

doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.20406

## 攀枝花市芒果园产量及施肥管理问题诊断

张瀚曰<sup>1,2</sup>, 胡 斌<sup>1</sup>, 包维楷<sup>1\*</sup>, 杜 邦<sup>3</sup>

(1. 中国科学院山地生态恢复与生物资源利用重点实验室, 生态恢复与生物多样性保育四川省重点实验室, 中国科学院成都生物研究所, 四川 成都 610041; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 四川省攀枝花市农林科学研究院, 四川 攀枝花 617061)

**摘 要:** 攀枝花市是中国重要的晚熟芒果产区, 了解芒果园产量及施肥现状, 诊断施肥管理存在的问题, 对改善施肥管理模式、促进芒果产量品质提升有重要意义。通过调查攀枝花市不同发育阶段(挂果前期: 2~5年; 挂果初期: 6~10年; 挂果盛期: 10~26年) 110个芒果园产量及施肥管理现状, 诊断芒果园施肥管理存在的问题。该市芒果园平均产量( $15416.4 \pm 7876.3$ ) kg/hm<sup>2</sup>, 挂果盛期产量高于初期, 不同农户间经营管理模式差异导致产量差距较大。多数挂果前期果园仅施用化肥。大部分挂果期(挂果初期、盛期)果园化肥、有机肥、中微量元素肥配合施用, 年均施肥2次, 集中施用采后肥和壮果肥。挂果期芒果园N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O养分投入量均低于我国《芒果栽培技术规程》中的推荐量。当地芒果园普遍存在有机肥施用量不足、农家肥腐熟程度不一、盲目随意施用石灰等碱性肥料等施肥管理问题。建议针对上述问题, 结合当地土壤条件和生产实际需求制定芒果园施肥管理规范, 从而促进该区域芒果产量及芒果产业可持续发展。

**关键词:** 攀枝花市; 芒果园; 产量; 施肥管理; 问题诊断

攀枝花市主要位于金沙江干热河谷区, 是中国重要的晚熟芒果产区。该地区于1986年开始引种芒果, 1997年进入有组织快速、有序发展阶段, 开始芒果规模化种植<sup>[1]</sup>。近年来, 攀枝花市芒果产业持续高速发展, 2019年入选全国首批地理标志农产品保护工程。芒果产业目前已经成为攀枝花地区特色的农业支柱型产业, 对于促进区域经济发展、实现精准扶贫具有重要意义。

农产品生产始终以追求产量和品质为目的, 施肥是提升作物产量与品质的必要手段之一<sup>[2]</sup>, 施肥管理水平直接影响作物产量及品质, 从而影响区域产业可持续发展。目前, 尚缺乏对攀枝花市芒果产量及施肥管理水平的系统性调查报告, 当地芒果产量及施肥管理水平如何, 存在哪些问题尚未可知。由于攀枝花市气候的特殊性<sup>[3-4]</sup>, 我国其他芒果产区施肥管理经验难以针对性指导该地芒果生产工作, 现有对攀枝花市晚熟芒果栽培技术的研究中, 剪枝、花期管理、套袋、采后处理相关的研究

较多<sup>[5-7]</sup>, 对于科学施肥的研究相对缺乏<sup>[8]</sup>。当地芒果园产量及施肥管理水平认识不足, 缺乏针对性科学指导, 这两方面的问题导致当地芒果施肥管理存在一定盲目性, 可能造成芒果产量品质下降<sup>[9-10]</sup>、肥料流失、土壤质量退化等问题<sup>[11-12]</sup>。有研究发现, 该市芒果种植区存在土壤酸化与碱化<sup>[13]</sup>、土壤肥力水平较低<sup>[14]</sup>及由于土壤适宜性差而导致的芒果果树病害<sup>[15]</sup>等问题, 对当地芒果优质高产、芒果产业可持续发展产生不利影响。因此, 本文通过调查攀枝花市芒果产量现状、施肥管理模式, 聚焦产量与施肥管理的关系, 诊断现有施肥模式中存在的问题, 为芒果产量提升及区域产业发展提供方向性策略。

### 1 材料与方法

#### 1.1 研究区域

攀枝花市(26°05' N ~ 27°21' N, 101°08' E ~ 102°15' E)位于四川省西南部川滇交界处, 地貌类型为由山地、丘陵、盆地、河谷盆地组成的中山丘陵、山原峡谷地貌。攀枝花市芒果种植区海拔950~1800 m, 年均温19.2~22.1℃, 积温6638~7358℃, 无霜期287.6~301 d, 全年日照时数2300~2700 h<sup>[16]</sup>, 降水主要集中在6~10月。

收稿日期: 2020-07-09; 录用日期: 2020-11-30

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFC0505103)。

作者简介: 张瀚曰(1995-), 女, 四川雅安人, 博士研究生, 研究方向为恢复生态学。E-mail: zhanghy@cib.ac.cn。

通讯作者: 包维楷, E-mail: baowk@cib.ac.cn。

该区域太阳辐射强、热量丰富,具有亚热带气候和高原气候双重特点,是全国海拔最高、成熟最晚的芒果种植区,也是金沙江干热河谷晚熟芒果优势产业带的重要组成部分。种植区土壤类型多样,主要包括燥红土、赤红壤、红壤、黄红壤、紫色土、红色石灰土、水稻土以及斑块状分布的昔格达组变性土,垂直变化明显<sup>[17]</sup>。

近年来,攀枝花市芒果种植面积持续扩大,据该市农牧局统计,截至2017年,攀枝花市芒果种植面积已达32862.7 hm<sup>2</sup>,与2014年同比增长61%,遍布仁和区、西区、盐边县、米易县的38个乡镇。当地种植品种以晚熟的凯特、吉禄芒果为主,凯特芒果(*Mangifera indica*. cv. *Keitt*)种植面积占总面积的70%以上<sup>[18-20]</sup>。

## 1.2 数据采集方案

### 1.2.1 调查样点选择

2018年10~11月,选择攀枝花市种植面积667 hm<sup>2</sup>以上或者具有代表性的乡镇,在其芒果种植聚集分布的村落进行调查。该地凯特芒果种植面积分布最广,因此选择凯特品种芒果园进行调查。同时,为了揭示不同发育阶段芒果园产量现状及施肥管理模式差异,选择不同种植年限芒果园进行调查。通过田间问卷方式调查芒果园2018年产量及肥料施用情况,对调查问卷进行整理校对后得到有效样本110个,涉及攀枝花市12个乡镇。调查样点分布情况如图1所示。

### 1.2.2 调查方法

**果园类型:**为了对比当地不同发育阶段芒果园产量、施肥管理模式差异,按照芒果果树生长发育规律划分3个发育阶段,挂果前期(2~5年生树),大部分尚未投产;挂果期可以分为2个阶段:挂果初期(6~10年生树),6年左右开始挂果投产;挂果盛期(10年生以上),进入盛果期。

**果园产量:**通过总销售量、收获面积得出产量,或通过调查果园种植密度、总套袋个数、平均单果重得出产量,若由于气候或其他灾害导致果园大幅度减产,则通过平均单株套袋个数乘以平均单果重计算单株产量(kg/株)。单株产量(kg/株)乘以果园种植密度(株/hm<sup>2</sup>)得到单位面积产量(kg/hm<sup>2</sup>)。

**果园施肥调查:**调查收集从2017年采果后到2018年采果时一个芒果生产周期内,果园施肥次数、施肥时间、肥料种类与施用量、施肥依据。肥

料施用量均以单位面积使用量计算。当地使用的中微量元素肥料以商品性钙肥为主,含有多种中微量元素,大多肥料包装上仅标注Ca养分有效含量。大部分果园农户施用石灰较为随意,难以评估其施用量,故未将其纳入Ca养分投入折纯量计算。因此中、微量元素肥料有效养分投入量仅计算商品性钙肥中的Ca投入折纯量。

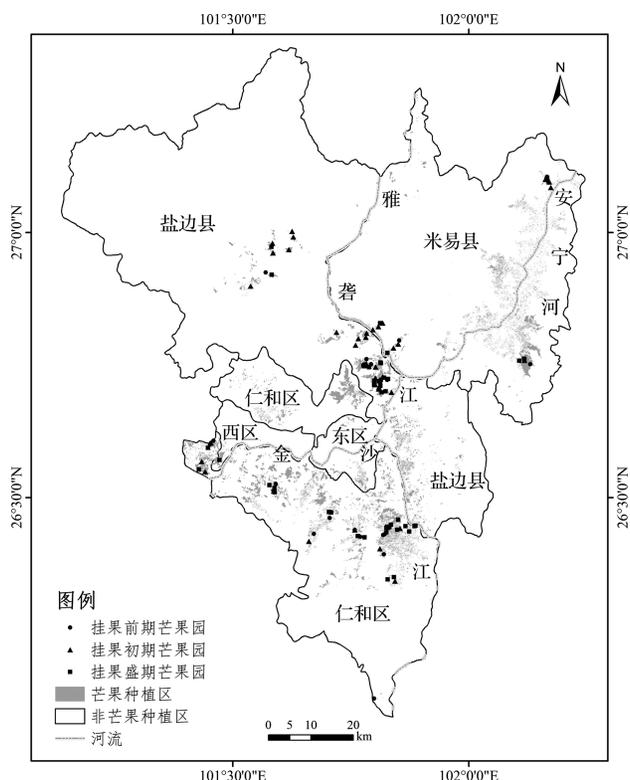


图1 攀枝花市芒果种植区分布与调查样点分布

注:图中芒果种植区反映攀枝花市2019年芒果种植分布情况。

有机质、N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O、Ca折纯量(kg/hm<sup>2</sup>)=单株化肥投入实物量(kg/株)×种植密度(株/hm<sup>2</sup>)×肥料中该类养分含量(%)。养分含量以肥料包装袋标注为准。当地部分商品性有机肥养分有效含量未标注或部分标注,按照生物有机肥有机质含量55%、普通有机肥有机质含量45%、N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+K<sub>2</sub>O含量5%折算。羊粪养分含量折算以《中国有机肥养分志》中鲜基养分含量为标准,即有机质含量32.30%、N含量1.01%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>含量0.22%、K<sub>2</sub>O含量0.53%。

### 1.2.3 数据分析处理

调查数据核对、整理在Excel 2010中进行,数据分析在SPSS 26.0中进行,绘图在Origin 2016中进行。施肥次数、时期频率(%)=分类样本量/调查样本总量。种植年限、种植密度、单株产量、

单位面积产量、养分肥料投入量数据均不满足正态分布,因此不同发育阶段果园密度、产量、肥料施用量差异性分析采用非参检验(Kruskal-Wallis 检验),产量与种植年限、施肥量相关关系采用 Spearman 相关分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 芒果园产量现状

攀枝花市挂果期芒果园(种植年限>5年,挂果初期及盛期)平均种植密度为(940.6±246.1)株/hm<sup>2</sup>,挂果初期果园产量和种植密度大于挂果盛

期(P<0.05)。挂果期果园单株平均产量为(17.0±8.9)kg/株,单位面积平均产量为(15416.4±7876.3)kg/hm<sup>2</sup>。挂果期芒果园单株产量、单位面积产量与种植年限间均呈正相关关系(P<0.05)(表1)。挂果初期果园单株产量、单位面积产量均低于挂果盛期果园(P<0.05)。相同发育阶段,不同果园之间产量水平存在较大的差距(表2)。

表1 攀枝花市芒果园产量与种植年限相关性

	样本量	单株产量	单位面积产量
种植年限	87	0.373**	0.271*

注:\*表示P<0.05,\*\*表示P<0.01。

表2 攀枝花市不同发育阶段芒果园产量

发育阶段	样本量	密度 (株/hm <sup>2</sup> )	单株产量 (kg/株)	单位面积产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	单位面积产量 变异系数(%)
挂果初期(6~10年)	39	1011.3±247.9a	13.6±7.0b	13984.5±8351.9b	59.7
挂果盛期(11~26年)	48	883.1±231.5b	19.7±9.4a	16579.9±7350.8a	44.3
挂果期合计	87	940.6±246.1	17.0±8.9	15416.4±7876.3	51.1

注:密度、产量数据为均值±标准差。小写字母不同表示不同发育阶段果园之间差异显著(P<0.05)。下同。

### 2.2 芒果园土壤施肥时间及次数

在芒果果树一个生产周期中,果农依据采果、开花、谢花坐果、果实生长情况选择施肥时间。当地挂果期芒果园施肥时间与《晚熟芒果标准化生产技术》中推荐的基本一致,部分果园在采果前追肥以膨果上色。

该市挂果期果园注重施用采果后基肥、套袋后壮果肥,其次是催花肥、谢花肥及采果前追肥。挂果初期果园,各施肥时间分布频率依次为壮果肥(85.4%)>采后肥(70.7%)>催花肥(26.8%)>谢花肥(24.4%)>采果前追肥(7.3%)。挂果

盛期果园,各施肥时间的分布频率依次为采后肥(87%)>壮果肥(69.6%)>催花肥(17.4%)>谢花肥(10.9%)>采果前追肥(10.8%)(图2A)。

该市挂果前期果园年施肥1~2次,其中80%左右果园施肥1次,集中在雨季。该市挂果期芒果园50%左右年施肥2次,70%以上挂果期芒果园年施肥次数在3次以下。挂果初期及盛期分别有19.5%、26.1%的果园年施肥1次,51.5%、52.2%的果园年施肥2次,26.8%、19.6%的果园年施肥3次,2.4%、2.2%的果园年施肥4次(图2B)。

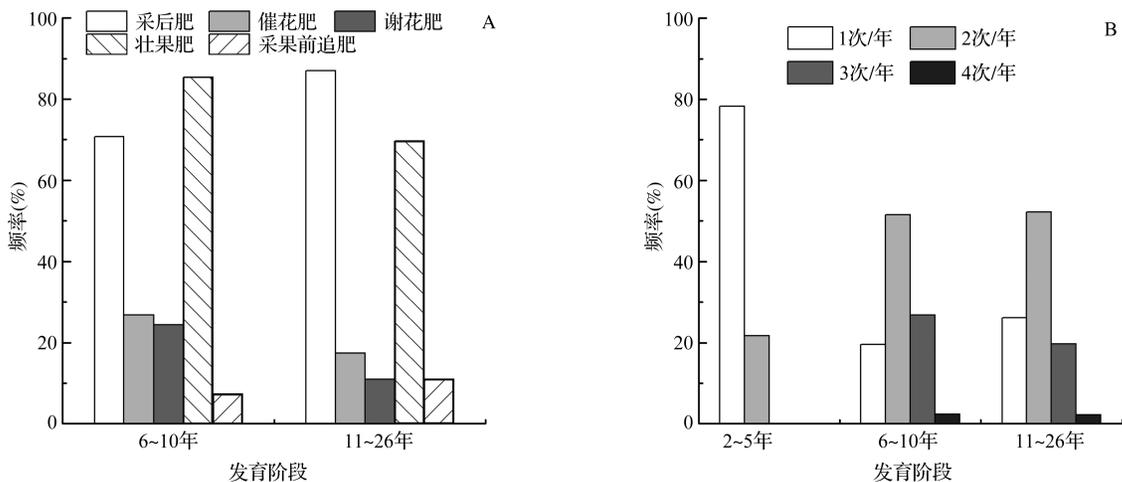


图2 攀枝花市各发育阶段芒果园年施肥时间及施肥次数

### 2.3 芒果园施用肥料种类

攀枝花市挂果前期芒果园主要施用化肥, 挂果期果园主要施用化肥、有机肥以及中微量元素肥。3个发育阶段化肥使用频率依次为挂果初期(92.7%) > 挂果前期(82.6%) > 挂果盛期(73.9%), 有机肥使用频率依次为挂果盛期(78.3%) > 挂果初期(78.0%) > 挂果前期(21.7%), 中微量元素肥使用频率依次为挂果初期(95.1%) > 挂果盛期(93.5%) > 挂果前期(39.1%)(图3)。

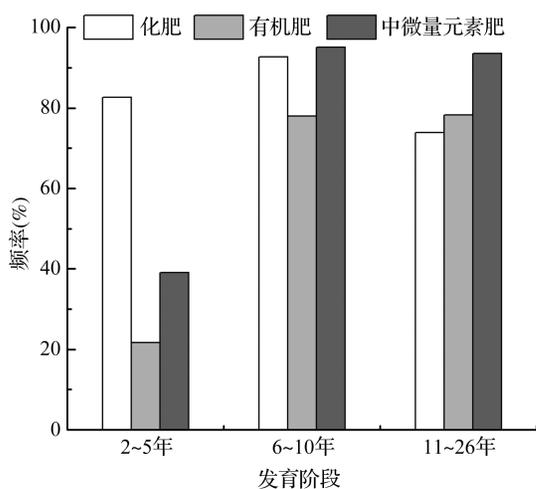


图3 攀枝花市各发育阶段芒果园施用肥料种类

挂果期果园多采用2~3种类型肥料配合施用, 其中化肥+有机肥+中微量元素肥三者配合施用较为普遍, 占比60.9%, 采用复合肥和中微量元素肥配合施用的果园占比17.2%, 有机肥和中微量元素肥配合施用的果园占比14.9%, 其余施肥形式所占比例均为2.3%(表3)。

表3 攀枝花市挂果期芒果园肥料配合施用情况

施肥形式	样本量	频率 (%)
仅施用化肥	2	2.3
仅施用中微量元素肥	2	2.3
化肥+中微量元素肥	15	17.2
化肥+有机肥	2	2.3
有机肥+中微量元素肥	13	14.9
化肥+有机肥+中微量元素肥	53	60.9

攀枝花市芒果园施用的有机肥主要包括农家肥和商品性有机肥, 其中, 农家肥以羊粪为主, 商品性有机肥以普通有机肥和生物有机肥为主。挂果前期3种有机肥的使用频率依次为普通有机肥(13.0%) >

生物有机肥(8.7%) > 羊粪(4.3%); 挂果期果园有机肥使用频率相对挂果前期大幅提升, 其中生物有机肥使用频率较高。挂果初期果园有机肥使用频率生物有机肥(51.3%) > 羊粪(30.8%) > 普通有机肥(25.6%); 挂果盛期果园有机肥使用频率生物有机肥(35.4%) > 普通有机肥(29.2%) > 羊粪(22.9%)(图4A)。

攀枝花市芒果园施用的化肥以氮磷钾复合肥为主, 挂果前期果园注重氮养分补充, 挂果期果园注重钾养分及氮磷钾养分平衡补充。芒果园氮磷钾复合肥主要包括平衡型、高钾型、高氮型3种, 氮磷钾总养分含量均在40%以上。挂果前期果园中, 各种类化肥使用频率依次为高氮型(47.8%) > 平衡型(34.8%) > 高钾型(4.2%); 挂果初期果园各类化肥使用频率依次为高钾型(66.7%) > 平衡型(58.6%) > 高氮型(4.9%); 挂果盛期果园各类化肥使用频率依次为平衡型(54.4%) > 高钾型(54.3%) > 高氮型(10.9%)(图4B)。

该市施用的中微量元素肥料主要包括钙肥、镁肥、硼肥以及锌、铁、铜肥等, 挂果期芒果园中微量元素肥料使用频率高于挂果前期果园。挂果前期果园中微量元素肥使用频率钙肥(34.8%) > 镁肥(13%) > 硼肥(4.3%) > 其他(0%); 挂果初期使用频率钙肥(95.1%) > 硼肥(67.5%) > 镁肥(61.0%) > 其他(50.0%); 挂果盛期使用频率钙肥(95.6%) > 硼肥(71.1%) > 镁肥(60.9%) > 其他(53.3%)(图4C)。

### 2.4 芒果园肥料养分投入量

该市芒果园养分投入量存在阶段性变化。挂果期果园有机质投入量, 有机肥N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O投入量均显著高于挂果前期, 挂果初期和盛期之间无显著差异(P<0.05)。挂果初期化肥N投入量、N投入总量最高, 前期和盛期之间无显著差异(P<0.05)。挂果初期化肥P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>投入量显著高于挂果前期, 挂果前期和盛期之间无显著差异(P<0.05); 挂果初期、盛期果园P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>投入总量无显著差异(P<0.05), 均高于挂果前期。化肥K<sub>2</sub>O投入量、K<sub>2</sub>O投入总量挂果初期高于挂果盛期, 盛期果园高于前期。挂果初期、盛期果园Ca投入总量无显著差异, 均显著高于挂果前期(P<0.05)。同一发育阶段不同果园之间化肥养分投入量存在较大差异(表4)。

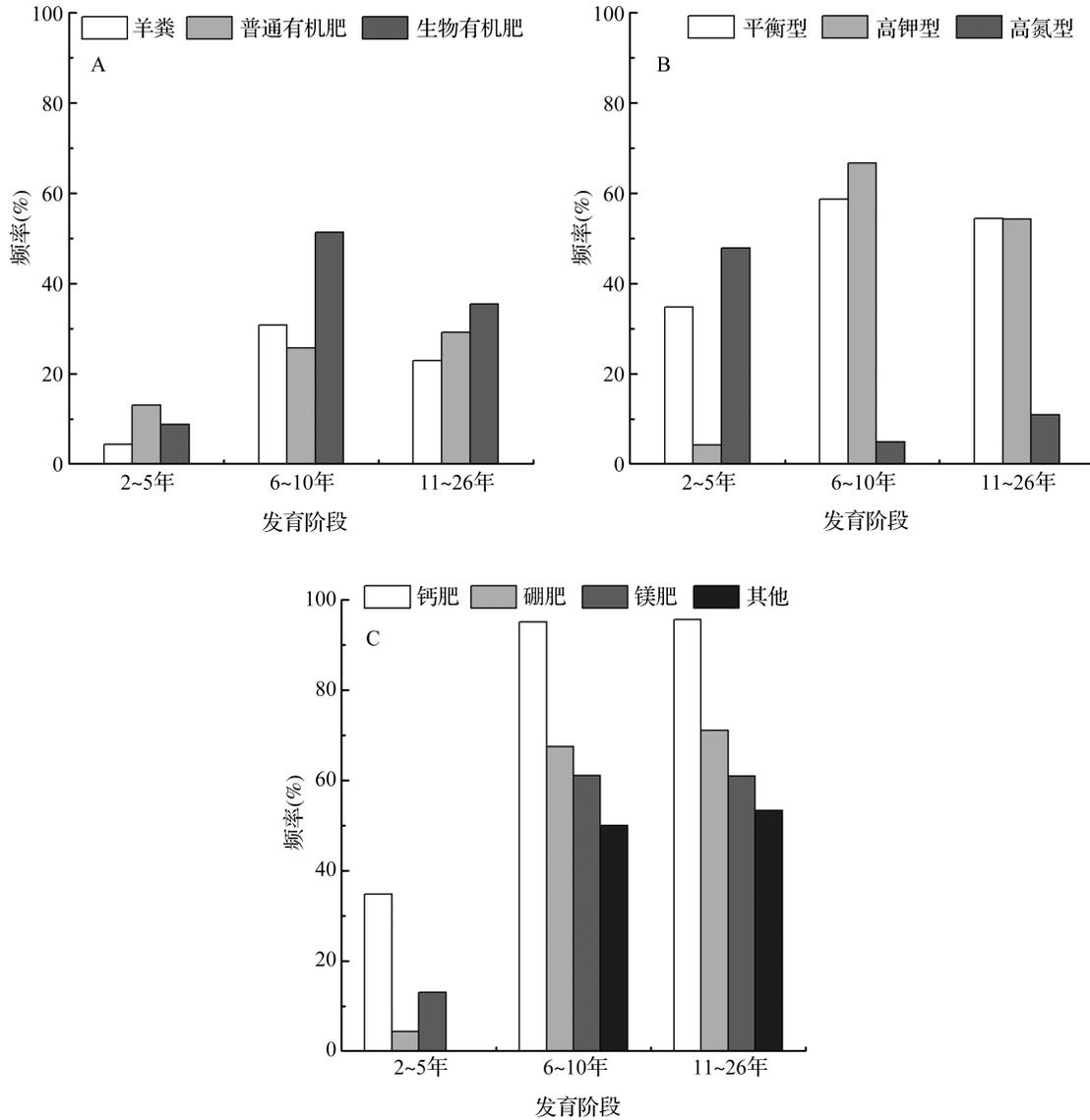


图 4 攀枝花市各发育阶段芒果园有机肥、化肥、中微量元素肥料种类

表 4 攀枝花市各发育阶段芒果园肥料养分投入量 (kg/hm<sup>2</sup>)

发育阶段	肥料类型	养分投入量				
		有机质	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca
挂果前期 (2 ~ 5 年)	化肥	—	105.9 ± 63.2b	43.1 ± 68.3b	51.7 ± 53.9c	—
	有机肥	100.6 ± 278.3b	7.7 ± 19.9b	3.2 ± 10.2b	3.5 ± 10.3b	—
	养分总量	100.6 ± 278.3b	113.6 ± 64.8b	46.4 ± 76.6b	55.2 ± 62.1c	8.4 ± 26.1b
挂果初期 (6 ~ 10 年)	化肥	—	169.6 ± 117.8a	99.3 ± 71.9a	220.8 ± 163.8a	—
	有机肥	978.8 ± 1413.4a	44.3 ± 55.1a	24.3 ± 33.9a	31.1 ± 38.3a	—
	养分总量	978.8 ± 1413.4a	213.9 ± 126.1a	123.6 ± 76.5a	251.9 ± 165.6a	125.7 ± 120.9a
挂果盛期 (11 ~ 26 年)	化肥	—	112.8 ± 96.2b	77.0 ± 75.1ab	151.8 ± 145.5b	—
	有机肥	1016.1 ± 1451.9a	37.0 ± 50.1a	20.6 ± 30.5a	27.8 ± 35.9a	—
	养分总量	1016.1 ± 1451.9a	149.8 ± 109.4b	97.6 ± 79.2a	179.6 ± 149.6b	99.6 ± 110.1a

挂果前期果园养分总投入量  $N > K_2O > P_2O_5$ , 其中化肥投入量依次分别占总养分投入的 93.5%、82.4%、83.8%。挂果初期果园养分投入量  $K_2O > N > P_2O_5$ , 化肥投入量占比依次为 84.7%、78.2%、78.5%。挂果盛期果园养分投入量  $K_2O > N > P_2O_5$ , 其中化肥投入量占比依次为 67.1%、65.0%、65.3%。

## 2.5 芒果园施肥与产量关系

攀枝花市挂果期芒果园产量与有机质投入量, 化肥及有机肥氮、磷、钾养分投入量, 氮、磷、钾养分投入总量之间相关关系均不显著, 与果园是否施用石灰显著正相关 ( $P < 0.05$ ) (表 5)。

表 5 攀枝花市芒果园产量与施肥措施的相关性

养分类型	施肥措施	单位面积产量
有机质	有机肥投入量	0.164
	是否施用石灰	0.216*
氮	化肥投入量	0.093
	有机肥投入量	0.044
	养分投入总量	0.081
	是否施用石灰	0.216*
磷	化肥投入量	0.048
	有机肥投入量	0.022
	养分投入总量	-0.002
钾	化肥投入量	0.062
	有机肥投入量	0.037
	养分投入总量	0.041
石灰	是否施用石灰	0.216*

注: \* 表示  $P < 0.05$ 。

## 3 讨论

### 3.1 芒果园产量与种植密度

攀枝花市芒果园种植密度与产量存在阶段性变化, 相对挂果初期, 挂果盛期果园种植密度显著降低, 单株产量及单位面积产量均显著提高。挂果初期、盛期果园种植密度均高于《芒果栽培技术规程》<sup>[21]</sup> 与《晚熟芒果标准化生产技术》<sup>[22]</sup> 推荐的最小株行距 (3 m × 5 m), 挂果初期果园平均种植密度达 1005 株 /hm<sup>2</sup>, 挂果盛期果园平均种植密度达 870 株 /hm<sup>2</sup>。果园种植密度过大, 会增加果园病虫害传播风险<sup>[23]</sup>, 加剧土壤干燥化<sup>[24]</sup>, 从而导致产量下降, 不利于产业可持续发展。

攀枝花地区投产期 (包括挂果初期与盛期) 果园果树单株产量平均为 (17.0 ± 9.3) kg/株, 与李洪雯等<sup>[25]</sup> 对该市凯特芒果株产量的研究结果基本相当。李贵利<sup>[22]</sup> 报道, 挂果盛期凯特芒果单位面积产量一般为 15000 ~ 22500 kg/hm<sup>2</sup>, 该市 15.4% 挂果初期芒果园处于该产量水平, 66.7% 的果园产量低于该水平, 35.4% 挂果盛期芒果园产量处于该

水平, 45.8% 低于该水平, 该市存在大量芒果园产量处于较低水平的现象。

### 3.2 芒果园施肥问题诊断

攀枝花市芒果园肥料养分投入存在阶段性变化。挂果期施用化肥、有机肥、中微量元素果园比例相对挂果前期大幅提升。化肥施用方面, 挂果前期重视 N 肥投入, 挂果期果园更重视 K<sub>2</sub>O 肥投入。挂果盛期和挂果初期相比, 施用化肥果园比例下降约 19%, 施用有机肥、中微量元素肥果园比例基本持平, 挂果初期果园更重视化肥施用。随发育阶段递增, 养分投入量呈现先增加后降低的趋势, 挂果前期到初期, 养分投入量显著提高, 挂果初期到盛期, N、K<sub>2</sub>O 养分投入总量显著下降, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 养分投入总量无明显变化。《芒果栽培技术规程》中建议定植第二年开始到挂果之前每次新梢萌发时追肥 1 次, 每次每株施用 N-P-K 复合肥 (15-15-15) 200 ~ 300 g 或尿素 100 ~ 150 g 及钾肥 50 ~ 100 g<sup>[21]</sup>。攀枝花市芒果幼树一般每年抽梢 4 次<sup>[22]</sup>, 因此芒果幼树年投入 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 应为 120 ~ 180 g/株, 或者 N 184 ~ 276 g/株, K<sub>2</sub>O 100 ~ 200 g/株。该市挂果前期果园芒果幼树果园年施肥次数普遍在 2 次及以下, N 投入略低于推荐量, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 投入量明显低于推荐量。据《芒果栽培技术规程》<sup>[21]</sup>, 每生产 100 kg 芒果, 需投入 N 2.58、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1.032、K<sub>2</sub>O 3.096 kg, 挂果初期果园 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 养分投入低于推荐量的果园占比依次为 76.9%、53.8%、82.1%, 盛期依次为 91.7%、79.2%、89.6%。该市大量果园施肥量低于技术规程中的推荐施用量, 可能存在施肥量不足的问题, 挂果盛期施肥量不足问题比挂果初期更为严重。

芒果园有机肥养分投入量在挂果初期、盛期之间无显著差异, 但挂果盛期果园有机肥 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 投入量占总养分投入量比例相对初期提高约 15%, 挂果盛期果园更重视有机肥施用。有机肥种类以生物有机肥、普通有机肥、羊粪为主, 其中生物有机肥使用率较高。由于商品性有机肥价格较高, 与海南省<sup>[26]</sup>、广东省<sup>[27]</sup> 高产优质芒果园推荐施用量相比, 当地商品性有机肥施用量较低。该地芒果园使用的农家肥以羊粪为主, 不同果园施用量差距较大。据攀枝花市《晚熟芒果标准化生产技术》<sup>[22]</sup>, 每生产 1000 kg 芒果果实, 除化肥外, 全年需通过优质农家肥 800 ~ 1000 kg 补充有机肥, 假设以当地芒果园常用的农家肥羊粪的有机质含量折算, 相当于需补充 258.4 ~ 323 kg 有机质, 挂果初期果园有机质

投入量需达到 3613.6 ~ 4517.0 kg/hm<sup>2</sup>, 挂果盛期需 4284.2 ~ 5355.3 kg/hm<sup>2</sup>, 该市芒果园有机质施用量低于推荐施用量。此外, 当地芒果园羊粪的腐熟度存在较大差异, 从未腐熟到腐熟 1 年或以上的均有施用, 可能导致植物受到病虫害, 肥料利用率降低<sup>[28]</sup>, 对产量造成不利影响。

当地挂果期芒果园施用中微量元素肥的比例在 90% 以上, 大部分果农重视钙、镁、硼肥的施用, 对其它养分元素补充较为随意。当地挂果期果园商品性钙肥投入量显著高于挂果前期, 挂果初期、盛期之间无显著差异。据《芒果栽培技术规程》<sup>[21]</sup>, 每生产 100 kg 芒果, 需投入钙 1.29 kg, 挂果初期商品性钙肥养分投入量低于此标准的果园占比 64.1%, 挂果盛期占比 85.4%, 除商品性钙肥外, 大部分果园在树盘区表撒石灰以期达到果树杀菌消毒补钙的目的, 随发育阶段递增, 施用石灰的果园占比逐渐提高<sup>[13]</sup>。但是当地芒果园石灰施用量、施用频率以及施用方式的选择较为随意, 缺乏理论依据, 难以推算钙养分投入量。因此, 虽然大部分果园商品性钙肥养分投入量低于规程推荐量, 仍不能轻易推断当地芒果园存在钙养分投入量不足的问题。已有研究发现, 果实钙不足与芒果的软鼻病、果肉空腔式凹嵌、糊状种子、团块结构、海绵组织病等有密切的关系<sup>[29]</sup>。在酸性土壤施用石灰可以提高芒果产量以及品质, 降低海绵组织的发病率, 并且对酸性土壤有着明显的改良效果, 但石灰施用量与芒果产量的关系呈倒 V 形, 超过适宜施用量后继续增施石灰, 芒果产量和果实中钙养分含量均降低<sup>[30-32]</sup>。石灰施用过多, 土壤 pH、CaCO<sub>3</sub> 含量过高, 将引发芒果缺铁性失绿症<sup>[10, 33]</sup>。在印度东部高原及山地红壤和砖红壤区芒果园中, 土壤 pH 在 5.5 以下, 钙、镁是芒果生长主要限制元素, 而土壤 pH 5.5 以上时, 氮、锌、硼元素成为主要限制元素<sup>[34]</sup>。可见, 钙养分补充量以及石灰施用量应该根据土壤性质、养分现状以及芒果的生长需求共同决定, 不应该盲目施用, 施用量过高或过低都会对果园土壤质量、芒果产量和品质造成不利影响。

施用石灰对产量有促进效果, 一方面可能是由于石灰对病虫害的消杀作用, 另一方面可能是由于石灰对酸性土壤的改良作用促进了产量提高。挂果期果园产量与化肥、有机肥投入量无显著相关关系, 这可能与当地果园立地条件多样, 管理水平差距大有关。首先, 攀枝花市土壤类型差异大, 养分

空间异质性强<sup>[17]</sup>, 部分本底土壤条件较好的果园可能施肥量较低也能达到较高的产量。其次, 当地以山地为主, 地形破碎, 区域微气候差异<sup>[35]</sup>也可能影响产量。再次, 果园水分管理也会影响肥料养分利用效率, 从而影响果园产量<sup>[36]</sup>。此外, 当地主要发展晚熟芒果, 花期管理也是产量的重要影响因素之一<sup>[37]</sup>。芒果园产量受到气候、土壤本底条件、施肥、灌溉等多方面因素共同影响。因此, 制定攀枝花市芒果园施肥指导规范应注意因地制宜。

#### 4 结论及建议

攀枝花市挂果期大部分果园栽种密度过高, 产量较低, 不同果园之间产量水平、施肥水平差距较大。养分投入不足, 有机肥施用量低, 盲目随意施用石灰是当地果园施肥管理中存在的主要问题。建议提高挂果期果园有机肥施用量, 规范农家肥堆制腐熟标准, 根据土壤性质及产量品质需求制定化肥、石灰及其他土壤调理剂施用标准, 从而提高肥料利用效率, 实现增产增收。

#### 参考文献:

- [1] 伍从银. 攀枝花芒果产业发展研究[D]. 成都: 四川农业大学, 2016.
- [2] 王宜伦, 张许, 谭金芳, 等. 农业可持续发展中的土壤肥料问题与对策[J]. 中国农学通报, 2008, 24(11): 278-281.
- [3] 李贵利, 杜邦, 刘斌, 等. 攀枝花市晚熟芒果产业发展的气候优势分析[J]. 中国热带农业, 2011(1): 41-42.
- [4] 李阜禧, 陈永琼, 杜成勋. 攀枝花气候条件对芒果生长的影响[J]. 高原山地气象研究, 2010, 30(4): 68-71.
- [5] 杜邦, 刘斌, 潘宏兵, 等. ‘凯特’芒果不同树形对产量和品质的影响[J]. 中国热带农业, 2017(1): 69-71.
- [6] 李贵利, 杜邦, 李桂珍. 攀西地区晚熟芒果套袋技术[J]. 四川农业科技, 2008(4): 34.
- [7] 陶淑华. 钙处理对采前套袋‘凯特’芒果采后果实软鼻病及贮藏特性的影响[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2019.
- [8] 罗照西, 李贵利, 李桂珍, 等. 攀枝花市晚熟芒果研究历程及特色技术综述[J]. 四川农业与农机, 2015(6): 36-38.
- [9] Kumar R, Kumar V. Physiological disorders in perennial woody tropical and subtropical fruit crops—a review[J]. Indian Journal of Agricultural Sciences, 2016, 86(6): 703-717.
- [10] Kadman A, Gazit S. The problem of iron deficiency in mango trees and experiments to cure it in Israel[J]. Journal of Plant Nutrition, 1984, 7(1): 283-290.
- [11] Guo J H, Liu X J, Zhang Y, et al. Significant acidification in major chinese croplands[J]. Science, 2010, 327(5968): 1008-1010.
- [12] 赵其国, 黄国勤, 马艳芹. 中国南方红壤生态系统面临的问题

- 题及对策[J]. 生态学报, 2013, 33(24): 7615-7622.
- [13] 张瀚曰, 胡斌, 包维楷, 等. 攀枝花地区芒果园土壤 pH 现状及变化趋势[J]. 应用与环境生物学报, 2020, 26(1): 63-73.
- [14] 刘斌, 王松标, 李鑫, 等. 攀枝花市成龄芒果园土壤肥力评价[J]. 热带作物学报, 2020, 41(1): 1-6.
- [15] 潘宏兵, 刘伟, 罗玲, 等. 攀枝花芒果幼果黑心病与土壤理化性状相关性分析[J]. 中国土壤与肥料, 2020(2): 116-122, 158.
- [16] 戴声佩, 李茂芬, 罗红霞, 等. 川滇交界干热河谷地区农业气候资源特征[J]. 热带作物学报, 2018, 39(6): 1225-1234.
- [17] 陈协蓉. 四川土志[M]. 成都: 四川科学出版社, 1994. 13-17, 192-196.
- [18] 罗关兴. 金沙江干热河谷区芒果品种资源图谱. 1[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2012. 1-144.
- [19] 杜邦, 刘斌, 黄云, 等. 攀西芒果选育种研究综述[J]. 中国热带农业, 2013(5): 43-45.
- [20] 伍从银. 攀枝花市柑桔种质资源及其生产发展意见[J]. 柑桔与亚热带果树信息, 1999(5): 10-11.
- [21] NY/T 880-2020, 芒果栽培技术规程[S].
- [22] 李贵利. 晚熟芒果标准化生产技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 2014. 39-40.
- [23] 张玲, 薛新宇, 丁素明, 等. 我国密植型果园病虫害防治方法与技术对策[J]. 中国农机化学报, 2013, 34(6): 184-187.
- [24] 郭正, 李军, 张玉娇, 等. 密度对苹果园产量和土壤水分利用影响的模拟[J]. 北方园艺, 2015(16): 27-33.
- [25] 李洪雯, 刘建军, 陈克玲, 等. 四川攀西‘凯特’芒果平衡施肥效应[J]. 西南农业学报, 2011, 24(2): 669-672.
- [26] 臧小平, 周兆禧, 林兴娥, 等. 不同用量有机肥对芒果果实品质及土壤肥力的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2016(1): 98-101.
- [27] 钟川, 黄国弟, 黄国高, 等. 芒果施用生态有机肥的对比试验[J]. 广西热带农业, 2001(1): 1-3.
- [28] 程治良, 全学军, 代黎, 等. 羊粪好氧堆肥处理研究进展[J]. 重庆理工大学学报(自然科学版), 2013, 27(11): 36-41.
- [29] 潘孝忠. 钙元素对芒果生长及果实贮藏的影响[J]. 安徽农学通报, 2007(17): 69-70.
- [30] 李华东, 白亭玉, 郑妍, 等. 土壤施钙对芒果果实钾、钙、镁含量及品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2014(6): 76-80.
- [31] Correia M A R, Flores R A, Prado R D M, et al. Using limestone to improve soil fertility and growth of Mango (*Mangifera Indica L.*) [J]. Communications in Soil Science & Plant Analysis, 2018, 49(8): 903-912.
- [32] De almeida E V, Fernandes F M, De mello prado R, et al. Mango tree response to lime applied during the production phase [J]. Open Journal of Soil Science, 2012, 2(2): 155.
- [33] 黄台明. 红壤土碱害导致芒果发生缺铁失绿症的矫正研究[D]. 桂林: 广西大学, 2006.
- [34] Naik S K, Bhatt B P. Diagnostic leaf nutrient norms and identification of yield-limiting nutrients of mango in eastern plateau and hill region of India [J]. Communications in Soil Science & Plant Analysis, 2017, 48(13): 1-10.
- [35] 蒋俊明, 张旭东, 费世民, 等. 攀枝花干热河谷区环境对水分的影响[J]. 中国水土保持科学, 2008, 6(z1): 41-47.
- [36] 刘小刚, 孙光照, 彭有亮, 等. 水肥耦合对芒果光合特性和产量及水肥利用的影响[J]. 农业工程学报, 2019, 35(16): 125-133.
- [37] 王军, 张平, 王友富, 等. 攀西地区晚熟芒果控花延时成熟技术[J]. 中国热带农业, 2019(4): 59, 76-77.

### The status and problem diagnosis of yield and fertilization management in mango orchards in Panzhihua city, China

ZHANG Han-yue<sup>1, 2</sup>, HU Bin<sup>1</sup>, BAO Wei-kai<sup>1\*</sup>, DU Bang<sup>3</sup> (1. Key Laboratory of Mountain Ecological Restoration and Bioresource Utilization, Chinese Academy of Sciences, Ecological Restoration and Biodiversity Conservation Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu Sichuan 610041; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049; 3. Panzhihua Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Panzhihua Sichuan 617061)

**Abstract:** Panzhihua city is an important late-ripening mango producing area in China. In order to improve the fertilization management to promote mango yield and quality, it is of great significance to understand the production and fertilization status of mango orchards and diagnose the problems of fertilization management. The yield, fertilization management of 110 mango orchards in different cultivated stages (before fruiting stage: 2 ~ 5 a; early fruiting stage: 6 ~ 10 a; prosperous fruiting stage: 11 ~ 26 a) in Panzhihua City were investigated and analyzed to diagnose fertilization problems. The average yield of mango orchards in the city was (15416.4 ± 7876.3) kg/hm<sup>2</sup>, and the yield in the prosperous fruiting stage was higher than that in the early fruiting stage. The difference in management patterns among farmers led to a large yield variance. Most of the mango orchards in the before fruiting stage (early fruiting stage, prosperous fruiting stage) use chemical fertilizer only. In most orchards during the fruiting stage, chemical fertilizers, organic fertilizers, and medium-trace element fertilizers are used in combination. And in this stage, most mango growers fertilize twice a year, at the time after fruit harvesting and fruit bagging, respectively. The nutrient input of fertilizer N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O in the fruiting stage were lower than the recommended amount in Chinese *Mango Production Technical Regulation*. In addition, local mango orchards generally suffer from insufficient application of organic fertilizers, varying degrees of manure maturity, and random application of alkaline fertilizers such as lime. Finally, to achieve sustainable development of the mango production, it is recommended that the local relevant departments should develop the standards for fertilization management according to the mango production status and soil status.

**Key words:** Panzhihua city; mango orchard; yield; fertilization management; problem diagnosis