

# 油莎豆块茎发育过程中糖与脂肪积累的相关性研究

师 茜<sup>1</sup>, 田丽萍<sup>1,2</sup>, 薛 琳<sup>3</sup>, 王小红<sup>1</sup>, 朱俊岭<sup>1</sup>

(1. 石河子大学 生命科学院, 新疆 石河子 832000; 2. 石河子大学 药学院, 新疆 石河子 832000;

3. 石河子蔬菜研究所, 新疆 石河子 832000)

**摘 要:**以不同发育期的“石研 2 号”和“石研 5 号”品系油莎豆块茎为试材,对油莎豆块茎中的淀粉、果糖、蔗糖、可溶性糖含量以及脂肪含量进行了测定,以研究油莎豆块茎发育过程中糖与脂肪积累的相关性。结果表明:在油莎豆块茎发育过程中果糖含量与脂肪含量相关性不显著;蔗糖含量与脂肪含量呈极显著负相关( $P < 0.01$ );淀粉含量与脂肪含量呈极显著正相关( $P < 0.01$ );可溶性糖含量亦与脂肪含量呈极显著负相关( $P < 0.01$ )。

**关键词:**油莎豆;发育;糖;脂肪;积累

**中图分类号:**S 565.9 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2015)19-0039-04

油莎豆(*Cyperus esculentus* L.)属莎草科(Cyperaceae)莎草属(*Cyperus*)多年生草本,具有耐盐碱、耐贫瘠,在沙质土、白浆土、轻盐碱地、黑土及荒地山坡等地均可种植,生育期短,病虫害少,易栽培管理,繁殖量大,产量高等特点<sup>[1-3]</sup>。脂肪含量 10%~36%,其中不饱和脂肪酸含量 83.6%,油酸 71.6%,除此之外,还含有大量的甾醇,具有天然保健作用<sup>[4]</sup>。经研究发现,油莎豆油不仅可以被用作制备生物柴油的原料,而且可以作为一种天然保健食用油食用<sup>[5-6]</sup>。因此,发展和利用油莎豆这种油料作物,对打破目前我国油料供给短缺且高度依赖进口的瓶颈有着重要意义<sup>[7]</sup>。

提高含油量一直是油料作物研究的重点,淀粉和蛋白质与油脂存在碳源竞争,糖是淀粉、蛋白质、脂肪合成的间接底物,糖类的充足供应能保证油脂大量的积累,因此,糖类是影响油脂合成与积累的重要因素<sup>[8]</sup>。该试验以不同生育期的“石研 2 号”和“石研 5 号”品系的油莎豆块茎为试验材料,对油莎豆块茎发育过程中糖类与脂肪积累的相关性进行研究,旨在对油莎豆的脂肪积累规律进行更深入了解,以期为提高油莎豆块茎含油量及育种改良提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

不同生育期的“石研 2 号”(圆粒型)、“石研 5 号”(小

粒型)品系油莎豆块茎采自石河子市蔬菜研究所实验田,每 10 d 取样 1 次,共取 5 次样品。将所取得块茎在阴凉处风干,每份样品随机分成 3 分,用作重复 3 次。用粉碎机将样品粉碎,干粉过 40 目筛,备用。

### 1.2 项目测定

1.2.1 淀粉含量测定 参照 GB/T 20378-2006<sup>[9]</sup>测定。称取 5.00 g 油莎豆干粉,置于 100 mL 干燥小烧杯中,在 110℃烘箱中烘干 0.5 h,测定样品干物质含量。其次,称取 2.00 g 油莎豆干粉,置于 100 mL 容量瓶中,加入 25 mL 0.309 mol/L 盐酸溶液,搅拌并使样品分散,再加入 25 mL 0.309 mol/L 盐酸溶液,将容量瓶放入沸水浴中不停振摇 15 min,立即加入 30 mL 冷蒸馏水,快速冷却至室温。加入 5 mL 卡来兹溶液 I,振摇 1 min,再加入 5 mL 卡来兹溶液 II,振摇 1 min。之后加蒸馏水定容至刻度,并过滤。在 200 mm 旋光管中测定溶液总旋光度。再称取 5.00 g 油莎豆干粉,置于 100 mL 容量瓶中,加入 80 mL 乙醇,室温下放置 1 h,期间剧烈摇动 6 次,然后用乙醇定容至刻度,过滤。吸取滤液 50 mL,置于 100 mL 烧瓶中,加入 2.1 mL 0.309 mol/L 盐酸溶液,剧烈摇动,连接冷凝管,沸水浴中回流 15 min,快速冷却至室温。加入 5 mL 卡来兹溶液 I,振摇 1 min,再加入 5 mL 卡来兹溶液 II,振摇 1 min。之后,加蒸馏水定容至刻度,并过滤。在 200 mm 旋光管中测定醇溶液旋光度。根据  $w = 184.0 \times 2 \times 105 \times [(2.5\alpha_1/m_1) - (5\alpha_2/m_2)]/w_1$ ,  $w$  淀粉的质量分数(mg/g);  $\alpha_1$  总旋光度值(°);  $\alpha_2$  醇溶液的旋光度值(°);  $m_1$  用于测定总旋光度的样品质量(g);  $m_2$  用于测定醇溶液旋光度的样品质量(g);  $w_1$  样品的干物质质量(%); 184.0 纯淀粉在 589.3 nm 波长下的比旋光度(°)。

1.2.2 果糖含量测定 采用间二苯酚法测定<sup>[10]</sup>。称取油莎豆干粉 0.05 g,置于 10 mL 离心管中,加入 4 mL

**第一作者简介:**师茜(1990-),女,硕士研究生,研究方向为植物化学。E-mail:shiqian\_hy@163.com.

**责任作者:**田丽萍(1961-),女,本科,教授,现主要从事植物营养生理等研究工作。E-mail:lipingt@163.com.

**基金项目:**农八师石河子市科技局农业科技攻关计划资助项目(2012ny14)。

**收稿日期:**2015-05-19

80%的乙醇,于80℃水浴中搅拌40 min,离心,残渣中再加入2 mL 80%的乙醇重复提取2次,合并上清液,定容至10 mL。取2支试管,分别加入1 mL样品处理液和蒸馏水(空白对照)加2 mL 0.1%的间二苯酚和1 mL  $H_2O_2$ ,摇匀,80℃反应10 min,在480 nm处测OD值。根据标准曲线回归方程 $y=0.0071x+0.0048$  ( $R^2=0.9992$ ),求出果糖含量<sup>[10]</sup>。

1.2.3 蔗糖含量测定 采用GB/T5009.8-2008. 酸滴定法测定<sup>[11]</sup>。称取样品2.5 g,置于250 mL容量瓶中,加50 mL水,再加入5 mL乙酸锌和5 mL铁氰化钾溶液,加水至刻度处,静置30 min,过滤,弃去初滤液,续滤液备用。吸取2份续滤液分别置于100 mL三角瓶,其中1份加5 mL盐酸,在80℃水浴中加热30 min,然后加入2滴甲基红指示剂,用氢氧化钠中和,加水至刻度处,另1份直接稀释至100 mL。吸取5 mL酒石酸铜甲液和酒石酸铜乙液,置于150 mL锥形瓶中,加入2粒沸石,加热至沸,用葡萄糖标准溶液滴定至蓝色消失,即为滴定终点。记录所消耗葡萄糖标准溶液的体积。计算蔗糖含量: $X=A/[1000m(V/250)]X$ ,蔗糖含量(%);A酒石酸铜甲乙液相当的葡萄糖质量(g/100g);V所消耗的葡萄糖标准溶液的体积(mL)。

1.2.4 可溶性糖含量测定 采用硫酸-蒽酮法测定<sup>[12]</sup>。称取1.00 g种子,研磨置于具塞试管中,加入8 mL蒸馏水,提取30 min,反复冲洗残渣,与提取液一起转移至离心管中,3 000 r/min,离心15 min。吸取上清液0.1 mL于具塞刻度试管中,加蒸馏水1.9 mL,然后加入0.5 mL蒽酮乙酸乙酯试剂和5 mL浓硫酸,充分振荡,立即放入沸水浴中,准确保温1 min,取出后冷却至室温,在630 nm下测定吸光值。根据标准曲线回归方程

$Y=0.0074X+0.0063$  ( $R^2=0.9993$ ),求出可溶性糖含量。

1.2.5 脂肪含量测定 采用GB/T5009.6-2003. 索氏提取法<sup>[13]</sup>。称取5.00 g油莎豆干粉置于滤纸筒内,将滤纸筒放入索氏提取器,从提取器加入100 mL石油醚于接收瓶中,水浴加热,使石油醚不断回流提取6 h,取下接收瓶,将石油醚旋转蒸发,并在水浴锅上将油脂中的石油醚蒸干至恒重,然后在干燥器中冷却至室温,计算块茎的油脂含量。

### 1.3 数据分析

使用SPSS 19.0 对各组数据进行相关性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 油莎豆块茎发育过程中糖含量的变化

对不同生长期的油莎豆块茎中果糖、蔗糖、淀粉、可溶性糖含量的测定发现(图1),“石研2号”块茎中果糖含量呈“M”型变化趋势,而“石研5号”的果糖含量先降低,之后几乎保持不变;2个品种的蔗糖含量变化较为相似,整体呈先增大后逐渐减小的变化趋势,在第20天,蔗糖含量增至高峰,之后下降约为8个百分点;随着块茎的发育,2个品种油莎豆块茎中可溶性糖含量呈逐渐减小,降幅约为10个百分点,第40天以后,可溶性糖含量不再下降,其中“石研2号”的可溶性糖稍有回升,“石研5号”的保持在稳定水平;淀粉含量先逐渐增加,到第40天后,“石研2号”的淀粉含量呈下降趋势,而“石研5号”的淀粉含量保持在稳定水平。整体来看,在油莎豆块茎发育过程中果糖含量始终相对较少,虽有波动,但幅度相对较小,在发育前10 d,块茎含有大量的蔗糖、可溶性糖和淀粉,之后随着块茎的发育,蔗糖含量逐渐降低,可溶性糖含量先降低后保持相对平稳,淀粉含量逐渐增大,成熟时稍有所下降。成熟的油莎豆块茎中,果糖含

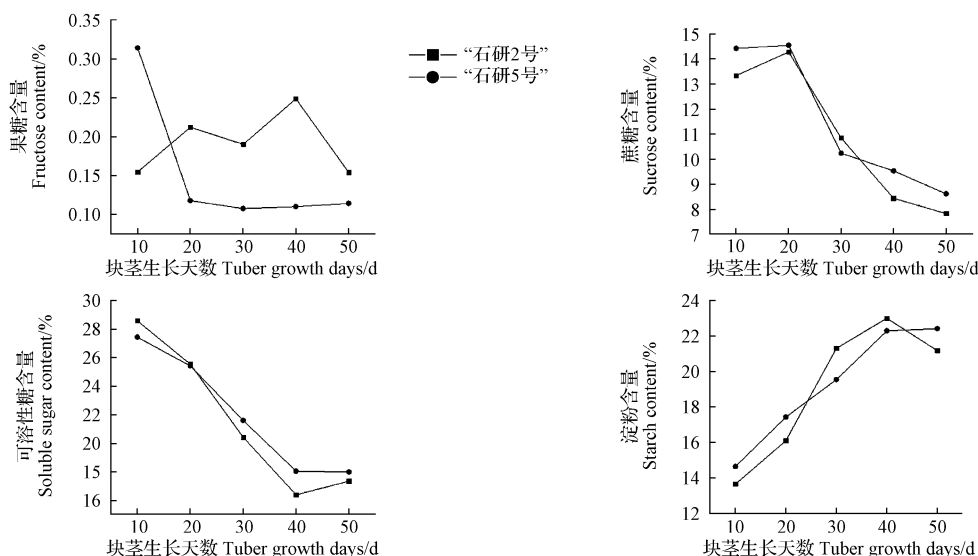


图1 油莎豆块茎发育过程中果糖、蔗糖、淀粉、可溶性糖含量的动态变化

Fig. 1 Dynamic change of the fructose content, sucrose content, starch content and total soluble sugar content during *Cyperus esculentus* tuber development

量约占 0.1%, 蔗糖含量约占 8%, 可溶性糖含量约占 17%, 淀粉含量约占 21%。

## 2.2 油莎豆块茎发育过程中脂肪含量的动态变化

由图 2 可以看出, 在油莎豆块茎发育过程中, “石研 2 号”和“石研 5 号”的脂肪含量呈逐渐增大的变化趋势, 块茎的脂肪由最初的约 11% 增至成熟时的 24% 左右, 其中在块茎生长的第 30~40 天, 块茎脂肪增幅最大。“石研 2 号”的脂肪含量始终明显高于“石研 5 号”的脂肪含量。第 50 天油莎豆块茎成熟时, 脂肪含量约为 24%。

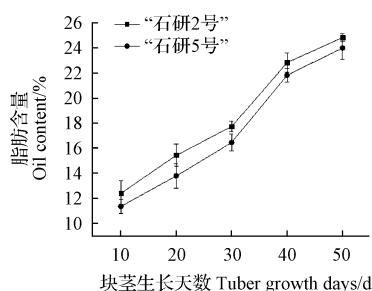


图 2 油莎豆块茎发育过程中脂肪含量的动态变化

Fig. 2 Dynamic change of the oil content during *Cyperus esculentus* tuber development

## 2.3 油莎豆块茎发育过程中糖含量与脂肪含量的相关性分析

在油莎豆块茎发育过程中, “石研 2 号”和“石研 5 号”的果糖含量与脂肪的积累相关性不显著 ( $P > 0.05$ ); 蔗糖含量与脂肪含量的相关系数为  $-0.928^{**}$ 、 $-0.915^{**}$ , 呈极显著负相关 ( $P < 0.01$ ); 淀粉含量与脂肪含量呈极显著正相关 ( $P < 0.01$ ), 相关系数分别为  $0.844^{**}$ 、 $0.976^{**}$ ; 可溶性糖含量亦与脂肪含量呈极显著负相关 ( $P < 0.01$ ), 相关系数分别为  $-0.945^{**}$ 、 $-0.986^{**}$ 。

表 1 油莎豆块茎发育过程中糖含量与脂肪含量之间的相关系数

Table 1 Correlation coefficients between sugar content and oil content during *Cyperus esculentus* tuber development

|                    | 脂肪 Oil        | 果糖 Fructose | 蔗糖 Sucrose    | 淀粉 Starch     | 可溶性糖 Soluble sugar |
|--------------------|---------------|-------------|---------------|---------------|--------------------|
| 脂肪 Oil             | —             | $-0.394$    | $-0.928^{**}$ | $0.976^{**}$  | $-0.986^{**}$      |
| 果糖 Fructose        | $0.156$       | —           | $0.591^{*}$   | $-0.478$      | $0.493$            |
| 蔗糖 Sucrose         | $-0.915^{**}$ | $-0.053$    | —             | $-0.918^{**}$ | $0.948^{**}$       |
| 淀粉 Starch          | $0.844^{**}$  | $0.312$     | $-0.849^{**}$ | —             | $-0.982^{**}$      |
| 可溶性糖 Soluble sugar | $-0.945^{**}$ | $-0.295$    | $0.917^{**}$  | $-0.967^{**}$ | —                  |

注: \*\*, \* 分别表示在 0.01、0.05 水平上相关显著。右上角数据为“石研 2 号”油莎豆糖含量与脂肪含量之间的相关系数; 左上角数据为“石研 5 号”油莎豆糖含量与脂肪含量之间的相关系数。

Note: \*\*, \* indicate significance at 0.01 and 0.05 levels. The correlation between sugar content and oil content of ‘Shiyan No. 2’ tuber is in upper right corner; the correlation sugar content and oil content of ‘Shiyan No. 5’ tuber is in lower left corner.

## 3 讨论与结论

蔗糖是合成脂肪酸的主要物质, 在蔗糖转化酶及蔗糖合酶的作用下分解为己糖<sup>[14]</sup>, 己糖可用于生成淀粉, 也可进入糖酵解途径(糖酵解、三羧酸循环、戊糖磷酸途

径)转化为丙酮酸、磷酸丙糖等, 用于油脂的合成, 因此淀粉被认为是与脂肪争夺碳源物质。果糖是蔗糖的分解产物, 在细胞中难以积累<sup>[8]</sup>, 因此在整个过程中果糖含量较少。试验结果表明, 油莎豆块茎发育过程中, 糖类和脂肪含量的变化以可溶性糖(主要是蔗糖)的降解, 淀粉和脂肪的积累为主。在块茎发育的前 40 d, 蔗糖含量和可溶性糖含量整体逐渐下降, 淀粉和脂肪的含量逐渐加速积累, 由此可知, 油莎豆块茎中糖类代谢较为活跃, 这一时期是可溶性糖(主要是蔗糖)向脂肪和淀粉转化的高峰期。第 40 天之后, 可溶性糖含量不再减少, 几乎达到稳定水平, 蔗糖含量继续降低, 而在此期间的淀粉含量稍有所下降, 脂肪含量始终持续上升, 可能是因为可溶性糖(主要是蔗糖)含量降低到一定程度, 需要淀粉降解<sup>[15]</sup>, 以保证脂肪合成的碳源供应, 使得脂肪含量大幅增加。相关性分析表明, 脂肪含量与蔗糖、可溶性糖含量呈极显著负相关 ( $P < 0.01$ ), 与淀粉含量呈极显著正相关 ( $P < 0.01$ ), 因此, 由于碳源竞争性作用, 脂肪的合成亦受淀粉合成的影响。

该研究首次对油莎豆块茎发育过程中糖类与脂肪的相关性进行了研究。从“石研 2 号”与“石研 5 号”的含糖量与脂肪含量的变化动态来看, “石研 2 号”较“石研 5 号”有着较强的糖类转化为脂肪的能力, 这种差异的根本原因可能与不同类型油莎豆块茎的脂肪合成酶系统的组成及活性有关, 至于二者在脂肪酶系统的组成和活性的差异<sup>[16]</sup>, 尚有待进一步研究。

## 参考文献

- [1] 杨敏, 田丽萍, 薛林. 不同油莎豆品种在新疆干旱气候区的产量表现与品质差异[J]. 中国油料作物学报, 2013, 35(4): 451-454.
- [2] 黄春荣, 梁文章, 孙祖东. 油莎豆的引种及生产发展策略[J]. 大众科技, 2012, 14(154): 178-181.
- [3] 沈庆磊. 油莎豆高产优质栽培初步研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2010.
- [4] SHAKER M A, AHMED M G, AMANY M B, et al. Chufa Tubers (*Cyperus esculentus* L.): As a New Source of Food [J]. World Applied Sciences Journal, 2009, 7(2): 151-156.
- [5] 黄明华, 王学华, 庞震宇. 油莎豆的研究现状及展望[J]. 作物研究, 2013, 27(3): 293-301.
- [6] 李国平, 杨鹭生, 朱智飞, 等. 油莎豆油制备生物柴油的研究[J]. 中国油脂, 2012, 37(3): 59-62.
- [7] 危文亮, 金梦阳. 我国发展能源油料的策略分析[J]. 中国油料作物学报, 2008, 30(2): 260-264.
- [8] 威维聪. 油菜发育种子中油脂积累与 Kennedy 途径酶活性的关系研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2008.
- [9] GB/T 20378-2006. 淀粉含量的测定[S].
- [10] 张志良, 瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003: 127.
- [11] GB/T 5009.8-2008. 蔗糖含量的测定(酸滴定法)[S].
- [12] 尹燕萍, 董学会. 种子学实验技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [13] GB/T 5009.6-2003. 食品中脂肪的测定[S].
- [14] KING S P, LURM J E, FURBANK R T. Carbohydrate content and enzyme metabolism in developing canola silicles[J]. Plant Physiology, 1997, 144(3): 153-160.

DOI:10.11937/bfyy.201519012

# 不同品种葡萄叶片 SPAD 值与 叶绿素含量相关性分析

陈景蕊, 潘 静

(宁夏防沙治沙职业技术学院, 宁夏 银川 750021)

**摘 要:**以“红提”、“紫提”、“解百纳”3 个品种葡萄为试材,采用 SPAD-502 叶绿素仪与分光光度法分别测定葡萄叶片的 SPAD 值与叶绿素含量,研究了不同品种葡萄叶片 SPAD 值与叶绿素含量的相关性。结果表明:3 个品种葡萄叶片 SPAD 值与叶绿素 a、叶绿素 b 以及总叶绿素含量间均存在极显著正相关关系;通过线性回归得出了 SPAD 值与叶绿素 a、叶绿素 b 以及总叶绿素含量间的回归方程;经研究 3 个品种葡萄叶片叶绿素含量的实测值与回归方程的预测值之间均无显著性差异,采用回归方程,通过 SPAD 值可以预测不同品种葡萄叶片的叶绿素含量。

**关键词:**不同品种葡萄;SPAD 值;叶绿素含量;相关分析

**中图分类号:**S 663.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)19-0042-05

葡萄(*Vitis vinifera* L.)几乎占全世界水果产量的 1/4,并具有丰富的营养和药用价值<sup>[1]</sup>。作为鲜食和葡萄加工品受到越来越多人的青睐,因而对葡萄品质的要求进一步提高。因葡萄品质和叶绿素含量存在相应关系<sup>[2]</sup>,而土壤类型、土壤水分、土壤养分等生境环境条件,使植物叶绿素含量产生差别<sup>[3]</sup>。所以,在植株的整个生

育期,可以通过叶绿素含量来鉴定其营养状况<sup>[4]</sup>,判断果品品质。因此,研究果树叶绿素含量对提高果树品质有很重要的意义<sup>[5]</sup>。

该研究通过不同叶绿素含量的叶片对 2 种不同波长的吸收不同来确定其叶绿素含量,具有快速、简便和无损的特点<sup>[6-8]</sup>,其测量结果是植物叶片中叶绿素含量的相对存在,这在园林植物<sup>[9]</sup>、荔枝<sup>[6]</sup>、苹果<sup>[10]</sup>、枣树<sup>[5]</sup>、杏树<sup>[11]</sup>等多种植物中应用。但不同植物利用 SPAD 值预测叶片叶绿素含量的模型存在一定差异<sup>[12]</sup>,而葡萄叶片中叶绿素含量与 SPAD 值相关性分析尚鲜见报道。

**第一作者简介:**陈景蕊(1964-),女,本科,副教授,现主要从事果树栽培教学与研究等工作。E-mail:chenjingrui2008@126.com.

**基金项目:**宁夏高等学校科学研究资助项目(NGY2013179)。

**收稿日期:**2015-05-25

[15] 赵翠格.文冠果种子发育过程中油脂积累规律的研究[D].北京:北京林业大学,2010.

[16] 郑飞,蒋忠怀,宋同明,等.高油玉米与普通玉米籽粒发育过程中糖类及脂肪消长规律的比较[J].中国农业大学学报,1996(1):79-82.

## Study on the Correlations of Accumulation Between Sugar and Fatty During *Cyperus esculentus* Tuber Development

SHI Qian<sup>1</sup>, TIAN Liping<sup>1,2</sup>, XUE Lin<sup>3</sup>, WANG Xiaohong<sup>1</sup>, ZHU Junling<sup>1</sup>

(1. College of Life Science, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832000; 2. College of Pharmacy, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832000; 3. Shihezi Vegetable Research Institute of Vegetable Science, Shihezi, Xinjiang 832000)

**Abstract:** With ‘Shiyan No. 2’ and ‘Shiyan No. 5’ as test materials, the correlations of accumulation between sugar and fatty during *Cyperus esculentus* tuber development was studied. The results showed that, the correlation between fructose content and oil content was not significant ( $P > 0.05$ ), while highly significant positive correlation with sucrose content and oil content ( $P < 0.01$ ), as well as starch content and oil content, soluble sugar content and oil content ( $P < 0.01$ ) during *Cyperus esculentus* tuber development.

**Keywords:** *Cyperus esculentus*; development; sugar; oil; accumulation