

施钾对木薯产量及钾养分吸收的影响^①

魏云霞¹, 李天^{1,2}, 黄洁^{1*}, 徐海强¹, 苏必孟^{1,2}, 闫庆祥¹, 宋恩亮¹

(1 中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所/农业部木薯种质资源保护与利用重点实验室, 海南儋州 571737;

2 海南大学农学院, 海口 570228)

摘要: 为探索施钾对木薯生长发育、钾含量、钾积累量及钾肥利用效率的影响, 采用田间试验, 以我国主栽品种 SC205 为材料, 设 K₂O 用量 0、120、240 kg/hm² 共 3 个水平, 于不同生育期测定木薯叶片、茎秆、细根、块根的干物质量、钾含量, 并在木薯收获期调查、测定农艺性状及块根鲜薯产量(FRY)。结果表明: 与不施钾相比, 施钾显著提高木薯株高、叶面积、叶面积指数、叶绿素含量及鲜薯产量, 增幅分别为 16.1%~19.0%、3.8%~8.4%、12.8%~18.2%、13.6%~17.3%、12.8%~29.4%、9.9%~25.6%, 其中, K₁₂₀ 处理产量最高, 达 27.1 t/hm²; 施钾显著提高各组织钾含量及钾积累量, K₁₂₀ 和 K₂₄₀ 处理间的钾积累量无显著差异; 不同组织钾含量表现为叶片 > 茎秆 > 细根 > 块根; 随生育期推进, 钾素积累的主要组织由叶片向茎秆和块根转变; 木薯钾肥效率、钾素生理效率、钾素利用效率、钾素收获指数均随施钾量增加而显著降低, 100 kg 鲜薯需钾量随施钾量增加显著提高。综合木薯产量、钾积累量、钾肥利用效率等指标综合分析, 建议木薯施钾量为 120 kg/hm²。

关键词: 木薯; 钾肥; 钾含量; 钾积累量; 钾肥利用效率

中图分类号: S143.3; S533 **文献标识码:** A

木薯具有重要的食用、饲料、工业原料价值^[1], 是世界热带农业的重点发展对象, 又是承载我国“走出去”战略的重要作物之一^[2]。木薯喜钾, 需要大量的钾以保证淀粉的形成和块根的建成^[3]。本课题组前期调研发现, 木薯实际生产中农户施肥不合理, 缺乏科学依据, 钾肥施用不足及过量现象普遍共存, 肥料利用率低^[4]。因此开展木薯施钾量研究对指导木薯合理施钾, 实现高产高效种植具有重要意义。

养分含量水平可反映木薯营养状况, 从而影响木薯生长发育及产量, 对指导施肥具有重要价值^[5]。我国热区具有高温、多雨特点, 土壤高度风化, 土壤中钾素容易随土壤径流而损失, 土壤钾素往往处于缺乏状态^[6]。多数研究已表明, 缺钾是长期种植木薯田块的重要限制因子, 随着种植年限的增加不断加重^[7]。因此, 木薯种植过程中合理施用钾肥对保障木薯产量、改善木薯品质具有重要的意义^[8]。已有研究表明, 华南 4 省木薯施用钾肥增产率可达 21.9%, 高于磷肥增产率, 施钾增产效果明显^[9]; 而陆小静等^[8]研究表

明, 氮、磷、钾对木薯产量的影响以钾肥最大, 氮肥次之, 磷肥最小。另外, 研究表明木薯需钾关键时期在块根形成期、块根生长早期及块根快速膨大期, 对木薯产量和品质均有一定的效果^[10]。然而, 有关木薯钾营养状况、不同组织钾吸收特点鲜有报道, 本研究以全国主栽品种 SC205 为材料, 探讨施钾量对木薯生长发育、不同组织的生物量、钾含量及钾肥利用效率的影响, 以为木薯合理施钾提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

田间试验于 2015 年在海南省儋州市宝岛新村中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所(品资所)木薯试验基地进行。试验田土壤为花岗岩发育的砖红壤, 基本理化性质为: pH 5.88, 有机质 9.76 g/kg、全氮 0.59 g/kg, 碱解氮 31.5 mg/kg、有效磷 37.5 mg/kg、速效钾 36.0 mg/kg。

供试木薯品种为我国主栽品种 SC205。供试肥料

基金项目: 海南省自然科学基金项目(318QN267), 农业部现代木薯产业技术体系建设专项资金项目(CARS-11-hnhj)和中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所非营利性科研机构改革专项启动费资助项目(pzsfyl-201720)资助。

* 通讯作者(hnhjcn@163.com)

作者简介: 魏云霞(1989—), 女, 河南南阳人, 硕士, 研究实习员, 主要研究方向为木薯栽培研究与推广。E-mail: mydearxiaowei@126.com

为尿素[w(N)=46.4%]、过磷酸钙[w(P₂O₅)=16%]、氯化钾[w(K₂O)=60%]。

1.2 试验设计

试验设 3 个施钾水平 K₂O 施用量分别为 0、120、240 kg/hm²，分别以 K₀、K₁₂₀、K₂₄₀ 表示。各处理氮(N)、磷(P₂O₅)用量一致，均分别为 120 kg/hm²、60 kg/hm²。所有肥料均在木薯种植前一次性基施。

每个处理重复 3 次，小区面积 9.6 m × 5.6 m = 53.76 m²，随机区组排列。2015 年 3 月 27 日选取具有健康芽眼、长约 20 cm 的种茎平放种植，行向为南北走向，统一芽眼朝南，株行距均为 80 cm。

1.3 测定项目与方法

基肥施用前，在试验田内 5 点取样法采集 0 ~ 20 cm 耕层土壤，风干、磨细、过筛，供理化分析用。土壤 pH 按水土比 2.5 : 1 混匀后用 pH 计测定；有机质采用 K₂Cr₂O₇ 外加热法测定；全氮采用凯氏定氮法测定；全磷采用 NaOH 熔融-钼锑抗比色法测定，全钾采用 NaOH 熔融-火焰光度法测定；碱解氮采用碱解扩散法测定；有效磷采用 NH₄F 浸提-钼锑抗比色法测定；速效钾采用 NH₄OAc 浸提-火焰光度法测定^[11]。

木薯植后 100、155、210、265 d，各小区分别采集 5 株木薯，分为叶片、茎秆、细根(*d* < 3 cm)、块根(*d* ≥ 3 cm)4 部分，称取鲜重后，分别切碎或切丝，混匀，烘干，称干重，粉碎，过筛，用于钾含量的测定。样品经 HNO₃-HClO₄ 消煮后，原子吸收分光光度法测定钾含量^[11]。木薯植后 265 d，各小区调查、测定 5 株木薯株高、茎径、单株叶片数、单叶叶面积及叶片、茎秆、细根、块根的鲜重和含水量。其中，卷尺测量地面到顶端心叶的植株高度即为株高；游标卡尺测量距离地面 5 cm 高处主茎的直径即为茎径；计数每株木薯完全展开的未枯黄叶片数即为单株叶片数；扫描法测定每株木薯顶部 2 片、中部 2 片、下部 2 片，共 6 片叶的叶面积，均值即为单叶叶面积。木薯植后 265 d，

对各小区调查、测定的 5 株木薯，采集其顶 5 叶和顶 6 叶，共 10 片叶，剪去叶脉、剪碎、混匀，乙醇提取法测定叶绿素和类胡萝卜素含量(以叶片鲜重为基数)^[12]；实收 10 株木薯块根鲜重换算实收鲜薯产量。

1.4 数据分析

钾肥利用效率有关参数计算公式如下^[13-15]：

各组织钾积累量(kg/hm²)=各组织干物质质量 × 对应组织钾含量；

总钾积累量(kg/hm²)=各组织钾积累量之和；

钾肥效率(KFE, kg/kg) = 鲜薯产量/施钾量；

钾肥利用率(KFUE, %) = (施钾区植株钾素累积量 - 缺钾区植株钾素累积量) / 施钾量 × 100；

钾素生理效率(KPE, kg/kg) = 生物量/植株钾素累积量；

钾素利用效率(KUE, kg/kg) = 鲜薯产量/植株钾素累积量；

钾素收获指数(KHI, %) = 块根钾素累积量/植株钾素累积量 × 100；

100 kg 鲜薯需钾量(KASR, kg/100kg) = 单位面积植株钾素累积量/块根鲜薯产量 × 100。

试验数据采用 Excel 2013 软件计算及绘图，SPSS 20.0 软件统计分析，LSD 法检验 *P* < 0.05 水平上的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 施钾对鲜薯产量和农艺性状的影响

与不施钾相比，施钾提高木薯株高、茎径、单叶鲜重、叶面积、叶面积指数、鲜薯产量，增幅分别为 16.1% ~ 19.0%、3.8% ~ 8.4%、12.8% ~ 18.2%、13.6% ~ 17.3%、12.8% ~ 29.4%、9.9% ~ 25.6%，其中，株高、叶面积、叶面积指数和鲜薯产量的增幅均达显著水平(表 1)。K₁₂₀、K₂₄₀ 处理间，各农艺性状和鲜薯产量均无显著差异。

表 1 施钾对木薯鲜薯产量和农艺性状的影响

Table 1 Effects of K fertilization on fresh root yields and agronomic characters of cassava

处理	株高(cm)	茎径(mm)	单株叶片数	单叶鲜重(g)	单叶叶面积(cm ²)	叶面积指数	鲜薯产量(t/hm ²)
K ₀	232.9 b	23.08 a	69.7 a	3.20 a	161.2 b	1.7 b	21.6 b
K ₁₂₀	277.2 a	25.02 a	69.1 a	3.78 a	183.0 ab	2.0 ab	27.1 a
K ₂₄₀	270.4 a	23.96 a	77.0 a	3.61 a	189.1 a	2.3 a	23.7 ab

注：同列数据后不同小写字母表示差异达到 *P* < 0.05 显著水平，下同。

2.2 施钾对木薯叶片叶绿素含量的影响

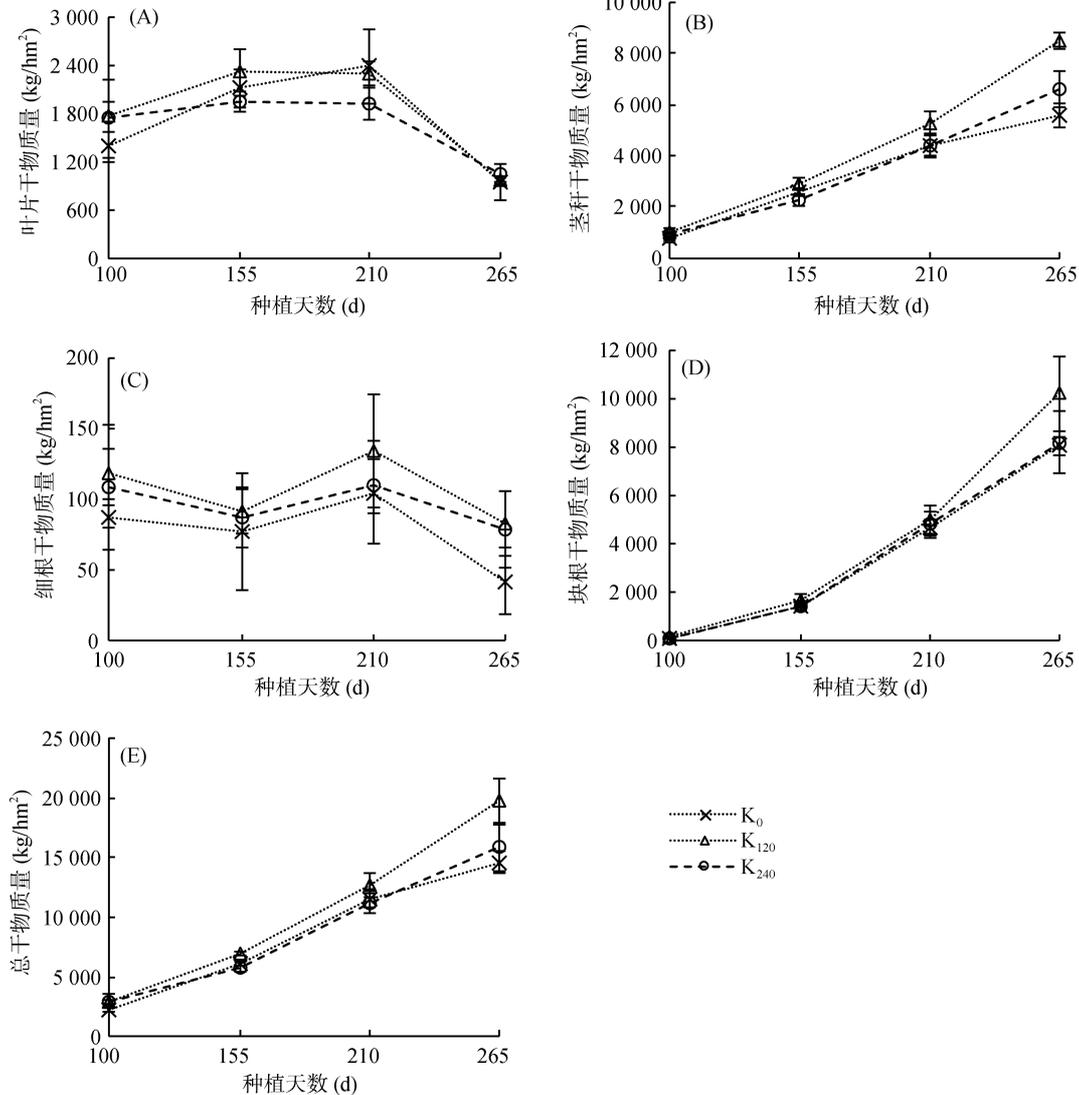
叶绿素各成分含量均随施钾量增加而显著提高(表 2)。除叶绿素 a 含量外，K₂₄₀ 处理的叶绿素 b、a+b 及类胡萝卜素含量均显著高于 K₀ 和 K₁₂₀。

2.3 施钾对木薯干物质质量的影响

木薯各组织干物质质量随生育进程所表现出的趋势不尽相同(图 1)。叶片和细根干物质质量随生育进程表现为先增加后下降的趋势，在植后 210 d 达到最大；

表 2 施钾对木薯叶片叶绿素含量的影响
Table 2 Effects of K fertilization on chlorophyll contents in cassava leaves

处理	叶绿素 a (mg/g)	叶绿素 b (mg/g)	叶绿素 a+b (mg/g)	类胡萝卜素 (mg/g)
K ₀	2.88 b	0.79 b	3.67 b	0.64 b
K ₁₂₀	2.90 ab	0.81 b	3.71 b	0.67 b
K ₂₄₀	3.13 a	0.90 a	4.02 a	0.73 a



(A. 叶片; B. 茎秆; C. 细根; D. 块根; E. 总的干物质量)

图 1 施钾对木薯各组织及总干物质量影响

Fig. 1 Effects of K fertilization on dry matter in various organs and total plants of cassava

2.4 施钾对木薯钾含量的影响

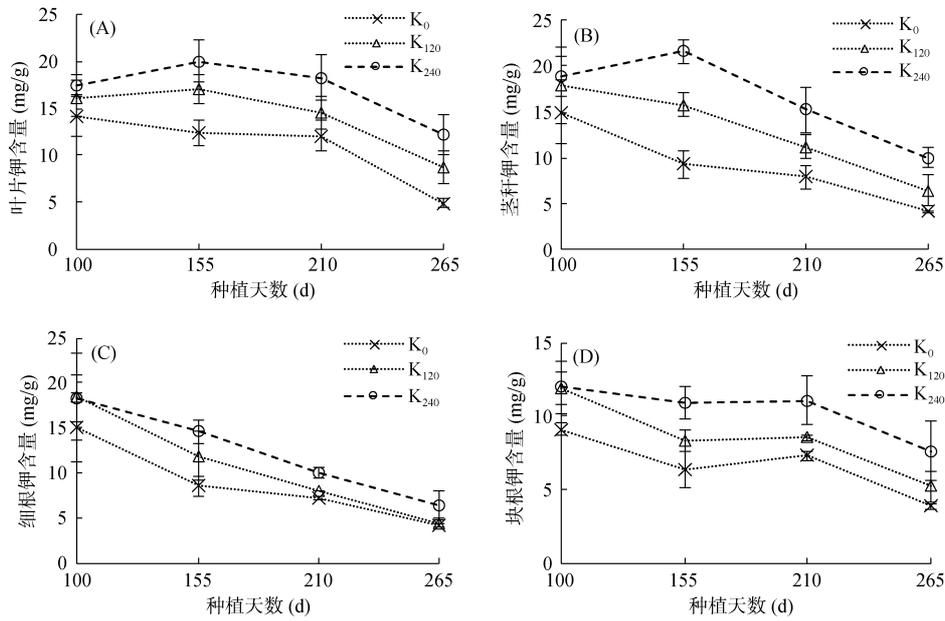
木薯各组织钾含量随生育进程均呈现降低趋势(图 2)。与不施钾相比,施钾显著提高各生育时期的木薯叶片、茎秆、细根、块根钾含量,增幅分别为 14.1% ~ 149.7%、19.4% ~ 140.1%、5.5% ~ 70.7%、16.9% ~ 96.6%,以叶片和茎秆的增幅较大。不同组织各处理间钾含量均表现为 K₂₄₀ > K₁₂₀ > K₀,各组织

茎秆、块根和总干物质量均随生育进程表现为持续增加的趋势,在收获期达到最大。整体上,各施钾处理下的各组织干物质量以 K₁₂₀ 处理较高,但不同组织的干物质量在各处理间差异未达到显著水平,而植后 155 d 和 265 d, K₁₂₀ 处理的木薯总干物质量显著高于 K₀ 和 K₂₁₀ 处理,150 d 时的增幅分别为 13.2% 和 21.6%,265 d 时的增幅分别为 35.2% 和 23.9%。

间钾含量表现为叶片 > 茎秆 > 细根 > 块根。

2.5 施钾对木薯钾积累量的影响

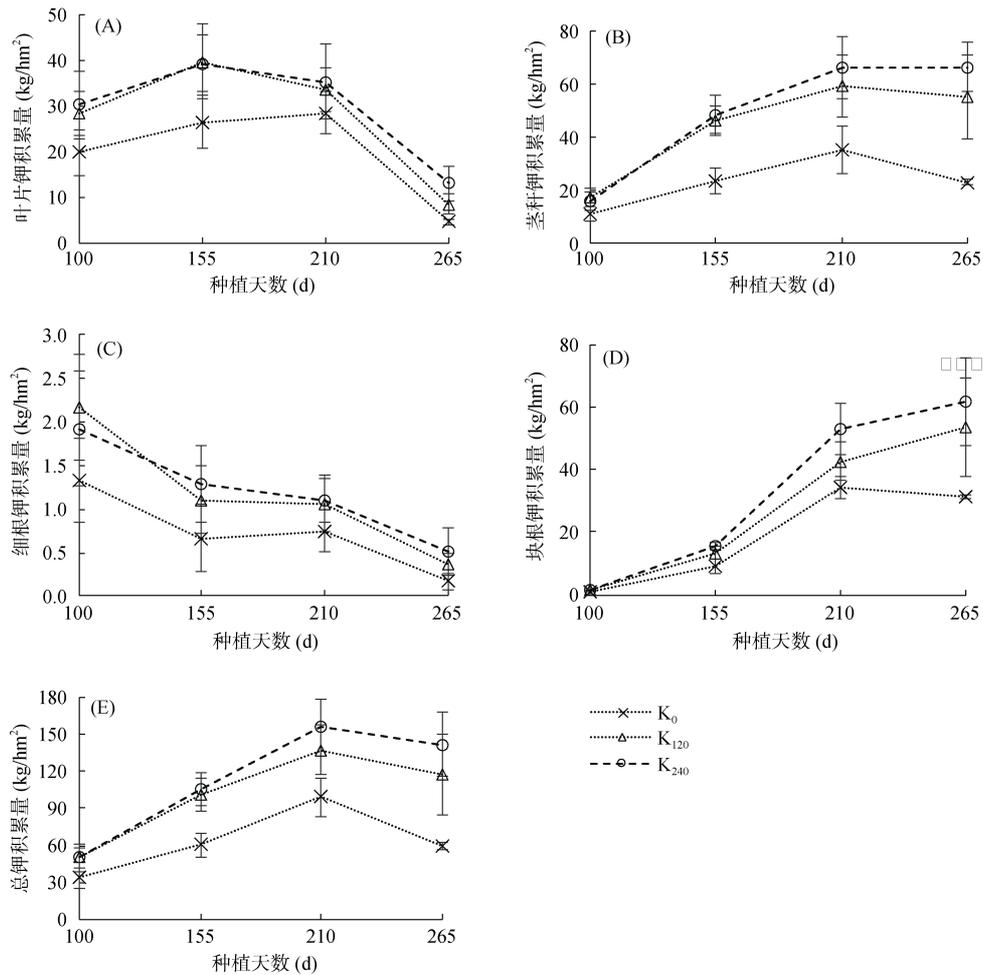
木薯各组织钾积累量随生育进程所表现趋势有所不同(图 3)。叶片钾积累量随生育进程表现为先增加后降低的趋势,施钾处理在植后 155 d 达到最大,而 K₀ 处理则在植后 210 d 达到最大(图 3A);茎秆和总钾积累量随生育进程表现为先增加后降低的趋势,



(A. 叶片; B. 茎秆; C. 细根; D. 块根)

图 2 施钾对木薯组织中钾含量的影响

Fig. 2 Effects of K fertilization on K contents in various organs of cassava



(A. 叶片; B. 茎秆; C. 细根; D. 块根; E. 总钾积累量)

图 3 施钾对木薯各组织及总钾积累量的影响

Fig. 3 Effects of K fertilization on K accumulations in various organs and total plants of cassava

各处理均在植后 210 d 达到最大(图 3B、3E);细根钾积累量随生育进程呈下降趋势(图 3C); K_{120} 和 K_{240} 处理的块根钾积累量随生育进程均持续增加,而 K_0 处理的块根钾积累量随生育进程则表现为先增加后降低的趋势,在植后 210 d 达到最大(图 3D)。各处理茎秆钾积累量、块根钾积累量、总钾积累量均在植后 100~210 d 快速升高。施钾明显增加各组织及整株总钾积累量,与 K_0 处理相比,生育期施钾处理叶片、茎秆、细根、块根和总钾积累量的增幅分别为 18.0%~184.9%、44.1%~185.3%、42.3%~202.8%、24.1%~98.2%、38.5%~139.5%;对不同时期而言,与不施

钾处理相比,施钾处理木薯各组织钾积累量的增幅在植后 155 d 和 265 d,均大于植后 100 d 和 210 d 的增幅。

2.6 施钾对木薯钾肥利用效率的影响

不同施钾量下木薯各项钾肥利用效率差异明显(表 3)。与不施钾相比,施钾显著降低钾素生理效率、钾素利用效率、钾素收获指数;随施钾量增加,生产 100 kg 鲜薯需钾量显著提高, K_{120} 、 K_{240} 需钾量分别是 K_0 处理的 1.6 倍、2.2 倍;除 100 kg 鲜薯需钾量外,各项钾肥利用效率指标均随施钾量增加而降低。

表 3 施钾对木薯钾肥利用效率的影响
Table 3 Effects of K fertilization on potassium use efficiencies of cassava

处理	钾肥效率(kg/kg)	钾肥利用率(%)	钾素生理效率(kg/kg)	钾素利用效率(kg/kg)	钾素收获指数(%)	100 kg 鲜薯需钾量(kg)
K_0	-	-	798.5 a	363.9 a	52.7 a	0.27 b
K_{120}	225.6 a	48.9 a	564.7 b	238.1 b	45.5 b	0.43 ab
K_{240}	98.7 b	34.4 a	395.7 c	170.6 c	43.4 b	0.60 a

3 讨论

3.1 施钾对木薯生长发育、钾含量及产量的影响

本研究中,施钾显著提高木薯鲜薯产量, K_{120} 处理鲜薯产量高于 K_{240} 处理,不同施钾量间鲜薯产量无显著差异。 K_{240} 处理木薯鲜薯产量呈现下降趋势,可能与植株体内钾含量过高影响氮等营养元素吸收有关。张耀华等^[16]研究表明,过量施钾会造成木薯植株矮小、块根发育不良。Nguyen 等^[17]研究表明,过高的钾含量使得木薯生物量降低,抑制 NH_4^+-N 的吸收。本研究表明,与不施钾相比,施钾显著提高木薯各组织钾含量,且钾含量随施钾量增加而增加,刘冬碧等^[18]指出施钾显著提高油菜钾含量。

钾可促进叶绿素的生成和转化^[19],本研究中,施钾显著提高叶绿素 a、b、a+b 及类胡萝卜素含量。前人指出,增施钾肥促进马铃薯^[20]、烟叶^[21]等作物叶绿素含量的增加,且烤烟叶片叶绿素含量与其钾含量极显著正相关^[21]。然而,并非钾含量越高,叶绿素含量越高;杨艳君等^[22]指出随施钾量增加,谷子叶绿素含量先升高后降低。薛欣欣等^[23]研究表明,在适量氮条件下,严重缺钾会显著增加水稻叶绿素含量。本研究中,叶绿素含量随施钾量增加显著提高,而鲜薯产量并未持续增加,可能与高叶绿素含量并不是叶片高光合速率的必需条件有关^[24],Ort 等^[25-26]指出过高的叶绿素含量会加剧个体间的竞争,从而不利于群体光合。此外,已有研究表明,木薯株高^[27]、叶面积指数^[28]与其钾营养水平正相关,结合本研究

中施钾显著提高木薯各组织钾含量可知,本研究关于施钾提高木薯株高、叶面积指数的结果是合理的。

本研究中,木薯各组织钾含量由高到低顺序均为叶片 > 茎秆 > 细根 > 块根;张永发等^[29]指出木薯各组织钾含量大小顺序为叶、茎秆 > 细根 > 块根,本研究与以往研究基本一致。整体上,块根作为贮藏组织,各生育时期内,块根钾含量随生育时期延长由低于细根向高于细根转化。究其原因,可能是细根表皮多具有根毛,是木薯吸收水分和养料的重要器官,而块根是由细根经过次生增粗生长积累淀粉而形成的肉质贮藏根^[30],且钾在植物体内具有很强的流动性,随植物生长中心转移而转移^[19]。张志勇等^[31]研究表明钾对棉花细根形态的影响明显大于中根、粗根;郝艳淑等^[32]指出不同钾效率基因型棉花细根、粗根形态对钾的响应存在差异;可见,钾可以通过调控作物根系形态,从而影响作物生长发育,钾对木薯细根、块根的形态特征影响及其转变机制有待于进一步研究。

3.2 施钾对木薯钾积累量及钾肥利用效率的影响

本研究表明,施钾显著提高木薯各组织及总钾积累量, K_{240} 处理较 K_{120} 处理的钾积累量有所增加,但未达到差异显著水平,结合鲜薯产量结果可以看出,木薯对钾存在奢侈吸收的现象,但是并不明显。另外,茎秆作为木薯积累钾的主要组织,生育期所占全株钾积累量的比例为 32.8%~47.2%。木薯钾素收获指数达 43.4%~52.7%,与林洪鑫等^[33]关于木薯钾素平均收获指数为 43%~58% 的结果较为一致。可见,木

薯块根的收获带走大量钾素,因此种植木薯应高度重视钾肥的补充。对大多数作物而言,养分的吸收、利用、分配之间难以一致,吸收效率高不一定利用效率高,吸收与利用效率同时较高不一定收获指数高,这与土壤养分状况、施肥水平等均有关^[34]。本研究中,随施钾量增加,生产100 kg鲜薯需钾量显著提高,而钾肥效率、钾肥利用率、钾素生理效率、钾素利用效率、钾素收获指数均降低;李银水等^[14]研究表明,油菜钾肥农学利用率、钾肥效率、钾肥利用率及钾肥生理利用率均随施钾量增加而下降;黄继川等^[35]指出,马铃薯钾肥利用率随施钾量增加先升高后降低。结合木薯产量、钾含量、钾积累量及钾肥利用效率分析,依靠大量增施钾肥,难以同时实现木薯高产、优质与钾肥高效,只有根据土壤条件和品种特性,结合品种产量潜力,合理平衡施肥,实现养分供应与木薯群体需求一致,才能实现高产优质高效。

3.3 木薯适宜氮磷钾配比及钾肥运筹

黄巧义等^[36]研究表明,氮磷钾1 0.4 1配合施用,可显著提高木薯物质积累速率及产量。本试验条件下,N P₂O₅ K₂O=1 0.5 1(即120 60 120)可获得高的产量水平及肥料利用效率,这一比例也与Carsky和Toukourou^[37]关于木薯一般推荐施肥比例为N P₂O₅ K₂O=1 0.5 (1~1.5)的结果较为一致。但黄洁等^[38]通过长期定位施肥试验研究结果,推荐木薯连作初期以N P₂O₅ K₂O=1 0.5 1为佳,而连作后期则逐渐过渡为1 0.25 1为佳。由此可知,木薯肥料配比应随连作年限延长适当提高氮钾配比,而木薯钾肥利用效率随连作年限的变化规律有待于深入研究。从本研究可以看出,木薯植后100 d内,叶片是钾素积累的主要组织,植后100 d后茎秆和块根成为木薯钾素积累的主要组织,且茎秆、块根及植株总的钾积累量均在植后100~210 d快速提升,建议在此时期到来之前及时追施钾肥,具体的钾肥追施量有待于进一步研究。

4 结论

与不施钾相比,施钾显著提高木薯株高、叶面积、叶面积指数、叶绿素含量、鲜薯产量及各组织钾含量,其中,叶绿素含量、钾含量和钾积累量均随施钾量增加而增加。随施钾量增加,生产100 kg鲜薯需钾量显著提高,而钾肥效率、钾肥利用率、钾素生理效率、钾素利用效率、钾素收获指数均不断降低。综合木薯产量、钾肥利用效率等指标,建议木薯施钾量为120 kg/hm²。

参考文献:

- [1] Spear S N, Asher C J, Edwards D G. Response of cassava, sunflower, and maize to potassium concentration in solution I. Growth and plant potassium concentration[J]. Field Crops Research, 1978, 1(4): 347-361
- [2] 陈伟. 中国农业“走出去”的背景及行业选择[J]. 农业经济, 2012(4): 7-9
- [3] Eneji A E, Ayade B B, Oko B F D, et al. Influence of forest clearing methods on nutrient uptake of some tropical food crop[J]. Journal of Forest Research, 2001, 6(1): 31-35
- [4] 梁海波, 黄洁, 韩全辉, 等. 海南岛木薯主产区产量差及限制因素分析[J]. 热带作物学报, 2016, 37(10): 1863-1871
- [5] Howeler R H. Cassava mineral nutrition and fertilization//Hillocks R J, Thresh J M, Bellotti A C. Cassava: Biology, production and utilization[M]. Wallingford, UK: CAB International, 2002: 115-147
- [6] 刘秀秀, 鲁剑巍, 王寅, 等. 缺钾对油菜主序产量性状的影响及施钾效果[J]. 土壤, 2014, 46(5): 875-880
- [7] 张伟特, 林雄, 李开绵, 等. 木薯长期定位肥料试验总结(1992~1995年)[J]. 热带农业科学, 1997(2): 27-32
- [8] 陆小静, 许瑞丽, 闫庆祥, 等. 氮磷钾配施对木薯产量和淀粉含量的效应研究[J]. 热带作物学报, 2013, 34(12): 2331-2335
- [9] 梁海波, 黄洁, 肖鑫辉, 等. 华南四省区木薯施用氮磷钾肥效果分析[J]. 中国农业大学学报, 2017, 22(3): 51-59
- [10] 黄巧义, 唐拴虎, 陈建生, 等. 氮磷钾配比对木薯养分吸收动态及产量影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(4): 947-956
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2015: 25-109, 257-282
- [12] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 74-77, 144-148
- [13] 王强盛, 甄若宏, 丁艳锋, 等. 钾肥用量对优质粳稻钾素积累利用及稻米品质的影响[J]. 中国农业科学, 2004, 37(10): 1444-1450
- [14] 李银水, 鲁剑巍, 廖星, 等. 钾肥用量对油菜产量及钾素利用效率的影响[J]. 中国油料作物学报, 2011, 33(2): 152-156
- [15] 侯迷红, 范富, 宋桂云, 等. 钾肥用量对甜荞麦产量和钾素利用效率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(2): 340-346
- [16] 张耀华, 郑厚贵, 关意昭, 等. 木薯的营养需求特点与平衡施肥研究进展[J]. 广东农业科学, 2009(10): 29-31
- [17] Nguyen H, Schoenau J J, Nguyen D, et al. Effects of long-term nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization on cassava yield and plant nutrient composition in north Vietnam[J]. Journal of Plant Nutrition, 2002, 25(3): 425-442
- [18] 刘冬碧, 陈防, 鲁剑巍, 等. 施钾对油菜干物质积累和钾、钙、镁吸收的影响[J]. 土壤肥料, 2001(4): 24-28
- [19] 陆景陵. 植物营养学(上册)[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003: 48-72

- [20] 周洋. 氮磷钾配施对马铃薯产量及品质的影响[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2011: 9-31
- [21] 赵平, 林克惠, 郑毅. 氮钾营养对烟叶衰老过程中内源激素与叶绿素含量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(3): 379-384
- [22] 杨艳君, 王宏富, 郭平毅, 等. 施肥和密度对张杂谷 5 号光合特性及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(3): 566-576
- [23] 薛欣欣, 鲁剑巍, 李小坤, 等. 不同施氮量下缺钾对水稻叶片营养及生理性状的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(6): 1494-1502
- [24] 顾骏飞, 周振翔, 李志康, 等. 水稻低叶绿素含量突变对光合作用及产量的影响[J]. 作物学报, 2016, 42(4): 551-560
- [25] Ort D R, Merchant S S, Alric J, et al. Redesigning photosynthesis to sustainably meet global food and bioenergy demand[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2015, 112: 8529-8536
- [26] Ort D R, Zhu X G, Melis A. Optimizing antenna size to maximize photosynthetic efficiency[J]. Plant Physiology, 2011, 155: 79-85
- [27] John K S, Venugopal V K, Nair M M. Crop growth, yield and quality parameters associated with maximum yield research (MYR) in cassava[J]. Journal of Root Crops, 2005, 31(1): 14-21
- [28] Changho P, Kwangho K, Aswidinnoor H, et al. Effect of potassium application on yield-related characters and contents of starch and hydrocyanic acid of cassava[J]. Korean Journal of Crop Science, 2005, 50(5): 309-318
- [29] 张永发, 张冬明, 唐树梅. ‘华南 8 号’木薯生育期营养元素含量变化研究[J]. 亚热带植物科学, 2009, 38(3): 7-11
- [30] 马妙娟. 木薯植株的解剖学研究[J]. 广西农学院学报, 1989, 8(1): 5-9
- [31] 张志勇, 王清连, 李召虎, 等. 缺钾对棉花幼苗根系生长的影响及其生理机制[J]. 作物学报, 2009, 35(4): 718-723
- [32] 郝艳淑, 姜存仓, 王晓丽, 等. 不同棉花基因型钾效率特征及其根系形态的差异[J]. 作物学报, 2011, 37(11): 2094-2098
- [33] 林洪鑫, 袁展汽, 刘仁根, 等. 不同氮磷钾处理对木薯产量、养分积累、利用及经济效益影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(6): 1457-1465
- [34] 夏冰, 刘清波, 邓念丹. 不同基因型水稻氮素的吸收和利用效率研究综述[J]. 作物研究, 2008, 22(4): 288-292
- [35] 黄继川, 彭智平, 于俊红, 等. 不同钾肥用量对冬种马铃薯产量、品质和钾肥利用率的影响[J]. 中国农学通报, 2014, 30(19): 167-171
- [36] 黄巧义, 唐拴虎, 陈建生, 等. 木薯物质累积特征及其施肥效应[J]. 作物学报, 2013, 39(1): 126-132
- [37] Carsky R J, Toukourou M A. Cassava leaf litter estimation in on-farm trails[J]. Experimental Agriculture, 2003, 40: 315-326
- [38] 黄洁, 叶剑秋, 许瑞丽, 等. 长期施肥对木薯农艺性状、鲜薯产量和淀粉质量分数的影响[J]. 热带作物学报, 2004, 25(4): 42-49

Effects of Potassium Fertilization on Fresh Root Yield and Potassium Absorption of Cassava

WEI Yunxia¹, LI Tian^{1,2}, HUANG Jie^{1*}, XU Haiqiang¹, SU Bimeng^{1,2}, YAN Qingxiang¹, SONG Enliang¹

(1 *Tropical Crops Genetic Resources Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences / Key Laboratory of Conservation and Utilization of Cassava Genetic Resources, Ministry of Agriculture, Danzhou, Hainan 571737, China;*

2 *College of Agriculture, Hainan University, Haikou 570228, China*)

Abstract: Variety SC205 widely cultivated across South China was used as test material, a field experiment with three K₂O rates, i.e. 0 (CK), 120 and 240 kg/hm² was conducted to investigate the effects of potassium fertilization on the growth, potassium contents and accumulations, potassium use efficiency of cassava. Dry matter and K contents of leaves, stems, fibrous roots and storage roots were measured in different growth stages of cassava, meanwhile, agronomic characters and fresh root yield (FRY) were measured at harvest stage of cassava. The results showed that, 1) compared with CK, K fertilization significantly improved the plant height, leaf area, leaf area index, chlorophyll content and FRY of cassava by 16.1%–19.0%, 3.8%–8.4%, 12.8%–18.2%, 13.6%–17.3%, 12.8%–29.4% and 9.9%–25.6%, respectively. FRY of K₂O 120 kg/hm² was the highest (27.1 t/hm²). 2) K fertilization extremely significantly increased K contents and uptakes, but no significant difference in K uptakes of different organs between the treatments of K₂O 120 kg/hm² and 240 kg/hm². K contents in various organs were an order of leaf > stem > fibrous root > storage root. With the growth of cassava, the main K uptake organ of cassava shifted from leaf to stem and fibrous root. 3) With the increment of K fertilization rate, K use efficiency, K physiology efficiency, K utilization efficiency and K harvest index of cassava decreased significantly while K absorption per 100 kg fresh storage root increased significantly. Based on FRY, K accumulation and K use efficiency, 120 kg/hm² of K₂O fertilization is optimal for cassava.

Key words: Cassava; K fertilizer; K content; K accumulation; Potassium use efficiency