黄堂伟,罗兴录,单忠英,等. 不同木薯品种生理特性及产量比较研究[J]. 江苏农业科学,2018,46(8):64 – 69.
doi:10.15889/j.issn.1002 – 1302.2018.08.015

不同木薯品种生理特性及产量比较研究

黄堂伟[1], 罗兴录[1,2], 单忠英[1], 樊吴静[1], 朱艳梅[1], 潘文兴[3], 黄小凤[3]
(1. 广西大学农学院,广西南宁 530005; 2. 亚热带农业生物资源保护与利用国家重点实验室,广西南宁 530005;
3. 崇左市农业科学研究所,广西南宁 530215)

摘要:以辐选 01、桂垦 09 – 11、南植 199、新选 048、GR891、桂垦 09 – 26、华南 124、华南 205 等 8 个木薯品种为材料,对不同生长时期各木薯品种的生长状况、叶片生理生化特性、产量性状进行比较研究,从而筛选出产量高、性状好的木薯品种,为今后高产优质木薯选育提供依据。结果表明,木薯的株高、茎粗与鲜薯产量高低紧密相关,块根长、块根粗、块根数与鲜薯产量没有明显相关关系,叶片叶绿素、可溶性糖、还原糖含量高可以促进块根淀粉的积累,叶片蔗糖、淀粉含量的高低与块根淀粉积累没有直接关系。在木薯的整个生长时期,新选 048 和桂垦 09 – 26 的综合性状最优,生长快,长势旺盛,产量高且品质好,鲜薯产量分别为 93 887.95 kg/hm^2 和 92 665.74 kg/hm^2,因此适合大面积、规模化推广种植;辐选 01、桂垦 09 – 11、华南 124 的综合性状居中,但鲜薯产量较高,属高产量品种;GR891、华南 205 的综合性状一般,南植 199 的综合性状相对较差。

关键词:木薯;品种;生理生化;产量;淀粉含量
中图分类号: S533.01　　**文献标志码:** A　　**文章编号:**1002 – 1302(2018)08 – 0064 – 06

木薯(*Manihot esculenta* Crantz)是一种热带、亚热带经济作物,其块根淀粉含量高,是生产淀粉和乙醇的重要工业原料,木薯逐渐成为新型可再生清洁能源的代表[1-2]。研究如何有效提高木薯块根的品质和产量,选育出块根淀粉含量高、品质好的木薯新品种,一直是木薯研究领域的重点[3-4]。大量研究结果表明,作物体内淀粉积累与其他有机化合物的合成、转运紧密相关[5-7]。通过研究不同品种木薯的生理生化特性与块根淀粉积累的关系,筛选出性状较优、品质较好的木薯品种,是提高木薯淀粉含量和选育木薯品种的有效方法,有利于木薯优良品种的推广与栽培。罗兴录等研究了不同木薯品种在不同生长时期的叶片可溶性糖含量、可溶性蛋白含量、还原糖含量和蔗糖含量的变化趋势,认为这几个生理生化指标与块根淀粉的积累紧密相关[8]。陈冠喜等比较了 6 个不同木薯品种生长发育期间的农艺性状和产量性状,旨在筛选出综合性状优良的木薯品种,结果表明,华南 8 号是综合性状较好的品种,其次是华南 5 号,华南 6 号和华南 7 号居中,最差的是华南 205 和华南 9 号[9]。林洪鑫等对 19 个品种(或品系)的产量差异及其与农艺性状的关系进行比较研究,以筛选出适合在江西省推广种植的高产木薯品种,结果发现,华南 8 号和 GR024 – 2 的鲜薯产量和淀粉含量均较高,在江西省种植比较利于高产[10]。陈会鲜等以高淀粉木薯品种辐选 01 和低淀粉木薯品种华南 124 为材料,对这 2 个品种的茎叶可溶

收稿日期:2016 – 10 – 21
基金项目:国家现代农业产业体系广西薯类产业创新团队"薯类产业功能专家"科技项目(编号:nycytxgxcxtd – 03 – 11 – 2);广西科学研究与技术开发计划(编号:桂科重 14121005 – 2 – 1);广西壮族自治区南宁市科学研究与技术开发计划(编号:201109044B、20132307)。
作者简介:黄堂伟(1989—),男,广西钦州人,硕士,研究方向为植物种质资源利用。E – mail:377068156@qq.com。
通信作者:罗兴录,教授,博士生导师,主要从事木薯育种与栽培生理研究。E – mail:luoxinglu@sina.com。

带玉米四大优势群代表自交系的配合力和杂种优势群研究[J]. 中国农业科学,2007,40(6):1288 – 1296.
[2]王　亮,丰　光,景希强,等. 优良玉米自交系丹 717 的选育与应用[J]. 种子,2016,35(3):109 – 112.
[3]王　亮,丰　光,景希强,等. 优良玉米自交系丹 717 选育对育种的启示[J]. 辽宁农业科学,2015(6):52 – 55.
[4]陈增齐,丰　光,刘　俊. 玉米品种丹科 2151 在辽宁不同地区的种植密度研究[J]. 湖北农业科学,2016,55(4):832 – 834.
[5]孙成韬,陈洪梅,谭　静,等. 25 个优良温带玉米自交系与 4 个热带玉米自交系农艺性状的配合力研究[J]. 玉米科学,2007,15(3):36 – 41.
[6]陈洪梅,汪燕芬,姚文华,等. 导入热带种质的温带玉米自交系的利用潜力[J]. 作物学报,2011,37(10):1785 – 1793.
[7]陈欢庆,刘艳霞,魏蒙关,等. 高油与普通玉米自交系子粒品质性状的配合力分析[J]. 玉米科学,2009,17(4):43 – 46,50.
[8]张雪梅,姚文华,谭　静,等. 温带高油玉米自交系与热带玉米自交系配合力分析[J]. 玉米科学,2010,18(2):5 – 10.
[9]袁建华,孟庆长,陈艳萍,等. 优良玉米自交系苏 951 的配合力分析及应用[J]. 玉米科学,2009,17(6):9 – 11,14.
[10]秦家友,石海春,柯永培,等. 玉米辐射诱变后代 M_4 选系配合力效应分析[J]. 核农学报,2012,26(3):427 – 432.
[11]石海春,李　莹,柯永培,等. 玉米远缘选系主要性状的遗传及配合力分析[J]. 玉米科学,2011,19(1):14 – 20.
[12]熊尧宇,李芦江,文水清,等. 玉米自交系 08 – 641 不同选择方向回交改良后代主要性状的配合力[J]. 玉米科学,2012,20(1):10 – 14.
[13]叶雨盛,曾桂萍,李　哲,等. 19 个玉米自交系主要数量性状配合力分析[J]. 玉米科学,2007,15(增刊 1):86 – 89.

性糖和块根淀粉积累特性进行比较研究,发现木薯茎叶可溶性糖含量对块根淀粉的积累起到重要作用,在块根积累的关键时期,茎叶可溶性糖含量越高、转运能力越强,越有利于块根淀粉的积累[11]。本试验通过对广西现在栽培较多的 8 个木薯品种不同生长时期的主要农艺性状、生理生化性状和块根产量进行比较,研究各生理特性和淀粉含量的关系,筛选出性状较好、产量较高的木薯品种,为今后高产优质木薯品种选育,促进木薯产业化发展提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　材料

本试验的供试木薯品种为辐选 01(RS01)、桂垦 09 - 11(GK09 - 11)、南植 199(NZ199)、新选 048(XX048)、GR891、桂垦 09 - 26(GK09 - 26)、华南 124(SC124)及华南 205(SC205)。

1.2　试验设计

本试验材料在广西南宁市兴宁区五塘镇木薯种植基地进行栽培,于 2015 年 4 月份种植,次年 1 月下旬收获。采用完全随机区组设计排列,每个品种设为 1 个处理,共设 8 个处理,每个处理 3 次重复,每个种植小区面积为 36 m^2,种植规格设为 1.0 m×0.9 m,各处理其他栽培管理措施与常规一致。

分别于 6 月 24 日(苗期)、8 月 20 日(块根形成期)、10 月 20 日(块根膨大期)、12 月 25 日(块根成熟期)进行采样,采集展开叶的第 4、5 张功能叶,一部分用于测定叶绿素含量,另一部分进行烘干、粉碎,100 目过筛后用于其他生理指标的测定。于 2016 年 1 月下旬(块根收获期)采集木薯块根并测量块根性状和生理指标。

1.3　方法

1.3.1　株高与茎粗　分别于苗期、块根形成期、块根膨大期、块根成熟期 4 个时期,每个种植小区选取具有代表性的 3 株分别用直尺和游标卡尺测量株高、茎粗,其中,株高为地上茎基部到生长点的距离,茎粗为株高下三等分处的直径。

1.3.2　叶绿素含量　将苗期、块根形成期、块根膨大期、块根成熟期 4 个时期的新鲜叶片采回后立即用于叶绿素含量的测定,测定方法参照丙酮乙醇混合法[12],每个样品做 3 次重复,最终结果取平均值。

1.3.3　叶片可溶性糖含量、蔗糖含量　分别称取苗期、块根形成期、块根膨大期、块根成熟期 4 个时期的叶片干样测定可溶性糖含量、蔗糖含量,测定方法参照蒽酮比色法[13],每个样品做 3 次重复,最终结果取平均值。

1.3.4　叶片还原糖含量　分别称取苗期、块根形成期、块根膨大期、块根成熟期 4 个时期的叶片干样测定还原糖含量,测定方法参照 3,5 - 二硝基水杨酸法[14]测定,每个样品做 3 个重复后取平均值。

1.3.5　块根数、块根长、块根粗　在块根收获期,每个种植小区取长势均匀的 3 株木薯,计算其块根数量,再计算这 3 株木薯的块根平均值,即为 1 个小区的块根数。在选取的 3 株木薯中每株取 3 个块根测量其长度和最大直径,并计算平均值,即为每个小区块根的块根长和块根粗。

1.3.6　块根含水量　将收获时期的块根采回后洗干净切碎,称量鲜样质量(m_1),再将鲜样烘干后称量其质量(m_2),则

$$块根含水量 = (m_1 - m_2)/m_1 \times 100\%。$$

1.3.7　块根理论产量　在块根收获期,每个种植小区选取长势均匀的 8 株木薯,称量其块根质量(m),取平均值后乘以 1 hm^2 土地面积上种植的株数(11 111 株),即为每个种植小区的理论产量。

$$块根理论产量(kg/hm^2) = m/8\ 株 \times 11\ 111\ 株/hm^2。$$

1.3.8　块根淀粉含量、淀粉产量　将收获期的块根采回后进行烘干、粉碎,称取适量干样进行淀粉含量的测定,测定方法参照蒽酮比色法[13],每个样品做 3 次重复取平均值,最终结果乘以块根含水量,即为块根淀粉含量。块根淀粉产量为块根淀粉含量乘以块根理论产量,即

$$块根淀粉产量(kg/hm^2) = 块根淀粉含量(\%) \times 块根理论产量(kg/hm^2)。$$

1.3.9　数据统计与分析　试验数据采用 Microsoft Excel 2007 进行整理制表,用 SPSS 18.0 统计软件进行单因素方差分析。

2　结果与分析

2.1　不同品种木薯不同时期生长状况比较

2.1.1　不同时期植株高度的比较　不同品种木薯在不同生长时期的植株高度变化如表 1 所示。从表 1 中可以看出,各品种木薯在整个生长时期的株高呈上升的趋势,在各生长发育期木薯长势均较好,其中从 6 月份到 10 月份株高增长最快,这与这段时期气候环境紧密相关。到了 10 月份后期植株高度增长逐渐缓慢,各品种木薯达到最大高度。各木薯品种之间的株高差异也比较明显,在各生育期中,桂垦 09 - 26、新选 048、华南 124 和辐选 01 均为较高品种,植株挺直且无分枝或分枝较少,而 GR891 和南植 199 则较为矮小,植株生长弯曲且分枝多,经方差分析,在 6 月 GR891 与其他品种的株高多差异显著,在 6 月、8 月和 10 月南植 199 与其他品种差异多达到极显著。在块根成熟期,植株最高的桂垦 09 - 26 比植株最矮的南植 199 高出了 38.72%,这一时期各木薯品种的株高由高到矮的顺序为桂垦 09 - 26 > 华南 124 > 新选 048 > 辐选 01 > 桂垦 09 - 11 > 华南 205 > GR891 > 南植 199。

2.1.2　不同时期茎粗的比较　不同品种木薯各个生育时期的茎粗变化如表 2 所示。由表 2 可知,各品种木薯的茎粗随生育期逐渐变大,其增长趋势与株高的增长趋势大致相同。从 6 月到 10 月,各品种木薯的茎粗变化较快,10 月下旬以后增长速度逐渐趋于稳定。到 12 月份,各品种之间茎粗的差异较为明显,其中华南 124、桂垦 09 - 26、新选 048 和华南 205 的茎秆都较为粗壮,其中华南 124 是茎粗增长速度最快的品种,从苗期到块根成熟期茎粗增长了 14.53 mm,增幅达 53.62%。在这一时期,南植 199 的茎粗最小,经方差分析,南植 199 与其他品种的茎粗差异达到极显著水平。

2.2　不同木薯品种叶片生理生化性状比较

2.2.1　不同时期叶绿素含量的比较　叶绿素是体内进行光合作用,将光能转化为化学能并用于物质合成的关键物质。表 3 是各品种木薯在不同生长发育期叶片叶绿素含量的变化情况。从表 3 可以看出,不同品种木薯的叶片叶绿素含量的变化趋势各不相同,从 6 月 24 日到 8 月 20 日的测定结果来看,各品种木薯的叶片叶绿素含量均呈上升趋势,其中华南 124、GR891、新选 048、华南 205、桂垦 09 - 11 这 5 个品种的叶

表 1　不同品种木薯不同时期株高

品种	株高(cm)			
	6 月 24 日	8 月 20 日	10 月 20 日	12 月 25 日
RS01	105.44 ±4.92cB	254.22 ±13.29bcAB	371.56 ±21.02abA	409.33 ±26.61abA
GK09 – 11	106.33 ±5.50cB	264.89 ±9.60bcB	363.33 ±16.76abA	390.67 ±16.78abAB
NZ199	64.78 ±13.27dD	196.67 ±13.29dC	271.22 ±32.29cB	320.78 ±12.41cB
XX048	130.78 ±2.91abAB	281.44 ±2.99abAB	403.78 ±6.49aA	419.00 ±6.70abA
GR891	72.78 ±1.87dCD	236.22 ±10.42cBC	346.78 ±7.52bA	368.22 ±15.06bcAB
GK09 – 26	153.00 ±10.84aA	301.56 ±15.04aA	407.11 ±13.73aA	445.00 ±17.84aA
SC124	98.00 ±6.01cBC	248.00 ±14.56bcB	388.33 ±13.01abA	424.89 ±17.67abA
SC205	115.67 ±7.95bcB	241.67 ±4.82cBC	346.56 ±1.93bA	374.56 ±17.35abAB

注:同列不同大写字母、小写字母分别代表用 Duncan's 新复极差法测验在 0.01、0.05 水平上有显著差异。下同。

表 2　不同品种木薯不同时期茎粗

品种	茎粗(mm)			
	6 月 24 日	8 月 20 日	10 月 20 日	12 月 25 日
RS01	28.74 ±0.92aA	35.21 ±1.12aA	37.71 ±0.76aA	37.83 ±1.75abAB
GK09 – 11	24.82 ±0.58abB	32.15 ±0.30abA	35.89 ±1.87aA	36.09 ±0.69bB
NZ199	18.57 ±0.98cB	24.88 ±0.29cB	27.95 ±2.07bB	28.70 ±0.33cC
XX048	26.20 ±1.00abA	34.36 ±0.23aA	38.16 ±1.10aA	38.37 ±0.86abAB
GR891	24.09 ±1.05bA	30.72 ±0.38bA	36.44 ±0.86aA	37.05 ±1.27bB
GK09 – 26	28.10 ±1.51abA	35.58 ±1.82aA	39.69 ±3.31aA	40.58 ±0.94aAB
SC124	27.10 ±2.16abA	35.15 ±1.75aA	40.86 ±2.47aA	41.63 ±0.86aA
SC205	26.19 ±0.84abA	33.78 ±0.92aA	39.18 ±0.94aA	39.63 ±0.35aAB

表 3　不同品种木薯不同时期叶绿素含量

品种	叶绿素含量(mg/g)			
	6 月 24 日	8 月 20 日	10 月 20 日	12 月 25 日
RS01	2.87 ±0.17abAB	3.56 ±0.08bB	4.60 ±0.16abA	3.91 ±0.29abcA
GK09 – 11	2.17 ±0.31bcABC	4.13 ±0.33bAB	4.95 ±0.32abA	3.89 ±0.42abcA
NZ199	2.77 ±0.3abAB	4.11 ±0.40bAB	4.19 ±0.72bA	4.19 ±0.13abA
XX048	2.24 ±0.16bcABC	4.24 ±0.29bAB	4.06 ±0.23bA	3.24 ±0.11cA
GR891	2.73 ±0.05abAB	5.26 ±0.19aA	5.59 ±0.62aA	3.82 ±0.20abcA
GK09 – 26	3.11 ±0.15aA	3.58 ±0.32bB	4.63 ±0.21abA	3.23 ±0.14cA
SC124	1.27 ±0.38dC	3.89 ±0.39bB	4.28 ±0.10bA	4.27 ±0.22aA
SC205	1.95 ±0.20cdBC	3.94 ±0.08bB	3.87 ±0.18bA	3.51 ±0.09bcA

片叶绿素含量增幅较大,GR891 的叶绿素含量增加到各品种中的最大值,为 5.26 mg/g,其他品种的叶绿素含量增加幅度较小。从 8 月到 10 月,除新选 048、华南 205 的叶绿素含量有所降低外,其余品种的叶绿素含量均有所上升,其中属桂垦 09 – 26、辐选 01 的涨幅最大。到了 10 月至 12 月,除了南植 199、华南 124 的叶绿素含量基本保持不变外,其他品种的叶绿素含量均呈明显下降趋势,可能原因是进入秋季后,叶片逐渐变黄,叶绿素遭到破坏。

2.2.2　不同时期可溶性糖含量的比较　可溶性糖是植物体内的主要光合产物,是碳水化合物代谢和短暂储存的主要形式。表 4 所示的是不同木薯品种在不同时期叶片可溶性糖含量的变化,可以看出,各木薯品种的叶片可溶性糖含量变化趋势基本一致,从 6 月 24 日到 10 月 20 日的测定结果来看,除了新选 048 的含量先升高后降低、GR891 的含量先降低后升高以外,其他品种的可溶性糖含量均呈逐渐降低的趋势。其中在 8 月,新选 048 与桂垦 09 – 11、南植 199 和 GR891 的可溶性糖含量差异达到极显著。从 10 月到 12 月,各个木薯品种的叶片可溶性糖含量都是升高的,其中新选 048 的叶片可溶性糖含量最大,为 13.00%,其顺序由高到低排列次依为华南 124 > GR891 > 南植 199 > 辐选 01 > 桂垦 09 – 26 > 华南 205 > 桂垦 09 – 11。

2.2.3　不同时期还原糖含量的比较　还原糖指的是分子结构中具有还原性基团的糖类。植物体内的还原糖是光合作用的直接产物,也是蔗糖合成的底物。不同品种木薯在不同时期叶片还原糖含量的测定结果如表 5 所示。从表 5 可以看出,各品种的叶片还原糖含量呈先上升后下降再上升的趋势,分别在 8 月 20 日和 12 月 25 日的测定结果中表现出最大值,10 月 20 日的测定结果显示,各品种的叶片还原糖含量在此期间均有所下降,除了辐选 01 和新选 048 这 2 个品种外,其他品种的叶片还原糖含量都在此测定时期出现最小值。到了 12 月,各品种的叶片还原糖含量又急剧上升,其中上升最快的是南植 199,增幅达到了 9.09 百分点,每个品种的还原糖含量都出现了其生长期间的最大值,这一时期各品种的叶片还原糖含量大小顺序为南植199 > 华南124 > 新选048 >

表 4　不同品种木薯不同时期可溶性糖含量

品种	可溶性糖含量(%)			
	6 月 24 日	8 月 20 日	10 月 20 日	12 月 25 日
RS01	8.36 ±0.49cC	7.43 ±0.57bcABC	7.28 ±0.40abA	10.71 ±0.77aA
GK09 - 11	9.58 ±0.35abcAB	6.56 ±0.09cBC	6.29 ±1.09bA	9.58 ±1.14aA
NZ199	9.06 ±0.82bcAB	7.14 ±0.83bcBC	6.40 ±0.13bA	11.26 ±0.68aA
XX048	9.36 ±0.39bcAB	9.92 ±0.81aA	8.76 ±0.09aA	13.00 ±1.46aA
GR891	9.21 ±0.21bcAB	5.88 ±0.40cC	6.54 ±0.29bA	11.44 ±1.04aA
GK09 - 26	10.97 ±0.40aA	7.31 ±0.78bcABC	7.18 ±0.27abA	10.60 ±1.57aA
SC124	10.41 ±0.08abAB	8.65 ±0.63abAB	7.27 ±0.54abA	11.76 ±0.16aA
SC205	8.70 ±0.53cB	8.57 ±0.19abABC	7.35 ±1.15abA	10.16 ±0.67aA

表 5　不同品种木薯不同时期还原糖含量

品种	还原糖含量(%)			
	6 月 24 日	8 月 20 日	10 月 20 日	12 月 25 日
RS01	4.25 ±0.18bA	5.84 ±0.45bcB	4.89 ±0.49abA	10.41 ±0.79abA
GK09 - 11	4.45 ±0.23abA	5.50 ±0.13bcB	2.65 ±0.71cA	7.74 ±2.05bA
NZ199	4.62 ±0.69abA	6.30 ±0.66bB	3.44 ±1.07abcA	12.53 ±0.77aA
XX048	5.49 ±0.43aA	9.24 ±0.77aA	5.55 ±0.86aA	12.32 ±0.63aA
GR891	3.95 ±0.37bA	4.56 ±0.28cB	2.60 ±0.61cA	10.81 ±2.16abA
GK09 - 26	4.13 ±0.02bA	5.30 ±0.51bcB	2.96 ±0.21bcA	8.74 ±1.13abA
SC124	4.85 ±0.25abA	6.07 ±0.46bcB	3.83 ±0.48abcA	12.43 ±0.64aA
SC205	4.85 ±0.24abA	6.07 ±0.55bcB	4.27 ±0.35abcA	8.54 ±0.39abA

GR891 > 辐选 01 > 桂垦 09 - 26 > 华南 205 > 桂垦 09 - 11。

2.2.4　不同木薯品种蔗糖含量的比较　蔗糖是植物体内光合作用产物转运和分配的主要形式。表 6 所表示的是不同木薯品种不同生长时期叶片蔗糖含量的变化。从表 6 的测定结果可以看出,6 月 24 日的测定结果为各品种整个生长时期叶片蔗糖含量的最高值,其中蔗糖含量最高的品种为桂垦 09 - 26,除了 GR891 的叶片蔗糖含量在 10 月有少量升高外,其他品种的叶片蔗糖含量均逐渐降低,从 6 月到 8 月降低速度最快,到了 12 月达到生长期间的最小值。经方差分析,在 8 月华南 124 的叶片蔗糖含量与其他品种的差异多达到极显著水平。形成这一结果的原因可能是蔗糖在叶片中合成后很快转化成其他有机物并转运、分配到块根等其他组织,使叶片中的蔗糖含量逐渐降低。

表 6　不同木薯品种不同时期蔗糖含量

品种	蔗糖含量(%)			
	6 月 24 日	8 月 20 日	10 月 20 日	12 月 25 日
RS01	9.54 ±1.12aA	3.22 ±0.03cB	2.71 ±0.02aA	1.76 ±0.08bA
GK09 - 11	9.86 ±1.37aA	3.25 ±0.10cB	3.14 ±0.75aA	2.61 ±0.48abA
NZ199	9.68 ±1.48aA	3.16 ±0.49cB	2.77 ±0.51aA	1.91 ±0.05abA
XX048	10.34 ±1.43aA	3.87 ±0.52bcAB	3.31 ±0.38aA	2.35 ±0.15abA
GR891	9.70 ±0.85aA	2.99 ±0.22cB	3.26 ±0.19aA	2.07 ±0.27abA
GK09 - 26	11.17 ±1.62aA	3.54 ±0.20bcAB	3.26 ±0.15aA	1.79 ±0.06bA
SC124	10.98 ±0.9aA	5.02 ±0.29aA	3.53 ±0.42aA	2.57 ±0.42abA
SC205	9.75 ±1.65aA	4.46 ±0.60abAB	3.06 ±0.51aA	2.85 ±0.35aA

2.3　不同品种木薯块根性状及产量的比较

2.3.1　不同品种木薯块根农艺性状比较　木薯块根的农艺性状在一定程度上反映了木薯块根产量的大小。表 7 的测定结果表示的是不同品种木薯的块根主要经济性状比较。从表 7 可以看出,块根数最多的品种是新选 048,平均块根数为 13.33 条/株,与块根数最少的桂垦 09 - 26 差异达到极显著水平,与除华南 205 外其他品种的块根数差异显著。块根最粗的品种为桂垦 09 - 26 和新选 048,平均块根粗为 71.00、69.48 mm,均与块根最细的南植 199 差异极显著,与 GR891 的块根粗差异显著,但与其他品种的差异不显著。块根最长的品种为辐选 01 和桂垦 09 - 11,平均长为 50.1、48.9 cm,均与块根最短的南植 199 差异达到极显著水平,与华南 205 的块根长差异为显著水平,而与其他品种的差异不显著。综合块根经济性状较优的品种为新选 048、华南 205、桂垦 09 - 26、辐选 01、桂垦 09 - 11、华南 124,GR891 次之,南植 199 较差。

2.3.2　不同木薯品种块根产量的比较　木薯块根产量、淀粉含量和淀粉产量是反映木薯品种优劣的重要指标。如表 8 测定结果所示,块根产量最高的品种为新选 048 和桂垦 09 - 26,平均为 93 887.95、92 665.74 kg/hm^2,与其他品种产量均差异极显著。块根淀粉含量最高的品种属南植 199,为 28.19%,比淀粉含量最低的华南 205 高出了 40.18%,与辐选 01、GR891 的淀粉含量差异不显著,而与桂垦 09 - 26、桂垦

表 7　不同木薯品种主要经济性状比较

品种	块根数（条/株）	块根粗（mm）	块根长（cm）
RS01	9.67 ±1.53bcAB	66.46 ±2.45aAB	50.1 ±3.63aA
GK09 – 11	10.33 ±2.08bcAB	65.39 ±1.97abAB	48.9 ±4.50aA
NZ199	10.67 ±2.52bcAB	51.37 ±1.92cB	29.8 ±2.34cB
XX048	13.33 ±0.58aA	69.48 ±3.27aA	39.9 ±10.20abcAB
GR891	10.00bcAB	54.77 ±14.81bcAB	41.4 ±13.00abcAB
GK09 – 26	8.67 ±0.58cB	71.00 ±3.96aA	44.2 ±3.76abAB
SC124	10.00 ±1.00bcAB	64.55 ±4.15abAB	42.4 ±3.33abAB
SC205	11.67 ±1.53abAB	67.54 ±5.83aAB	33.2 ±2.53bcAB

表 8　不同木薯品种块根、淀粉产量比较

品种	块根产量（kg/hm^2）	块根淀粉含量（%）	淀粉产量（kg/hm^2）	块根含水量（%）
RS01	68 888.20 ±3 071.81bB	26.87 ±1.27abAB	18 510.26 ±837.35abAB	66.77 ±1.13bcAB
GK09 – 11	62 999.37 ±2 598.64bcB	23.03 ±1.80bcAB	14 508.75 ±829.19bcABC	70.23 ±1.55abcAB
NZ199	22 110.89 ±6 628.53cD	28.19 ±1.33aA	6 233.06 ±956.71dD	65.49 ±2.43cB
XX048	93 887.95 ±10 426.20aA	21.71 ±0.81cAB	20 383.07 ±1 615.61aA	71.74 ±1.38abAB
GR891	62 666.04 ±2 694.27bcB	23.67 ±2.65abcAB	14 833.05 ±693.65bcABC	70.40 ±2.36abcAB
GK09 – 26	92 665.74 ±6 735.69aA	21.96 ±0.53cAB	20 349.40 ±976.05aA	72.05 ±0.99aAB
SC124	63 666.03 ±2 688.16bcB	21.92 ±0.37bcAB	13 955.59 ±368.74cBC	72.58 ±0.21abAB
SC205	57 999.42 ±4 881.68cB	20.11 ±6.51cB	11 663.68 ±2 666.79cC	73.24 ±6.71aA

09 – 11、华南 124 和新选 048 的淀粉含量差异显著，与华南 205 的淀粉含量差异极显著。淀粉产量最高的品种是新选 048 和桂垦 09 – 26，均与桂垦 09 – 11、GR891 的淀粉产量差异显著，与南植 199、华南 124、华南 205 的差异极显著。从表 8 还可知，块根含水量与块根淀粉含量呈负相关的关系，块根含水量较高的品种其淀粉含量则较低。

3　讨论与结论

木薯地上部分的生长状况与块根产量有着密切联系，块根需要依靠地上部分进行光合作用合成营养物质供给其生长，因而在正常情况下，块根产量与地上茎叶的生长呈正相关关系[15]。在本研究中，桂垦 09 – 26、新选 048、辐选 01 和华南 124 在生长后期的株高、茎粗均处于较高水平，同时这 4 个品种的块根产量也较高，而其余株高、茎粗处于较低水平的品种其块根产量也较低，说明木薯的株高、茎粗与块根产量呈正相关关系，这与罗兴录的研究结果[16]相一致。杨守臻等的研究结果表明，块根数、块根长、块根粗均与块根产量呈正相关[17]，然而本研究却发现，在木薯的生长后期，新选 048 的块根较短，而块根产量较高，桂垦 09 – 26、华南 124 和辐选 01 的块根数较少，而其产量较高，出现这一结果的原因可能是块根数、块根长、块根粗其中的单个变量并不能决定块根产量的高低。

植物体内的叶绿素在光能的作用下，将空气中的无机碳（CO_2）转化为有机碳，将光能转化为化学能，叶绿素含量的高低决定了光合作用的强弱。在一定变化范围内，叶片叶绿素含量越高，光合作用则越强。罗兴录等研究结果表明，木薯叶片叶绿素含量与块根淀粉积累没有显著相关关系[18]，然而在本研究结果中发现，在木薯各个生长时期，高淀粉木薯品种的叶片叶绿素含量比低淀粉木薯品种的叶片叶绿素含量稍高，这说明叶片叶绿素含量与块根淀粉积累量还是存在一定正相关关系的。

植物叶片中的可溶性糖是光合作用的主要产物，也是淀粉合成的底物，其含量的高低与淀粉积累紧密相关[7,19]。本研究通过比较不同时期木薯叶片可溶性糖含量发现，从 6 月到 10 月，叶片的可溶性糖含量变化基本呈下降趋势，而从 10 月到 12 月，所有木薯品种叶片可溶性糖含量都大幅上升，甚至到达整个生长时期的最高值，这说明在块根淀粉积累的后期也是关键时期，叶片可溶性糖含量的升高有利于光合产物运输到块根并合成淀粉，这与池敏青的研究结果[20]不一样，而与罗兴录等的研究结果[21]一致。

还原糖和蔗糖是木薯叶片中的 2 种游离糖，叶片光合作用合成的直接产物是还原糖，随后再由还原糖转化合成蔗糖，还原糖是蔗糖合成的主要原料，蔗糖则是有机物转化运输的主要形式。本研究结果发现，从 6 月到 8 月，木薯叶片中的蔗糖含量急剧下降而还原糖含量升高，从 8 月到 10 月，叶片中蔗糖含量基本保持不变或稍有减少而还原糖含量逐渐下降，到了 10 月到 12 月，叶片中蔗糖含量再次较少而还原糖含量逐渐升高。这说明叶片中还原糖转化成蔗糖后，蔗糖被运输到茎秆或块根用于合成其他有机物质，从而引起还原糖相应的变化，这一结果进一步验证了罗兴录等的研究结果[18]。

本研究通过 8 个不同木薯品种在不同生长时期的生长状况、生理生化特性和产量性状进性比较，得出各木薯品种的综合性状如下：辐选 01 植株高大，生长后期可达 4 m 以上，茎秆粗壮，有分枝，但分枝较少；叶片浓绿，叶绿素含量较高，后期叶片可溶性糖、还原糖含量较高，但蔗糖含量较低；块根较长

且粗,但块根数较少,鲜薯淀粉含量、淀粉产量和块根产量均比较高,为高淀粉木薯品种。桂垦 09 -11 植株较高,茎秆则比较细小不分枝;叶片浓绿,叶绿素含量较高,生长后期叶片可溶性糖、还原糖含量较低,而蔗糖含量较高;块根长且粗,鲜薯产量较高,淀粉产量和块根淀粉含量居中,综合性状较好。南植 199 植株最矮,茎秆最细且有较多分枝,呈红色;叶片较小,叶绿素含量居中,生长后期叶片可溶性糖、还原糖含量较高,蔗糖含量较低;块根最短、最细,但数量较多,鲜薯产量、淀粉产量最低而块根淀粉含量高,综合性状较差,为高淀粉木薯品种。新选 048 植株直立高大,生长后期最高时可达 4.2 m,茎秆粗壮没有分枝;叶片较大,后期叶片叶绿素含量、蔗糖含量偏低,可溶性糖、还原糖含量较高;块根粗大,结薯数量多,鲜薯产量、淀粉产量在各木薯品种中最高,块根淀粉含量居中,为综合性状最优的品种。GR891 植株较高,株型较散,群体间较为荫蔽,茎秆较细,基部常有 3 ~4 个分叉;叶片深绿,叶绿素含量较高,生长后期叶片可溶性糖、还原糖含量较高,蔗糖含量则偏低;块根较细、较长,结薯较少,鲜薯产量较低,但块根淀粉含量、淀粉产量较高,属高淀粉木薯品种。桂垦 09 -26 是植株高度最高的品种,最高达到 4.45 m,茎秆直立粗大,不分枝;叶片大,叶绿素含量偏低,生长后期叶片可溶性糖、还原糖含量均居中,蔗糖含量则偏低;块根长且粗,数量较少,鲜薯产量和淀粉产量仅次于新选 048,块根淀粉含量偏低,属于高产量木薯品种,综合性状较优。华南 124 植株高大,仅次于桂垦 09 -26,茎秆最粗壮,株型直立不分枝;叶片浓绿,叶绿素含量较高,生长后期叶片可溶性糖含量、还原糖含量较高,蔗糖含量中等;块根长且大,结薯较多,鲜薯产量居中,块根淀粉含量和淀粉产量则较低,为低淀粉木薯品种。华南 205 植株较矮,茎秆较粗,株型直立常有分枝;叶片叶绿素含量偏低,生长后期叶片可溶性糖、还原糖含量偏低,蔗糖含量则较高;块根较短而粗,结薯数量较多,但鲜薯产量和淀粉产量均较低,与其他品种相比块根淀粉含量最低,属低淀粉木薯品种。

综上所述,木薯的株高、茎粗与鲜薯产量高低紧密相关,块根长、块根粗、块根数与鲜薯产量没有明显相关关系,叶片叶绿素、可溶性糖、还原糖含量高可以对块根淀粉积累起到促进作用,叶片蔗糖高低与块根淀粉积累没有直接关系。8 个木薯品种中综合长势最优的品种是新选 048 和桂垦 09 -26,生长快,植株高大,茎秆粗壮,生理生化特性较优,产量高品质好,鲜薯产量分别为 93 887.95 kg/hm^2 和 92 665.74 kg/hm^2,这 2 个品种均适合大面积、规模化推广种植。辐选 01、桂垦 09 -11、华南 124 的综合性状较居中,植株高大直立,鲜薯产量较高,属高产量木薯品种。GR891、华南 205 的综合性状一般,南植 199 的综合性状相对较差,但块根淀粉含量高,属高淀粉木薯品种。

参考文献:

[1]伍　薇,柯佑鹏. 中国木薯产业发展现状及前景展望[J]. 中国热带农业,2011,3(3):6 -9.

[2]罗兴录. 广西木薯产业化发展战略思考[J]. 耕作与栽培,2001(4):59 -61.

[3]罗兴录,劳天源. 木薯品种生长发育及淀粉积累特性研究[J]. 中国农学通报,2001,17(4):22 -24,27.

[4]沈　光. 广西木薯产业的发展前景与对策[J]. 热带农业科学,2001,14(2):24 -27,39.

[5]沈淞海,沈海铭,吴建华. 甘薯生生发育过程中可溶性糖含量与淀粉积累的关系[J]. 浙江农业大学学报,1994,20(4):400 -404.

[6]张秋英,刘　娜,金　剑,等. 春小麦籽粒淀粉和蛋白质积累与底物供应的关系[J]. 麦类作物学报,2000,20(1):55 -58.

[7]王书丽,郭天财,王晨阳,等. 两种筋力型小麦叶、粒可溶性糖含量及与籽粒淀粉积累的关系[J]. 河南农业科学,2005,34(4):12 -15.

[8]罗兴录,王　艳,肖世云,等. 不同木薯品种生理及块根淀粉积累特性研究[J]. 中国农学通报,2008,24(4):240 -244.

[9]陈冠喜,李开绵,叶剑秋,等. 6 个木薯品种生长发育及产量性状的初步研究[J]. 热带农业科学,2009,29(6):26 -29.

[10]林洪鑫,袁展汽,刘仁根,等. 江西红壤旱地木薯农艺性状与产量的关系初步研究[J]. 中国农学通报,2011,27(27):204 -208.

[11]陈会鲜,罗兴录,袁圣勇,等. 不同木薯品种茎叶可溶性糖与块根淀粉积累特性研究[J]. 南方农业学报,2014,45(6):972 -979.

[12]张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京:农业出版社,1992:145 -150.

[13]上海植物生理学会. 植物生理学实验手册[M]. 上海:上海科学技术出版社,1985:134 -138.

[14]何照范. 粮油籽粒品质及其分析技术[M]. 北京:农业出版社,1985:150 -152.

[15]刘光华. 云南木薯高效栽培技术[M]. 昆明:云南科技出版社,2010:9 -13.

[16]罗兴录. 木薯主要农艺性状的相关与通径分析[J]. 中国农学通报,2001,17(3):36 -37.

[17]杨守臻,陈怀珠,李初英,等. 木薯主要农艺性状的遗传变异、相关性和主成分分析[J]. 中国农学通报,2006,22(7):232 -234.

[18]罗兴录,池敏青,黄小凤,等. 木薯叶片可溶性糖含量与块根淀粉积累的关系[J]. 中国农学通报,2006,22(8):289 -291.

[19]段瑞军,吴朝波,王　蕾,等. 镉胁迫对海雀稗脯氨酸、可溶性糖和叶绿素含量及氮、磷、钾吸收的影响[J]. 江苏农业学报,2016,32(2):357 -361.

[20]池敏青. 木薯块根淀粉积累过程生理生化特性研究[D]. 南宁:广西大学,2007:21 -30.

[21]罗兴录,岑忠用,谢和霞,等. 不同木薯品种抗衰老生理与淀粉积累特性研究[J]. 作物学报,2007,33(6):1018 -1024.