

艾星梅,马长乐,李燕山,等. 马铃薯花芽分化与叶片物质变化的相关性[J]. 江苏农业科学,2017,45(23):88-90.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.23.023

马铃薯花芽分化与叶片物质变化的相关性

艾星梅¹, 马长乐¹, 李燕山², 徐永艳¹

(1. 西南林业大学园林学院, 云南昆明 650224; 2. 云南省农业科学研究院经济作物研究所, 云南昆明 650205)

摘要:以不同花色和生育期的马铃薯品种为材料,研究花芽分化不同时期叶片相关物质变化规律与开花衰老的关系。结果表明,6 个品种花芽分化期 SOD 活性水平不断升高,POD、CAT 活性均呈现先升后降的变化趋势,开花较早的 YS205、ZS1 号、S07-1653 等 3 个品种酶活性较开花晚的 HZ88、YS606、JS05-37-1 品种增幅快,表明马铃薯开花早晚与酶活性强弱有关;蛋白质含量先升后降,叶片淀粉、可溶性糖含量则逐渐上升,有利于花芽始创,促进花芽分化,可溶性糖含量、淀粉含量上升越快,开花越早,表明马铃薯花芽分化和衰老与多种有机营养和生化指标的变化相关联,本研究旨在为马铃薯的花期调控提供理论依据。

关键词:马铃薯;花芽分化;生理生化;相关性

中图分类号: S532.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)23-0088-03

马铃薯不同品种花色各异,具有很高的观赏性,且花期长短不一,每个植株上的 1 个花序持续时间为 15~40 d,晚熟品种的开花期可长达 2 个月以上,少数品种的花还具有清香味。目前,对马铃薯花期的营养物质变化研究较少,主要涉及马铃薯开花结实期的叶、茎、块茎干物质积累速率和分配比例等方面^[1-6],王俊平等研究马铃薯营养物质分配对蕾花果脱落的影响,从现蕾期到结实期花序和块茎都处在对养分的需求高峰期,且二者一直处于同步状态^[7]。现蕾期花序、茎叶、块茎间激烈的养分竞争或养分供应不足以及受到自身生理调控等因素的影响,体内各种激素和酶的动态平衡发生变化,非激素类物质如 H₂O₂^[8-9]、纤维素酶和多聚半乳糖醛酸酶加速降解细胞壁的主要成分(多糖、纤维素、果胶等)^[10],从而导致部分蕾、花、果脱落^[11-13],花期较短,尤其对开花少的早熟品种(系)更为明显。因此,本试验主要研究不同马铃薯花芽分化期的营养物质变化规律与开花衰老的关系,以期马铃薯在生产上延长花期、提高开花品质以及花器官的基因调控机制提供理论依据,达到赏食兼用的目的。

1 材料与方法

1.1 材料

选取云南 6 个不同花色和基因型的马铃薯栽培品种,分别为云薯 205(YS205)、云薯 606(YS606)、合作 88(HZ88)、镇薯 1 号(ZS1 号)、S07-1653、JS05-37-1,由云南省农业科学院提供。所用试剂均为分析纯。

1.2 方法

2015 年 4 月 13 日将供试马铃薯品种同时种植在西南林业大学后山基地,每个品种种植 40 个单株,均采用整薯播种,行距为 60 cm,株距为 30 cm。播种前用 50% 多菌灵可湿性粉

剂 500 倍液进行喷施,并施腐熟农家肥,其间进行精细的田间管理,分别在花芽分化不同时期取样(包括叶片、花蕾、花瓣),共 4 个时期,其中始花期、盛花期、末花期的样品采集时间:花序花朵开放量≥5% 时为始花期,花序花朵开放量≥25% 时为盛花期,花序花朵开放量≥75% 时为末花期。样品采集后迅速用冰盒带回实验室,进行各项生理生化指标的测定。超氧化物歧化酶(SOD)的活性测定采用氮蓝四唑(NBT)法;过氧化物酶(POD)活性的测定采用愈创木酚法;过氧化氢酶(CAT)活性的测定采用 H₂O₂ 分解法;可溶性糖含量和淀粉含量的测定采用蒽酮法;可溶性蛋白含量的测定采用考马斯亮蓝比色法;所有测定均采用叶尚红的试验方法^[14],不同指标重复测定 3 次,取平均值。

1.3 数据分析

数据采用 Excel 和 SPSS 16.0 软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同马铃薯品种生物学特征

从表 1 可以看出,供试品种中开花较早的品种为 YS205、ZS1 号、S07-1653,无结实率或结实率很低,离层较多,开花中后期花蕾几乎脱落;开花较晚的中晚熟品种 HZ88、YS606、JS05-37-1 中 YS606 株高最高,为 100.0 cm,JS05-37-1 株高较矮,为 42.7 cm,3 个品种离层较少,开花中后期花蕾较多,花期较长,结实率以 JS05-37-1 最多。

2.2 不同马铃薯品种花芽分化期叶片中酶活性的变化

2.2.1 SOD 活性 从图 1 可以看出,云南 6 个马铃薯品种的 SOD 活性均呈现一致的变化趋势,花芽分化前期不同品种酶活性均处于较低水平,至始花期之后迅速上升,末花期达到最高,从花芽分化前期到花朵衰败,不同品种 SOD 活性增幅在 42%~66%。由于开花期处在生长发育旺盛阶段,为了满足块茎的生长,生长中心由地上部分各器官逐渐转移到地下部分,以生殖生长为主,随着植株的生长发育,植株体内的 SOD 活性水平不断升高,为抵御并清除不良环境条件下产生的自由基来延缓衰老,与品种开花早晚有关。

收稿日期:2016-06-22

基金项目:云南省教育厅科学研究基金(编号:2014Y342)。

作者简介:艾星梅(1984—),女,云南保山人,博士,讲师,主要从事马铃薯栽培生理与育种研究。E-mail: aixmei84@163.com。

表 1 不同马铃薯种植株生物学特征比较

品种	生长习性	株高 (cm)	花色	繁茂性	坐果率	开花早晚
YS205	半直立	72.3	白-紫	开花数和花蕾数少, 离层较少	无	早
ZS1 号	直立	61.3	白	开花数和花蕾数少; 离层较多	无	早
S07-1653	直立	69.0	深紫	开花数和花蕾数少, 离层多, 花几乎脱落	少	早
HZ88	直立	77.0	紫	开花数和花蕾数较多, 离层多	少	较晚
YS606	半直立	100.0	白	离层少, 花序多	少	较晚
JS05-37-1	半直立	42.7	蓝-紫	开花数和花蕾数丰富, 离层少	多	较晚

2.2.2 POD 活性 从图 2 可以看出, 云南 6 个马铃薯品种的 POD 活性均呈现先升后降的变化趋势, 6 个品种叶片 POD 活性在始花期上升到最高点, 开花较早的 YS205、ZS1 号、S07-1653 品种较其他 3 个品种的 POD 活性高, 其中以 ZS1 号品种 POD 活性最高, 与花芽分化前期相比增幅为 46.3%; 开花较晚的 HZ88 增幅最小, 仅为 22.2%; 随后 6 个品种的 POD 活性迅速下降, 到末花期 6 个品种的 POD 活性均降到最低, 开花较早的 3 个品种 POD 活性下降最快。JS05-37-1 为中晚熟品种, 花期较长, 且坐果率较高, 在整个花芽分化期的 POD 活性均较其他品种低, 变化趋于平稳, 表明 POD 活性变化与植株花期也有一定的关系, 花期越短, 植株体内产生越多的 POD 来清除 H_2O_2 。

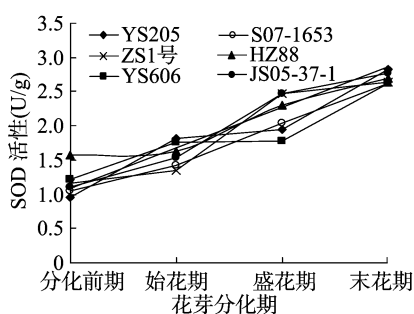


图 1 马铃薯花芽分化过程中叶片 SOD 活性变化

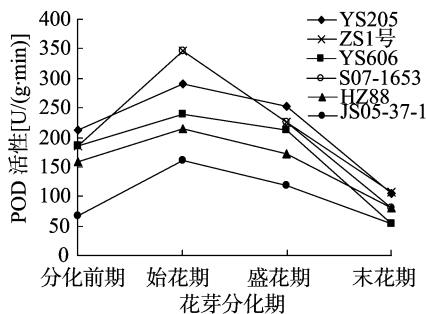


图 2 马铃薯花芽分化过程中叶片 POD 活性变化

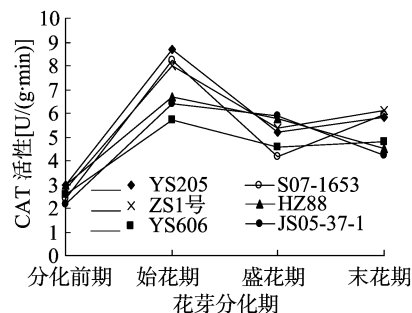


图 3 马铃薯花芽分化过程中叶片 CAT 活性变化

2.3 不同马铃薯品种叶片中蛋白质含量变化

不同马铃薯品种花芽分化期的叶片蛋白质含量变化见图 4, 整个花芽分化期 6 个品种蛋白质含量均呈现先升后降的趋势, 花芽分化前期叶片迅速积累大量的蛋白质, 始花期蛋白质含量均达到最高值, 随着花朵的开放和植株的衰老, 蛋白质含量迅速下降, 6 个品种营养生长期蛋白质含量变化没有明显差异, 末花期各品种的叶片蛋白质含量均下降到 3.0 mg/g 以下。在花芽分化过程中, 随着块茎的膨大, 地上部分营养逐渐向地下部分转移, 花朵则可能是最先将营养进行转移的器官。

2.4 不同马铃薯品种叶片中可溶性糖和淀粉含量变化

在整个花芽形态建成过程中, 马铃薯叶片的淀粉含量与可溶性糖含量的变化均呈现逐渐上升的趋势, 从图 5、图 6 可以看出, 花芽分化前期, YS205 的淀粉含量和还原糖含量均较其他品种低, 分别为 2.70%、0.023%, 之后迅速升高, 尤其是低淀粉品种增加更快, 末花期 YS205 淀粉含量最高, 为 9.76%; HZ88 是以鲜食为主, 末花期叶片淀粉含量最低, 为 7.7%。YS205 是生产上进行块茎淀粉加工的主要品种之一, 随着花芽的不断分化, 叶片中的淀粉含量迅速增加, 为生殖生长提供能源物质, 与此同时, 块茎淀粉含量处于不断积累的过程, 表明叶片、块茎淀粉含量呈正相关; 末花期可溶性糖含量

2.2.3 CAT 活性 从图 3 可以看出, 6 个马铃薯品种 CAT 活性总体呈现先升后降的变化趋势, 在花芽分化前期均处于较低水平, 随着花芽不断分化, 6 个品种在始花期叶片 CAT 活性均上升到最高点, 开花较早的 YS205、ZS1 号、S07-1653 CAT 活性增幅较大, 之后迅速下降, 至盛花期之后 3 个品种的 CAT 活性略有上升, 但幅度不大, 表明这 3 个品种随着花芽分化可产生较多的 CAT 来清除体内的 H_2O_2 对细胞的氧化, 从而延缓衰老。开花较晚的 HZ88、YS606、JS05-37-1 在始花期的 CAT 活性均较其他 3 个品种低, 之后 CAT 活性下降速度趋于平稳, HZ88、YS606、JS05-37-1 均属于中晚熟品种, 花蕾数较多, 花期较长, 这可能与 CAT 活性在整个生育期中较低有关。

最高的是 ZS1 号, 为 0.268%, 最低的是 HZ88, 为 0.17%; 随着叶片可溶性糖含量的增加, 块茎淀粉含量逐渐积累, 二者呈正相关, 叶片可溶性糖、块茎淀粉含量越高, 越有利于促进植株提早花芽分化。

3 讨论与结论

花期早晚和长短因品种遗传特性、气候条件和管理水平等不同有明显差异。植物生理生化过程都是在酶的作用下完成的, 酶是基因表达的直接产物, 6 个品种马铃薯不同花芽分化时期的 SOD 活性均呈上升趋势, 在末花期达到最高, 说明随着花芽的分化, 叶片不断衰老, 体内自由基增多, 研究表明, 适当的 GA_3 浓度处理有利于花色素苷、可溶性糖、可溶性蛋白积累, 能有效延缓花瓣 SOD 活性的降低, 使花期延长^[15]; POD、CAT 活性均呈现先升后降的变化趋势, 且二者在始花期达到最高点, 开花较早的 YS205、ZS1 号、S07-1653 等 3 个品种在始花期 POD、CAT 活性均高于开花较晚的 HZ88、YS606、JS05-37-1 等 3 个品种, 之后 6 个品种的 POD 和 CAT 活性迅速下降, 到末花期降到最低值; 6 个品种在花芽分化前期到始花期各种酶活性上升幅度都非常迅速, 表明 6 个品种在始花前期酶活性都很旺盛, 而抗氧化酶活性下降也预示着是花

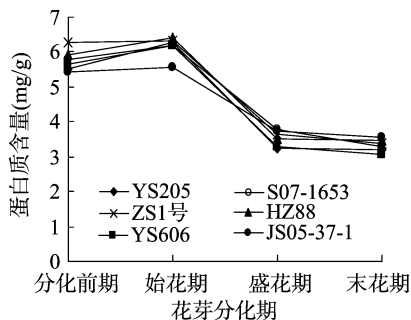


图4 马铃薯花芽分化过程中叶片蛋白质含量变化

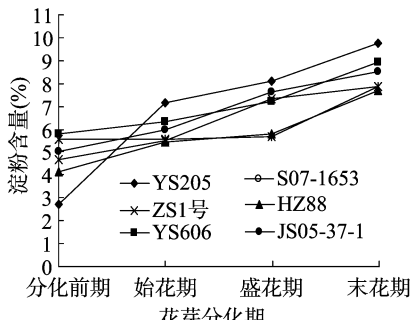


图5 马铃薯花芽分化过程中叶片淀粉含量变化

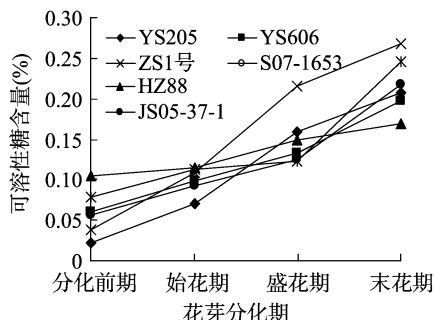


图6 马铃薯花芽分化过程中叶片可溶性糖含量变化

朵的衰败^[16]。前人研究结果表明,早熟品种的 SOD、POD、CAT 活性在全生育期都高于中晚熟品种,本试验中开花较早的 3 个品种酶活性较开花晚的品种增幅大,表明马铃薯开花早晚与酶活性有关,本结果与王冬雪等研究结论^[17]一致,早熟品种开花早,花蕾少或不开花,中晚熟品种花蕾数较多,花期较长,但不同马铃薯品种的 SOD、POD、CAT 活性也可能存在一定的差异性^[18]。

可溶性蛋白质是花器官形态建成的物质基础,当植物进入花芽分化期时,各种生命代谢活动旺盛,研究发现在植物进行花芽分化之前,叶片和枝条积累大量的可溶性蛋白质,为植株进行花芽分化提供结构和营养基础,随着花朵的开放和衰老,花瓣中可溶性蛋白质含量逐渐降低。本试验中 6 个马铃薯品种叶片蛋白质积累量在始花期达到峰值,之后迅速下降;可溶性糖和淀粉也是植物花芽形态分化进程中所需最多的营养物质,相关研究表明,花芽分化临界期可溶性糖含量与淀粉含量持续上升有利于花芽始创,与花芽分化早晚有关^[19]。在花芽分化期,6 个马铃薯品种叶片可溶性糖、淀粉含量均呈上升的趋势,二者呈显著正相关,这与前人研究结果^[20]一致,且可溶性糖、淀粉含量上升越快,开花越早。此外,还可以将马铃薯叶片的淀粉含量作为高淀粉育种早期选择的生理指标和品质预测的依据^[21]。本研究结果表明,开花较早的 YS205、ZS1 号、S07-1653 等 3 个品种酶活性较开花晚的 HZ88、YS606、JS05-37-1 品种增幅快,表明马铃薯开花早晚与酶活性有关;蛋白质含量先升后降,叶片淀粉含量与可溶性糖含量逐渐上升有利于花芽形成,促进花芽分化,可溶性糖、淀粉含量上升越快,开花越早,表明马铃薯花芽分化与衰老与多种有机营养和生化指标的变化相关联。

参考文献:

- [1] 张静. 氮磷钾施用量对马铃薯产量、品质及肥料利用特性的影响[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2012:11-14.
- [2] 白艳姝. 马铃薯养分吸收分配规律及施肥对营养品质的影响[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2007:15-20.
- [3] 刘星,张书乐,刘国锋,等. 连作对甘肃中部沿黄灌区马铃薯干物质积累和分配的影响[J]. 作物学报,2014,40(7):1274-1285.
- [4] 李佩华,郑顺林,蔡光泽,等. 氮营养配施施效唑对马铃薯原种生产养分分配及干物质积累的影响[J]. 西南农业学报,2012,25(6):2138-2142.
- [5] 丁凡,王季春,唐道彬,等. 不同营养方式下雾培马铃薯对氮、磷、钾的吸收、利用及分配规律[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2008,33(3):81-85.
- [6] 李勇,吕文河,吕典秋,等. 氮、磷、钾施用水平对马铃薯脱毒苗植株性状、产量性状、干物质含量和经济系数的影响[J]. 东北农业大学学报,2014,45(4):30-35,50.
- [7] 王俊平,门福义,宋伯符,等. 马铃薯营养物质分配对蕾花果脱落的影响[J]. 中国马铃薯,2001,15(1):1-5.
- [8] Zhou B, Chen H, Huang X, et al. Rudimentary leaf abortion with the development of panicle in litchi: changes in ultrastructure, antioxidant enzymes and phytohormones[J]. Scientia Horticulturae, 2008, 117(3):288-296.
- [9] Fry S C. Oxidative scission of plant cell wall polysaccharides by ascorbate-induced hydroxyl radicals[J]. Biochemical Journal, 1998, 332(Pt 2):507-515.
- [10] González-Carranza Z H, Whitelaw C A, Swarup R, et al. Temporal and spatial expression of a polygalacturonase during leaf and flower abscission in oilseed rape and *Arabidopsis* [J]. Plant Physiology, 2002, 128(2):534-543.
- [11] 王俊平. 马铃薯蕾、花、果脱落生理原因和氮、磷、钾对开花结实的作用[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,1999:14-16.
- [12] 门福义,王俊平,宋伯符,等. 马铃薯蕾花果脱落与内源激素和光照的关系[J]. 中国马铃薯,2000,14(4):198-201.
- [13] Turner A D, Ewing E E. Effects of photoperiod, night temperature, and irradiance on flower production in the potato [J]. Potato Research, 1988, 31(2):257-268.
- [14] 叶尚红,张志明,陈疏影. 植物生理生化实验教程[M]. 昆明:云南科技出版社,2004.
- [15] 陈睿,鲜小林,秦帆,等. GA₃ 对杜鹃花生理生化指标的影响[J]. 西南农业学报,2013,26(2):554-558.
- [16] 蒋冬月,沈鑫,李永红,等. 黄兰 (*Michelia champaca* L.) 花开放和衰败过程中生理生化指标的变化[J]. 中国农学通报,2013,29(16):125-128.
- [17] 王冬雪,张丽莉,石瑛. 不同熟性马铃薯各生育时期功能叶生理指标变化的研究[J]. 中国农学通报,2014,30(3):124-128.
- [18] 沈孝生. 七个马铃薯品种的农艺性状和生理生化特性研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2006:14-16.
- [19] 李倩,肖建忠,李志斌,等. 高山杜鹃花芽分化临界期生理生化研究[J]. 河北农业大学学报,2009,32(1):47-50.
- [20] 门福义,郭淑敏,刘梦芸,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[J]. 中国马铃薯,1993,7(3):129-133.
- [21] 门福义,郭淑敏,刘梦芸,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[J]. 中国马铃薯,1993,7(3):134-138.