

马铃薯块茎内源激素变化与块茎增大生长的相关规律^{*}

刘梦云¹ 毛雪飞² 门福义¹ 蒙美莲¹ 胡志全¹

1 内蒙古农牧学院农学系, 呼和浩特 010018 2 内蒙古农业科学院, 呼和浩特

摘 要 以晋薯 2 号、紫花白、内薯 3 号为材料, 系统研究了马铃薯生育期间块茎内源激素变化与块茎增大生长的关系, 结果表明, ABA 含量变化与块茎的增大呈极显著的正相关, 与块茎增大速率变化呈极显著的负相关; GA₃, IAA, CTK 含量变化与块茎增大和块茎增大速率变化没有明显的相关性; GA₃/ABA, IAA/ABA, CTK/ABA 的变化与块茎增大呈较显著的负相关, 与块茎增大速率变化呈较显著的正相关。生育前期 GA₃、IAA 含量高而 ABA 含量低的品种, 块茎形成早, 增大快, 块茎大。

关键词 马铃薯 块茎增大 内源激素

植物的生长发育, 器官的建成, 性状的表现都受到激素的调控。目前有关激素调控块茎的形成和休眠的观点已颇受关注, 但有关激素在块茎增大过程中的调控作用报道甚少。^[2-4]。本试验旨在分析马铃薯生育期间块茎内源激素变化与块茎增大生长的关系中, 探讨激素对块茎增大的调控作用。

1 材料和方法

供试品种为晋薯 2 号, 中晚熟品种; 内薯 3 号, 中熟品种; 紫花白, 中熟品种。试验于 1994 年在本院农场试验地进行, 按 50cm × 33cm 栽植, 小区面积 50m², 重复三次, 顺序排列, 栽培管理同一般大田。为使三个品种在同一生育时期相接近, 播前将晋薯 2 号提前 15 天出窖, 在 13~17℃ 室内散光下催芽, 4 月 25 日播种。分别于出苗后 15 天的匍匐茎伸长期(试验代号 1); 出苗后 28 天的块茎形成期, 块茎成球状, 直径 1~2cm(试验代号 2); 出苗后 56 天的块茎迅速膨大期, 块茎直径已达 5~7cm(试验代号 3); 出苗后 81 天的淀粉积累期, 地上部茎叶开始衰落, 花已开尽, 基部叶片枯黄(试验代号 4); 出苗后 98 天的成熟期, 植株 2/3 叶片已枯黄(试验代号 5), 进行取样 10 株, 装入塑料袋带回室内, 洗净晾干, 取每株最大块茎, 测量纵横最大直径

的平均值作为块茎直径值; 激素用鲜薯测定, 分析用 244Hplc 方法, 由中国林业科学院测试中心测定, 数据统计采用 Pearson 相关分析。

2 结果与分析

2.1 块茎增大生长过程

出苗后 28 天, 块茎已形成, 紫花白单株最大块茎直径已达 2.68cm, 内薯 3 号 1.94cm, 晋薯 2 号 1.52cm, 块茎日增大速率分别为 2.06mm/天, 1.49mm/天, 1.17mm/天; 出苗后 56 天, 紫花白最大直径为 6.52cm, 内薯 3 号为 6.08cm, 晋薯 2 号 5.08cm, 日增大速率分别为 1.37mm/天、1.48mm/天和 1.27mm/天。但自此之后, 块茎增大速率迅速下降, 日均增大速率分别下降到 0.15mm/天、0.28mm/天和 0.26mm/天, 是一生中块茎增大速率最慢时期。至近成熟时, 块茎增大速率又稍有增加(见图 1, 图 2)。这可能与后期雨水充足, 气温降低有利块茎的增大有关。这段时间以紫花白块茎增大速率降低最快。内薯 3 号块茎增大速率超过了紫花白, 这时块茎直径已接近紫花白并最后超过了紫花白, 晋薯 2 号增大速率下降较慢, 最后增大速率虽然超过了紫花白和内薯 3 号, 但终因前期块茎增大速率明显低于其它两个品种, 仍以晋薯 2 号的块茎为最小(见图 1、图 2)。

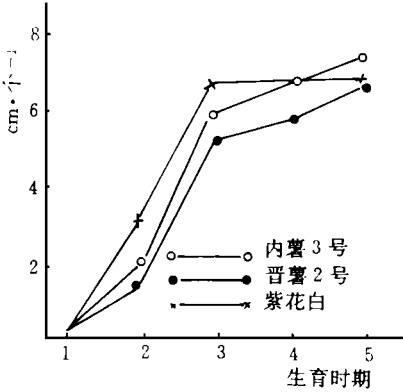


图 1 块茎直径增大过程

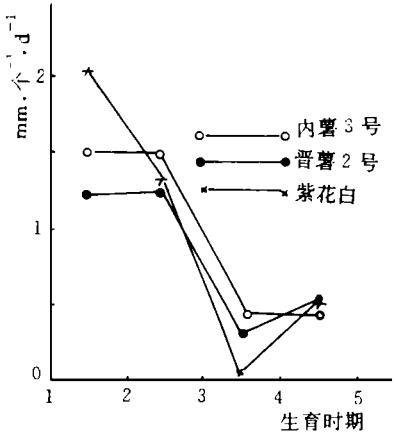


图 2 块茎直径增大速率变化

2.2 块茎激素变化及其与块茎增大生长的相关性

2.1.1 GA_3 (赤霉素) 含量变化与块茎增大生长相关性 整个生育时间, 紫花白的 GA_3 变化幅度在 21.4 ~ 232.6 $\mu g/100g$, 内薯 3 号为 58.8 ~ 154.4 $\mu g/100g$, 晋薯 2 号为 99.2 ~ 138.7 $\mu g/100g$, 紫花白和晋薯 2 号从匍匐茎伸长期至块茎迅速膨大期, GA_3 含量迅速增加到最高值, 内薯 3 号在块茎形成期即达到最大值。峰值过后 GA_3 含量迅速下降, 至成熟期晋薯 2 号又略有上升, 内薯 3 号保持在淀粉期的水平, 紫花白降到最低值(见图 3- GA_3)。结合块茎增大生长情况可以看到, 生育期间 GA_3 含量变化曲线的峰值和谷值出现的时间并不与块茎增大和增大速率的峰值和谷值出现时间有相关性; 块茎形成期至块茎迅速膨大期间, GA_3 处于迅速上升阶段的

紫花白,此时块茎增大速率却趋迅速下降,内薯3号则又相反, GA_3 趋于下降,而块茎增大速率却又趋于平稳,但同时也可以看到,在此期间,三个品种 GA_3 含量都处于一生中的高水平阶段,与块茎增大速率也处于高水平相一致,而且品种间 GA_3 含量高低顺序基本上与块茎大小顺序和块茎增大速率大小顺序相一致,即紫花白>内薯3号>晋薯2号。块茎迅速膨大期后,紫花白 GA_3 一直趋于下降,但块茎增大速率却有所上升(图1、图2和图3- GA_3),综合三个品种5个时期 GA_3 含量变化与块茎增大生长相关分析结果, GA_3 含量变化与块茎直径增大生长相关系数 $R = -0.24245$,相关显著水平 $a = 0.38390$; GA_3 与块茎增大速率相关系数 $R = 0.32023$,相关显著水平 $a = 0.23630$ (见附表);表明 GA_3 含量变化与块茎增大生长没有明显的相关性,但高水平的 GA_3 可能在与其它激素的平衡中对块茎增大起作用。

2.2.2 IAA(生长素)含量变化与块茎增大相关性 块茎中IAA含量水平只有 GA_3 的1/4左右,整个生育期间,紫花白的变幅在 $7.1 \sim 55.8 \mu g/100g$,内薯3号 $27.7 \sim 45.0 \mu g/100g$,晋薯2号 $7.1 \sim 32.8 \mu g/100g$,紫花白和晋薯2号的峰值在块茎迅速膨大期,内薯3号在淀粉积累期。三个品种的谷值都在成熟期(见图3-IAA)。结合块茎增大过程可以看到,块茎迅速膨大期前,IAA含量都趋上升,晋薯2号和内薯3号的块茎增大速率也趋上升,二者变化趋势相一致,而紫花白的块茎增率却趋下降,与IAA含量变化相反,但是在此期间三个品种块茎大小顺序与IAA含量高低顺序相一致,即紫花白>内薯3号>晋薯2号。从块茎迅速膨大期至淀粉积累期间,紫花白的IAA含量变化与块茎增大速率变化相一致,都趋于迅速下降,然而内薯3号IAA含量趋于明显上升,晋薯2号IAA基本与前期接近,这种变化正好与块茎增大速率迅速下降相反,到成熟时三个品种IAA含量下降与块茎速率增加相反(见图1、图2和图3-IAA)。综合三个品种5个时期IAA含量变化与块茎直径增大相关系数 $R = 0.05177$,相关显著水平 $a = 0.85490$; IAA含量与块茎增大速率相关系数 $R = 0.01819$,相关显著水平 $a = 0.95500$ (见附表),表明IAA含量变化与块茎增大生长不存在明显的相关性。

2.2.3 ABA(脱落酸)含量变化与块茎增大生长相关性 整个生育期间,紫花白的ABA含量变化幅度为 $4.0 \sim 23.5 \mu g/100g$,内薯3号 $1.0 \sim 31.8 \mu g/100g$,晋薯2号 $16.4 \sim 28.6 \mu g/100g$ 。整个生育期间,ABA都在稳步增长,在块茎迅速膨大期前,晋薯2号明显高于紫花白和内薯3号,至淀粉积累期三个品种的含量渐趋接近,到成熟期内薯3号和晋薯2号又有较明显的增加(见图3-ABA)。结合块茎增大生长可以看到,ABA含量变化曲线与块茎的不断增大曲线相一致,是随块茎的增大而不断增加;与块茎增大速率变化曲线相逆变,即随块茎增大速率的增加趋于降低。在品种之间ABA含量高低顺序基本上与块茎大小和块茎增大速率大小顺序相反(见图1、图2和图3-ABA)。综合三个品种5个时期ABA含量变化与块茎增大生长相关分析结果,ABA含量变化与块茎直径增大相关系数 $R = 0.72819$,相关显著水平 $a = 0.02100$; ABA含量变化与块茎增大速率变化相关系数 $R = -0.74055$,相关显著水平 $a = 0.00590$ 。表明ABA是调控块茎增大生长的主要物质,ABA的增加使块茎增大速率降低,ABA含量高的品种,块茎形成晚,块茎增大速率低,块茎小。

2.2.4 CTK(细胞分裂素)含量变化与块茎增大生长相关性 据研究发现,从高等植物中分离出的CTK共有7种^[1],在本项研究中只测到Z(玉米素),ZR(玉米素核苷)和IPA(异戊烯腺苷),本项CTK系指上述三种的总和。整个生育期间三个品种CTK的变化幅度,紫花白为 $19.3 \sim 71.0 \mu g/100g$,内薯3号 $25.8 \sim 51.0 \mu g/100g$,晋薯2号 $7.4 \sim 32.1 \mu g/100g$,品种之间变

化趋势表现不一致,从匍匐茎伸长期至成熟期的整个生育期间,内薯3号的变化趋势是低—高—高—低—高,紫花白的变化是高—低—低—低—高,晋薯2号是低—高—高—低—低。品种之间CTK含量高低顺序在各时期的表现也不相同,在块茎形成至迅速膨大期,内薯3号>晋薯2号>紫花白,到淀粉积累期三个品种的含量接近,至成熟时紫花白和内薯3号迅速上升,而晋薯2号趋于降低,其含量的高低顺序变成紫花白>内薯3号>晋薯2号(见图3-CTK)。结合块茎增大生长可以看到,CTK的变化与块茎增大生长没有明显相关性(见图1、图2和图3-CTK)。综合三个品种5个时期CTK含量变化与块茎增大生长相关系数 $R=0.30615$,相关显著水平 $a=0.26710$;CTK含量变化与块茎增大速率变化 $R=0.00767$,相关显著水平 $a=0.81280$ (见附表)。进一步表明,CTK的变化与块茎增大生长不存在明显的相关性。

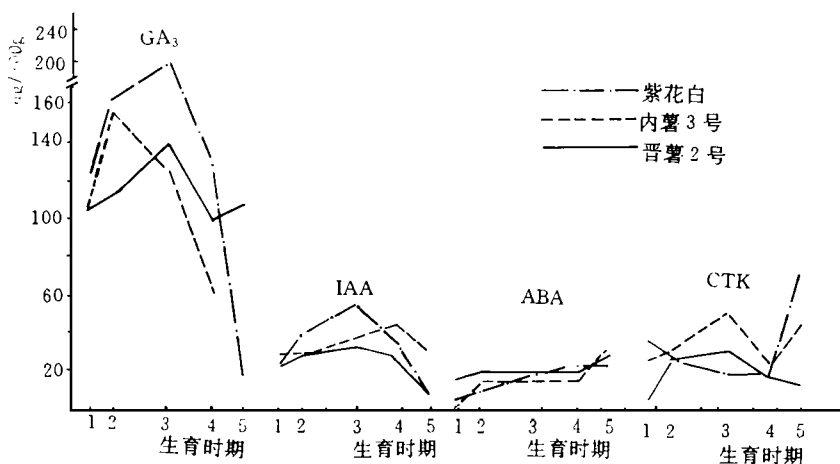


图3 马铃薯生育期间块茎内激素含量变化

2.2.5 激素间平衡水平变化与块茎增大生长相关性 自块茎形成之后, GA_3/ABA 比值渐趋降低,至成熟时达最低值,这种变化与块茎直径的不断增大成正相反的变化,与块茎增大速率变化除成熟期相逆变外,与其余几个时期的变化趋势相一致,都呈下降趋势。在淀粉积累期前,三个品种 GA_3/ABA 比值大小顺序与块茎大小顺序和块茎增大速率大小顺序相一致,都是紫花白>内薯3号>晋薯2号,在此之后 GA_3/ABA 比值大小顺序与块茎大小顺序不同,而与块茎增大速率大小顺序相一致,即晋薯2号>内薯3号>紫花白(见图1、图2和图4- GA_3/ABA)。综合三个品种与5个时期块茎 GA_3/ABA 比值变化与块茎直径增大生长相关系数 $R=-0.47019$,相关显著水平 $a=0.07700$; GA_3/ABA 变化与块茎增大速率变化相关系数 $R=0.52757$,相关显著水平 $a=0.07790$ (见附表)。

IAA/ABA 在块茎形成期有较明显的下降之后,除紫花白在整个生育期间都在下降之外,内薯3号和晋薯2号在淀粉积累期前,其比值变化基本趋于稳定,只在成熟期才有较明显的降低,品种之间 IAA/ABA 比值大小与块茎直径大小和块茎增大速率大小顺序基本一致,即在淀粉积累期前为紫花白>内薯3号>晋薯2号,在此之后则为内薯3号>晋薯2号>紫花白(见图1、图2和图4- IAA/ABA)。

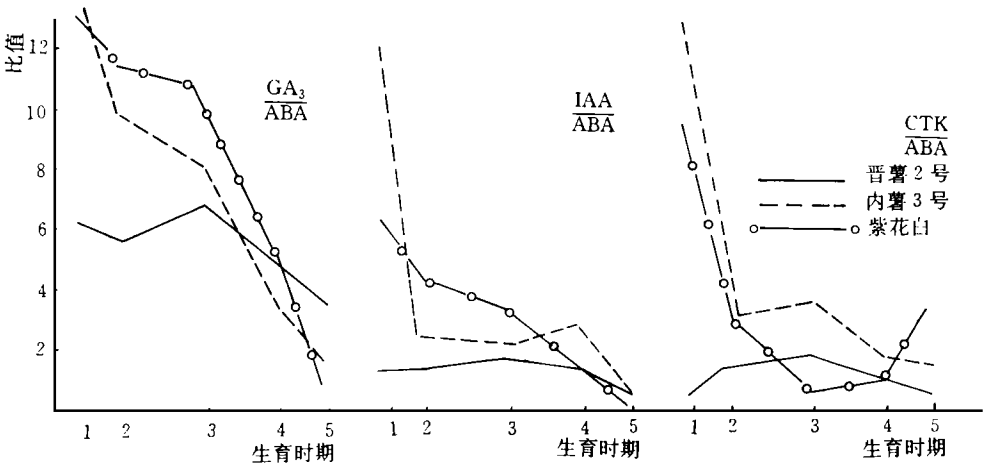


图 4 马铃薯生育期间块茎内激素间平衡水平变化

综合三个品种 5 个时期 IAA/ABA 变化与块茎直径增大生长相关系数 $R = -0.50550$, 相关显著水平 $\alpha = 0.05620$; IAA/ABA 变化与块茎直径增大速率变化相关系数 $R = 0.46326$, 相关显著水平 $\alpha = 0.12900$ 。

附表: 三个品种 5 个时期激素变化与块茎增大生长相关分析结果

		GA ₃	IAA	CTK	ABA	GA ₃ /ABA	IAA/ABA	CTK/ABA
块茎直径	R	-0.24245	0.05177	0.30615	0.72819	-0.47019	-0.50550	-0.50783
	α	0.38390	0.85490	0.26710	0.02100	0.07700	0.05620	0.05626
增大速率	R	0.32023	0.01819	0.00767	-0.74055	0.52757	0.46326	0.48943
	α	0.23630	0.95500	0.81280	0.00590	0.07790	0.12900	0.10630

注: 1. R—Pearson 相关系数 α —概率值 P 显著水平;
2. 计算与块茎增大速率相关系数的激素含量取自相邻二个时期激素含量的平均值。

CTK/ABA 比值变化, 在内薯 3 号和晋薯 2 号二品种中的变化趋势基本一致, 呈单峰曲线, 块茎迅速膨大期达峰值, 而紫花白的变化则正好相反, 其谷值在迅速膨大期; 品种之间 CTK/ABA 比值大小与块茎直径大小和增大速率大小之间没有明显的相关性(见图 1、图 4-CTK/ABA)。综合三个品种 5 个时期 CTK/ABA 比值变化与块茎直径的增大 $R = -0.50783$, $\alpha = 0.05626$; CTK/ABA 比值变化与块茎增大速率变化 $R = 0.48943$, $\alpha = 0.10630$ (见附表)。

GA₃、IAA、CTK 与 ABA 比值变化对块茎直径的增大生长都呈较明显的负相关, 块茎增大速率变化都呈较明显的正相关。这一结果表明, 生长刺激素与生长抑制激素间的平衡水平对块茎增大生长的调控作用比之单一的 GA₃、IAA、CTK 对块茎增大生长的调控作用大。

3 结论与讨论

匍匐茎顶端膨大形成块茎时, GA₃、IAA、CTK、ABA 几乎都趋增加, 然而 GA₃/ABA、IAA/ABA、CTK/ABA 都趋于下降。由此可以说明, 块茎形成时这四种激素都是块茎形成时

所必需的物质, 它们各自履行各自的功能; 使激素间平衡水平的下降是协调块茎形成的主要条件, 这一结果与作者在光周期对块茎形成影响研究结果相一致^[5]。

经相关分析表明, 整个生育期间块茎内 GA_3 、IAA 含量变化与块茎增大生长相关系数不高, 二者没有明显的相关性, 但在块茎形成至迅速膨大期间, GA_3 、IAA 含量与块茎增大同步增加, 整个生育期间块茎内 GA_3 、IAA 含量处于高水平时块茎增大速率高, 在品种之间也表现出 GA_3 、IAA 含量高的品种, 所结块茎大, 块茎增大速率也较高, 尤其在匍匐茎伸长至块茎迅速膨大期间更为明显。以上结果与罔泽养三^[6] GA_3 含量随块茎形成生长减少结果不完全一致。

块茎整个生育过程, ABA 含量都在增加, 其含量变化与块茎直径增大呈显著正相关, 与块茎增大速率变化呈极显著的负相关, 且大块茎品种的 ABA 含量也明显低于小块茎品种。由此说明, ABA 是块茎增大过程所必需的重要物质, 高水平的 ABA 影响块茎增大速率的提高, 使块茎增大缓慢, 尤其是块茎迅速膨大期前的 ABA 水平对块茎增大速率影响最大。

块茎增大生长全过程, GA_3 /ABA、IAA/ABA、CTK/ABA 平衡水平变化与块茎增大生长和增大速率间的相关系数都明显高于单一的 GA_3 、IAA、CTK, 而且三个品种的 GA_3 /ABA、IAA/ABA、CTK/ABA 比值高低与块茎大小顺序基本一致。由此可以说明, GA_3 、IAA、CTK 与抑制剂 ABA 间比值高低对块茎增大作用要比单一的 GA_3 、IAA、CTK 的作用大。

在本项研究中, CTK 含量的变化在三个品种之间表现不一致, 相关系数分析也表明 CTK 含量变化与块茎增大和增大速率变化之间都没有明显的相关性。有关 CTK 对块茎形成和生育中的作用有不同的结论, 罔泽养三^[6] 研究表明, CTK 只在块茎形成之初增加, 而在此之后迅速下降, 可是 Jameson^[9] 的研究结果表明, 块茎刚形成时 CTK 活性不大, 只在块茎膨大期才迅速上升。外源 CTK 的试验结果其结论也不一致, 胡云海^[4]、Hussey^[8] 试验结果证明 CTK 对块茎形成的促进作用, 而宋占平、Kada^[7] 的研究结果又否定了 CTK 对块茎的促进作用。这种结论上的不一致性, 有可能与块茎内 CTK 的成分有关, 在当前对 CTK 测定方法尚不完善的情况下, 有可能在测定成分中出现了差异, 从而造成了结论上的不一致性。

参 考 文 献

- 1 增日芳雄, 胜见允行, 今关英雄著(辽宁铁岭农学院译). 植物激素. 北京: 科学出版社, 1976, 232~233
- 2 郭得平, 应振士, Shah GA. 植物激素与块茎形成. 植物生理通讯, 1991, 27(2): 130~133
- 3 李曙轩. 植物生长调节剂与农业生产. 北京: 科学出版社, 1989, 61~67
- 4 胡云海, 蒋光明. 植物激素对微型薯形成影响. 马铃薯杂志, 1992, 6(1): 14~22
- 5 刘梦云, 蒙美莲, 门福义等. 光周期对马铃薯块茎形成影响及激素变化. 马铃薯杂志, 1994, 4(8): 193~197
- 6 田口启作, 村山大记监修. 马铃薯ゲリ ン ダイ セン 普及会, 1997, 91~93
- 7 宋占平. 细胞分裂素对块茎形成的影响. 西北师范大学学报(自然科学版), 1992, 28(1): 55~60
- 8 Hussey G, Stacey MJ(胡云海译) 马铃薯杂志, 1990, 4(2): 117~124
- 9 Jameson PE. Changes in cytokinins during initiation and development of potato tubers. Physioc Plant, 1985, 63: 53~57

Correlation Law Between the Change of Intrinsic Hormones of Potato Tuber and Growth of the Tuber

Liu Mengyun Mao Xuefei Men Fuyi Meng Meilian Hu Zhiquan

(1 Inner Mongolia College of Agriculture 2 Animal Husbandry, Huhhot\ 010018)

Abstract The relationship between the change of intrinsic hormones in tuber of potato and growth of the tuber at the growing period was investigated systematically by using materials of Jinshu 2, Zihuabai, Neishu 3. The results showed that the change of ABA content with increment of the tuber was significantly positive correlation, and with the increment rate of the tuber was significantly negative correlation. The change of GA₃, IAA, CTK content with the growth of the tuber had no marked correlated character. The change of GA₃/ABA, IAA/ABA and CTK/ABA with the increment of the tuber had a significantly negative correlation, and with the change of increment rate had a significantly positive correlation. The tuber that the breed had a high content of GA₃, IAA and low content of ABA in the earlier stage of the growth was formed early and was increased fast, the tuber was bigger.

Key words: Potato; Increment of the tuber; Intrinsic hormone