕生理响应、抗性评价及栽

收稿日期: 2026-04-17

基金项目: 云南省热带作物科技创新体系建设专项(RF2026-13); 创新引导与科技型企业培育计划(202404BP090014);

兴滇英才支持计划项目(2022-0068)

作者简介: 杨廷梅(1998—), 女, 研究实习员, 硕士, 研究方向为澳洲坚果生理生态。E-mail: tingmei_y@163.com

*通信作者: 岳海(1976—), 男, 研究员, 硕士, 研究方向为热带果树生理生态。E-mail: yuehaiwzh@126.com

培调控等方面进行,揭示了逆境胁迫对澳洲坚果产量与品质的影响^[5],但多侧重单一胁迫机制,且对强风致灾机理及霜冻危害的研究尚不充分,缺乏完整的防灾减灾体系论述。为此,本文系统梳理了我国澳洲坚果主产区气候特征、主要气象灾害影响及整合现有的研究成果,提出应对策略,旨在完善澳洲坚果气象灾害研究体系,为产区灾害风险管理提供参考,助力澳洲坚果产业抵御气象风险,实现高质量可持续发展。

1 澳洲坚果适生条件及国内主产区气候特征

潘尹茜雪等^[6]指出,现行气候情景下澳洲坚

果在中国的适生区总面积为4 015万hm²,占全国总面积的4.18%。其潜在生态适宜范围为18.1°~31.6°N、91.0°~122.0°E,适生在年均气温20~25℃,最冷月(1月)平均气温≤10℃,年均降水量高于1 500 mm,无12级以上台风,具有较高等温性的热带亚热带湿润区域^[6-7];最理想种植环境为年均温度25℃,最高温度不超过38℃,冬季几乎无霜^[8-9]。澳洲坚果在我国云南、广西、广东、贵州、四川等地广泛种植^[10],表1汇总了上述5个省份11个主产区的基本气候指标。整体来看,各主产区水热条件总体适宜种植澳洲坚果,正常年份气象灾害发生频次相对较低。

表1 我国澳洲坚果主产区气候指标

省份	地区	经纬度	主要区域	海拔/m	年均气温/ ℃	1月平均 最低气温/℃	7月平均 最高气温/℃	年降水量/ mm	霜日/d
云南	保山	25° 7' 12" N, 99° 10' 12" E	腾冲、隆阳、龙陵、 施甸、昌宁	800~ 1 200	15.0~ 17.1	0.5~2.8	22.9~26.4	992~ 2 113	48.2~75.7
	德宏	98° 34' 48" N, 24° 25' 48" E	芒市、盈江、陇川、 瑞丽	820~ 1 050	18.8~ 20.7	3.8~7.7	27.4~28.5	1 450~ 1 639	0.8~21.9
	临沧	23° 57' 00" N, 100° 12' 36" E	镇康、耿马、双江、 沧源、永德、云县、 凤庆	800~ 1 200	16.9~ 19.9	4.9~8.0	24.1~28.8	915~ 1 747	2.5~27.3
	普洱	22° 39' 36" N, 100° 24' 00" E	镇沅、景谷、澜沧、 西盟、孟连、宁洱、 墨江、江城	600~ 1 200	18.4~ 20.5	5.5~9.3	26.3~29.9	1 154~ 2 253	0.2~19.2
	西双版纳	22° 00' 00" N, 100° 46' 48" E	景洪、勐腊、勐海	550~ 1 160	18.9~ 22.6	6.1~12.1	20.7~30.7	1 137~ 1 513	0.0~8.5
	广西	22° 19' 48" N, 106° 51' 00" E	龙州	100~ 600	21.0~ 22.1	12.2~14.1	27.1~28.1	1 261	<25
广西	百色	23° 54' 00" N, 106° 36' 00" E	田阳、右江、靖西	100~ 700	18~22	9.6	29.6	1 100~ 1 350	13.0~58.0
	广东	21° 52' 12" N, 111° 58' 12" E	阳春	100~ 500	23.9	16.5~16.7	28.2~29.3	2 340~ 2 400	约15
广东	茂名	21° 39' 00" N, 110° 52' 48" E	信宜、高州	200~ 600	22.3~ 23.0	14.0~16.0	28.7	1 500~ 1 800	约36
	贵州	25° 25' 48" N, 105° 10' 48" E	兴义	400~ 800	18.5	10.2~11.3	24.4	1 200~ 1 400	基本无霜冻
四川	攀枝花	26° 54' 00" N, 102° 6' 36" E	仁和(中坝乡)	1 200~ 1 400	19.0	12.1	24.4	700~ 1 200	约35

注:气象数据来源于中国气象局和云南等各省份气象局。

2 澳洲坚果主要气象灾害类型及相关研究

2.1 高温与干旱胁迫

干旱是当今全球范围内最严重且范围最广的自然灾害之一,中国因季风气候波动显著,尤其

易受干旱威胁^[11]。面对这一胁迫,澳洲坚果能耐受轻度干旱,这一特性与其硬叶叶片质地坚硬,维管束鞘组织木质化程度高,且气孔仅生于叶片下表面的旱生结构密切相关,其叶片可有效减少

水分散失^[12], 但高温 ($> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$) 会直接干扰其正常生理活动, 不仅加剧果实脱落^[13], 还会使耐热性较弱的品种新梢叶片黄化, 直接或间接破坏光合结构, 削弱树体养分积累能力^[14]。

我国主要澳洲坚果种植区的降水时空分布不均, 干旱问题较为突出。如云南保山为干旱多发重灾区^[15]; 德宏年尺度干旱频率为 32.26% ~ 50.00%, 干旱等级为轻微干旱和极端干旱^[16]; 永德时有春夏连旱、伏秋季干旱等情况出现^[17]; 临沧夏季和冬季发生干旱频率较大^[18]; 普洱旱情趋于加重, 景东、镇沅两县均达到中度干旱, 降水量呈负向变化^[19]。

现有研究已从生理与分子层面深入探究了我国主产区澳洲坚果对干旱、高温单一及复合胁迫的响应机制: 干旱胁迫方面, 重度干旱会抑制澳洲坚果花器官正常发育, 导致花序、花柱变短, 花粉数量减少、萌发率下降, 进而阻碍授粉受精, 引发大量落果, 致坐果率降低, 最终造成减产^[20]; 品种干旱胁迫试验筛选出可用于抗旱品种鉴定的生理指标^[21-22]; 此外, 不同程度干旱胁迫及复水条件下幼苗可通过提高渗透调节物质含量和抗氧化酶活性, 减轻干旱损伤^[23]。广东湛江产区对高温胁迫研究较为深入, 当地 6 月极端高温低湿环境易引发热敏种质叶片黄化, 且热敏性越强, 叶片叶绿素含量越低、活性氧积累及细胞膜脂过氧化程度加剧, 抗氧化代谢系统易出现紊乱^[14, 24]。干旱—高温复合胁迫方面, 锌指蛋白基因 *MiZFP11* 可受干旱、高温胁迫显著诱导上调表达, 推测该基因在植株干旱应答过程中发挥重要功能^[9]。

2.2 低温与霜冻胁迫

低温与霜冻是出现于早秋和晚春时节的主要农业气象灾害^[25]。形态特征变化是植物受到低温胁迫时最直观的体现, 长期低温会使植株生长迟缓、苗弱、萎蔫、黄化、坐果率低、产量和品质下降^[26-27], 短时低温严重时植株叶片出现明显褐变, 叶片叶柄软化, 透明, 呈水渍状, 出现脱水现象, 组织柔软并萎蔫皱缩, 冻害斑点明显^[28]。低温是影响澳洲坚果生长和结果的最大限制因子, 可能通过冻伤澳洲坚果花器抑制花粉萌发, 进而

阻碍授粉受精过程^[29-30]。然而, 澳洲坚果整体较耐寒, 幼树可耐受 $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温、7 d 霜期, 成年树能抵御 $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 短暂低温^[31], 且不同澳洲坚果品种对气温的适应性存在较大差异^[30]。

我国澳洲坚果主产区低温霜冻危害各异, 田间冻害特征及耐寒适应性存在明显区域差异。云南普洱、景洪及河口等澳洲坚果种植区在最低气温 $-3.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的条件下果树基本无寒害^[32]; 贵州产区因气温偏低, 易发生 0 ~ 1 级冻害, 仅适宜在低海拔无霜区域栽培^[31], 极端低温环境下, 苗木受害率达 99.5%, 死亡率为 1.9%, 其中 0 ~ 3 级冻害对植株影响较小, 4 级以上则需换苗^[33]; 广西霜冻高发期为每年 12 月至次年 2 月, 高寒山区及桂北地区雨雪冰冻灾害频发^[34], 低温胁迫风险突出; 广东湛江种植区生态条件适配度高, 13 龄树在 $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温下未发生冻害, 抗寒性良好^[7]。

不同澳洲坚果品种的抗寒性已开展相关研究。李国华等^[35]明确了不同澳洲坚果品种幼苗的低温耐受阈值, 半致死温度介于 $-0.72\text{ }^{\circ}\text{C}$ ~ $-2.36\text{ }^{\circ}\text{C}$; 康专苗等^[36-37]在 $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温胁迫试验中发现, 不同澳洲坚果品种的耐寒性存在显著差异, 植株可通过多种生理机制的协同调节应对低温胁迫; 黄思婕等^[34]在 $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下通过抗寒性指标评价了广西澳洲坚果主栽品种抗寒性; 岳海等^[38]结合形态与生理指标对云南丽江不同澳洲坚果品种幼苗开展抗寒性对比, 低温胁迫严重时叶片会形成大量水渍状病斑, 而轻度受害时仅产生少量褐斑。

2.3 强降雨与涝渍胁迫

强降雨是我国主要的气象灾害之一^[39], 极易引发涝渍胁迫, 严重抑制作物正常生长。极端降水、排水不畅及黏重土质等因素是造成涝渍胁迫的主要原因^[40]。而土壤水分是限制澳洲坚果正常生长和产量的关键因子^[13, 41], 积水淹涝会导致澳洲坚果植株根系腐烂甚至植株死亡^[17], 并加剧土壤养分流失与土体板结, 长期高湿环境还易诱发褐斑病、炭疽病等病害^[17]。此外, 低温阴雨天气也会导致澳洲坚果授粉不良, 造成落花落果^[29]。

强降雨与涝渍灾害对澳洲坚果产业造成威胁。2009 年澳大利亚因暴雨洪灾导致澳洲坚果

产量创近 15 年来新低^[42], 2013 年阴雨叠加奥斯瓦德风暴灾害使产量进一步下降^[43]。国内此类灾害鲜见报道, 仅云南永德县澳洲坚果种植区受亚热带季风气候影响, 夏秋两季降水集中、暴雨频发, 极易发生洪涝灾害^[17]。

研究表明, 澳洲坚果幼果期遭遇连续阴雨会抑制生殖生长, 导致落果量显著增加^[44]。降雨是澳洲坚果病害传播的重要诱因^[45], 病原菌随雨水从病株扩散至根际土壤, 遇适宜条件即侵染暴发^[46]。湿润生长季中, 降雨与气温协同作用会加剧果实虫害发生, 而高海拔区域因温度更低, 一定程度上能够减轻多雨气候的负面影响^[47]。

2.4 强风与台风胁迫

受气候和地形影响, 局地强对流天气频发, 存在短时强风、台风等灾害, 成为制约澳洲坚果生产的主要气象灾害之一。澳洲坚果树冠高大且根系浅, 抗风能力薄弱, 极易遭受风害, 属于忌热带风暴的作物^[48], 风害可造成澳洲坚果减产, 翌年也难以恢复到受害前的产量水平^[49]。

国内多个澳洲坚果种植区风害频发, 受灾程度随风力等级递增。云南永德县常遭 8 级以上 (局部地区 10 级以上) 大风侵袭^[17]; 广东湛江对澳洲坚果试种区 16 年间 11 次风害的调查显示, 平均风力 7~8 级、阵风 9 级时植株即受害, 风力 8~9 级、阵风 11 级时风害加重, 12 级台风则致果园全毁^[48]; 广西沿海地区南临北部湾热带海洋, 属于多风害区^[50], 制约澳洲坚果稳产种植。

目前关于澳洲坚果风害的研究较少, 现有工作仅集中在灾害调查和品种抗性比较方面, 这与中国南方热带风暴高风险区澳洲坚果产业快速扩张的现状形成反差, 亟待重视。陆超忠等^[48, 51]系统评估了澳洲坚果不同品种的抗风性, 发现整体抗风能力偏弱且品种间差异显著, 其中‘O.C.’品种抗风性显著优于其他参试品种。另外, ‘695’品种因根系发达亦表现出较强抗风能力^[52]。灾情调查表明, 3~4 龄幼树在平均风力 7~8 级、阵风 9 级条件下受害程度较高, 风害不仅抑制正常生长, 严重时甚至导致植株死亡^[53]。

3 澳洲坚果主要气象灾害应对策略

3.1 高温与干旱胁迫

选用‘814’‘695’‘O.C.’‘H2’等耐热耐旱品种^[12, 41]; 树盘覆草管护降温保墒^[54], 结合喷施抗蒸腾剂、防晒剂, 减少水分流失^[5]; 推广微灌溉技术与可再生能源灌溉系统, 研发应用植物传感器、智能灌溉控制器与远程监测设备, 实现精准自动调控, 提升节水灌溉效能^[5]。

3.2 低温与霜冻胁迫

选用‘桂热引 4 号’‘桂热 7 号’‘HY’‘JW’‘南亚 116 号’等抗寒品种^[34, 37], 有效减轻冻害造成的损伤; 建园应避开年均温低于 10 °C、极端低温 -3 °C 以下且连续霜冻超过 7 d 的区域, 选择避风向阳、温湿适宜的地带, 避免在低洼处定植, 并依据适生模型与长序列气候资料科学布局^[55-56]; 霜冻前应覆盖防霜布, 花期及幼果期需加强防寒措施; 根据冻害标准分级处理, 4 级冻害苗木建议换苗, 5 级冻害则需全部更换^[33];

3.3 强降雨与涝渍胁迫

建园应选择排水良好的地块, 避开低洼易涝区域, 布设明沟、暗管、蓄水池等排水蓄水设施, 并根据暴雨强度合理设计沟管铺设间距^[17]。根据树龄采取防护手段, 幼树搭建围堰, 成树根部培土, 同时加固堤坝、疏浚河道, 修建拦水坝与排水闸, 低洼地起垄; 灾后及时修复排水设施, 清淤养根复壮^[17], 并运用土壤湿度探针、液流传感器监测水分, 结合簇生根特性进行科学管理, 提升树体水分吸收效率^[5]。

3.4 强风与台风

选址避开平均风力 > 9 级、阵风 ≥ 11 级的高风险区, 有台风处不宜大面积种植, 配置防护林或幼树期可套种高秆作物防风^[48]; 树干搭三角架、布防风网, 并通过摘心疏枝、调控负载优化冠层, 加强病虫害防治增强抗风性^[17]; 台风后及时排水, 土壤湿润时扶正倒伏植株、培土固根, 剪除冗余枝并培养反向枝平衡树体; 采收果实须 24 h 内去果皮以控水防褐变, 并监测根腐病等次生病害^[5]。

4 结束语

在全球气候变化加剧的背景下, 高温干旱、低

温霜冻、涝渍及强风台风等气象灾害频发,已严重制约我国澳洲坚果的生长发育、产量形成与品质提升,且各主产区灾害类型及影响存在地域差异。目前学界对澳洲坚果单一灾害的致灾机理与防控技术已形成一定研究基础,但对多因子复合胁迫机制、台风胁迫下植株生理响应的系统性研究仍存在短板,难以支撑产业精准防灾需求。后续需进一步探究极端天气下澳洲坚果的逆境响应机理,结合抗逆良种选育、园区科学规划与精细化栽培管理,构建完备的综合防灾减灾体系,以助力澳洲坚果产业稳产提质与可持续健康发展。

参考文献:

- [1] 贺熙勇,聂艳丽,吴霞,等. 云南澳洲坚果产业高质量发展的建议[J]. 中国南方果树,2022,51(4):205-210.
- [2] 杨帆,唐娟,付小猛,等. 中国澳洲坚果产销概况与展望[J]. 中国南方果树,2025,54(2):1-5.
- [3] 刘建福,陈李林,汤青林,等. 不同土壤水分胁迫对澳洲坚果花期生长的影响[J]. 西南农业大学学报(自然科学版),2004,26(6):735-739.
- [4] 万继锋,曾辉,邹明宏,等. 八个澳洲坚果品种成年树抽梢、开花结果特性及栽培要点[J]. 热带农业科学,2021,41(3):43-47.
- [5] ROGIERS SY, QUINLAN KP, BRIGHT JD, et al. Challenges to optimal macadamia (*Macadamia* spp.) kernel quality in a changing climate[J]. Functional Plant Biology, 2025,52(4):FP24218.
- [6] 潘尹茜雪,王雪昭,李晓娜,等. 气候变化对澳洲坚果在中国潜在生态适宜种植区的影响[J/OL]. 广西植物, 2025-09-24. <https://link.cnki.net/urlid/45.1134.Q.20250923.1805.004>.
- [7] 陈作泉,李仍然,胡继胜,等. 澳洲坚果引种试种研究初报[J]. 热带作物学报,1995,16(2):70-77.
- [8] HERBERT SW, WALTON D, WALLACE HM. The influence of pollen-parent and carbohydrate availability on macadamia yield and nut size[J]. Scientia Horticulturae, 2019,251:241-246.
- [9] 杨祥燕,蔡元保,曾黎明,等. 澳洲坚果锌指蛋白基因 *MiZFP11* 响应干旱和高温胁迫的功能分析[J]. 热带作物学报,2025,46(3):524-533.
- [10] 张碧蓉,段敏仙,史文斌,等. 我国澳洲坚果产业研究现状与展望[J]. 中国果树,2025(2):135-141.
- [11] ZHANG Q, YAO Y, LI Y, et al. Causes and changes of drought in China: research progress and prospects[J]. Journal of Meteorological Research, 2020,34(3):460-481.
- [12] MAUMELA K, TAYLOR NJ, OBERLANDER KC, et al. Leaf anatomical traits of macadamia cultivars with potential links to drought tolerance[J]. South African Journal of Botany, 2025,180:378-386.
- [13] CARR MKV. The water relations and irrigation requirements of macadamia (*Macadamia* spp.): a review[J]. Experimental Agriculture, 2013,49(1):74-90.
- [14] 万继锋,曾辉,邹明宏,等. 澳洲坚果种质资源耐热性调查与分析[J]. 中国南方果树,2024,53(3):80-86,95.
- [15] 祁倩. 改进的综合气象干旱指数在保山市的适用性分析[J]. 贵州气象,2017,41(6):31-35.
- [16] 陈正发,李靖,相彪,等. 基于SPI的云南省多尺度干旱时空演变特征识别[J]. 灌溉排水学报,2023,42(4):92-99.
- [17] 邓辉敏. 永德县气象灾害对澳洲坚果产量的影响及其防范策略[J]. 南方农业,2025,19(1):217-219.
- [18] 韩元元,刘辉. 云南中北部地区1954—2012年干旱评价研究[J]. 水资源与水工程学报,2015,26(1):111-115.
- [19] 吕志强,许新惠,周星宇,等. 基于地理信息技术支持下的干旱趋势分析研究——以云南普洱市为例[J]. 云南大学学报(自然科学版),2016,38(3):439-446.
- [20] 倪书邦. 澳洲坚果花期水分胁迫效应的研究[D]. 北京:中国农业大学,2004.
- [21] 倪书邦,贺熙勇,宫丽丹,等. 不同澳洲坚果品种抗旱性的综合评价[J]. 中国农学通报,2011,27(13):8-13.
- [22] 原慧芳,田耀华,倪书邦,等. 澳洲坚果幼苗对水分胁迫的生理响应[J]. 福建林业科技,2008(3):27-32,47.
- [23] 康专苗,郭广正,王代谷,等. 干旱胁迫及复水对澳洲坚果幼苗生理特性的影响[J]. 江苏农业科学,2025,53(23):151-157.
- [24] 杨为海,曾辉,万继锋,等. 高温条件下澳洲坚果叶片黄化的生理特性[J]. 热带作物学报,2021,42(3):830-838.
- [25] 丁红映,王明,谢洁,等. 植物低温胁迫响应及研究方法进展[J]. 江苏农业科学,2019,47(14):31-36.
- [26] 王毅,杨宏福,李树德. 园艺植物冷害和抗冷性的研究——文献综述[J]. 园艺学报,1994,21(3):239-244.
- [27] 乌凤章,王贺新,徐国辉,等. 木本植物低温胁迫生理及分子机制研究进展[J]. 林业科学,2015,51(7):116-128.
- [28] 许英,陈建华,朱爱国,等. 低温胁迫下植物响应机理的研究进展[J]. 中国麻业科学,2015,37(1):40-49.
- [29] 曹锰,何娇梅,赖崇健,等. 澳洲坚果花果管理调控技术

- 研究进展[J]. 现代农业科技, 2025(11): 51-53, 57.
- [30] 蒋建国, 李晓林, 刘金莲, 等. 澳洲坚果品种抗寒性研究[J]. 西南农业大学学报, 2000(4): 294-297.
- [31] 王代谷, 田大青, 李家兴. 贵州主要热作果树低温灾害的调查研究[J]. 江西农业学报, 2011, 23(8): 34-35, 38.
- [32] 贺熙勇, 倪书邦, 陈丽兰, 等. 一些澳洲坚果品种在云南的早期表现[J]. 云南热作科技, 2002(3): 1-8.
- [33] 王代谷, 邹明宏, 韩树全, 等. 澳洲坚果冻害及恢复调查[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(35): 64-66.
- [34] 黄思婕, 黄运鹏, 李冰, 等. 低温胁迫下八个澳洲坚果品种的抗寒性综合评价[J]. 广西植物, 2025, 45(9): 1724-1734.
- [35] 李国华, 岳海, 庞育文, 等. 西双版纳地区引种的澳洲坚果抗寒性[J]. 热带作物学报, 2009, 30(6): 730-734.
- [36] 康专苗, 王睿, 郭广正, 等. 5种澳洲坚果种质材料叶片对低温胁迫的生理响应[J]. 经济林研究, 2025, 43(3): 28-36.
- [37] 康专苗, 王代谷, 郭广正, 等. 低温胁迫下不同澳洲坚果品种的生理响应及抗寒性评价[J]. 中国南方果树, 2025, 54(5): 21-28.
- [38] 岳海, 李国华, 李国伟, 等. 澳洲坚果不同品种耐寒特性的研究[J]. 园艺学报, 2010, 37(1): 31-38.
- [39] 李继军, 陈雅慧, 周志华, 等. 植物对涝渍胁迫的适应机制研究进展[J]. 植物科学学报, 2023, 41(6): 835-846.
- [40] FUKAO T, BARRERA-FIGUEROA BE, JUNTAWONG P, et al. Submergence and waterlogging stress in plants: a review highlighting research opportunities and understudied aspects[J]. Frontiers in Plant Science, 2019, 10: 340.
- [41] KANG Z, ZHANG WE, GUO G, et al. Morphological and physiological responses of 14 macadamia rootstocks to drought stress and a comprehensive evaluation of drought resistance[J]. Environmental and Experimental Botany, 2024, 219: 105630.
- [42] 董朝菊. 澳大利亚澳洲坚果因暴雨减产严重[J]. 中国果业信息, 2010, 27(3): 36.
- [43] 郑淑娟. 2013年由于雨季使澳大利亚坚果受损[J]. 世界热带农业信息, 2013(10): 18.
- [44] 陈海生, 谭秋锦, 韦媛荣, 等. 桂西南6个澳洲坚果品种开花结实率研究[J]. 农业研究与应用, 2017(4): 34-38.
- [45] YAO X, LIU Q, LIU Y, et al. Managing macadamia decline: a review and proposed biological control strategies[J]. Agronomy, 2024, 14(2): 308.
- [46] KO WH, HO WC, KUNIMOTO RK. Nature of hypoxylid stromata observed on macadamia roots and trunks infected by *Kretzschmaria clavus* [J]. Phytopathology, 1982, 72, 985-986.
- [47] OUSSAMA B, MINA A, VALERIE MGL, et al. Reduced macadamia nut quality is linked to wetter growing seasons but mitigated at higher elevations[J]. Journal of Agriculture and Food Research, 2023, 12: 100569.
- [48] 陆超忠, 陈作泉, 罗萍. 广东沿海地区澳洲坚果风害调查研究[J]. 果树科学, 1998(2): 164-71.
- [49] 陆超忠, 阮智慧, 张汉周, 等. 热带风暴对澳洲坚果产量的影响[J]. 云南热作科技, 1998(1): 9, 12.
- [50] 冯源, 何燕. 广西引种澳洲坚果的气候适应性分析[J]. 广西气象, 1999(4): 43-45.
- [51] 陆超忠, 曾辉, 张汉周. 澳洲坚果品种适应性研究[J]. 果树学报, 2004(1): 82-84.
- [52] 曾黎明, 陈显国, 崔明勇, 等. 不同品种澳洲坚果生长、开花与坐果性状比较[J]. 广东农业科学, 2011, 38(22): 36-38.
- [53] 李文华. 阵性大风对幼龄期澳洲坚果的影响初报[J]. 云南热作科技, 2001(4): 43-44.
- [54] 岳海, 陈国云, 陈丽兰, 等. 澳洲坚果树盘覆盖效应初步研究[J]. 热带作物学报, 2009, 30(4): 425-429.
- [55] 韦树冬. 澳洲坚果种植中病虫害防治措施探讨[J]. 南方农业, 2020, 14(6): 43-44.
- [56] 王伟, 田荣荣, 那立妍, 等. 基于MaxEnt生态软件划分澳洲坚果的潜在地理适生区[J]. 林业科学研究, 2017, 30(3): 444-449.