

学术园林

马铃薯不同品种淀粉积累生理基础研究

——淀粉积累与磷酸化酶、蔗糖转化酶的关系

门福义 毛雪飞 刘梦云 蒙美莲

(内蒙古农牧学院 呼和浩特 010018)

摘 要

本试验以高淀粉品种晋薯2号、中淀粉品种内薯3号、低淀粉品种紫花白为材料,对不同生育时期块茎淀粉含量、淀粉积累速度与淀粉磷酸化酶、蔗糖转化酶活性的关系进行了研究,其结果表明:全生育期3个品种淀粉磷酸化酶活性均呈单峰曲线变化;不同生育时期,各品种淀粉含量与淀粉磷酸化酶活性无明显规律性;不同生育时期,各品种淀粉积累速度与淀粉磷酸化酶活性呈正相关。淀粉含量和温度是影响淀粉磷酸化酶活性的两个重要因素,而温度又起主导作用。

全生育期,3个品种的蔗糖转化酶均呈苗期为最高,中期显著下降,后期略有回升的变化趋势;不同生育时期,各品种淀粉含量与蔗糖转化酶活性均呈显著负相关;不同生育时期,各品种淀粉积累速度与蔗糖转化酶活性亦呈负相关。因此,蔗糖转化酶活性可作为马铃薯高淀粉育种早期选择的重要生理指标。

关键词 马铃薯, 品种, 淀粉积累, 磷酸化酶, 蔗糖转化酶

1 前 言

马铃薯是以淀粉为主要成分的块茎作物,其淀粉的积累变化和含量除受气候、土壤及栽培措施等外界因素的影响外,主要是由品种遗传特性和生理生化变化等内在因素决

定的。

关于气候条件、土壤、栽培措施等外界因素与块茎淀粉积累变化的关系,日本学者西部幸男^[1]、高炳德和本文作者已有研究报道^[2~6];品种遗传特性和生理生化变化等内在因素与块茎淀粉积累、含量的关系,特别是酶与淀粉积累变化的关系,在各种作物上也均有报道^[7,8]。原苏联学者在马铃薯上也作过磷酸化酶一般规律的研究报道,但在国内

* 内蒙古自然科学基金资助项目

收稿日期:1996 08 20

尚未见报道。本文对马铃薯不同品种生育期间块茎淀粉含量及积累变化与磷酸化酶、蔗糖转化酶活性的关系进行了研究, 以期寻找块茎淀粉高低不同及其积累变化与两种酶的关系, 为马铃薯高淀粉育种和品质鉴定提供有价值的资料和理论依据。

2 材料与方法

2.1 供试品种

晋薯 2 号, 淀粉含量 19% 左右, 为高淀粉品种, 试验代号 H; 内薯 3 号, 淀粉含量 16% 左右, 为中淀粉品种, 试验代号 M; 紫花白, 淀粉含量 14% 左右, 为低淀粉品种, 试验代号 L。

2.2 田间设置

本试验在内蒙古呼和浩特市内蒙古农牧学院教学农场进行。3 个品种随机排列, 2 次重复, 小区面积 50m^2 , 行株距 $50\text{cm} \times 33\text{cm}$, 密度 60000 株/ hm^2 。每小区种植 20 行, 每行 16 株。栽培管理与一般生产田相同。

2.3 测定方法

2.3.1 取样

全生育期取样 5 次, 即 6 月 15 日 (苗期)、6 月 28 日 (块茎形成期)、7 月 26 日 (块茎增长期)、8 月 19 日 (淀粉积累期)、9 月 5 日 (成熟收获期) 各取样 1 次, 每次每小区取样 5 株, 每品种共取样 10 株, 装入塑料袋带回室内, 冲洗晾干, 取每株最大块茎中部的横切片, 混合后测定块茎酶的活性; 另取 100g 鲜块茎风干后, 在 80°C 烘箱中烘 8h, 然后装袋保存, 待统一测定淀粉含量。

2.3.2 测定方法

淀粉含量: 碘比色法; 淀粉磷酸化酶: 参照殷宏章的方法, 以葡萄糖 1 磷酸作为底物, 测定一定时间内的淀粉净合成量, 以其表示酶的活性; 蔗糖转化酶: 参照陈伟栋的方法, 以蔗糖作为底物, 测定一定时间内还原糖

的增加量, 以其表示酶的活性。

3 结果及分析

3.1 块茎淀粉积累变化与淀粉磷酸化酶的关系

3.1.1 不同品种块茎淀粉含量与淀粉磷酸化酶的关系

淀粉磷酸化酶是对淀粉的合成转化起着重要作用的酶。从图中不同品种生育期间淀粉含量变化与淀粉磷酸化酶活性的关系可以看出, 不同淀粉含量的品种, 全生育期淀粉磷酸化酶活性的变化趋势完全一致, 均呈单峰曲线变化。随着块茎体积增大和淀粉的积累, 进入块茎增长期 ($26/7$), 即生长最旺盛期, 淀粉磷酸化酶活性达到峰值。在此之前, 块茎淀粉含量与淀粉磷酸化酶活性呈正相关; 此后, 随着生育进程的推移和块茎淀粉含量的不断积累增加, 淀粉磷酸化酶的活性则随之降低, 块茎淀粉含量与磷酸化酶活性呈负相关。

从整个生育期 3 个品种的淀粉磷酸化酶活性变化规律可以看出, 它与茎叶生长和生理代谢关系更密切, 其消长规律与叶面积消长规律相一致。看来它可以促进光合器官的形成和生长, 提高光合效率, 进而促进了淀粉的合成和积累。

全生育期内, 不同品种间的淀粉磷酸化酶活性与品种淀粉含量无明显的规律性。

根据酶的反应特性——酶的活性与底物浓度成正比, 并受温度影响来分析, 从整个生育期看, 底物浓度与淀粉磷酸化酶的反应不成正比关系, 而与温度关系更密切。据资料, 植物细胞中的酶最适温度在 $50\sim 60^\circ\text{C}$ 以上。从试验结果可以看出, 随着生育期温度的提高, 淀粉磷酸化酶的活性也逐渐增强, 其消长动态与当地气温变化相一致。这说明, 温度是影响淀粉磷酸化酶活性的主要因素。

3.1.2 不同品种块茎淀粉积累速度与

淀粉磷酸化酶活性的关系

从表 1 可见,全生育期各品种淀粉积累速度与淀粉磷酸化酶活性均呈单峰曲线变化,即同一品种,不同生育期间单株淀粉积累速度与淀粉磷酸化酶活性呈很高的正相关;相同生育时期,不同品种单株淀粉积累速度

与淀粉磷酸化酶活性亦呈很高的正相关。说明同一品种淀粉磷酸化酶活性高的时期,淀粉积累速度就快;不同品种在相同时期内,其淀粉磷酸化酶活性高的品种,淀粉积累速度也快。

从上述结果可以看出,淀粉积累速度最

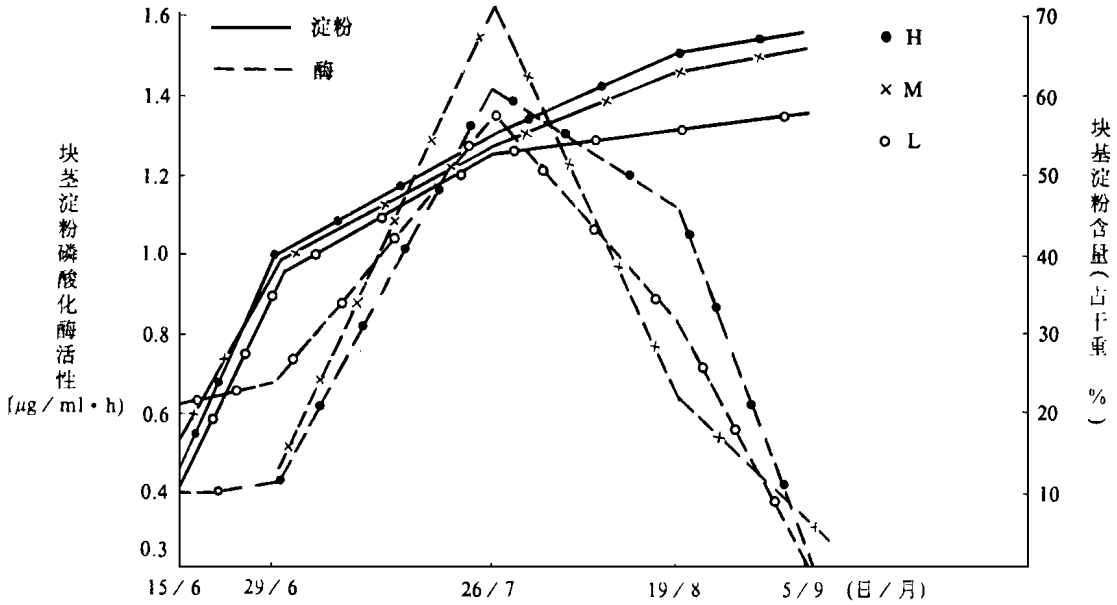


图 块茎淀粉含量与淀粉磷酸化酶活性的关系

表 1 块茎淀粉积累速度与淀粉磷酸化酶活性的相关

测定日期 (日/月)	淀粉积累速度(g/d·株)			淀粉磷酸化酶活性($\mu\text{g}/\text{ml}\cdot\text{h}$)			r
	H	M	L	H	M	L	
15/6	/	/	/	0.405	/	0.630	/
28/6	1.10	1.13	1.15	0.430	0.450	0.675	0.8446
26/7	2.82	3.07	2.16	1.440	1.620	1.350	0.9028
19/8	2.84	0.47	0.74	1.170	0.640	0.830	0.9671*
5/9	/	/	/	0.270	0.315	0.405	/
r				0.9635*	0.9612*	0.8750	

快的时期,并不是淀粉含量最高的时期,是温度最高的时期,也是酶活性最高的时期。块茎

淀粉达到最高的时期, 淀粉磷酸化酶活性却是最低的时期。这是因为酶的反应速度受底物浓度、酶本身浓度、介质 pH 及温度等影响, 即底物浓度、酶本身浓度均与酶反应速度成正比关系, 在一定范围内与温度也成正比关系。这里温度和底物(淀粉含量)是影响淀粉磷酸化酶活性的两个重要因素, 而温度又起主导作用。

3.2 块茎淀粉积累变化与蔗糖转化酶活性的关系

蔗糖是马铃薯光合产物的主要运输形

式。蔗糖转化酶是促进蔗糖分解为葡萄糖和果糖的一种酶, 而葡萄糖和果糖又是合成淀粉的底物。因此, 研究蔗糖转化酶对于研究块茎淀粉积累变化具有重要意义。

3.2.1 不同品种生育期淀粉含量与蔗糖转化酶活性的关系

从表 2 可见, 蔗糖转化酶以苗期最高, 进入块茎形成和块茎增长期显著下降, 生育后期略有回升; 不同品种块茎淀粉含量与蔗糖转化酶活性均呈显著负相关。相同生育时期, 品种间与蔗糖转化酶活性无明显的规律性。

表 2 块茎淀粉含量与蔗糖转化酶活性的相关

测定日期 (日/月)	淀粉积累速度(g/d·株)			蔗糖转化酶活性(μg 葡萄糖/gFW·h)			r
	H	M	L	H	M	L	
15/6	12.3	13.6	10.0	144.65	126.35	130.00	-3.2E 0.2
28/6	40.0	39.0	37.0	53.00	43.25	51.55	-5.1E 0.2
26/7	55.7	54.0	53.1	31.25	20.00	26.60	-0.5644
19/8	66.5	62.9	56.0	36.55	41.55	37.90	-8.4E 0.2
5/9	68.3	66.2	58.7	31.60	39.90	43.20	-0.2538
r				-0.9431*	-0.8526*	-9396*	

表 3 块茎淀粉积累速度与蔗糖转化酶活性的相关

测定日期 (日/月)	淀粉积累速度(g/d·株)			蔗糖转化酶活性(μg 葡萄糖/gFW·h)			r
	H	M	L	H	M	L	
15/6	/	/	/	144.65	126.35	130.00	/
28/6	1.10	1.13	1.15	53.00	43.25	51.55	-0.2506
26/7	2.82	3.07	2.16	31.25	20.00	26.60	-0.3605
19/8	2.84	0.47	0.74	36.55	41.55	37.90	-0.7782
5/9	/	/	/	31.60	39.90	43.20	/
r				-0.9699*	-0.9516*	-0.6507	

3.2.2 不同品种生育期淀粉积累速度与蔗糖转化酶活性的关系

从表 3 可见, 不同品种块茎淀粉积累速

度与蔗糖转化酶活性均呈负相关。相同生育时期, 品种间淀粉积累速度与蔗糖转化酶活性亦呈负相关。

在生育期间,块茎中淀粉含量高时,可溶性糖含量就低,蔗糖转化酶活性也低。苗期刚刚形成的块茎中,由于蔗糖转化酶活性最高,所以,大量蔗糖(光合产物)被转化为葡萄糖和果糖,被植株生长所消耗,不能形成淀粉而积累。随着生育进程的推移,块茎的体积和重量不断增长,淀粉含量逐渐提高,可溶性糖含量相对降低,由于底物(蔗糖)浓度降低,因而蔗糖转化酶活性也随之降低。这里影响蔗糖转化酶活性的主要因素可能是底物的浓度,这是生育中后期蔗糖转化酶活性较低的重要原因。这一结果揭示了蔗糖转化酶活性与淀粉积累速度及含量有着密切的关系,即蔗糖转化酶活性与块茎淀粉积累速度、淀粉含量呈高度负相关。所以,蔗糖转化酶活性可作为马铃薯高淀粉育种早期选择的重要生理指标和品质鉴定的科学依据。

4 结 论

淀粉磷酸化酶,对马铃薯块茎淀粉合成运转起着重要的促进作用。生育期间,3个品种淀粉磷酸化酶均呈单峰曲线变化,其峰值出现在块茎生长期;其消长动态与马铃薯叶面积消长及当地气温变化动态完全一致;峰值之前淀粉磷酸化酶活性与块茎淀粉含量呈正相关,峰值之后与块茎淀粉含量呈负相关。相同生育时期,各品种间的淀粉磷酸化酶活性与品种淀粉含量无明显的规律性。说明淀粉磷酸化酶在适宜的温度范围内,对淀粉的合成积累有着积极促进作用,但低温是限制酶活性的重要因素。

生育期间各品种单株淀粉积累速度均与淀粉磷酸化酶活性呈正相关;相同时期各品种间淀粉积累速度与淀粉磷酸化酶活性亦呈正相关。从整个生育期看,块茎淀粉积累速度最快的时期,并不是淀粉含量最高的时期(却是温度最高的时期),而淀粉含量最高的时期

(即底物浓度最大),却是淀粉磷酸化酶活性最低的时期,说明淀粉含量和温度是影响酶活性的两个重要因素,而温度又起主导作用。同时还可证明,淀粉磷酸化酶对淀粉合成转化起重要促进作用,但它不是淀粉合成转化唯一的催化酶。

全生育期3个品种块茎淀粉含量变化与蔗糖转化酶活性均呈显著负相关;相同生育时期,各品种间淀粉含量变化与蔗糖转化酶活性无明显规律性。

全生育时期3个品种块茎淀粉积累速度与蔗糖转化酶活性均呈高度负相关;相同时期各品种间块茎淀粉积累速度与蔗糖转化酶活性亦呈负相关。故蔗糖转化酶活性可作为马铃薯高淀粉育种早期选择的重要生理指标和品质预测鉴定的科学依据。

参 考 文 献

- 1 西部幸男·马铃薯块茎淀粉重的年份变异与气象条件的关系. 杂粮作物, 1990, 2: 39~42
- 2 王林萍等·马铃薯高产群体淀粉和 N、P、K 分配数学模型·内蒙古农牧学院学报. 1991, 3: 9~16
- 3 门福义等·马铃薯高淀粉生理基础的研究——块茎淀粉含量与植株若干生理特性. 马铃薯杂志, 1993, 1: 1~6
- 4 门福义等·马铃薯高淀粉生理基础的研究——块茎淀粉含量与糖的代谢. 马铃薯杂志, 1993, 3: 129~133
- 5 门福义等·马铃薯高淀粉生理基础的研究——块茎淀粉含量与单株若干性状. 马铃薯杂志, 1993, 3: 134~138
- 6 郭淑敏等·马铃薯高淀粉生理基础的研究——块茎淀粉含量与 N、P、K 代谢的关系. 马铃薯杂志, 1993, 2: 65~70
- 7 殷宏章等·水稻籽粒成熟过程中淀粉合成及水解酶活力的变化. 实验生物学报, 1956, 5(1): 8~12
- 8 陈伟栋, 陈西凯·甘蔗叶片转化酶与甘蔗生长和糖分积累的关系. 四川甘蔗科技, 1985, 27(3): 1~3

STUDY ON PHYSIOLOGICAL BASIS OF STARCH ACCUMULATION IN DIFFERENT VARIETIES OF POTATO

— RELATION BETWEEN STARCH ACCUMULATION AND AMYLOPHOSPHORYLASE, SUCROSE INVERTASE

Men Fuyi, Mao Xuefei, Liu Mengyun and Meng Meilian

(Inner Mongolia Institute of Agriculture and
Animal Husbandry, Huhehot 010018)

ABSTRACT

Different potato varieties (Jin #² high starch content, Nei #³ medium-starch content and Zihuabai low starch content) were used as experimental materials to study the relation between starch content, rate of starch accumulation and activity of amylophosphorylase, activity of sucrose invertase. The result were as follows.

The activity of amylophosphorylase changed as a single-peak curve for the three varieties during the whole growth phase. Starch content had no obvious correlation with the activity of amylophosphorylase, but the rate of starch accumulation had a positive correlation with the activity of amylophosphorylase for the varieties during various growth stages. Starch content and temperature were important factors which affected the activity of amylophosphorylase, and the latter played a leading role.

The activity of sucrose invertase was high in the seedling stage, declined remarkably in the middle stage and had a little rise again in later stage.

During various growth stages, starch content and the rate of starch accumulation all correlated negatively with the activity of sucrose invertase. Therefore, the activity of sucrose invertase could be used as an important physiological character of early selection for high starch during potato breeding programme.

KEY WORDS: potato, variety, starch accumulation, amylophosphorylase, sucrose invertase