

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2005)06-0335-05

不同加工型马铃薯品种光合特性的比较

王惠群, 萧浪涛, 杨艳丽, 洪亚辉, 刘素纯, 童建华

(湖南农业大学湖南省植物激素与生长发育重点实验室, 湖南 长沙 410128)

摘要: 本文通过对4个加工型马铃薯品种在块茎形成期和块茎增长期的光合作用参数、叶片的SPAD值等光合特性的测定与分析, 结果表明: 4个加工型马铃薯品种光合作用能力大小依次为大西洋 Atlantic) > 利云6号 (PB06) > 利云4号 (PB04) > 利云8号 (PB08)。

关键词: 加工型马铃薯; 光合特性; 块茎形成期; 块茎增大期

马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.), 原产于秘鲁和智利的高山地区, 17世纪中叶由荷兰人传入我国。由于马铃薯丰产性好, 适应性广, 耐旱耐瘠, 逐步成为人类重要的粮食、蔬菜、饲料和工业原料, 马铃薯还是我国的出口物资。

根据马铃薯茎叶生长与产量形成的相互关系, 把马铃薯的生育过程划分为6个生育时期, 即发芽期、幼苗期、块茎形成期、块茎增长期、淀粉积累期、成熟收获期。块茎形成期和块茎增长期是马铃薯生育最关键的两个时期, 前者是决定单株块茎数多少的时期, 后者是决定块茎大小的时期, 也是需水、需肥最多的两个时期。马铃薯叶片的光合特性对于马铃薯单株块茎数量、块茎重量和块茎形成品质有重要影响, 并直接关系到其它生理性状的变化, 所以, 研究马铃薯光合生产力是提高马铃薯种植水平及产量的基础。

本研究对4个不同加工型马铃薯品种的两个生育最关键的时期(块茎形成期和块茎增长期)的光合特性进行研究: 包括叶片光合作用参数、叶片叶绿体色素含量、叶片SPAD值等生理生化性状与马铃薯单株块茎数量、块茎重量和块茎淀粉含量的测定与分析。旨在阐明4个不同加工型马铃薯品种的光合特性差异, 从而对预测马铃薯块茎形成的质量和数量, 对于马铃薯种薯的选育、引种、高产优质栽

培等方面具有重要的理论和实际参考价值^[1-4]。

1 材料与方法

1.1 试验材料

4个不同加工型马铃薯品种包括: 大西洋 Atlantic), 利云4号 (PB04), 利云6号 (PB06), 利云8号 (PB08) 的优良种薯, 由东南亚薯类作物研究与控制中心提供。大西洋简称为A, PB04简称为4, PB06简称为6, PB08简称为8, 优良种薯的大小为50g左右。

试验地在湖南省长沙县石常乡北山镇(海拔300m), 前茬种植水稻。试验采用单因素试验随机区组设计, 3次重复, 4个处理。2005年1月21日播种, 每处理小区长10m, 宽1.6m, 种植密度为40cm×40cm, 播种深度10~15cm, 每667m²施复合肥50kg, 薹肥1kg, 没出苗前施除草剂(芥草隆), 田间管理常规进行。2005年3月初开始出苗, 6~7日出苗率为5%, 3月底出苗整齐; 4月底植株花蕾发生, 进入块茎形成期; 5月下旬花蕾凋谢, 进入块茎增长期, 6月中旬收获。

1.2 试验方法

在大田种植的4个不同加工型马铃薯品种的3次重复里, 每重复取4品种各一株, 且植株间的生长状况应大概一致。在马铃薯块茎形成期采用80%丙酮浸提法提取顶三叶的顶小叶的叶绿体色素, 测定叶绿素含量。在马铃薯块茎形成期和块茎增长期利用叶绿素仪 (SPAD-502 Minota, Japan) 测

收稿日期: 2005-10-08

作者简介: 王惠群 (1963-), 男, 副教授, 博士研究生, 主要从事植物生理方面的研究。

定不同部位的功能叶片的顶小叶的 SPAD 值^[5-7]。在马铃薯块茎形成期 光合特征参数测定时间为 2005 年 4 月 30 日上午 9:30, 晴天, 温度 28 , 光照强度 800 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。) 和块茎增长期 光合特征参数测定时间为 2005 年 5 月 25 日上午 9:30, 晴天, 温度 30 , 光照强度 1000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。) 采用 LI-6400 便携式光合测定系统测定不同部位的功能叶片光合速率 (Photo)、蒸腾速率 (Trmmol)、气孔导度 (Cond) 和胞间 CO_2 浓度 (Ci)。2005 年 6 月 14 日收获, 对马铃薯不同品种各小区 30 株样品的淀粉 (鲜样) 含量采用比重法测定; 对马铃薯不同品种各小区 30 株样品的性状和块茎产量的直接测定数据计算其平均数^[8-10]。

2 结果与分析

2.1 4 个不同加工型马铃薯品种块茎形成期光合特性的比较

从表 1 可以看出, 品种 A 的叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量、叶绿素含量最高, 分别达到了 1.20 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 、0.54 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 、1.74 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$; 其次是品种 6,

它的叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量、叶绿素含量也比较高, 分别达到了 0.87 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 、0.38 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 、1.25 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$; 然后是品种 4、8 的叶绿素总含量依次下降。品种 A 光合速率为 23.6 $\mu\text{mol}\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 品种 4 和 8 均为 21.1 $\mu\text{mol}\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 品种 6 为 21.2 $\mu\text{mol}\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。品种 A 的光合速率比其它 3 个品种平均高出约 11.8%, 具有了良好的光合生产潜能。用 DSP 数据处理系统分别对块茎形成期的不同加工型马铃薯品种的光合速率进行方差分析, 其 F 值为 3.45, 大于 $F_{0.05}=0.0921$, 达到显著差异, 进行 Duncan's 新复极差测验的多重比较得表 2。

从表 2 可以看出, 大西洋的光合速率最高, 与其他品种有显著差异。

在相同的种植条件下, 品种 A 的叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量、叶绿素含量、光合速率比其他的 3 个品种都高出很多, 品种 A 表现出比其他 3 个品种更好的进行光合作用的自身条件。表明品种 6 在块茎形成期的光合潜势相对较好, 能更有效地进行光合作用, 积累同化产物, 达到增加产量的效果。

表 1 不同加工型马铃薯品种块茎形成期的光合特性

品 种	叶绿素 a 含量 ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	叶绿素 b 含量 ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	叶绿素含量 ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	Photo	Ci	Cond	Trmmol
A	1.20	0.54	1.74	23.6	282.3	3.56	8.87
4	0.64	0.34	0.98	21.1	281.6	3.42	8.99
6	0.87	0.38	1.25	21.2	278.6	2.44	8.95
8	0.50	0.22	0.72	21.1	280.0	2.23	9.10

注: Photo: 光合速率 ($\mu\text{mol}\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$); Cond: 气孔导度 ($\text{molH}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$); Ci: 胞间 CO_2 浓度 ($\mu\text{mol}\text{CO}_2\cdot\text{mol}^{-1}$); Trmmol: 蒸腾速率 ($\text{mmolH}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)。

表 2 不同加工型品种马铃薯的块茎形成期光合速率的差异比较

品 种	平均数 ($\mu\text{mol}\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	差异显著性	
		$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
A	23.57	a	A
4	21.20	b	A
6	21.10	b	A
8	21.10	b	A

胞间 CO_2 浓度为 $A>4>8>6$ 。 CO_2 是植物进行光合作用的原料, 随着胞间 CO_2 浓度的增加, 光合速率也加快; 品种 A 的气孔导度与品种 4 相比,

高出 7%; 与品种 6 相比, 高出 46%; 与品种 8 相比, 高出 59%, 品种 8 的气孔导度最低。胞间 CO_2 浓度、气孔导度也是衡量光合作用能力的指标, 叶肉细胞中的气孔通畅度对于气体交换速率有重要的影响, 当叶肉细胞中有充足的 CO_2 的时候, 光合速率也会增大。同时, 气孔导度也受水分等因素的干扰, 也就是气孔阻力与气孔导度呈负相关。在试验中品种 A 光合能力依然最好, 其次是 4 和 6, 最差的仍然是 8。因此可以得出结论: 胞间 CO_2 浓度、气孔导度与光合速率呈大致正相关。在相同生长条件下, 品种 A 具备了更好的条件进行光合生产。

品种 A 的蒸腾速率最低, 最高的是品种 8, 其

次是品种 4 和 6。一般来说, 蒸腾作用是受气孔阻力等因素影响的, 在一定的范围内, 气孔导度越大, 蒸腾速率越高, 但是超出了范围, 两者则是负相关关系。A 光合速率最高、气孔导度最大, 虽然蒸腾速率不高、但也有可能是受其他因素的影响, 品种 8、4、6 蒸腾作用虽然高, 但是不能表明其光合能力强, 因为蒸腾作用和光合作用之间并不是决定性关系。

由图 1 可以看出, 对块茎形成期的不同加工型马铃薯品种的不同部位的功能叶片进行 SPAD 值的测定。品种 A 的各叶位的 SPAD 值都比较高, 其次是品种 6、4, 最小的是品种 8。品种 A、6、4 的顶 5 叶的 SPAD 值都比其他叶的高, 而品种 8 的顶 4 叶的 SPAD 值比其他叶的高, 这说明马铃薯的主要功能叶在顶 4 叶和顶 5 叶。SPAD 仪器的工作原理是采用两个不同波长的光源分别照射植物叶片表面, 通过比较穿过叶片的透射光的光密度差异而得出 SPAD 值, 因而, SPAD 值是一个无量纲的比值, 与叶片中的叶绿素含量成正相关。而试验结果也表明 SPAD 值与叶绿素含量有良好的相关性。

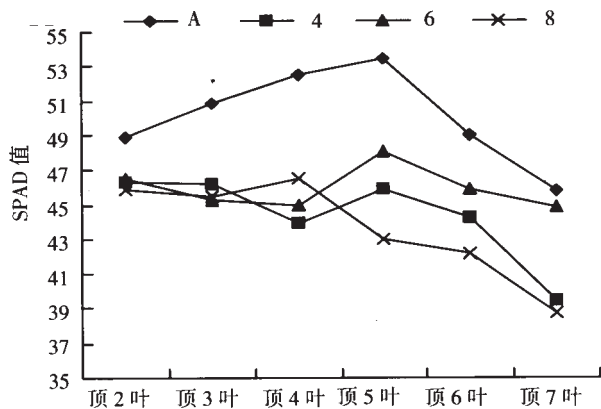


图 1 不同加工型品种马铃薯块茎形成期的 SPAD 值

2.2 4 个不同加工型马铃薯品种块茎增长长期光合特性的比较

2.2.1 不同马铃薯品种块茎增大期叶片光合速率的变化曲线

从图 2 可以看出, 品种 A 的光合速率最高最稳定, 从顶 3 叶到顶 7 叶呈线形, 整体速率平稳, 其次是品种 4, 其光合速率在顶 3 叶到顶 5 叶间持

续上升, 然后在顶 6 叶下降; 接下来是品种 6, 光合速率在顶 4 叶以下一直下降; 品种 8 光合速率最低, 各叶片之间差距变化不大。与块茎形成期相比, 品种 A 仍然是光合速率最高的, 品种 8 是最低的。

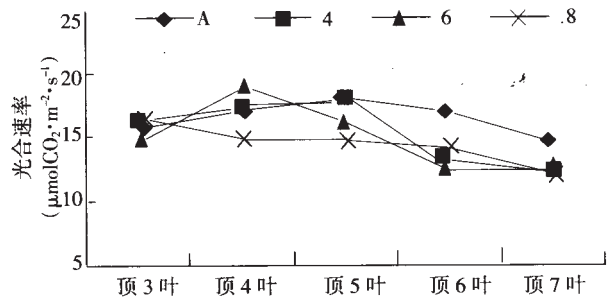


图 2 不同品种马铃薯块茎增大期功能叶片的光合速率

2.2.2 不同马铃薯品种块茎增大期叶片气孔导度 (cond) 的变化曲线

从图 3 可以看出, 各品种的气孔导度都是有高有低, 变化值的范围比较大, 品种 A 最高, 品种 8 最低。4 各叶片的变化较不稳定, 这会影响到光合速率的持续稳定性, 从而有可能对产量造成影响。

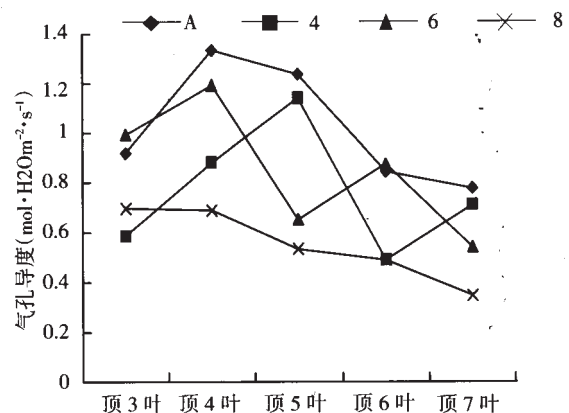


图 3 不同品种马铃薯块茎增大期功能叶片的气孔导度

2.2.3 不同马铃薯品种块茎增大期叶片胞间 CO₂ 浓度 (Ci) 变化曲线

从图 4 可以看出, 品种 A 和 6、8 的各叶片的胞间 CO₂ 浓度变化趋势很平稳, 只有品种 4 各叶片的胞间 CO₂ 浓度变化差距比较大, 表明品种 4 的生长状况不是很好, 而品种 6 和 8 的变化曲线基本一致。

2.2.4 不同马铃薯品种块茎增大期叶片蒸腾速率 (Trmmol) 的变化曲线

从图5可以看出, 品种A的蒸腾速率最高, 4略高于6, 8依然最低。与块茎形成期相比, A的蒸腾速率提高了。光合速率高的品种, 蒸腾速率与之成正相关, 因此提高马铃薯产量, 必须有足够水分供其蒸腾消耗^[9]。气孔阻力则与光合速率呈负相关, 是影响光合生产力因素, 但缺乏细胞间隙阻力数据, 因此只能认为是影响因素之一。综合来看可以预测, 品种A的产量应该超过其它3个品种。

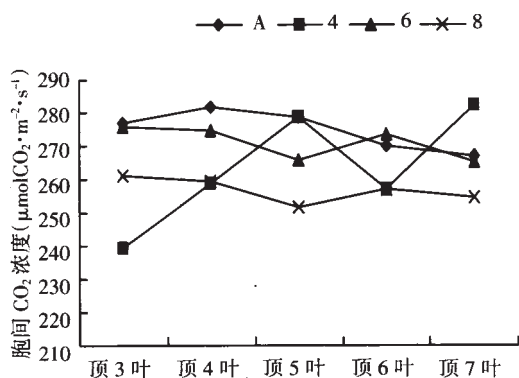


图4 不同品种马铃薯块茎增大期功能叶片的胞间 CO₂ 浓度

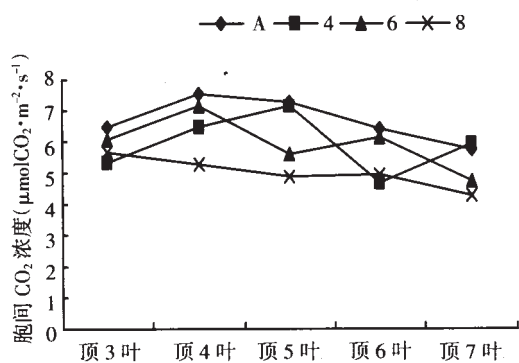


图5 不同品种马铃薯块茎增大期功能叶片的蒸腾速率

2.2.5 不同加工型马铃薯品种块茎增大期功能叶片 SPAD 值的比较

从图6可以看出, 品种4和6的 SPAD 值相对较高, 品种A其次, 最低的是品种8。品种6高于其他3个品种, 与块茎形成期比较, 各品种的 SPAD 值相对降低了。就各品种的最高 SPAD 值来看, 品种A在顶4叶; 4在顶5叶; 6在顶6叶; 8在顶4叶, 功能叶片相对集中在中部。

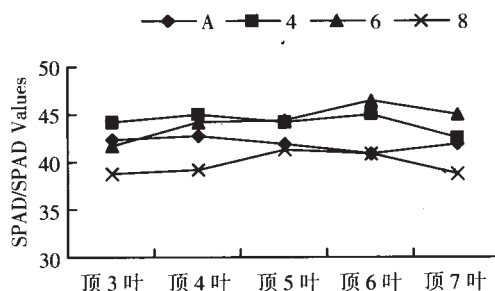


图6 不同马铃薯品种块茎增长期 SPAD 值的测定

3 讨论

3.1 SPAD 值与叶绿体色素含量、光合作用参数的关系

SPAD 值是一个无量纲的比值, 与叶片的厚度、叶片的叶绿素的含量有一定的关系。在马铃薯块茎形成期和块茎增大期的两个关键时期, SPAD 值能比较准确的表现出叶片的叶绿素含量, 而叶绿素含量与作物叶片含氮量又是紧密相关的。一般认为, 作物含氮量对叶绿素的影响有三种关系:

(1) 线性关系: 叶绿素含量随叶片含氮量的增加而增加, 这类作物有水稻、烟草等。

(2) 二次型关系: 随着含氮量升高, 叶绿素含量上升, 但达到一定阈值后, 含氮量提高, 叶绿素含量却不再增加, 光合速率也保持不变。这类作物有玉米、小麦、甜菜、大豆、棉花等。

(3) 对旱作植物来说, 叶片全氮中有 10% 的硝态氮存在, 且这部分硝态氮在高氮营养状态下还会增加, 而叶绿素仪是检测不到这些硝态氮的, 这样叶绿素仪读数与叶片全氮间的关系依不同作物来说有线性关系和线性加平台关系。

叶片的叶绿素含量与叶片的光合速率密切相关, 叶绿素含量最高不一定产量最高, 而叶绿素含量过低则说明叶片衰老, 其光合速率显著降低, SPAD 值的大小并不能直接决定光合速率的高低。试验结果表明, SPAD 值并不能作为衡量植物光合能力的标准, 能作为研究光合参数的重要数据。马铃薯块茎形成期和增长期的两个 SPAD 值之间并没有紧密的联系^[6-9]。

3.2 光合特性与光合产量的关系

品种A的叶绿素a含量、叶绿素b含量、叶绿素含量、光合速率明显高于其他3个品种, 品种6、4和8依次下降。品种A的胞间 CO₂ 浓度 (Ci)

高于其它品种, 有利于提高光合速率; 在块茎形成期品种 8 蒸腾速率 (Tmmol) 略高; 而在块茎增长期, 则是品种 A 略高。这说明叶片的光合速率与蒸腾速率虽关系密切, 但不完全同步, 可见蒸腾作用并非影响光合速率唯一因素。综合比较光合特性, 品种 A 的光合作用能力更有利于提高块茎产量。随着叶片光合速率的提高, 植株干物质迅速增加, 叶子中同化产物外运速度加快, 淀粉逐渐沉积, 块茎生长^[9]。

试验表明: 品种 A 的光合速率较高, 但要截获更多光能, 应用光合速率高的品种并非唯一途径。还应注意湿度, 尤其是生长季节早期温度, 田间密度和水分状况等。本次试验所用品种 A 在云南种植取得了很好效果, 就块茎形成期的情况来看, 南方生长条件下品种 6 长势更好, 可能更适合在南方种植, 而品种 A 稍弱一点, 不过在块茎增长期品种 A 表现更强势的光合产量, 种植效果超过了品种 6。目前在南方地区提高马铃薯前期生长的早期温度, 使叶面积尽早扩大以接受更多光能, 是提高产量行之有效的措施。为提高产量应对田间密度和适宜的群体结构以更多的重视^[10-12]。

综上所述, 4 个加工型马铃薯品种光合作用能力大小依次为: 品种 A>品种 6>品种 4>品种 8。

[参 考 文 献]

- [1] 郝清玲. 马铃薯脱毒种薯高产栽培技术 [J]. 青海农技推广, 2004, (4): 46- 46.
- [2] 马铃薯块茎发育与地上茎叶生长关系的研究 [J]. 陕西农业科学, 1999, (4): 12- 13.
- [3] 许大全. 光合速率与作物产量 [J]. 生物学通报, 1999, 34 (8): 8- 10.
- [4] 艾天成, 李方敏, 周治安, 等. 作物叶片叶绿素含量与 SPAD 值相关性研究 [J]. 湖北农学院学报, 2000, 20 (1): 6- 8.
- [5] 雷泽湘, 艾天成, 李方敏, 等. 草莓叶片叶绿素含量、含氮量与 SPAD 值间的关系 [J]. 湖北农学院学报, 2001, 21 (2): 138- 140.
- [6] WANG Shao-hua, Zhi-jun Ji, Sheng-huang LIU, et al. Relationships between balance of nitrogen supply- demand and nitrogen translocation and senescence of different position leaves on rice [J]. Agricultural Sciences in China, 2003, 12(7): 747- 751.
- [7] TIAN Yongchao, Yan ZHU, Wei-xing CAO, et al. Monitoring protein and starch accumulation in wheat grains with leaf SPAD and canopy spectral reflectance [J]. Agricultural Sciences in China, 2003, 2(11): 1205- 1211.
- [8] 张宝林, 高聚林, 刘克礼. 马铃薯群体光合系统参数的研究 [J]. 中国马铃薯, 2003, (3): 146- 151.
- [9] 杨进荣, 王成社, 李景琦, 等. 马铃薯干物质积累及分配规律研究 [J]. 西北农业学报, 2004, (3): 118- 120, 134.
- [10] 王建林. 脱毒与未脱毒马铃薯叶片光合特性的比较研究 [J]. 中国农业科学, 2002, (2): 222- 224.

Comparative Studies on Photosynthetic Characters of Some Processing Potato Varieties

WANG Hui-qun, XIAO Lang-tao, YANG Yan-li, HONG Ya-hui, LIU Su-chun, TONG Jian-hua

(Hunan Provincial Key Laboratory of Phytohormones and Growth Development, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, Hunan, China)

Abstract: Comparative studies on photosynthesis at the tuber initiation stage and tuber bulking stage of some processing potato varieties were carried out in this research. Many photosynthetic characters, such as photosynthetic parameters, and the chlorophyll SPAD values were measured and analyzed. The results showed that the order of photosynthetic capacity of different processing potato varieties was as follows: Atlantic>PB06>PB04>PB08.

Key Words: potato; photosynthetic characters; tuber initiation stage; tuber bulking stage