

木薯田间作不同密度南瓜对作物产量、经济效益及土地生产力的影响

黄渝岚¹ 刘文君² 李艳英¹ 周佳¹ 周灵芝¹
劳承英¹ 李素平¹ 申章佑¹ 韦本辉¹

(¹广西农业科学院经济作物研究所, 530007, 广西南宁; ²广西农业科学院蔬菜研究所, 530007, 广西南宁)

摘要 为探究适宜广西区域的高效木薯间作南瓜模式, 试验共设 5 个处理, 分别为木薯单作 (C)、南瓜单作 (株距 60 cm, P60)、木薯间作南瓜 (3 种植密度, 南瓜株距分别为 40、60 和 80 cm, 记为 CP40、CP60、CP80), 每个处理重复 3 次, 研究了木薯间作不同密度南瓜后对产量、经济效益及土地生产力的影响。结果表明, 与 C 处理相比, 间作降低了木薯的株高、茎径及单株结薯数, 对产量及其构成因素没有显著影响; 与 P60 处理相比, 3 种间作模式均极显著降低了南瓜产量, 以 CP60 产量降幅最少。5 个处理总产量表现为 CP60>CP80>CP40>C>P60, 可见 3 种间作模式的作物总产量、总收入、净收入均显著高于 C 和 P60 处理。木薯在间作系统中对总产量贡献显著大于南瓜。3 种间作模式的土地当量比分别为 1.68、1.82、1.69, 土地生产力提高了 68%~82%, 说明该系统具有间作优势。研究表明木薯间作南瓜体系中以南瓜株距为 60 cm 时的土地当量比最大, 且具有较高的产量与经济效益, 是最适于广西地区推广的木薯间作南瓜模式。

关键词 木薯; 南瓜; 间作; 产量; 经济效益

木薯 (*Manihot esculenta* Crantz) 是大戟科木薯属植物, 耐旱、耐贫瘠, 广泛种植于非洲、美洲和亚洲等地区, 是世界第六大粮食作物, 是世界 8 亿以上人口的主要食粮^[1-3]。在中国, 木薯主要种植在广西、广东、海南等热带、亚热带地区^[4]。广西是我国种植木薯面积最大的地区, 然而木薯单产偏低, 经济效益低, 导致木薯种植面积逐年减少。我国是世界最大的木薯干片进口国, 当前的木薯生产无法满足日益增长的市场需求^[5-6]。当通过集约化种植模式过度施肥来确保木薯高产时, 势必造成资源浪费和环境污染。间套作是实现可持续集约化农业的重要途径^[7], 可通过多种作物搭配种植, 增加生物多样性, 提高资源利用效率, 提高作物产量, 减少化肥投入^[8]。木薯生育期长 (>8 个月)、前期生长慢封行迟 (>4 个月)、种植密度小 (株距 1 m×1 m), 在生产上适宜采用间套作模式。早在 1986 年, Mason 等^[9]报道了木薯豇豆、木薯花生间作比单作土地利用率提高 15%~35%。目前, 已在木薯与花生^[9-17]、甜瓜^[18]、大豆^[19-20]、玉米^[21]、豇豆^[9,22]等作物不同间作模式相关领域开展了大量的研究。木薯间作花生是当前研究较为深入的一种木薯间

作模式, 在间作模式^[10-11]、产量效益^[12-14,18]、光合作用^[12-13]、植物碳氮代谢生理^[15]、土壤微生态^[16]等方面已有大量的报道。在木薯其他间作系统方面, 孙彬杰等^[18]报道木薯间作甜瓜可提高木薯叶片的光合性能, 改善土壤肥力水平, 从而提高木薯单株产量、可溶性蛋白和维生素 C 含量, 提升了木薯的品质。闫庆祥等^[19]研究表明, 木薯间作大豆模式提高了木薯叶片光合作用及鲜薯产量。刘丽娟等^[21]报道木薯||玉米间作模式下木薯的产量优势大于单作。

木薯间作南瓜是广西地区常见的木薯间作种植模式, 李春光等^[23]、宋付平等^[24]报道了木薯间作南瓜的栽培模式。针对木薯间作南瓜对作物产量、品质和经济效益的影响鲜见报道。南瓜是葫芦科南瓜属植物, 具有生育期短、植株矮等特点, 与木薯在时间、空间上形成“长—短”、“高一矮”优势互补效应, 能提高资源利用效率, 增加作物产量和经济效益。本研究通过田间试验, 设置木薯单作、南瓜单作、木薯间作南瓜 (南瓜 3 种植密度, 株距分别为 40、60、80 cm) 共 5 个处理, 探讨木薯间作南瓜对作物产量、经济效益、土地生产力的影

作者简介: 黄渝岚, 研究方向为木薯生理生态, E-mail: 550104195@qq.com

申章佑为通信作者, 研究方向为薯类作物育种与栽培, E-mail: shzhyou@126.com

基金项目: 国家木薯产业技术体系 (CARS-11)

收稿日期: 2023-05-11; 修回日期: 2023-07-28; 网络出版日期: 2023-11-24

响,明确适宜广西区域的木薯间作南瓜模式,以期
为广西地区木薯高产高效复合种植技术提供理论
依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2021 年在广西南宁市隆安县那桐镇
(107°88' E, 22°99' N, 海拔 88 m) 进行, 试验地
属亚热带季风气候区, 年均气温 18~27 °C, 年均日
照时数 1596.5 h, 年均降水量 1200~1700 mm, 无霜
期 344 d。试验区地势平坦, 土壤类型为红壤, 耕作
层土壤基本理化性质为 pH 5.52、碱解氮 90.1 mg/kg、
速效磷 51.6 mg/kg、速效钾 405.4 mg/kg、有机质
25.6 g/kg, 前茬作物为木薯。

1.2 试验材料与设计

供试木薯品种为“SC205”, 由中国热带农业
科学院热带作物品种资源研究所选育; 供试南瓜品
种为早熟板栗南瓜“桂丰 5 号”, 由广西农业科学
院蔬菜研究所育成、提供。

试验共设 5 个处理, 分别为木薯单作(C)、
南瓜单作(株距 60 cm, P60)、木薯间作南瓜(南
瓜 3 种种植密度, 株距分别为 40、60 和 80 cm,
记为 CP40、CP60、CP80), 3 次重复, 采用完全
随机区组排列。每个小区面积为 100 m² (10 m×
10 m)。2021 年 1 月 28 日整地, 机器起垄, 垄面
1.0 m, 垄距 2.0 m, 起垄后根据生产常规进行施肥、
铺滴管并覆膜。木薯单作木薯斜插栽种于垄面两
侧, 株距为 1.0 m; 单作南瓜种植于垄面中间, 株
距为 60 cm; 木薯间作南瓜为南瓜种植于 2 行木薯
中间。单作、间作木薯种植均采用“品”字形种植,
株距均为 1.0 m。

南瓜于 2021 年 1 月 10 日在广西农业科学院塑
料大棚用育苗基质、育苗盘播种, 南瓜苗长至 3~4
片真叶时, 于 2 月 4 日移栽, 并盖上天膜小拱棚保
温, 3 月中旬揭开天膜露地自然生长。南瓜于 6 月
1 日收获, 生育期 118 d。木薯种茎砍成 15 cm 的茎
段, 3 月 17 日斜插在垄两侧, 芽眼朝外, 呈“品”
字形种植, 2022 年 1 月 13 日收获, 生育期 303 d。
南瓜与木薯共生期 77 d。

单、间作模式木薯、南瓜的肥料用量相同, 施
用有机肥 7500 kg/hm², 复合肥 (N:P₂O₅:K₂O=
15:15:15) 750 kg/hm², 硫酸钾 300 kg/hm², 钙镁

磷肥 300 kg/hm²。其他田间管理一致。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 南瓜产量 2021 年 6 月 1 日, 全部收获每个
小区的南瓜, 称取质量, 并换算成单位面积产量。

1.3.2 木薯产量及品质 2022 年 1 月 13 日, 每个
小区随机选择 15 株长势一致的植株, 调查株高、
茎径、薯长和薯茎。株高是用卷尺测量从地面到植
株顶端生长点的垂直高度, 茎径是用游标卡尺测量
距离地面 15 cm 处主茎的直径, 薯长是用卷尺测量
块根的长度, 薯茎是用游标卡尺测量块根的最大直
径。将测量农艺性状的 15 株木薯块根全部挖出,
去除表面泥土, 称量块根鲜重, 计算单株鲜重, 并
根据成熟期木薯实际株数, 折算小区鲜薯产量, 并
换算成单位面积产量。随后选取薯茎均匀一致的块
根约 5 kg, 分别称量其在空气中和水中的质量, 按
照国际热带农业中心确立的方法计算鲜薯淀粉含
量、薯干率、淀粉产量和鲜薯产量^[5]。

1.3.3 土地当量比 土地当量比 (land equivalent
ratio, LER) 是衡量间作在单位面积内较单作的增
产优势或土地利用优势^[12]。当 LER<1 时, 表明该
间作模式降低了土地生产力, 具有间作劣势; 当
LER=1 时, 表明该间作模式无间作优势; 当 LER
>1 时, 表明该间作模式具有间作优势, 具有一定
的应用推广价值。LER=LER_c+LER_p= (Y_{ic}/Y_{sc}+
Y_{ip}+Y_{sp}), 式中, LER_c、LER_p 分别表示间作模
式中木薯、南瓜的相对土地当量比, 又称偏土地当
量比; Y_{ic}、Y_{ip} 分别表示木薯间作南瓜模式中木薯、
南瓜的单产; Y_{sc}、Y_{sp} 分别表示单作木薯、南瓜
产量。

1.4 数据处理

利用 Excel 2013 软件进行数据整理、计算、作
图, 利用 SPSS 17 软件进行方差分析, 利用新复极
差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 木薯间作南瓜对木薯产量构成因素的影响

由表 1 可知, 与单作相比, 间作对木薯成熟期
薯长、薯茎、单薯重和单株薯重没有显著影响。3
种间作模式单株薯重均低于单作, 分别占单作的
91.6%、98.5%、93.0%。3 种间作模式单薯重均略
高于单作, 增幅分别为 6.3%、35.6%、10.3%。与
单作相比, 3 种间作模式木薯株高有不同程度降

低，CP60 与 CP80 木薯株高显著低于 CP40 与 C；3 种间作模式木薯茎径亦有所降低，CP80 茎径最小，显著低于单作。3 种间作模式木薯单株结薯数均显著低于单作处理，CP60 单株结薯数最少，显著低于其他处理，CP40 与 CP80 处理间差异不显著，但显著低于单作。

表 1 木薯间作南瓜对木薯产量构成因素的影响
Table 1 Effects of cassava intercropping pumpkin on yield components of cassava

处理 Treatment	株高 Plant height (cm)	茎径 Stem diameter (cm)	薯长 Length of tuber (cm)	薯茎 Diameter of tuber (cm)	单株结薯数 Number of tubers per plant	单薯重 Weight of single tuber (kg)	单株薯重 Weight of tubers per plant (kg)
C	318.2±3.4a	3.68±0.04a	28.3±0.4a	5.08±0.08a	13.3±0.4a	0.39±0.02a	5.17±0.25a
P60	—	—	—	—	—	—	—
CP40	317.9±3.3a	3.59±0.01ab	26.2±1.3a	5.18±0.15a	11.5±0.7b	0.41±0.04a	4.73±0.20a
CP60	302.2±4.0b	3.51±0.14ab	30.1±2.3a	5.54±0.17a	9.7±0.2c	0.53±0.07a	5.09±0.55a
CP80	296.9±6.0b	3.34±0.11b	28.5±0.9a	5.10±0.14a	11.2±0.4b	0.43±0.05a	4.81±0.42a

同列不同小写字母代表处理间差异达显著水平 ($P < 0.05$)；“—”表示没有此项数据；下同。
Different lowercase letters in the same column indicate that the differences between treatments reach significant levels ($P < 0.05$); “—” means no data is available; the same below.

2.2 木薯间作南瓜对木薯产量和品质的影响

由表 2 可知，木薯间作南瓜对木薯淀粉含量、薯干率、鲜薯产量、淀粉产量、薯干产量无显著影响。3 种间作模式木薯鲜薯产量均减少，与单作相比分别减产了 8.5%、1.6%、7.0%。3 种间作模式木薯淀粉产量和薯干产量均低于单作，与单作相比淀粉产量分别减产了 11.7%、1.5%、7.6%；薯干产量分别减产了 10.7%、1.5%、7.4%。其中，CP60 鲜薯产量、淀粉产量、薯干产量相对 CP40 与 CP80 处理减产幅度较小。可见，CP60 的间作模式对木

表 2 木薯间作南瓜对木薯产量和品质的影响
Table 2 Effects of cassava intercropping pumpkin on cassava yield and quality

处理 Treatment	淀粉含量 Starch content (%)	薯干率 Dry matter rate (%)	鲜薯产量 Fresh tuber yield (t/hm ²)	淀粉产量 Starch yield (t/hm ²)	薯干产量 Dry tuber yield (t/hm ²)
C	27.3±0.3a	27.8±0.2a	57.42±2.79a	15.69±0.91a	15.98±0.88a
P60	—	—	—	—	—
CP40	26.4±0.3a	27.2±0.2a	52.54±2.22a	13.85±0.43a	14.27±0.49a
CP60	27.4±1.1a	27.9±0.8a	56.50±6.09a	15.46±1.55a	15.74±1.58a
CP80	27.2±0.6a	27.7±0.4a	53.39±4.67a	14.50±1.28a	14.80±1.29a

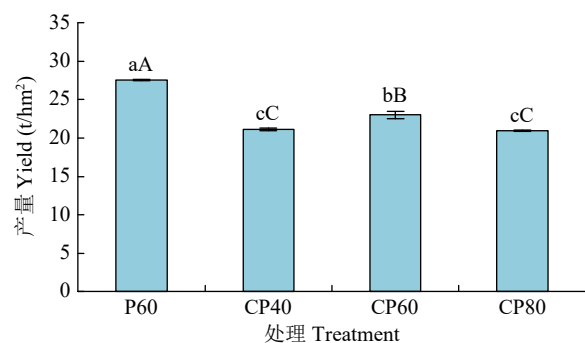
薯产量的影响最小，CP80 次之，CP40 影响最大。

2.3 木薯间作南瓜对南瓜产量的影响

由图 1 可知，3 种间作模式南瓜产量均极显著低于南瓜单作，分别比单作减产了 23.4%、16.5%、24.0%。间作模式下 CP60 处理的南瓜产量极显著高于 CP40 与 CP80，分别比 CP40 和 CP80 增产了 9.0%和 9.8%。表明适宜的种植密度能保正南瓜较高的产量，种植过密、过疏均不利于南瓜生长。

2.4 木薯、南瓜对间作系统作物总产量的影响

由图 2 可知，5 种单作、间作模式作物总产量表现为 CP60>CP80>CP40>C>P60。3 种间作模式的作物总产量显著高于木薯、南瓜单作。CP60 间作模式作物总产量显著高于木薯、南瓜单作，略高于 CP40 与 CP80。3 种间作模式下木薯对间作系统的贡献率分别为 71.4%、71.1%、71.8%，南瓜对间作系统的贡献率分别为 28.6%、28.9%、28.2%。



不同大写、小写字母分别代表处理间差异达极显著 ($P < 0.01$)、显著 ($P < 0.05$) 水平，下同。
Different uppercase and lowercase letters indicate that the differences between treatments reach the highly significant ($P < 0.01$) and significant ($P < 0.05$) levels, respectively, the same below.

图 1 木薯间作南瓜对南瓜产量的影响
Fig.1 Effects of cassava intercropping pumpkin on pumpkin yield

可见，木薯对间作系统作物总产量贡献大，南瓜贡献相对较小。

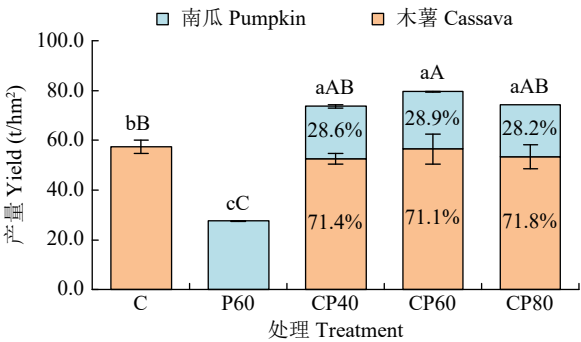


图 2 间作模式对间作系统作物总产量的影响
Fig.2 Effects of intercropping patterns on total yield in intercropping systems

表 3 木薯间作南瓜对间作系统经济效益的影响
Table 3 Effects of cassava intercropping pumpkin on the economic efficiency of intercropping systems

处理 Treatment	种植成本 Planting costs	鲜薯收入 Fresh tuber income	南瓜收入 Pumpkin income	总收入 Total income	净收入 Net income
C	1.00	4.02±0.19aA	—	4.02±0.19cC	3.92±0.19cC
P60	1.60	—	6.06±0.02aA	6.06±0.02bB	4.46±0.02bBC
CP40	2.60	3.68±0.16aA	4.64±0.05cC	8.32±0.15aA	5.72±0.15aAB
CP60	2.60	3.95±0.43aA	5.06±0.13bB	9.02±0.56aA	6.42±0.56aA
CP80	2.60	3.74±0.33aA	4.61±0.03cC	4.61±0.32aA	5.75±0.32aAB

不同大写字母代表处理间差异达极显著水平 ($P < 0.01$)；种植管理总成本按木薯 1.0 万元/hm²、南瓜 1.6 万元/hm²，市场价按木薯 700 元/t、南瓜 2200 元/t 计算。
Different uppercase letters indicate the differences between treatments reached the highly significant levels ($P < 0.01$); The total cost of planting and management is based on 10 000 yuan/hm² for cassava and 16 000 yuan/hm² for pumpkin, and the market price is calculated at 700 yuan/t for cassava and 2200 yuan/t for pumpkin.

升了 28.2%、43.8%和 28.8%。其中，CP60 间作模式的总收入与净收入增幅最大。

2.6 木薯间作南瓜不同间作模式对土地生产力的影响

LER 在一定程度上能够反映土地的生产力。由图 3 可知，3 种间作模式之间 LER 差异不显著，表现为 CP60>CP80>CP40，分别为 1.68、1.82、1.69，数值均大于 1.00，说明 3 种间作模式均具有间作优势，土地生产力分别提高了 68%、82%、69%。3 种间作模式木薯的偏土地当量比对 LER

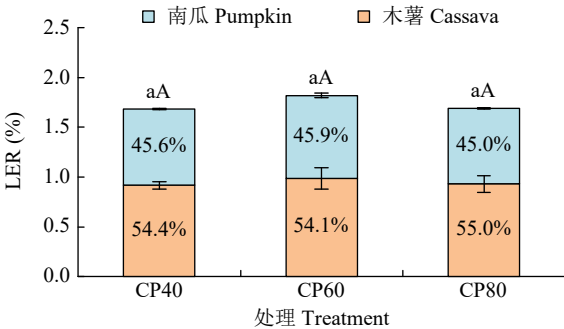


图 3 木薯间作南瓜不同南瓜种植密度的 LER
Fig.3 LER of cassava intercropping with pumpkin for different pumpkin planting densities

2.5 木薯间作南瓜对间作系统经济效益的影响

由表 3 可知，与单作相比，3 种间作模式对鲜薯收入没有显著影响；而极显著减少了南瓜收入，CP60 降幅最小。3 种间作模式与单作相比均极显著增加了总收入。与 C 处理相比，3 种间作模式总收入分别提升了 106.9%、124.3%和 107.6%；与 P60 处理相比，总收入分别提升了 37.2%、48.8%和 37.7%。3 种间作模式亦极显著提升了净收入。与 C 处理相比，3 种间作模式净收入分别提升了 89.4%、112.5%和 90.3%；与 P60 处理相比，净收入分别提

的贡献率分别为 54.4%、54.1%、55.0%，南瓜的偏土地当量比对 LER 的贡献率分别为 45.6%、45.9%、45.0%，可知木薯对间作系统的贡献率较大，南瓜相对较小。

3 讨论

木薯的产量构成因素主要是由木薯的遗传基因决定的，也受到光照、温度等自然因素及栽培模式、肥料用量的影响。熊军等^[12]研究发现，木薯+花生间作的木薯株高、茎径、薯长、薯茎、单株结薯数和单株薯重均显著低于单作。黄洁等^[25]研究报道，木薯间作花生、玉米对木薯鲜薯产量、淀粉含量和淀粉产量达不到显著影响。闫庆祥等^[19]研究发现，间作对木薯淀粉含量和干物率无显著影响。本研究结果表明，间作对木薯薯长、薯茎、单薯重和单株薯重没有显著影响，这与熊军等^[12]的研究结果不一致，可能与间作的配对作物不同有关。本研究结果表明，间作降低了木薯的株高和茎径，显著减少了木薯单株结薯数，对木薯淀粉含量、薯干率、鲜薯产量、淀粉产量和薯干产量无显著影响，与前人^[12]研究结果相似。

熊军等^[12]研究报道，木薯间作花生极显著降低了木薯鲜薯产量。本研究中，3 种间作模式木薯的鲜薯产量与单作相比在统计学上无显著差异，但有不同程度降低，与前人^[12]研究结果一致。而在闫庆祥等^[19]报道的木薯/大豆间作体系中，间作鲜薯产量比对照显著提高，与本研究的結果相反，可能与间作的配对物种、间作作物根系相互作用等因素有关。在本研究中，3 种间作模式木薯的鲜薯产量分别是单作的 91.5%、98.4%、93.0%。研究^[26]认为，间作中某种作物产量能保持在单作产量的 80% 水平时，可视为优势作物。本研究中，木薯是木薯南瓜间作体系中的优势作物。

本研究在规定木薯种植规格的前提下，间作南瓜的产量主要取决于其种植密度。如果种植密度过低，单位面积有效株数不够，产量偏低；如果种植密度过高，造成通风透光差，湿度大病虫害增多，导致产量偏低。因此，在木薯间作南瓜体系中，通过调节南瓜种植密度来构建适宜的间作模式尤为重要。本研究结果表明，3 种间作模式南瓜产量与单作相比极显著降低，分别比单作减产了 23.4%、16.5%、24.0%，是木薯南瓜间作体系中的劣势作物。3 种间作模式中 CP60 南瓜减产幅度最小，说明 CP60 间作模式较有利于南瓜生长。南瓜是早熟作物，播期早于木薯 41 d，生育期共 118 d，其与木薯间作的共生期为 77 d。在间作体系中，早播作物南瓜在生长初期无竞争而生长获益，后熟作物木薯播种后，间作作物共生期包括南瓜的繁殖阶段和木薯的早期营养生长阶段，因此，南瓜的繁殖与木薯的营养生长都受到了种间竞争的影响。故而可推测间作模式南瓜产量极显著降低，可能是间作共生期的种间竞争所致；而间作模式的木薯鲜薯产量均与单作相当，可能是由于南瓜收获后，木薯呈现间作竞争后的恢复生长，使得木薯的生产优势得到恢复。

木薯间作南瓜具有时间上生态位的差异，合理的间作相比单作能够获得更高的间作系统总产量和更好的经济效益。本研究结果表明，5 种单作、间作模式作物总产量表现为 CP60>CP80>CP40>C>P60；3 种间作模式的作物总产量显著高于木薯、南瓜单作；间作显著提高了间作系统总收入和净收入。林洪鑫等^[14]研究发现，木薯间作 1 行、2 行及 3 行花生这 3 种间作模式的经济效益均显著高于木薯单作或花生单作；黄洁等^[25]研究发现，木薯

间作玉米比单作极显著增加间作系统总收入和净收入；这些研究结果均与本研究结果相似。木薯南瓜 3 种间作模式中 CP60 的间作系统总产量与经济效益最高，可能是合理的间作密度调节种间、种内竞争关系，高效利用资源以获得高产。

土地当量比是衡量间作优势的重要指标^[14]，一定程度上能够反映间作体系的土地生产力。通常情况下，LER>1 说明间作模式具有间作优势，反之为间作劣势。刘子凡等^[27]分别对木薯/花生间作体系进行研究，结果发现间作体系 LER 均大于 1，说明该间作体系存在间作优势。本研究的 3 种间作模式 LER 分别为 1.68、1.82、1.69，数值均大于 1.00，说明 3 种间作模式均具有间作优势，分别提高了土地生产力 68%、82%、69%。

4 结论

与木薯、南瓜单作相比，木薯间作南瓜模式提高了作物总产量，从而提高了经济效益。综合作物产量、经济效益、土地生产力等因素，认为木薯南瓜间作，南瓜株距为 60 cm 的栽培模式最优，是适宜广西木薯种植的稳产高效复合种植模式，在生产上有一定的推广意义。

参考文献

- [1] Tize I, Fotso A K, Nukenine E N, et al. New cassava germplasm for food and nutritional security in central Africa. *Scientific Reports*, 2021, 11: 73994.
- [2] Ben-Hur S R, Adalton M F, Bruno G, et al. Liming and phosphorus fertilization increase cassava root yield without affecting its cooking time. *Agronomy Journal*, 2021, 113(5): 4386-4395.
- [3] Wahyuni T S, Noerwijati K. Tuber yield morphology and chemical properties variability of sweet cassava germplasm. *Ilmu Pertanian (Agricultural Science)*, 2021, 6(2): 77-87.
- [4] 王惠君, 王文泉, 李文彬, 等. 木薯的抗寒性及北移栽培技术研究进展综述. *热带作物学报*, 2016, 37(7): 1437-1443.
- [5] 黄渝岚, 龙盛凤, 叶兴枝, 等. 木薯在湖北恩施的农艺性状及产量品质研究. *中国农业科技导报*, 2021, 23(9): 46-55.
- [6] 刘海清, 刘恩平, 李海亮. 中国木薯产业市场拓展策略研究. *湖北农业科学*, 2012, 51(21): 4908-4911.
- [7] 封亮, 王淑彬, 杨文亭, 等. 带宽、行比配置对玉米农艺性状及干物质积累影响. *江西农业大学学报*, 2020, 42(3): 429-437.
- [8] Zhang W P, Li Z X, Gao S N, et al. Resistance vs. surrender: Different responses of functional traits of soybean and peanut to intercropping with maize. *Field Crops Research*, 2023, 291: 108779.
- [9] Mason S C, Leihner D E, Vorst J J. Cassava-cowpea and cassava-peanut intercropping. I. yield and land use efficiency. *Agronomy Journal*, 1986, 78(1): 43-46.
- [10] 刘子凡, 苏必孟, 黄洁, 等. 木薯花生间作模式养分吸收与利

- 用优势的比较. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2019, 45(5): 478-484.
- [11] 刘子凡, 苏必孟, 黄洁, 等. 木薯花生不同间作模式对木薯地土壤肥力的影响. 中国农学通报, 2022, 38(25): 102-107.
- [12] 熊军, 闫海峰, 韦绍丽, 等. 木薯+花生间作对作物光合特性、农艺性状和产量的影响. 江苏农业科学, 2016, 44(6): 165-168.
- [13] 陈晨, 刘子凡, 黄洁, 等. 木薯和花生间作模式下 2 种作物光合与干物质积累特性. 热带作物学报, 2022, 43(8): 1613-1619.
- [14] 林洪鑫, 潘晓华, 袁展汽, 等. 施氮和木薯-花生间作对作物产量和经济效益的影响. 植物营养与肥料学报, 2018, 24(4): 947-958.
- [15] 唐秀梅, 钟瑞春, 揭红科, 等. 间作花生对木薯碳氮代谢产物及关键酶活性的影响. 中国农学通报, 2011, 27(3): 94-98.
- [16] 唐秀梅, 钟瑞春, 蒋菁, 等. 木薯/花生间作对根际土壤微生物的影响. 基因组学与应用生物学, 2015, 34(1): 117-124.
- [17] 徐海强, 黄洁, 魏云霞, 等. 木薯与花生间作对产量和养分的影响. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2018, 44(6): 575-579.
- [18] 孙彬杰, 姜舒雅, 林萱, 等. 木薯间作甜瓜模式对木薯生长及土壤酶活性的影响. 热带作物学报, 2023, 44(10): 2016-2024.
- [19] 闫庆祥, 魏云霞, 黄洁, 等. 木薯/大豆不同间作模式对木薯光合生理特性、产量的影响研究. 热带农业科学, 2017, 37(12): 10-15.
- [20] Sundari T, Purwantoro, Artari R, et al. Response of soybean genotype in intercropping with cassava. Journal Ilmu Pertanian Indonesia, 2020, 25(1): 129-137.
- [21] 刘丽娟, 黄洁, 魏云霞, 等. 木薯 || 玉米间作模式对木薯产量、薯构型及土壤性质的影响. 中国农业大学学报, 2022, 27(11): 22-35.
- [22] Mbah E U. Sequential cropping effects of vegetable cowpea on cassava in cassava-cowpea intercrop, Umudike, southeast Nigeria. Journal of Agronomy, 2018, 17(2): 123-135.
- [23] 李春光, 陆坤典, 李兆贵, 等. 木薯套种西瓜或南瓜的高产高效栽培模式. 江西农业学报, 2011, 23(9): 30-32.
- [24] 宋付平, 覃新导, 冯朝阳, 等. 木薯间作蜜本南瓜高效立体种植技术. 广东农业科学, 2011(24): 16-17.
- [25] 黄洁, 魏云霞, 刘丽娟, 等. 华南 9 号食用木薯间作花生、玉米对产量性状的影响. 热带农业科学, 2022, 42(7): 1-5.
- [26] Zhang L Z, Van der Werf W, Zhang S P, et al. Growth, yield and quality of wheat and cotton in relay strip intercropping systems. Field Crops Research, 2007, 103: 178-188.
- [27] 刘子凡, 黄洁, 魏云霞, 等. 不同木薯/花生模式下的产量表现及其经济效益产出研究. 热带作物学报, 2016, 37(1): 65-69.

Effects of Intercropping Cassava with Pumpkin of Different Densities in Cassava Fields on Crop Yield, Economic Efficiency and Land Productivity

Huang Yulan¹, Liu Wenjun², Li Yanying¹, Zhou Jia¹, Zhou Lingzhi¹,
Lao Chengying¹, Li Suping¹, Shen Zhangyou¹, Wei Benhui¹

¹Cash Crops Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, Guangxi, China;

²Vegetable Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, Guangxi, China)

Abstract In order to explore the efficient cassava-pumpkin intercropping mode suitable for Guangxi region, five treatments were set up in the experiment, which were cassava monoculture (C), pumpkin monoculture (plant spacing 60 cm, P60), and cassava intercropping pumpkin (three planting densities, pumpkin plant spacing were 40, 60, 80 cm, respectively, and were recorded as CP40, CP60, CP80), each treatment was repeated three times. The effects of pumpkin intercropping with different densities on yield, economic benefit and land productivity were studied. The results showed that plant height, stem diameter and number of tubers per plant under intercropping were lower than C treatment. The cassava yield and its components under intercropping were no significant effect compared with C treatment. The pumpkin yield of three intercropping patterns significantly reduced compared to P60 treatment, with pumpkin yield of CP60 being the least reduced. The total crop yield of the five treatments were in the order of CP60 > CP80 > CP40 > C > P60. The total crop yield, total income and net income of three intercropping patterns were significantly higher than C and P60 treatments. The contribution of cassava to the total crop yield of intercropping system was bigger than pumpkin. The land equivalent ratios of three intercropping patterns were 1.68, 1.82 and 1.69, respectively, which increased land equivalent ratio by 68% to 82%, indicted that the system had the intercropping advantage. The study showed that the cassava-pumpkin intercropping system with pumpkin plants spacing 60 cm was considered as the most suitable cassava-pumpkin intercropping pattern to promotion in Guangxi, which had the highest land equivalent ratio, high yield and economic efficiency.

Key words Cassava; Pumpkin; Intercropping; Yield; Economic efficiency