

不同木薯品种苗期长势及叶片生理特性比较

黄堂伟¹, 罗兴录^{1,2*}, 樊吴静¹, 单忠英¹, 朱艳梅¹, 王战¹, 潘文兴³, 黄小凤³

¹广西大学农学院, 南宁 530004; ²亚热带农业生物资源保护与利用国家重点实验室, 南宁 530004;

³崇左市农业科学研究所, 南宁 530215)

摘要:【目的】比较不同木薯品种苗期的生长情况及叶片内在生理生化特性, 为选育高产优质木薯品种提供科学依据。【方法】以桂垦09-26、桂垦09-11、华南205、新选048、华南124、辐选01、南植199和GR891 8个木薯品种为试验材料, 对其苗期植株高度、茎径及叶片叶绿素、可溶性糖、蔗糖、还原糖和淀粉含量等生理指标进行比较分析。【结果】苗期植株较高的品种为桂垦09-26、新选048、华南205和桂垦09-11, 茎径较粗的品种为辐选01、桂垦09-26、华南124和新选048, 叶绿素含量较高的品种为桂垦09-26、辐选01、南植199和GR891, 可溶性糖含量较高的品种为桂垦09-26、华南124、桂垦09-11和新选048, 蔗糖含量较高的品种为华南205、华南124、桂垦09-26和新选048, 还原糖含量较高的品种为新选048、华南205、华南124和南植199, 淀粉含量较高的品种为辐选01、GR891、华南205和新选048。【结论】桂垦09-26、新选048和华南205苗期综合长势较好, 可溶性糖、还原糖、蔗糖和淀粉含量也较高, 有利于木薯生长后期提高块根产量和淀粉含量。

关键词: 木薯品种; 苗期长势; 叶片生理特性

中图分类号: S533.01

文献标志码: A

文章编号: 2095-1191(2017)01-0051-06

Comparison of growth vigor and leaf physiological features among different cassava varieties during seedling stage

HUANG Tang-wei¹, LUO Xing-lu^{1,2*}, FAN Wu-jing¹, SHAN Zhong-ying¹, ZHU Yan-mei¹, WANG Zhan¹, PAN Wen-xing³, HUANG Xiao-feng³

(¹Agricultural College, Guangxi University, Nanning 530004, China; ²State Key Laboratory for Conservation and Utilization of Subtropical Agro-bioresources, Nanning 530004, China; ³Chongzuo Agricultural Research Institute, Nanning 530215, China)

Abstract: [Objective] Growth vigor and leaf physiological features among different cassava varieties during seedling stage were compared in order to provide theoretical references for breeding high-yield cassava varieties. [Method] Eight cassava varieties were taken as the materials, namely Guiken 09-26, Guiken 09-11, SC 205, Xinxuan 048, SC 124, Fuxuan 01, Nanzhi 199 and GR 891. Plant height, stem diameter, chlorophyll content, soluble sugar content, sucrose content, reducing sugar content, and starch content were analyzed in this experiment. [Result] Plant heights of Guiken 09-26, Xinxuan 048, SC 205 and Guiken 09-11 were tall during seedling stage. Stem diameters of Fuxuan 01, Guiken 09-26, SC 124 and Xinxuan 048 were thick. Chlorophyll contents of Guiken 09-26, Fuxuan 01, Nanzhi 199 and GR 891 were high. Soluble sugar contents of Guiken 09-26, SC 124, Guiken 09-11 and Xinxuan 048 were high. Varieties with high sucrose content were SC 205, SC 124, Guiken 09-26 and Xinxuan 048. Xinxuan 048, SC 205, SC 124 and Nanzhi 199 contained high reducing sugar content. Starch contents of Fuxuan 01, GR 891, SC 205 and Xinxuan 048 were high. [Conclusion] The superior varieties are Guiken 09-26, Xinxuan 048 and SC 205, which contain high soluble sugar content, reducing sugar content and sucrose content during seedling stage, and have sound growth vigor. All these advantages are beneficial for root yield and starch content at late growth period.

Key words: cassava variety; growth vigor at seedling stage; leaf physiological feature

0 引言

【研究意义】木薯是重要的经济作物, 可供食用、

饲用及工业开发利用, 其块根是工业上生产淀粉的主要原料之一(方佳等, 2010; 占金刚等, 2015)。木薯也

收稿日期: 2015-12-30

基金项目: 广西科学研究与技术开发计划项目(桂科重14121005-2-1); 国家现代农业产业技术体系广西薯类产业创新团队建设项目(nycytxgxtid-03-11-2); 南宁市科学研究与技术开发计划项目(201109044B, 20132307)

作者简介: * 为通讯作者, 罗兴录(1957-), 教授, 博士生导师, 主要从事木薯育种与栽培生理研究工作, E-mail: luoxinglu@sina.com。黄堂伟(1989-), 研究方向为植物种质资源利用, E-mail: 377068156@qq.com

是重要的能源作物,可用于生产清洁能源酒精,在国家再生能源发展战略中木薯被列为未来再生能源的主要原料,为木薯产业的快速发展提供了新的动力和契机(伍薇和柯佑鹏,2011;姬卿等,2015;梁海波等,2016)。木薯是高淀粉含量作物,其块根淀粉含量与叶片光合产物有密切联系,如何提高木薯块根淀粉含量和品质是目前木薯栽培和品种选育的热点。在木薯栽培过程中,木薯苗期生长性状直接或间接地决定着木薯后期生长状况和块根性状,对鲜薯产量和品质具有重要影响。木薯是一种灌木,具有前期生长慢,中期生长快、生长量大的生育特性,前期生长状况对中期、后期生长有重要影响,中、后期生长对前期生长的依赖性较大,前期如果生长不良,中后期很难弥补。因此,研究木薯苗期生长特性及叶片的生理生化特征,对提高木薯鲜薯产量和品质具有重要意义。【前人研究进展】王晓云(2006)、李淑如等(2009)研究发现,丹参苗期的出苗情况、子叶生长、叶片发育、叶绿素含量、根系发育和壮苗指数等各项指标决定了丹参苗潜在的生长优势,这些指标直接影响丹参后期的生长状况。郑盛华和严昌荣(2006)对水分胁迫下鲁单981、赤单202和郑单958玉米苗期形态和生理特征变化的研究表明,水分胁迫能在很大程度上提高玉米对水分的利用效率,其中抗旱型品种增幅较大,耗水型品种增幅不明显。张子龙等(2007)研究发现,甘蓝型黄籽油菜苗期长势较弱可能是其产量较低的原因之一。马春英等(2008)对来源于甘肃高沙窝和内蒙古杭锦旗乌拉尔的甘草种子萌发、幼苗期形态和生理特性进行研究,结果表明,高沙窝甘草种源具有较好的苗期生长性状,相对于乌拉尔甘草种源具有较好的生产性能及较强的生态适应能力。王贺正等(2009)研究认为,水、旱条件下水稻可溶性蛋白、氨基酸(AA)、谷胱甘肽(GSH)、抗坏血酸(AsA)和丙二醛(MDA)含量及超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)活性的相对值可作为水稻苗期抗旱性鉴定指标。【本研究切入点】木薯苗期长势、生理特性与产量形成和淀粉积累有密切关系(罗兴录等,2006,2008;陈会鲜等,2014),但目前针对不同木薯品种苗期长势和叶片生理特性比较的研究鲜见报道。【拟解决的关键问题】以生产上正在推广或即将大面积推广的8个木薯品种为试验材料,比较其苗期生长情况和叶片生理生化特性,明确不同木薯品种苗期生长和生理特性的差异性,为木薯品种筛选和育种过程中优良单株的早期选择提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试木薯品种共8个,分别为桂垦09-26、桂垦09-11、华南205、新选048、华南124、辐选01、南植199和GR891。其中,新选048和辐选01为广西大学选育、

桂垦09-26和桂垦09-11为广西南亚热带农业研究所选育、华南205和华南124为中国热带农业科学院选育、南植199为中国科学院华南植物研究所选育、GR891为广西亚热带作物研究所选育的品种。所有木薯种茎均由广西大学木薯课题组提供。

1.2 试验方法

试验在位于广西崇左市农业科学研究所的广西大学木薯种植基地进行。试验采用完全随机区组设计,每个品种为1个处理,每处理3次重复,小区面积为36 m²。于2015年4月2日种植,株行距为100 cm×90 cm,其他栽培管理措施与常规一致。

1.3 测定项目及方法

于2015年6月24日(木薯苗期),每小区选取具有代表性的3株测量株高和茎径,其中,株高为地上茎基部到生长点的距离,茎径为株高下部三等分处的直径;采集的叶片为光合作用最强的第4、第5叶,采回实验室后部分鲜叶立即用于叶绿素含量测定,其他叶片烘干后粉碎,过100目筛,用于测定可溶性糖、蔗糖、还原糖及淀粉含量等生理指标,其中,叶绿素含量采用丙酮乙醇混合法测定(张宪政,1992),可溶性糖、蔗糖和淀粉含量采用蒽酮比色法测定(薛应龙,1985),还原糖含量采用3,5-二硝基水杨酸法测定(何照范,1985)。

1.4 统计分析

试验数据采用Excel 2010进行整理及制图,用SPSS 18.0进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同木薯品种苗期的株高比较

从图1可看出,桂垦09-26的株型属于直立型,没有分枝,株高最高,平均高度约150 cm,极显著高于除新选048外的其他品种($P<0.01$,下同),分别比桂垦09-11、华南205、新选048、华南124、辐选01、南植199和GR891高43.89%、32.27%、16.99%、56.12%、45.11%、136.18%和110.22%;GR891和南植199植株分枝较多、株高相近且最矮,极显著矮于其他品种。各品种的株高排序为:桂垦09-26>新选048>华南205>桂垦09-11>辐选01>华南124>GR891>南植199。说明桂垦09-26、新选048和华南205苗期株高长势较佳。

2.2 不同木薯品种苗期的茎径比较

从图2可看出,辐选01茎径最粗,与桂垦09-26、桂垦09-11、华南205、新选048和华南124差异不显著($P>0.05$,下同),与GR891差异显著($P<0.05$,下同),与南植199差异极显著;南植199和GR891的茎径相对较细,分别为18.57和24.09 mm,其中,南植199茎径最细,极显著细于其他品种,GR891与除南植199和辐选01外的其他品种差异均不显著。说明木薯茎粗生长因品种而异,其中南植199和GR891苗期茎粗长势比其他品种差。

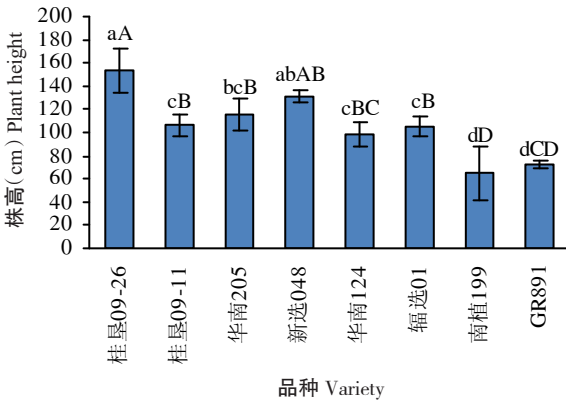


图 1 不同木薯品种苗期的株高比较

Fig.1 Comparison of plant height among different cassava varieties during seedling stage

图柱上不同大、小字母分别表示差异极显著 ($P<0.01$) 和显著 ($P<0.05$)。下同

Different uppercase and lowercase letters on the bar represented extremely significant difference ($P<0.01$) and significant differences ($P<0.05$), respectively. The same was applied in subsequent figures

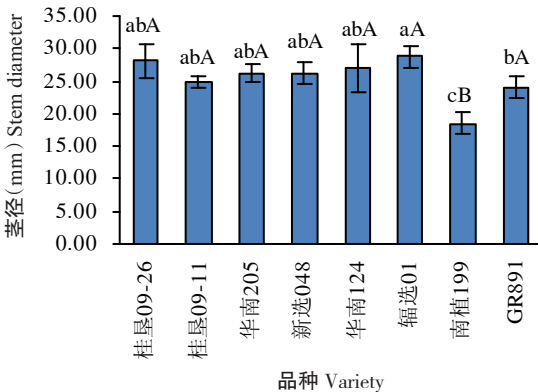


图 2 不同木薯品种苗期的茎径比较

Fig.2 Comparison of stem diameter among different cassava varieties during seedling stage

2.3 不同木薯品种苗期叶片的叶绿素含量比较

叶绿素是植物进行光合作用、将光能转化为化学能并合成有机物的关键物质,植物叶片叶绿素含量将直接或间接影响植株生长发育和体内各物质含量。从图3可看出,木薯苗期的叶绿素含量因品种不同而异,且品种间差异较明显,其中,桂垦09-26的叶绿素含量最高,达3.113 mg/g,极显著于华南205和海南124,显著高于桂垦09-11和新选048,与辐选01、南植199和GR891差异不显著;辐选01、南植199和GR891的叶绿素含量差异不显著;华南124的叶绿素含量最低且与其他7个品种差异显著或极显著。各品种苗期叶绿素含量排序为:桂垦09-26>辐选01>南植199>GR891>新选048>桂垦09-11>华南205>华南124。说明桂垦09-26、辐选01、南植199和GR891属于光合作用较强、植株生长发育较快的木薯品种。

2.4 不同木薯品种苗期叶片的可溶性糖含量比较

可溶性糖是植物的主要光合产物,木薯叶片可溶性糖含量直接影响体内光合产物的运输和块根中营

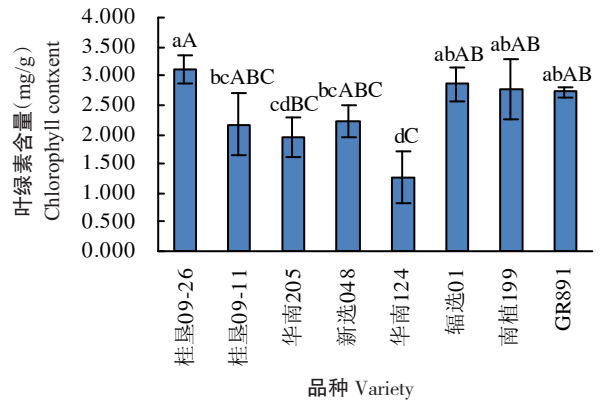


图 3 不同木薯品种苗期叶片的叶绿素含量比较

Fig.3 Comparison of chlorophyll content in leaf among different cassava varieties during seedling stage

养物质的积累,因此,木薯叶片可溶性糖含量可作为评价木薯生长情况和块根品质的重要指标。从图4可看出,可溶性糖含量最高的品种是桂垦09-26,显著或极显著高于除华南124和桂垦09-11外的其他品种,华南124次之,显著高于华南205和辐选01,与其他品种差异不显著。各品种木薯苗期叶片可溶性糖含量排序为:桂垦09-26>华南124>桂垦09-11>新选048>GR891>南植199>华南205>辐选01。说明桂垦09-26、华南124和桂垦09-11在苗期其叶片的可溶性糖含量处于较高水平。

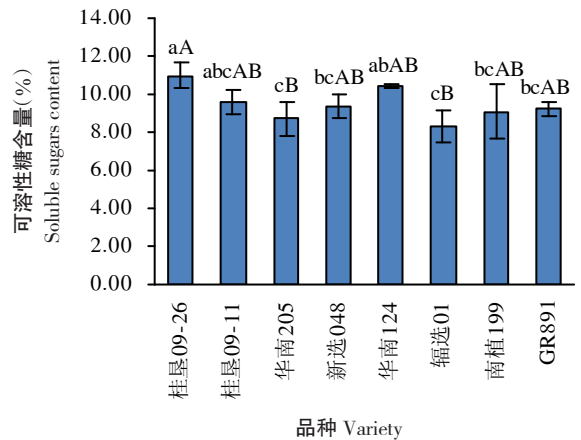


图 4 不同木薯品种苗期叶片的可溶性糖含量比较

Fig.4 Comparison of soluble sugar content in leaf among different cassava varieties during seedling stage

2.5 不同木薯品种苗期叶片的还原糖含量比较

还原糖是指分子结构中具有还原性基团的糖类。在绿色植物中,还原糖是光合作用的直接产物,是蔗糖合成的底物,同时是淀粉和纤维的结构单元(曾文广和蒋德安,2000)。从图5可看出,叶片中还原糖含量最高的品种是新选048,为5.49%,显著高于桂垦09-26、辐选01和GR891,与其他品种差异不显著;华南205和海南124的还原糖含量相同,均为4.85%,处于中等水平,与其他品种差异不显著;GR891的还原糖含量最低,仅3.94%,桂垦09-26和辐选01次之,三者差异不显

著。说明木薯苗期叶片的还原糖含量因品种而异,且差异明显。

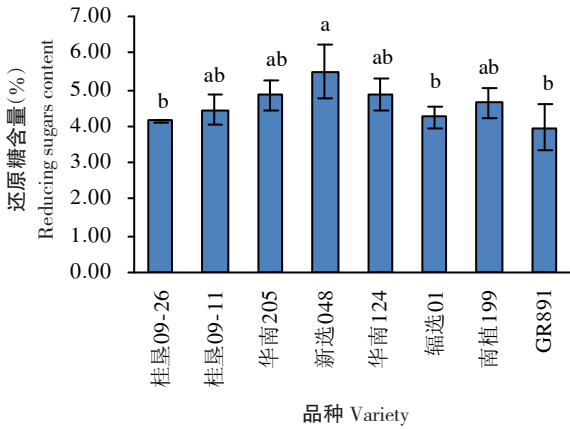


图 5 不同木薯品种苗期叶片的还原糖含量比较
Fig.5 Comparison of reducing sugar content in leaf among different cassava varieties during seedling stage

2.6 不同木薯品种苗期叶片的蔗糖含量比较

植物体内的蔗糖是有机物质的中心物质和光合产物运输、分配的主要形式。由图6可看出,华南205和华南124叶片的蔗糖含量相对较高,均在10.00%以上,其中,华南205叶片的蔗糖含量极显著高于南植199,显著高于桂垦09-11、新选048、辐选01和GR891,与桂垦09-26和华南124差异不显著。各品种的蔗糖含量排序为:华南205>华南124>桂垦09-26>新选048>GR891>桂垦09-11>辐选01>南植199。说明华南205和华南124在苗期其叶片的蔗糖含量优于其他木薯品种。

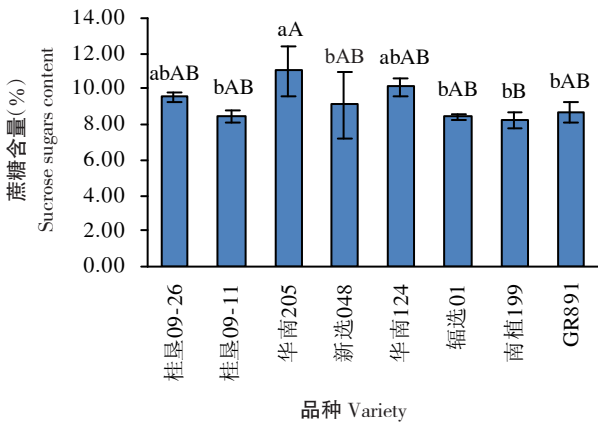


图 6 不同木薯品种苗期叶片的蔗糖含量比较
Fig.6 Comparison of sucrose content in leaf among different cassava varieties during seedling stage

2.7 不同木薯品种苗期叶片的淀粉含量比较

木薯的淀粉主要储藏于块根,淀粉含量是评价其品质的重要指标之一。从图7可看出,木薯苗期在叶片中也合成淀粉,且含量已达到较高水平。其中,辐选01的淀粉含量最高,显著高于桂垦09-26,极显著高于华

南124,与其他品种差异不显著;GR891的淀粉含量较高,极显著高于华南124,与其他品种差异不显著;华南124的淀粉含量最低,仅15.77%,与桂垦09-26、桂垦09-11和南植199差异不显著。各木薯品种的淀粉含量排序为:辐选01>GR891>华南205>新选048>南植199>桂垦09-11>桂垦09-26>华南124,其中辐选01、GR891和新选048属于高淀粉含量品种,说明木薯苗期叶片淀粉含量与块根淀粉积累存在密切联系。

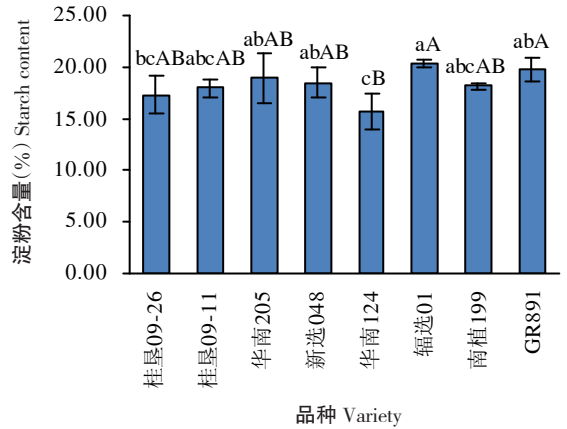


图 7 不同木薯品种苗期叶片的淀粉含量比较
Fig.7 Comparison of starch content in leaf among different cassava varieties during seedling stage

2.8 不同木薯品种苗期生理指标的相关性分析

植物的生长发育是一个非常复杂的生理生化过程。由表1可知,株高与茎径呈极显著正相关($P<0.01$,下同),与可溶性糖含量呈显著正相关($P<0.05$,下同);可溶性糖含量与蔗糖含量呈显著正相关,与淀粉含量呈极显著负相关;叶绿素含量与淀粉含量呈极显著正相关,与还原糖含量呈显著负相关;蔗糖含量与淀粉含量呈显著负相关。说明木薯叶片各生理指标间存在密切联系,共同影响叶片的生长发育。

3 讨论

木薯块根产量和淀粉含量主要靠地上部分光合作用产物的运输、转化和积累,叶片是木薯进行光合作用的主要场所,叶片的生理生化特性与块根淀粉积累有密切联系(罗兴录等,2008),木薯苗期的迅速生长可为叶片进行光合作用及后期块根的形成、膨大和成熟打下良好基础(苏文潘等,2011)。因此,本研究探讨不同木薯品种苗期的生长情况及生理生化特性对选育淀粉含量高、品质优良的木薯良种具有重要意义。

刘光华(2010)研究指出,木薯的株高、茎径可作为评价木薯地上部分生长情况的重要指标。在本研究中,桂垦09-26、新选048、华南205、桂垦09-11、辐选01和华南124的株型直立、高大,顶端无分枝,叶片较大且浓绿,茎秆较粗壮,综合长势较好,有利于植株通风透光,使植株中下层叶片能更好地进行光合作用,从

表 1 不同木薯品种苗期各生理指标的相关性分析

Table 1 Correlation analysis between physiological indicators of different cassava varieties during seedling stage

生理指标 Physiological index	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
X ₁	1						
X ₂	0.716**	1					
X ₃	0.095	-0.032	1				
X ₄	0.387*	0.207	-0.052	1			
X ₅	-0.027	-0.230	-0.444*	-0.079	1		
X ₆	0.139	0.144	-0.119	0.435*	0.036	1	
X ₇	-0.124	0.073	0.550**	-0.572**	-0.100	-0.442*	1

**和*分别表示极显著($P<0.01$)和显著($P<0.05$)相关。X₁~X₇分别代表株高、茎径、叶绿素含量、可溶性糖含量、还原糖含量、蔗糖含量和淀粉含量

** and * represent extreme significance ($P<0.01$) and significance ($P<0.05$); X₁-X₇ represented plant height, stem diameter, chlorophyll content in leaf, soluble sugar content, reducing sugar content, sucrose content and starch content, respectively

而积累更多的营养物质。南植199和GR891株型较矮,分枝较多,茎秆细长,生长浓密,不利于植株通风透气和中下层叶片进行光合作用。通过相关性分析发现,木薯株高、茎径与淀粉含量相关性不显著,与谢向誉等(2014)的研究结果相似。

罗兴录等(2008)研究认为,叶绿素是植物叶片进行光合作用的关键物质,在一定范围内,植物叶片的叶绿素含量越高,光合作用越强,反之则越弱。本研究结果表明,不同品种木薯苗期叶片的叶绿素含量存在明显差异,桂垦09-26、辐选01、南植199和GR891的叶绿素含量比其他品种高,其淀粉的合成和积累与叶绿素含量呈极显著正相关,与李友军等(2005)对小麦的研究结果一致。

植物叶片的可溶性糖既是光合作用过程中的主要产物,又是碳水化合物代谢和暂时储存的主要形式(徐惠风等,2000;姜东等,2001)。有研究(张才喜等,2001;孙永华和陈学森,2005)指出,叶片可溶性糖含量与植株的生长发育密切相关,本研究也发现,桂垦09-26、新选048、华南124和桂垦09-11的叶片可溶性糖含量处于较高水平,其株高较高,茎径较粗,说明木薯苗期叶片可溶性糖含量高有助于植株快速生长。本研究还发现,叶片可溶性糖含量较高的木薯品种叶片的淀粉含量均处于较低水平,反之其叶片淀粉含量处于较高水平,与李加好等(2015)对胡杨的研究结果一致,说明淀粉作为营养性多糖,在淀粉酶作用下可水解为可溶性糖,从而为植株生长发育提供可直接利用的碳水化合物。

植物叶片的游离糖类主要为还原糖,其次为蔗糖,光合作用的直接产物是还原糖,而还原糖同时也是合成蔗糖的前提物质,蔗糖是植物体内营养物质运输和转化的主要形式。本研究结果表明,各木薯品种苗期叶片的蔗糖含量较高,还原糖含量较低,与罗兴

录等(2006)的研究结果一致,说明木薯苗期叶片中还原糖合成后迅速转化为蔗糖,实现了蔗糖从“源”到“库”的运输,为后期茎秆和块根生长作准备,从而导致还原糖含量下降。

本研究探讨不同木薯品种苗期的生长状况和叶片的生理生化特性,分析各生理生化指标间的相关性,可作为木薯品种栽培和选育的参考依据。下一步将结合不同木薯品种各生理时期叶片的生理生化特性及块根淀粉的积累状况,深入探究和完善不同品种木薯叶片性状与块根淀粉合成和积累间的相互关系。

4 结论

本研究结果表明,桂垦09-26、新选048和华南205苗期植株高大,长势旺盛,株型直立且不分枝或很少分枝,茎秆粗壮,叶片大且浓绿,可溶性糖、还原糖、蔗糖和淀粉含量均较高,综合性状表现较好,有利于木薯生长后期提高块根产量和淀粉含量。

参考文献:

- 陈会鲜,罗兴录,袁圣勇,刘兴淋,黄以致,杨鑫,郭雅静,樊吴静. 2014. 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,45(6):972-979.
- Chen H X, Luo X L, Yuan S Y, Liu X L, Huang Y Z, Yang X, Guo Y J, Fan W J. 2014. Characteristics of starch accumulation in root tuber and soluble sugar in the stems and leaves of different cassava[J]. Journal of Southern Agriculture, 45(6):972-979.
- 方佳,濮文辉,张慧坚. 2010. 国内外木薯产业发展近况[J]. 中国农学通报,26(16):353-361.
- Fang J, Pu W H, Zhang H J. 2010. The development status of cassava industry at home and abroad[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 26(16):353-361.
- 何照范. 1985. 粮油籽粒品质及其分析技术[M]. 北京:农业出版社.
- He Z F. 1985. Oils and Grain Quality Analysis Technology[M]. Beijing: Agricultural Publishing House.
- 姬卿,傅国华,闵义. 2015. 我国木薯种植的发展及未来总产预测与市场需求趋势[J]. 贵州农业科学,43(3):62-66.
- Ji Q, Fu G H, Min Y. 2015. Developing future output forecast and market demand trend of *Manihot esculenta* in China [J]. Guizhou Agricultural Sciences, 43(3):62-66.
- 姜东,于振文,李永庚,余松烈. 2001. 冬小麦叶茎粒可溶性糖含量变化及其与籽粒淀粉积累的关系[J]. 麦类作物学报,21(3):38-41.
- Jiang D, Yu Z W, Li Y G, Yu S L. 2001. Changes of soluble sugar contents in leaf, stem and grain in winter wheat and its relationship with grain starch accumulation[J]. Journal of Triticeae Crops, 21(3):38-41.
- 李加好,冯梅,李志军. 2015. 胡杨叶片碳水化合物及可溶性蛋白特征与叶形变化和个体发育阶段的关系[J]. 植物研究,35(4):521-527.
- Li J H, Feng M, Li Z J. 2015. Carbohydrate, soluble protein and morphometric changes of leaves of *Populus euphratica* Oliv. individuals under different developmental stages[J]. Bulletin of Botanical Research, 35(4):521-527.
- 李淑如,潘永存,黄竹英,利幼,邓乔华. 2009. 不同前茬作物

- 对丹参产量与质量的影响[J]. 现代农业科技, (13):94-95.
- Li S R, Pan Y C, Huang Z Y, Li Y, Deng Q H. 2009. Effects of different fore-rotating crops on yield and quality of *Salvia miltiorrhiza* Bge.[J]. Modern Agricultural Science and Technology, (13):94-95.
- 李友军, 熊瑛, 陈明灿, 吕强, 骆炳山. 2005. 不同品质类型小麦叶绿素荧光特性及其与籽粒产量和淀粉积累的关系[J]. 麦类作物学报, 25(6):82-86.
- Li Y J, Xiong Y, Chen M C, Lü Q, Luo B S. 2005. Chlorophyll fluorescence characteristics and their relationship with grain yield, starch accumulation of wheat with different quality [J]. Journal of Triticeae Crops, 25(6):82-86.
- 梁海波, 黄洁, 安飞飞, 魏云霞. 2016. 中国木薯产业现状分析[J]. 江西农业学报, 28(6):22-26.
- Liang H B, Huang J, An F F, Wei Y X. 2016. Analysis of present situation of cassava industry in China[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 28(6):22-26.
- 刘光华. 2010. 云南木薯高效栽培技术[M]. 昆明: 云南科技出版社.
- Liu G H. 2010. Efficient Cultivation Techniques of Cassava in Yunnan[M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press.
- 罗兴录, 池敏青, 黄小凤, 谢和霞, 陆飞伍. 2006. 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, 22(8):289-291.
- Luo X L, Chi M Q, Huang X F, Xie H X, Lu F W. 2006. Studies on the relationship between soluble sugar content in the leaves and the starch accumulation in the root tuber of cassava[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 22(8):289-291.
- 罗兴录, 王艳, 肖世云, 池敏青, 谢和霞, 陆飞伍, 苏江, 黄秋凤. 2008. 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, 24(4):240-244.
- Luo X L, Wang Y, Xiao S Y, Chi M Q, Xie H X, Lu F W, Su J, Huang Q F. 2008. Studies on characters of physiology and starch accumulation of different cassava varieties[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 24(4):240-244.
- 马春英, 王文全, 赵玉新, 肖凯. 2008. 不同甘草种源种子萌发和幼苗期生理特性的比较[J]. 中国种业, (12):51-53.
- Ma C Y, Wang W Q, Zhao Y X, Xiao K. 2008. Studies on different seed germination and seedling stage of licorice provenance in physical properties[J]. China Seed Industry, (12):51-53.
- 苏文潘, 付海天, 罗燕春, 彭静茹, 黎萍. 2011. 不同木薯品种生长发育和淀粉积累特性研究[J]. 现代农业科技, (8):36-37.
- Su W P, Fu H T, Luo Y C, Peng J R, Li P. 2011. Studies on the growth and development of different cassava varieties and starch accumulation characteristics[J]. Modern Agricultural Science and Technology, (8):36-37.
- 孙永华, 陈学森. 2005. 杏杂种实生树叶片童性的研究[J]. 果树学报, 22(4):327-330.
- Sun Y H, Chen X S. 2005. Study on the juvenile trait of leaf in apricot hybrid seedlings[J]. Journal of Fruit Science, 22(4):327-330.
- 王贺正, 马均, 李旭毅, 张荣萍. 2009. 水稻苗期生理生化特性与品种抗旱性的关系[J]. 华北农学报, 24(4):174-178.
- Wang H Z, Ma J, Li X Y, Zhang R P. 2009. Relationship between physio-biochemical characters and drought tolerance of rice at seedling stage[J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 24(4):174-178.
- 王晓云. 2006. 丹参栽培技术[J]. 现代农业科技, (11):74-75.
- Wang X Y. 2006. Cultivation techniques of *Salvia miltiorrhiza* Bge.[J]. Modern Agricultural Science and Technology, (11):74-75.
- 伍薇, 柯佑鹏. 2011. 中国木薯产业发展现状及前景展望[J]. 中国热带农业, (3):6-9.
- Wu W, Ke Y P. 2011. The development of Chinese cassava industry present situation and prospect[J]. China Tropical Agriculture, (3):6-9.
- 谢向誉, 陆柳英, 曾文丹, 严华兵. 2014. 木薯单株产量与主要农艺性状的相关性研究[J]. 中国农学通报, 30(27):223-228.
- Xie X Y, Lu L Y, Zeng W D, Yan H B. 2014. Cassava yield and correlation analysis of main agronomic traits and botany properties[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 30(27):223-228.
- 徐惠风, 金研铭, 张春祥, 徐克章. 2000. 向日葵叶片可溶性糖含量的研究[J]. 吉林农业大学学报, 22(1):23-25.
- Xu H F, Jin Y M, Zhang C X, Xu K Z. 2000. Content of soluble sugar in sunflower leaves[J]. Journal of Jilin Agricultural University, 22(1):23-25.
- 薛应龙. 1985. 植物生理学实验手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社.
- Xue Y L. 1985. Manual Plant Physiology Experiment[M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers.
- 曾广文, 蒋德安. 2000. 植物生理学[M]. 北京: 中国农业科技出版社.
- Zeng G W, Jiang D A. 2000. Plant Physiology[M]. Beijing: Agricultural Science and Technology Press of China.
- 占金刚, 詹满琳, 李光辉. 2015. 中国木薯产业链的结构与演进[J]. 贵州农业科学, 43(12):194-197.
- Zhan J G, Zhan M L, Li G H. 2015. Structure and evolution of *Manihot esculenta* industrial chain in China[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 43(12):194-197.
- 张才喜, 李载龙, 陈大明. 2001. 湖北海棠阶段转变的生理基础[J]. 植物资源与环境学报, 10(1):57-59.
- Zhang C X, Li Z L, Chen D M. 2001. Physiological basis of phasic change in *Malushupehensis*[J]. Journal of Plant Resources and Environment, 10(1):57-59.
- 张宪政. 1992. 作物生理研究法[M]. 北京: 农业出版社.
- Zhang X Z. 1992. Crop Physiological Study Method[M]. Beijing: Agricultural Publishing House.
- 张子龙, 陶士珩, 李加纳. 2007. 甘蓝型黄籽油菜与黑籽油菜苗期生理特性的比较研究[J]. 作物学报, 33(5):837-842.
- Zhang Z L, Tao S H, Li J N. 2007. A comparative study on physiological characteristics during seedling stage in yellow-seeded and black-seeded rapeseed[J]. Acta Agronomica Sinica, 33(5):837-842.
- 郑盛华, 严昌荣. 2006. 水分胁迫对玉米苗期生理和形态特性的影响[J]. 生态学报, 26(4):1138-1143.
- Zheng S H, Yan C R. 2006. The ecophysiological and morphological characteristics of maize in seedling stage under water stress[J]. Acta Ecologica Sinica, 26(4):1138-1143.