

马铃薯块茎维管束分布和连结与淀粉积累的关系

王 贵 滨 摘译

马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 在世界各地广泛栽培, 是重要的食用和淀粉原料作物之一。禾本科和豆科作物种子是收获器官, 而马铃薯为薯类作物, 以营养器官 (块茎) 为收获器官。关于营养体的贮藏器官中同化产物是如何积累的, 以前的文献大多是涉及蔗糖作为贮藏物质的甘蔗、甜菜等糖料作物, 而以淀粉作为贮藏物质的研究却很少。为此, 土屋哲郎等人 (1993) 对马铃薯的同化产物向块茎转运和积累的机制进行了研究。

有关马铃薯块茎的维管束构造, 曾有 Artshwager (1918, 1942)、Craft (1933) 和 Cutter (1991) 等人研究, 而土屋哲郎则侧重于同化产物的运输途径及维管束分布和走向。为了解块茎组织内的维管束构造, 匍匐茎的构造也一起进行了观察, 以便找出其对应关系。

通过光学显微镜观察得出了如下结果:

1 地上茎与匍匐茎维管束的走向与构造

关于地上茎与匍匐茎维管束走向与构造的光学显微镜观察, Artschwager (1918) 和 Cutter (1991) 已经报道, 土屋等 (1993) 的观察进一步予以确认。在地上茎节间横断面上有三个大型维管束, 其间各有一个小的维管束彼此相间排列。大型维管束的大小亦有差异, 此维管排列与叶序有关。其开度为 $2/5$, 即大约 144° 螺旋在叶柄和侧芽着生的节部。排列在该节上、下节间的维管束大体相似, 呈约 144° 的旋转位置排列。该维管束结构是环状排列的双韧维管束, 与前人的观察一致。

e. 引进马铃薯的选材方法。

3.2.2 根据市场需求改进加工技术

a. 快速脱水技术。

b. 改良产品风味, 控制和减少贮存期间口味的变化。

3.3 冷冻工业的发展趋势

3.3.1 产品

a. 提供方便、快速、营养、有利于健康, 价格合理的食品。

b. 发展新品种。

c. 提高产品质量。

3.3.2 生产

a. 生产场地流动性大, 投资少。

b. 具有一定的生产规模。

c. 全面质量管理。

d. 新产品投入生产和上市的周期短。

3.3.3 技术

a. 改进挑选、烫漂和加工技术。

b. 油炸食品在保持酥脆的同时, 降低脂肪含量。

关于匍匐茎的节间横切面结构, 正如 Artschwager (1924) 和 Cutter (1991) 叙述那样, 维管束沿形成层略呈圆形分布, 但木质部和内生韧皮部发育进入髓部。作者分析, 匍匐茎的所有维管束系统与地上茎的 6 个维管束相对应。

2 块茎中维管束的走向与构造

有关马铃薯块茎内维管束构造, Artschwager 等 (1924) 也作了报道, 但只是谈到维管束环和侧芽的基部、韧皮部分支联络等部分, 而断面观察也只限于维管束环的维管束。土屋等人的观察, 是通过整个块茎维管束的分布、走向和各维管束断面结构综合结果来推测块茎内同化产物的输送途径。观察指出, 从匍匐茎进入块茎维管束发生分支, 数目增加, 并呈放射状加宽, 可分为沿内、外皮层之间的皮层外生韧皮部、环状分布的维管束和散生在环髓带中的内生韧皮部三部分。

皮层的外生韧皮部与周皮平行, 保持网状的分支联系, 该韧皮部看不出切线方向排列的规律性。

维管束环的维管束也与外生韧皮部同样与周皮平行, 呈分支连接分布。从匍匐茎到顶芽方向呈蛇形走向。如观察其中一个断面, 正象 Artschwager (1924) 观察的那样, 在外部有外生韧皮部, 隔着不发达的束内形成层内侧, 产生后生木质部和原生木质部, 再向内隔数层薄壁细胞, 产生内生韧皮部。因此, 可认为它与地上茎、匍匐茎的节间维管束一样, 属双韧型维管束。

环髓带由于射髓而分割成大小不等的组织群, 在这些组织中, 从匍匐茎着生部分向顶芽方向的内生韧皮部与从维管束环向块茎中心的内生韧皮部保持着相互分支与联络, 形成了立体网状结构。在其中一个断面里,

可见在含有大淀粉粒的贮藏薄壁细胞间, 由筛管、伴胞和韧皮部薄壁细胞组成的韧皮部散生。

在侧芽周围, 皮层较窄。皮层的外生韧皮部、维管束环的维管束和环髓带的内生韧皮部三者逐渐汇合, 并聚集在侧芽的基部。块茎的侧芽相当于地上茎的腋芽, 在某一个侧芽的上、下横切面上, 和地上茎相邻节间一样, 具有结构相似的 6 个区域, 但彼此亦呈 144 度错位排列。

3 关于块茎内淀粉粒分布的问题

块茎中淀粉粒含量依组织部位不同而异。通常在皮层内最高, 越往内部越低, 在髓的中心部位最低 (Peterson 等, 1985; 吉田稔, 1972)。而土屋等人 (1993) 从快速膨大期到块茎成熟期, 在块茎中央作切片, 利用 I-KI 染色, 对淀粉粒分布进行了观察。发现在皮层、维管束环和环髓带的韧皮部周围显色反应极强, 淀粉密度高。而在各维管束薄壁细胞仅有少量的淀粉粒。淀粉粒密度以韧皮部周围的薄壁细胞最高, 离开韧皮部则逐渐降低。此趋势在快速膨大期的块茎中尤为明显, 没有维管束分布的中髓和射髓部位淀粉密度最低。

土屋等人在对块茎维管束分布、连接与块茎组织内淀粉积累关系的研究基础上, 进行了分析和讨论。认为马铃薯块茎是匍匐茎先端膨大的, 其内贮藏大量淀粉的特殊结构。块茎的结构和维管束分布与结构是与地上茎或匍匐茎相对应的。在以前的报告中, 关于块茎内维管束分布和同化产物运输途径的关系涉及的较少, 而作者则侧重对此问题进行探讨。在块茎膨大期同化产物的长距离运输是从地上部经过匍匐茎通往块茎内, 主要是通过维管束系统进行的 (Craft, 1933; Peterson 等, 1985)。在块茎内运输

要以维管束之间的连络来实现。即以蔗糖为主的同化产物由筛管流通过匍匐茎的外韧和内韧转入块茎内。在块茎内由于外生韧皮部和内生韧皮部的分支数目明显地增加, 其结果是块茎比匍匐茎的筛管横断面积异常变大, 因此筛管流速明显变得缓慢 (Craft, 1933)。韧皮部与周转的薄壁组织的接触面积也明显增大, 韧皮部输导同化产物的效率也变高, 整个块茎的外韧和内韧各自组织内, 部溶质的移动也容易进行。

观察表明, 块茎内维管束分布与淀粉的分布之间表现出密切关系。其主要原因可能有以下三点:

第一, 可认为由筛管渗透的同化产物向周围薄壁细胞扩散。即蔗糖依筛管流运至块茎内各韧皮部, 从筛管向邻近的韧皮部薄壁细胞扩散, 以后再由薄壁细胞向相邻的贮藏薄壁细胞及贮藏薄壁细胞之间转运。在韧皮部周围, 蔗糖浓度高, 而淀粉积累即可旺盛地进行。距韧皮部越远, 蔗糖浓度愈低, 而淀粉的积累也就越少。中髓和射髓部无韧皮部, 所以淀粉积累也少。但是, 外皮层尽管没有韧皮部分布, 与中髓和射髓相比其淀粉密度高, 这可能象下面所谈的那样, 由于大量生产, 由外韧向外皮层旺盛地进行溶质转移的结果。

第二, 淀粉的积累应考虑同化产物的供给和每个细胞自身的淀粉积累能力, 即依赖于库的活性。块茎膨大体积的增加, 主要是由于韧皮部周围细胞的分裂, 韧皮部周围细胞是通过膨大期由分裂和生长活跃的细胞聚集而成的 (野田健儿, 1953; Peterson 等, 1985; Reeve 等, 1969)。远离韧皮部的薄壁细胞比韧皮部周围的先结束生长, 其活性

明显下降。因此在块茎内淀粉贮存能力较高的幼小细胞, 淀粉密度变高, 先成熟的细胞淀粉贮存能力在早期下降, 淀粉密度降低。在韧皮部邻近的细胞内含大量的小型淀粉粒, 表明这是新形成淀粉粒和淀粉正在迅速积累。

第三, 随着块茎内排出大量水分而产生溶质移动与淀粉积累有关。块茎所排出的水分是用于溶质动输、淀粉的贮藏物质、细胞壁构成物质以及呼吸代谢等消耗后所剩余的水分。水分排出的途径之一是块茎的周皮与皮孔。Schmid 等 (1982) 和 Vogt 等 (1983) 指出了水分从周皮转移途径。周皮上的皮孔也是块茎中剩余水分排出的场所。随着外韧的水分向周皮移动, 作为溶质的同化产物供给也多在这个途径上, 这可认为是外皮层淀粉密度较高的原因。块茎剩余水分排出的另一个途径, 可能是由于蒸腾流作用, 从维管束环的木质部通过匍匐茎向地上部回流。

从以上情况看, 在块茎的外皮层、内皮层和环髓带, 由于水分迅速移动, 随之溶质供应旺盛, 所以淀粉密度较高, 在没有维管束分布的中髓和射髓里, 由于水分移动缓慢, 溶质的供给也少, 淀粉的密度变低。块茎内淀粉密度分布不匀的原因, 可能与上述原因有关。

在同化产物从韧皮部向贮藏细胞输导过程中, 包括从筛管向邻近的韧皮部薄壁细胞扩散以及韧皮部薄壁细胞→贮藏细胞→贮藏细胞间的短途运输过程, 这些途径有必要用电子显微镜进行超微结构观察, 这方面报告尚不多见, 今后有进一步探讨的必要。