

文章编号: 1674-7054(2022)01-0081-07



# 不同橡胶园类型间作珠芽魔芋的种植密度

李娟, 涂寒奇, 王秀全

(中国热带农业科学院 橡胶研究所/海南儋州热带农业生态系统国家野外科学观测研究站/省部共建国家重点  
实验室培育基地-海南省热带作物栽培生理学重点实验室, 海南 儋州 5717371)

**摘要:** 为建立适宜的橡胶园间作模式, 探索珠芽魔芋 (*Amorphophallus bulbifer*) 胶园间作的最佳密度, 笔者研究了在常规和宽窄行胶园中珠芽魔芋种植密度对珠芽魔芋的叶形态指标、叶面球茎数量及植株倒伏率、地下球茎的氮磷钾积累量及产量、品质的影响。结果表明, 宽窄行比常规胶园更适合珠芽魔芋间作; 宽窄行胶园、常规胶园的适宜间作密度分别为 40 020、33 345 株·hm<sup>-2</sup>。胶园类型对珠芽魔芋生长的影响效应比种植密度对珠芽魔芋生长的影响更大。常规胶园中各密度处理对珠芽魔芋叶形态指标、地下球茎产量、品质指标的影响不显著, 珠芽魔芋对氮磷钾含量及吸收量影响随密度变化而变化。宽窄行胶园中, 珠芽魔芋种植密度越低, 植株越矮、叶柄越粗、叶盘越大、叶面球茎数量越多、抗倒伏能力也越强。与常规胶园相比, 宽窄行胶园中的珠芽魔芋植株粗矮, 叶面球茎繁殖系数增加, 抗倒伏能力增强, 地下球茎的膨大系数、单个球茎质量、单位产量、品质均有所提高, 地下球茎的氮磷钾含量降低, 但吸收量有所增加。这些结果显示宽窄行比常规胶园更利于间作珠芽魔芋, 可促进珠芽魔芋的产量、品质及抗倒伏、叶面球茎繁殖能力的提高。

**关键词:** 胶园类型; 珠芽魔芋; 间作; 种植密度

**中图分类号:** S 632.3 **文献标志码:** A

**引用格式:** 李娟, 涂寒奇, 王秀全. 不同橡胶园类型间作珠芽魔芋的种植密度 [J]. 热带生物学报, 2022, 13(1): 81-87. DOI: [10.15886/j.cnki.rdsxb.2022.01.012](https://doi.org/10.15886/j.cnki.rdsxb.2022.01.012)

海南植胶面积 52.7 万 hm<sup>2</sup>, 其中荫蔽度大的成龄胶园占比 70%, 只有耐荫作物才能在成龄胶园生长, 可间作物少。目前海南省成龄胶园的间作面积仅占植胶面积 2.86%。探索具有巨大市场前景的适宜耐荫间作植物是利用胶园林下土地资源的现实需求。珠芽魔芋 (*Amorphophallus bulbifer*) 是一种耐荫蔽性强、富含优质膳食纤维、符合国家大健康战略需求、适合在海南高温高湿的环境下生长的作物, 市场前景广阔<sup>[1-2]</sup>。发展橡胶树/珠芽魔芋间作模式, 将为成龄橡胶园林下土地的开发利用及胶农种植效益提升提供良好契机。云南胶园间作珠芽魔芋已经取得了很好的种植效益, 如景洪市 2018 年橡胶林下魔芋平均单产为

22 500 kg·hm<sup>-2</sup>, 2019 年因干旱原因产量有所降低, 幼龄胶园(5 龄)单位产量为 13 650 kg·hm<sup>-2</sup>, 成龄胶园(12 龄)单位产量为 11 190 kg·hm<sup>-2</sup>。海南也有少量发展, 2019 年儋州市成龄胶园(17 龄)单位产量为 5 535 kg·hm<sup>-2</sup>, 单位产量明显偏低<sup>[1,3]</sup>。影响作物产量的因素很多, 除了光照<sup>[4-6]</sup>、施肥<sup>[4,7]</sup>等, 种植密度<sup>[8]</sup>也具有很大影响, 但珠芽魔芋种植密度的研究尚未见报道。海南胶园类型有常规与宽窄行胶园 2 种, 光照强度完全不同, 宽窄行胶园大行间露地面积占胶园总面积的 58.3%, 可间作林荫地占胶园总面积 8.3%, 而常规胶园没有露地<sup>[9]</sup>。本研究拟在常规和宽窄行胶园间作条件下探讨种植密度对不同胶园类型中珠芽魔芋叶形态指标、叶面

收稿日期: 2021-05-25

修回日期: 2021-10-13

基金项目: 中国热带农业科学院基本科研业务费专项资金(1630022020025); 中国热带农业科学院基本科研业务费专项资金(1630022019005); 现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-33-YZ4)。

第一作者: 李娟(1978-), 女, 博士, 副研究员。研究方向: 胶园间作。E-mail: [njtrs2003@163.com](mailto:njtrs2003@163.com)

通信作者: 王秀全(1975-), 男, 硕士, 副研究员。研究方向: 橡胶林下经济。E-mail: [wangxqjialiuwx@126.com](mailto:wangxqjialiuwx@126.com)

球茎数量及植株倒伏率、地下球茎的氮磷钾积累量及产量、品质的影响, 以期为珠芽魔芋在胶园合理间作提供技术支持。

## 1 材料与方 法

**1.1 试验地与材料** 试验在中国热带农业科学院橡胶研究所三队常规胶园与宽窄行胶园(又称全周期间作胶园)进行, 此两种胶园均于2002年3月定植, 于2010年8月开割, 品种均为‘热研7-20-59’, 由中国热带农业科学院橡胶研究所提供。常规胶园株行距为3 m × 7 m, 宽窄行胶园株行距为2 m × (4 m + 20 m)。供试土壤耕层0 ~ 20 cm, 常规胶园土壤含有机质14.00 g·kg<sup>-1</sup>, 全效氮0.94 g·kg<sup>-1</sup>, 全效磷0.53 g·kg<sup>-1</sup>, 全效钾23.65 g·kg<sup>-1</sup>, 速效磷5.06 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效钾79.50 mg·kg<sup>-1</sup>, 硝态氮N 60.85 mg·kg<sup>-1</sup>, 铵态氮63.52 mg·kg<sup>-1</sup>, pH 4.89; 宽窄行胶园土壤含有机质15.60 g·kg<sup>-1</sup>, 全效氮1.09 g·kg<sup>-1</sup>, 全效磷0.72 g·kg<sup>-1</sup>, 全效钾14.36 g·kg<sup>-1</sup>, 速效磷3.02 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效钾117.70 mg·kg<sup>-1</sup>, 硝态氮N 130.62 mg·kg<sup>-1</sup>, 铵态氮179.42 mg·kg<sup>-1</sup>, pH 4.91。

珠芽魔芋2020年4月, 在离橡胶树2 m远的地方开始种植, 其中宽窄行胶园的20 m宽行是间作行, 4 m窄行不间作。供试肥料为尿素(含N 46.0%), 978 kg·hm<sup>-2</sup>; 过磷酸钙(含P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 18.0%), 667 kg·hm<sup>-2</sup>; 硫酸钾(含K<sub>2</sub>O 54.0%), 556 kg·hm<sup>-2</sup>。6月、8月各追施1/2的肥料。

**1.2 试验设计** 常规与宽窄行胶园间作的珠芽魔芋各设5个密度处理, 分别为M1: 40 020株·hm<sup>-2</sup>; M2: 33 345株·hm<sup>-2</sup>, M3: 28 590株·hm<sup>-2</sup>, M4: 25 020株·hm<sup>-2</sup>, M5: 22 230株·hm<sup>-2</sup>。各胶园的每个处理重复3次, 共计30个试验小区。试验小区宽3 m, 长10 m, 小区面积30 m<sup>2</sup>, 小区之间的间隔距离为2 m, 试验小区随机排列。

### 1.3 测定方法

**1.3.1 叶片形态指标、叶面球茎数量及倒伏株数测定** 2020年9月, 在各小区随机选择3株, 每个处理共9株进行调查, 分别测定叶面球茎数量、叶柄长度、叶柄直径、叶盘直径及顶裂叶长、宽。

(1)叶面球茎数量: 直接计数。

(2)倒伏株数: 直接计数叶柄倒在地上的植株, 倒伏率=倒伏株数/调查总株数×100%。

(3)叶柄长度: 地面到叶柄分叉处的长度(cm)。

(4)叶柄直径: 叶柄基部紧贴地面直径(mm)。

(5)叶盘直径: 叶片张开角度最大的距离(cm)。

(6)顶裂叶长和宽: 取叶脉最长的顶裂叶测量(cm)。

**1.3.2 地下球茎含水量的测定** 用自来水冲洗珠芽魔芋地下球茎土壤, 然后用蒸馏水冲洗3遍, 吸水纸吸干多余水分后, 在105℃杀青30 min, 然后在75℃烘至恒重后称量干质量。

水分含量=(鲜质量-干质量)/鲜质量×100%。

**1.3.3 地下球茎品质指标测定** 测定珠芽魔芋地下球茎的可溶性糖、淀粉及葡甘聚糖含量。其中可溶性糖、淀粉含量测定均采用蒽酮法测定<sup>[10]</sup>; 葡甘聚糖含量测定采用3,5-二硝基水杨酸比色法<sup>[11]</sup>。

**1.3.4 植株氮磷钾含量测定** 样品按照1.3.2节中的方法烘干后粉碎备用。用H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>法消化样品, 纳氏试纸比色法测定氮, 钼蓝比色法测定磷, 火焰光度法测定钾<sup>[12]</sup>。

**1.3.5 产量测定** 2020年12月收获, 按每个试验小区实收地下球茎鲜质量计产, 然后折算成单位产量。

膨大系数=收获质量/种时质量。

**1.4 数据处理** 使用SPSS 17.0软件对叶柄长度、叶柄直径、叶盘直径、顶裂叶长、顶裂叶宽、叶面球茎数、植株倒伏率、膨大系数、单株鲜质量、产量、氮磷钾含量及吸收量、水分、可溶性糖、淀粉及葡甘聚糖含量在处理间, 作双因素的方差分析与邓肯氏复极差多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 胶园类型和间作种植密度对珠芽魔芋的叶形态指标、叶面球茎数量及植株倒伏率的影响

从表1可知, 间作种植密度对叶柄直径、顶裂叶长、顶裂叶宽的影响显著, 而对叶柄长度、叶盘直径、叶面球茎个数、植株倒伏率的影响不显著; 胶园类型对叶柄长度、叶柄直径、叶面球茎个数、植株倒伏率的影响极显著, 而对叶盘直径、顶裂叶长、顶裂叶宽的影响不显著; 间作种植密度与胶园类型的交互作用对顶裂叶长的影响显著, 而对叶柄长度、叶柄直径、叶盘直径、顶裂叶宽、叶面球茎个数、植株倒伏率的影响不显著。与常规胶园相比, 宽窄行胶园中所有间作种植密度处理的珠

表 1 间作种植密度对珠芽魔芋叶形态指标、叶面球茎数量及植株倒伏率的影响

胶园类型	密度	叶柄长度/cm	叶柄直径/mm	叶盘直径/cm	顶裂叶长/cm	顶裂叶宽/cm	叶面球茎个数/个	倒伏率/%
常规胶园	M1	86.3±2.5a	34.2±1.9bc	102.0±3.8ab	52.8±2.6a	43.4±1.9a	4.6±0.4cd	51.1±22.2abc
	M2	85.1±0.8a	35.5±1.9abc	103.4±6.3a	45.7±1.9b	40.7±1.5ab	4.6±0.7cd	38.9±6.9abcd
	M3	87.4±2.2a	32.7±1.8c	99.3±4.4ab	47.4±0.5b	40.1±1.7abc	4.2±0.7cd	56.7±12.0ab
	M4	84.2±1.3ab	35.1±1.2abc	103.3±1.3a	44.3±1.8b	41.8±5.1a	4.0±0.6d	50.0±8.8abc
	M5	86.6±3.3a	29.8±1.3d	91.3±4.4b	43.4±3.7b	33.8±3.4c	4.0±0.3d	62.2±23.6a
宽窄行胶园	M1	83.9±2.2ab	36.1±1.4ab	99.0±1.2ab	45.8±3.1b	38.2±2.0abc	8.1±1.6ab	37.8±12.6abcd
	M2	83.3±2.0abc	35.9±2.0abc	98.7±4.5ab	44.4±1.1b	37.3±1.5abc	6.6±2.8bc	35.6±8.4bcd
	M3	80.2±5.0bcd	35.0±1.3abc	101.2±14.9ab	47.1±2.0b	39.1±6.3abc	9.9±1.2a	20.0±8.8d
	M4	78.9±2.0cd	38.1±1.5a	106.3±3.2a	46.4±4.2b	40.9±5.7ab	8.1±1.9ab	26.7±3.3cd
	M5	78.3±1.7d	36.0±2.0ab	99.1±2.2ab	44.6±0.7b	34.9±1.3bc	8.1±0.5ab	24.4±6.9d
项目		叶柄长度/cm	叶柄直径/mm	叶盘直径/cm	顶裂叶长/cm	顶裂叶宽/cm	叶面球茎个数/个	倒伏率/%
密度		ns	**	ns	*	*	ns	ns
胶园类型		***	***	ns	ns	ns	***	***
密度×胶园类型		ns	ns	ns	*	ns	ns	ns

注: 同一列不同字母表示5%差异显著性水平.采用两因素方差分析。\* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$ , \*\*\* $P < 0.001$ , ns表示无显著差异。

芽魔芋的叶柄长度均呈降低趋势,其中 M3、M4、M5 分别降低了 8.24%、6.29%、9.58%;叶柄直径呈增加趋势,其中 M5 增加了 20.81%;叶盘直径、顶裂叶长、顶裂叶宽均在高密度区呈降低趋势,在低密度区呈增加趋势,但各指标在两种胶园的各间作种植密度处理中差异均不显著(除 M1 中顶裂叶长外);叶面球茎个数呈增加趋势,其中 M1、M3、M4、M5 分别增加了 76.09%、135.71%、102.50%、102.50%;植株倒伏率呈降低趋势,其中 M3、M5 分别降低了 64.73%、60.77%。这些结果说明,与常规胶园相比,宽窄行胶园中的珠芽魔芋矮、粗、叶面球茎数量多,繁殖系数高、抗倒伏能力强,这些表现在低密度间作区更为明显。

间作种植密度对常规胶园中各处理的珠芽魔芋叶形态指标、叶面球茎数量及植株倒伏率影响不显著。宽窄行胶园中,珠芽魔芋种植的密度越低,植株越矮、叶柄越粗,叶盘越大,叶面球茎数量越多、抗倒伏能力也越强。

**2.2 胶园类型和间作种植密度对珠芽魔芋地下球茎产量的影响** 表 2 表明,密度、胶园类型、密度与胶园类型的交互作用对珠芽魔芋地下球茎的膨大系数、单株鲜质量及单位产量影响显著。与常规胶园相比,宽窄行胶园中珠芽魔芋地下球茎

的膨大系数、单株鲜质量、单位产量均显著增加了,在 M1、M2、M3、M4、M5 处理中,地下球茎的膨大系数分别增加了 136.99%、61.70%、146.75%、117.39%、192.86%;单株鲜质量分别增加了 115.17%、47.26%、130.86%、113.80%、192.23%;单位产量分别增加了 115.14%、47.31%、130.79%、113.77%、192.20%。这说明宽窄行胶园能增加地下球茎的膨大系数、单个球茎质量,从而提高珠芽魔芋的产量。

常规胶园中 M2 处理的单株质量显著高于其他密度处理的,而其他密度处理中的差异不显著;M2 与 M1 之间的产量差异不显著,但都均显著高于 M3、M4、M5,而 M1、M4、M5 之间差异不显著。常规胶园的单株质量、单位产量呈现出随密度降低而降低的趋势(除 M2 外)。宽窄行胶园中珠芽魔芋的膨大系数、单株质量随密度的降低而增加(除 M2、M4 外),单位产量随密度的降低而降低(除 M2、M4 外)。各处理中膨大系数、单株质量大小次序均依次为 M2>M3>M1>M2>M4;M1 的单位产量显著高于其他处理的。综合单株质量、单位产量考虑,宽窄行比常规胶园更适合珠芽魔芋间作,两者的适宜间作密度分别为 40 020、33 345 株·km<sup>-2</sup>。

表 2 间作种植密度对地下球茎产量的影响

胶园类型	密度	膨大系数	单株鲜质量/g	产量 / (kg·667 m <sup>-2</sup> )
常规胶园	M1	0.73±0.03d	189.9±6.0e	506.7±16.1e
	M2	0.94±0.11d	244.2±18.4d	542.8±40.9de
	M3	0.77±0.06d	187.6±14.5e	357.6±27.6f
	M4	0.69±0.07d	165.9±13.9e	276.7±23.2g
	M5	0.70±0.01d	166.0±12.8e	246.1±18.9g
宽窄行胶园	M1	1.73±0.22bc	408.6±21.8b	1090.1±58.1a
	M2	1.52±0.21c	359.6±26.2c	799.6±58.3b
	M3	1.90±0.18ab	433.1±21.8b	825.3±41.6b
	M4	1.50±0.15c	354.7±17.6c	591.5±29.3d
	M5	2.05±0.26a	485.1±21.8a	719.1±32.2c

  

项目	膨大系数	单株鲜质量/g	产量/(kg·667 m <sup>-2</sup> )
密度	*	***	***
胶园类型	***	***	***
密度×胶园类型	**	***	***

注: 同一列不同字母表示5%差异显著性水平.采用两因素方差分析。\*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ , \*\*\*  $P < 0.001$ , ns表示无显著差异。

**2.3 胶园类型和间作种植密度对间作的珠芽魔芋地下球茎品质的影响** 表 3 表明, 密度、胶园类型、密度与胶园类型的交互作用对珠芽魔芋地下球茎可溶性糖及淀粉含量的影响显著, 而对含水量的影响不显著; 胶园类型对葡甘聚糖含量的影响显著, 而密度及密度与胶园类型的交互作用对葡甘聚糖含量的影响不显著。与常规胶园相比, 宽窄行胶园中珠芽魔芋地下球茎的可溶性糖含量在 M2 与 M3 处理显著增加了, 而在其他 3 个密度处理中差异不显著, 在 M2、M3 处理中分别增加了 53.17%、46.18%; 淀粉、葡甘聚糖含量在 M2 至 M5 处理中均显著增加了, 而在 M1 处理中差异均不显著, 在 M2、M3、M4、M5 处理中淀粉含量分别增加了 25.72%、30.16%、17.97%、14.07%; 葡甘聚糖含量分别增加了 18.67%、8.61%、17.44%、12.55%。这说明宽窄行间作能增加淀粉和葡甘聚糖含量(处理 1 除外)、增加 M2 与 M3 处理中可溶性糖含量。

常规胶园中 M1 处理的可溶性糖显著高于其他 4 个处理, 而其他 4 个处理之间的差异不显著; 宽窄行胶园中 M2 处理的可溶性糖显著大于 M3; M3 显著大于 M4、M1、M5。常规胶园中除 M3 处理淀粉含量显著高于 M2 处理外, 其他 4 个处理无显著差异; 宽窄行中淀粉含量随着密度的增加, 呈

现出先增加后降低的趋势。常规胶园中葡甘聚糖含量在各密度处理之间差异不显著; 宽窄行胶园中 M2 处理的葡甘聚糖含量显著高于 M1 处理的, 而 M1、M3、M4、M5 处理之间无限制差异。

**2.4 胶园类型和间作种植密度对间作的珠芽魔芋地下球茎养分含量与吸收量的影响** 表 4 表明, 密度、胶园类型、密度与胶园类型的交互作用对珠芽魔芋地下球茎的氮磷钾含量及吸收量的影响显著。与常规胶园相比, 宽窄行胶园中珠芽魔芋地下球茎的氮含量、磷含量(除 M1 处理外)、M3 与 M5 处理中的钾含量显著降低了, 氮含量在 M1、M2、M3、M4、M5 处理中分别降低了 16.86%、22.28%、29.61%、45.24%、44.26%; 磷含量在 M2、M3、M4、M5 处理中分别降低了 23.08%、37.84%、18.18%、48.57%; 钾含量在 M3 与 M5 处理中分别降低了 15.41%、20.74%, 而磷含量在 M1 处理中显著增加, 增加了 17.39%。宽窄行胶园 M1、M2、M3 处理中氮、磷吸收量及所有处理中的钾吸收量均显著增加。这些结果说明宽窄行胶园中的珠芽魔芋氮磷钾养分含量低于常规胶园, 且有密度越小, 养分浓度降低越多的趋势。与常规胶园相比, 宽窄行胶园中珠芽魔芋地下球茎的氮吸收量在 M1、M2、M3 处理中分别增加了 75.56%、62.32%、50.00%, 而 M4 处理中的氮吸收量却降低了 17.65%;

表 3 间作种植密度对地下球茎品质的影响

胶园类型	密度	含水量/%	可溶性糖含量(占干物质)/%	淀粉含量(占干物质)/%	葡甘聚糖含量(占干物质)/%
常规胶园	M1	85.2±0.8a	3.34±0.38c	34.96±1.46ef	17.04±0.26cd
	M2	84.5±2.2a	2.84±0.15de	32.74±2.10f	16.18±1.18d
	M3	86.2±2.8a	2.62±0.37e	37.90±4.01cde	17.08±0.87cd
	M4	85.8±2.1a	2.80±0.27de	36.90±3.18def	15.94±0.44d
	M5	86.1±2.0a	2.98±0.11cde	34.98±1.67ef	16.81±0.79cd
宽窄行胶园	M1	85.7±1.4a	3.18±0.35cd	33.26±2.32f	17.70±0.27bc
	M2	84.6±1.4a	4.35±0.19a	41.16±1.94bc	19.20±0.95a
	M3	86.7±0.6a	3.83±0.23b	49.33±1.45a	18.55±1.26ab
	M4	86.6±0.2a	3.29±0.20cd	43.53±1.26b	18.72±0.44ab
	M5	86.6±0.8a	2.90±0.25cde	39.90±1.33bcd	18.92±0.63ab
项目		含水量/%	可溶性糖含量(占干物质)/%	淀粉含量(占干物质)/%	葡甘聚糖含量(占干物质)/%
密度		ns	**	***	ns
胶园类型		ns	***	***	***
密度×胶园类型		ns	***	**	ns

注: 同一列不同字母表示 5% 差异显著性水平. 采用两因素方差分析. \*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ , \*\*\*  $P < 0.001$ , ns 表示无显著差异。

表 4 间作种植密度对地下球茎养分含量与吸收量的影响

胶园类型	密度	含量(占干物质)/%			吸收量/g		
		氮	磷	钾	氮	磷	钾
常规胶园	M1	1.72±0.07c	0.23±0.02cd	2.24±0.17d	0.45±0.01c	0.06±0.01e	0.59±0.05e
	M2	1.93±0.12b	0.26±0.01bc	2.84±0.29bc	0.69±0.08b	0.09±0.01d	1.02±0.11d
	M3	2.06±0.19b	0.37±0.02a	3.05±0.14b	0.80±0.08b	0.14±0.01b	1.19±0.07d
	M4	1.68±0.09c	0.22±0.02de	2.67±0.17bcd	0.68±0.01b	0.09±0.01d	1.08±0.14d
	M5	2.35±0.12a	0.35±0.03a	3.52±0.39a	0.78±0.06b	0.12±0.02c	1.18±0.21d
宽窄行胶园	M1	1.43±0.06de	0.27±0.01b	2.63±0.16bcd	0.79±0.03b	0.15±0.02b	1.47±0.21c
	M2	1.50±0.03d	0.20±0.01ef	2.47±0.33cd	1.12±0.01a	0.15±0.01b	1.85±0.27b
	M3	1.45±0.07de	0.23±0.01cd	2.58±0.24cd	1.20±0.11a	0.19±0.00a	2.13±0.18a
	M4	0.92±0.05f	0.18±0.01f	2.56±0.09cd	0.56±0.06c	0.11±0.01cd	1.54±0.08c
	M5	1.31±0.06e	0.18±0.01f	2.79±0.26bc	0.75±0.10b	0.11±0.02cd	1.59±0.08bc
项目		氮	磷	钾	氮	磷	钾
密度		***	***	**	***	***	***
胶园类型		***	***	**	***	***	***
密度×胶园类型		***	***	**	***	***	*

注: 同一列不同字母表示 5% 差异显著性水平. 采用两因素方差分析. \*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ , \*\*\*  $P < 0.001$ , ns 表示无显著差异。

M1、M2、M3 处理中磷吸收量分别增加了 150.00%、66.67%、35.71%; M1、M2、M3、M4、M5 处理中钾

吸收量分别增加了 149.15%、81.37%、78.99%、42.59%、34.75%。这些结果说明宽窄行胶园中的

珠芽魔芋氮磷钾养分吸收量高于常规胶园的,且有密度越大,养分吸收量增加越多的趋势。

常规与宽窄行胶园中氮、磷、钾的吸收量均呈现先增加后降低再增加的趋势。常规胶园中M1处理中的氮、钾吸收量显著低于其余四个密度处理的,但其余4个处理之间的氮、钾吸收量差异不显著;M3处理中磷吸收量显著大于M5;M5显著大于M2;M2=M4;M2、M4显著大于M1。

### 3 讨论

**3.1 胶园类型和间作种植密度对间作的珠芽魔芋叶形态指标、叶面球茎数量及植株倒伏率的影响** 与常规胶园相比,宽窄行胶园中间作的珠芽魔芋矮、粗、叶面球茎数量多,繁殖系数增加、抗倒伏能力强,这些表现在低密度间作区更为明显。这可能主要由于常规胶园与宽窄行胶园的光照强度不同引起的。17龄(2019年)的宽窄行间作模式胶园大行间露地仍达胶园总面积33.3%,可间作面积达胶园总面积6.7%,而常规胶园在开割时已没有露地<sup>[9]</sup>,可见宽窄行胶园的光照条件远好于常规胶园的。与光照强度小的成龄胶园相比,光照强度大的幼龄胶园中的珠芽魔芋矮、粗、叶面球茎数量少,但其产量增加<sup>[13]</sup>,说明光照强度是影响珠芽魔芋矮、粗的决定性因子,而珠芽魔芋叶面球茎数量可能除了受光照强度影响外,还受制于其他的因子。海南省生长的珠芽魔芋,一个植株只有一个叶柄,这个叶柄其实就是珠芽魔芋的茎秆,靠一个叶柄支撑庞大的植株,外力很容易将其推倒<sup>[14]</sup>。因此,宽窄行中矮、粗的珠芽魔芋较常规胶园的抗风能力更强。有相似研究表明茎秆越短粗,越能抵抗外力,抗倒伏能力就越强<sup>[15]</sup>。

**3.2 胶园类型和间作种植密度对间作的珠芽魔芋产量的影响** 宽窄行比常规胶园更适合珠芽魔芋间作,两者适宜间作密度分别为40020、33345株·hm<sup>-2</sup>。说明在光照强度大的胶园中间作的珠芽魔芋株行距相对要小。原因是光照强度大的胶园珠芽魔芋生长的相对矮、粗,植株相对紧凑,单株占地相对小,所以株行距能相对减少。段龙飞等<sup>[16]</sup>研究也表明,随着玉米套种株行距减少,魔芋遮阴程度增加,魔芋叶盘直径呈现增加的趋势,单株占地面积增加,单株球茎膨大系数减小,小区实际产量呈现先增加后降低的趋势<sup>[16]</sup>。

**3.3 胶园类型和间作种植密度对间作的珠芽魔芋品质的影响** 宽窄行间作能增加淀粉和葡甘聚糖含量(处理1除外)及适中密度的可溶性糖含量。说明光照强度增加能增加珠芽魔芋淀粉和葡甘聚糖含量。相似研究表明光照有利于海芋淀粉的合成,与自然光照下的海芋相比,胶园林荫下海芋的块茎淀粉含量12.96%<sup>[17]</sup>。光照强度降低后,小麦籽粒中直链淀粉、支链淀粉和总淀粉含量均显著降低<sup>[18]</sup>。

**3.4 胶园类型和间作种植密度对间作的珠芽魔芋叶养分含量与吸收量的影响** 宽窄行胶园中的珠芽魔芋氮磷钾养分含量低于常规胶园的,且有密度越小,养分浓度降低越多的趋势。宽窄行胶园中的珠芽魔芋氮磷钾养分吸收量高于常规胶园的,且有密度越大,养分吸收量增加越多的趋势。这与宽窄行胶园中珠芽魔芋地下球茎体质量增加有关,体质量增加稀释了珠芽魔芋吸收的养分,从而降低了养分含量;同时质量增加的幅度大于养分稀释的程度,导致宽窄行胶园中的珠芽魔芋氮磷钾养分吸收量高于常规胶园。

### 参考文献:

- [1] 李娟,蒋晓云,杨志彪,等.景洪市珠芽魔芋种植现状及建议[J].中国热带农业,2019(4):22-25.
- [2] 李娟,杨明文,彭桂清,等.临沧市珠芽魔芋种植现状及存在问题[J].中国热带农业,2019(6):38-41.
- [3] 李娟,蒋晓云,潘剑,等.园林下间作珠芽魔芋的叶面球茎、地下球茎产量比较分析[J].中国热带农业,2020(5):66-69.
- [4] 李晓旭.珠芽魔芋在四川不同地区的栽培适应性试验[D].成都:四川农业大学,2019.
- [5] 李南林.光照对魔芋生长的影响研究[D].重庆:西南大学,2015.
- [6] 周兴炳.不同种植模式对佛坪县魔芋产量、品质及其综合效益的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2019.
- [7] 段龙飞,郭邦利,陈国爱,等.不同施肥处理对花魔芋光合色素及产量的影响[J].华北农学报,2015,30(S1):484-487.
- [8] 张宇新,王鹏程,张春雨,等.滴灌田‘大西洋’马铃薯种植密度对产量及效益影响[J].中国马铃薯,2021,35(1):24-29.
- [9] 周立军,潘剑,黄坚雄,等.不同胶园间作模式比较研究[J].热带农业科学,2020,40(11):1-6.
- [10] 高俊凤.植物生理实验技术[M].西安:世界图书出版公司,2000:101-148.
- [11] 李浪,李茂纤,叶坪,等.魔芋精粉中葡甘聚糖含量的测定[J].山东化工,2019,48(20):95-97.

- [12] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000: 308.
- [13] 李娟, 蒋晓云, 潘剑, 等. 不同生境下珠芽魔芋叶形态指标、单株产量变化特征及其相关性分析[J]. 中国热带农业, 2021(1): 86 – 89+9.
- [14] 李娟, 周立军. 不同播期及种芋大小对成龄胶园间作的珠芽魔芋出苗及叶片形态与生理生化指标的影响[J]. 中国热带农业, 2020(1): 60 – 63.
- [15] 胡振阳, 程宏, 卢臣, 等. 施氮量和植物生长调节剂对优质稻抗倒能力及产量的调控效应[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(6): 52 – 60.
- [16] 段龙飞, 郭邦利, 蔡阳光, 等. 玉米套种遮阴密度对花魔芋产量及病害的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2018, 38(12): 22 – 25.
- [17] 李娟, 林位夫, 周立军. 不同光照度生境对海芋块茎形态、淀粉含量及叶绿素含量的影响[J]. 华南农业大学学报, 2016, 37(3): 62 – 66.
- [18] 刘希伟. 小麦光合特性、籽粒淀粉组分及品质对光照的响应[D]. 秦皇岛: 河北科技师范学院, 2016.

## Planting density of *Amorphophallus bulbifer* intercropped in different planting systems of rubber plantations

LI Juan, TU Hanqi, WANG Xiuquan

(Rubber Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences/ Hainan Danzhou National Field Observation and Research Station for Tropical Agro-ecosystem /State Key Laboratory Incubation Base for Cultivation & Physiology of Tropical Crops, Danzhou, Hainan Province, 571737, P. R. China)

**Abstract:** In order to establish an appropriate intercropping pattern and explore the suitable intercropping density of *Amorphophallus bulbifer* in rubber plantations, *Amorphophallus bulbifer* was planted as an intercrop at different densities in conventional and paired row rubber plantations to observe the effects of planting density of *A. bulbifer* on leaf morphological indexes, the number of bulbils of the leaves and plant lodging rate, the contents of nitrogen, phosphorus and potassium in corms, yield and quality of the corms in the rubber plantations. The results showed that the paired row rubber plantation was more suitable for intercropping with *A. bulbifer* than conventional rubber plantation, and that the suitable planting densities of *A. bulbifer* intercropped in the rubber plantations were 40 020 and 33 345 plants/ha, respectively. Planting systems of the rubber plantations had a greater effect on the growth of the intercrop *A. bulbifer* than the planting density of the intercrop. The planting density of the intercrop in the conventional rubber plantation had no significant effect on the leaf morphological index, and the corm yield and quality, but its effects on the nitrogen, phosphorus and potassium content and absorption varied with the change of planting density of the intercrop in the conventional rubber plantation. In the paired row rubber plantation, the lower the planting density, the shorter the plant, the thicker the petiole, the larger the leaf disc, the more the number of bulbils of the leaves, and the stronger the plant lodging resistance. In the paired row rubber plantation, the plant was shorter with thicker petiole, and was higher in propagation coefficient of the bulbils of the leaves, plant lodging resistance, corm enlargement coefficient, weight of single corm, and corm yield and quality, while the contents of N, P and K in corms were decreased but with slightly higher absorption, as compared to those in the conventional rubber plantation. These results showed that intercropping of *A. bulbifer* is much better in the paired row rubber plantation than in the conventional rubber plantation, which is more conducive to improvement of corm yield and quality, lodging resistance, and propagation of bulbils of the leaves of *A. bulbifer*.

**Keywords:** planting system of rubber plantation; *Amorphophallus bulbifer*; intercropping; planting density