

# 马铃薯干物质积累与分配规律的研究

高聚林<sup>1</sup>, 刘克礼<sup>1</sup>, 张宝林<sup>2</sup>, 任有志<sup>1</sup>

(1. 内蒙古农业大学, 呼和浩特 010018; 2. 内蒙古师范大学, 呼和浩特 010021)

**摘要:** 在马铃薯整个生长发育过程中, 同化产物的主要流向依次是: 叶片、地上茎和块茎; 全株干物质积累是构成马铃薯产量形成的物质基础, 干物质的分配方向是决定块茎产量高低的重要因素。在生产实践中, 通过采取合理的栽培措施, 促进营养器官的迅速建成和光合产物的合理分配, 可以获得较高的块茎产量。

**关键词:** 马铃薯; 干物质; 积累; 分配

**中图分类号:** S532

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-3635 (2003) 04-209-04

## 1 引言

马铃薯块茎产量的 90% 以上来自光合产物, 单株的干物质积累总量越大, 块茎产量则越高。在马铃薯主茎叶片建成以前, 同化物首先用来满足叶片自身建设和维持生命活动需要; 叶片建成后, 同化物主要流向块茎<sup>[1]</sup>。Ezekiel 和 Bhargava (1988~1990) 以及 New Delhi (1992) 在研究光周期对马铃薯品种 Kufri Bahar 和 Kufri Badshah 干物质和产量关系时发现, 在长日条件下, 光合同化物分配是限制产量的主要因子。因此, 为提高马铃薯块茎

产量, 在增加干物质积累的同时, 必须促进同化产物的合理分配, 提高干物质的有效利用率。

## 2 材料与方法

### 2.1 供试品种

本试验以脱毒薯底西芮 (Desiree) 为试验材料。

### 2.2 试验设计

试验于 1996~1997 年在内蒙古农业大学教学农场进行, 土壤为壤土, 耕作层 0~20 cm 土壤有机质含量为 2.38%, 全氮量为 0.132%, 碱解氮为

表 1 五因素试验处理及水平

处理	密度 (株/667m <sup>2</sup> )	施磷量 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/667m <sup>2</sup> )	施钾量 (K <sub>2</sub> O kg/667m <sup>2</sup> )	种氮肥量 (纯 N kg/667m <sup>2</sup> )	追氮肥量 (纯 N kg/667m <sup>2</sup> )
高密度	6500	10	8	4	2
低密度	2500	10	8	4	2
高施磷	4500	20	8	4	2
未施磷	4500	0	8	4	2
高施钾	4500	10	16	4	2
未施钾	4500	10	0	4	2
高施种氮	4500	10	8	8	2
未施种氮	4500	10	8	0	2
高追氮	4500	10	8	4	4
未追氮	4500	10	8	4	0
因素中量组合 (优化)	4500	10	8	4	2
未施肥 (CK)	4500	0	0	0	0

收稿日期: 2003-4-20

作者简介: 高聚林 (1964—), 男, 内蒙古农业大学教授, 博士, 主要从事作物生理生态与决策系统研究。

104 mg/kg, 速效磷为 42 mg/kg, 速效钾为 151 mg/kg, pH 为 7.7。试验分别选取密度、施磷量、施钾量、种氮肥量及追氮量五项农艺措施作五因素三水平处理, 以未施肥区为对照, 共 12 个处理, 随机排列, 重复两次。试验处理及水平见表 1。每小区 15 行, 行距 50 cm, 小区面积 37.5 m<sup>2</sup>, 每小区除去各二个边行外, 5 行留作测产, 6 行作为取样区, 磷、钾及种氮肥在播种时一次性侧深施, 追肥于 6 月 24 日进行, 其它管理与大田相同。

### 2.3 取样及测定方法

在苗期、块茎形成期、块茎增长初期、块茎增长后期、淀粉积累期和成熟收获期分别取样, 带回室内洗净凉干, 分器官称取鲜重, 再取小样于 80 °C 下烘至恒重后称取干重, 分别计算全株干重、各器官干重及干物质分配率。

## 3 结果与分析

### 3.1 马铃薯干物质积累动态

马铃薯在整个生育期内, 干物质积累呈“慢-快-慢”的变化趋势, 单株干物质的积累呈现“S”形曲线变化(表 2、图 1)。

表 2 优化处理下马铃薯不同生育时期全株及各器官的干重变化 (g/株)

出苗后天数 (d)	全株**	叶片	地上茎	块茎	地下茎+匍匐茎
10 (苗期)	3.88	2.47	0.81	0.6	
19 (块茎形成期)	15.45	7.98	3.77	2.94	0.76
35 (块茎增长初期)	44.35	19.15	17.71	5.9	1.59
55 (块茎增长后期)	118.54	32.07	48.03	34.95	3.49
75 (淀粉积累期)	180.06	31.83	57.12	86.85	4.26
103 (成熟期)	244.07	16.33	57.74	164.55	5.45

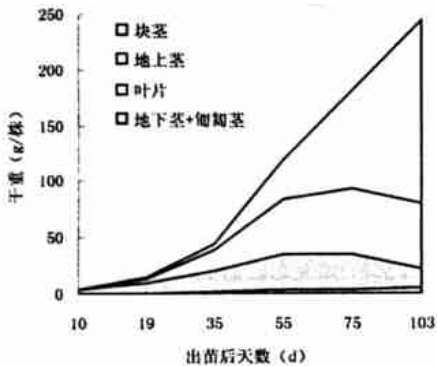


图 1 优化处理下马铃薯各器官及全株干重变化

在整个生育期间, 马铃薯全株干物质的积累可划分为三个阶段: 从出苗到块茎增长始期, 干物质积累较慢, 处于指数增长期; 从块茎膨大期到淀粉积累期, 全株干物质的积累直线增长期; 淀粉积累期以后, 干物质积累速度又有所下降, 处于缓慢增长期。

出苗后不久, 直到块茎增长期, 叶片的干物质积累量呈直线增长, 峰值出现在块茎增长后期; 进入淀粉积累期后, 由于下部叶片的衰老脱落和其中一部分干物质向块茎的转移, 叶片的干物质总量逐渐下降, 直到成熟收获。

干物质在地上茎中的积累动态与叶片干物质积累动态相似, 但在生育后期, 茎的干物质积累的变化不大。

块茎形成以后, 干物质总量始终呈递增趋势, 特别是进入块茎膨大期后, 块茎的干物质积累量直线增加, 直到收获。

对干物质积累量变化动态进行计算机模拟, 全株、叶片、地上茎及块茎的干物质积累均以三次曲线拟合效果最优, 其方程如下:

$$\text{全株: } y = -0.0005x^3 + 0.0927x^2 - 1.573x + 12.305 \quad R^2 = 0.9994^{**}$$

$$\text{叶片: } y = -0.00008x^3 + 0.0039x^2 + 0.6811x - 5.1781 \quad R^2 = 0.9923^{**}$$

$$\text{地上茎: } y = -0.0002x^3 + 0.0274x^2 - 0.0633x - 2.3343 \quad R^2 = 0.9868^{**}$$

$$\text{块茎: } y = -0.0003x^3 + 0.0692x^2 - 3.0054x + 37.188 \quad R^2 = 0.9999^{**}$$

### 3.2 马铃薯干物质积累速率的变化

马铃薯在整个生育期间, 单株、叶片、地上茎及块茎的干物质积累速率均呈单峰曲变化(表 3)。

表 3 马铃薯不同生育时期全株及各器官干物质积累速率的变化 (g/株·d)

生育时期	全株	叶片	地上茎	块茎
出苗至苗期	0.388	0.247	0.081	0.00
苗期至块茎形成期	1.286	0.612	0.329	0.155
块茎形成期至块茎增长初期	1.806	0.698	0.871	0.185
块茎增长初期至块茎增长后期	3.660	0.646	1.516	1.453
块茎增长后期至淀粉积累期	3.426	-0.012	0.455	2.595
淀粉积累期至成熟期	1.929	-0.554	0.022	2.768

马铃薯在整个生育期间, 干物质积累速率的变化呈现“慢—快—慢”的变化动态: 在块茎增长长期以前, 全株干物质积累速率增长较慢, 块茎形成后, 干物质积累速率迅速增加, 在块茎增长中期达到峰值 3.660 g/株·d, 淀粉积累期至成熟期, 增长速率又有所下降。因为马铃薯在生育中后期, 以块茎的膨大和淀粉积累为主, 所以干物质积累速率在块茎增长初期至淀粉积累期较高。

叶片的干物质积累速率的变化与全株的情况有所不同: 干物质积累速率以生育前期最快, 峰值出现在块茎形成期至块茎增长长期, 达 0.698 g/株·d; 块茎增长后期, 叶片也进入衰退期, 由于叶片的衰老、脱落, 叶片的干重出现负增长。

地上茎的干物质积累速率则以块茎增长中期最高, 达 1.516 g/株·d, 正处于马铃薯生长发育的中期。

块茎干重增长速率前期增长较慢, 进入块茎增长长期迅速增加, 其增长速率为 2.595 g/株·d, 淀粉积累期到成熟期最快, 达 2.768 g/株·d。

### 2.3 马铃薯干物质在各器官的分配

马铃薯在不同生育时期干物质的分配 (表 4、图 2)。

表 4 马铃薯不同生育时期内干物质分配情况(%)

出苗后天数 (d)	叶片	地上茎	块茎	地下茎 +匍匐茎
10 (苗期)	63.66	20.88		15.46
19 (块茎形成期)	51.65	24.40	19.03	4.92
35 (块茎增长初期)	43.18	39.93	13.30	3.59
55 (块茎增长后期)	27.05	40.52	29.48	2.94
75 (淀粉积累期)	17.68	31.72	48.23	2.37
103 (成熟期)	6.69	23.66	67.42	2.23

由表 4、图 2 可见, 马铃薯干物质在各器官的分配, 随生长中心的转移而变化。在块茎增长长期前, 干物质主要分配在叶片, 其次是地上茎; 块茎增长长期后, 块茎是干物质的主要分配器官。其干物质在各器官的分配状况如下: 干物质在叶片的分配率以苗期为最高, 占全株干物质总量的 60% 以上, 随生育进程的推移, 干物质在叶片中的分配率逐渐下降 (图 2), 其变化趋势符合对数函数, 其方程如下:  $y = -24.125 \ln(x) + 122.87$  ( $19 < x < 103$ ,  $R = 0.9684^{**}$ ), 到成熟收获期, 干物质在叶片中的分配率降到最低, 分配率小于 10%。

干物质在地上茎中的分配呈二次曲线变化, 峰值出现在块茎增长长期, 约占全株干重的 40% (图 2), 其曲线方程为  $y = -0.0067x^2 + 1.0102x + 10.947$ , ( $R = 0.8895^{**}$ )。由图 2、表 3 可知, 干物质在地上茎中的分配率以苗期和成熟收获期为最低, 均在 20% 左右。

块茎形成以后, 干物质向块茎中的分配直线增加, 其干物质分配率变化符合方程:  $Y = 0.6721X - 3.396$  ( $10 < x < 103$ ,  $R = 0.9861^{**}$ ), 直至成熟期, 占全株干重的 70% 左右。

### 2.4 干物质积累、分配与块茎形成和产量的关系

表 5 不同密度与施肥处理下马铃薯植株干物质积累、分配与产量的关系

处理	全株干重 (g/株)	分配率			产量 (kg/667m <sup>2</sup> )
		叶片(%)	地上茎(%)	块茎(%)	
高密	194.57	6.13	25.85	67.14	2921.0
低密	305.48	7.19	24.28	67.52	3126.6
高磷量	279.22	7.57	29.40	62.02	3377.7
未施磷	258.53	10.93	25.69	62.48	3322.4
高钾量	279.48	11.03	21.04	66.90	3400.0
未施钾	223.55	7.66	25.96	65.43	3344.8
高种氮量	253.61	8.26	21.99	68.51	3344.8
未施种氮	199.70	9.62	16.16	73.10	3210.7
高追氮量	280.58	4.42	27.42	67.23	3457.8
未追氮	236.21	7.50	24.20	67.53	3275.6
优化	266.58	5.64	20.36	73.09	3589.0
CK	187.27	4.15	17.76	77.10	2360.2

注: 匍匐茎、地中茎的干重未计入。

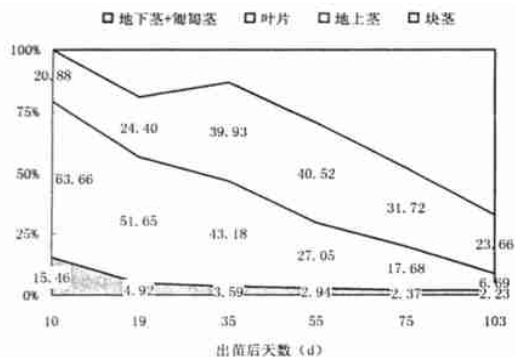


图 2 优化处理下马铃薯各器官干物质分配

相关分析表明, 在块茎形成期, 块茎的干重的增长与全株的干重呈直线正相关 ( $y = -2.51 +$

0.353<sub>x</sub>, R=0.9013<sup>\*\*</sup>), 与干物质在块茎中的分配率呈线性正相关 ( $y = -1.04 + 0.233x$ , R = 0.9162<sup>\*\*</sup>), 与干物质在叶片和地上茎中的分配率呈直线负相关 ( $y = 21.936 - 0.248x$ , R = -0.893<sup>\*</sup>)。因此, 干物质的积累是马铃薯产量形成的物质基础, 干物质的分配方向是决定块茎产量高低的重要因素。

由表 5 可见, 密度过高或过低, 对产量形成均不利: 高密处理, 降低了单株的干重, 且由于叶片的早衰, 产量不高; 低密处理, 单株干物质积累量较大, 但由于单位面积株数少, 产量亦不高。高磷处理下, 马铃薯单株干物质质量较未施磷处理高, 但高磷处理下, 地上茎生长较旺, 而叶片早衰, 干物质分配到块茎中的比例降低, 故产量不高; 未施磷处理叶片不曾早衰, 干物质分配到叶片中的比例较高, 单株干重及块茎中的干物质分配率较低, 产量也不高。高钾量处理, 有利于延缓叶片的衰老, 叶片的干物质分配率较高, 对产量的提高不利。高种氮处理, 马铃薯植株前期生长较快, 造成株间郁闭, 光照不足, 生育后期植株生产力得不到发挥; 而高追氮处理, 植株后期生长良好, 但收获时较多的干物质滞留在地上茎中, 产量也不高。无氮肥处理和对照, 植株生长量小, 虽然干物质在块茎中的分配率高, 但由于缺乏产量形成的物质基础, 也难以实现高产。

马铃薯在优化处理下, 植株生长健壮, 有合理的叶面积发展动态, 功能叶片工作时间长, 干物质积累较多, 且分配到块茎中的干物质也较多, 因此, 产量最高。由此说明, 只有在单位面积干物质积累量较高的前提下, 又促使较多的干物质分配到块茎, 方可实现高产。

#### 4 结论与讨论

a. 马铃薯个体干物质积累呈“S”形曲线变化, 苗期干物质积累速度较慢, 块茎增长后期, 干物质积累呈直线增长, 淀粉积累期后又有所下降。

b. 在马铃薯一生中, 光合产物的分配规律是: 在苗期, 光合产物主要分配到叶片, 其次是地上茎。在块茎增长期间, 光合产物主要分配到块茎, 其次为地上茎, 尤以块茎迅速膨大后, 光合产物分配到块茎最多。

c. 干物质积累、分配与块茎形成关系分析表明, 干物质的积累是马铃薯产量形成的物质基础, 干物质的分配方向是决定块茎产量高低的重要因素。

#### 参 考 文 献

[1] [英] P. M. 哈里斯著, 蒋先明, 田玉丰, 赵越等译. 马铃薯改良的科学基础 [M]. 农业出版社, 1984, 72-184.  
 [2] [美] F. P. 加德纳等著, 于振文等译. 作物生理学 [M]. 农业出版社, 1993.

## ACCUMULATION AND DISTRIBUTION OF DRY MATTER IN POTATO

GAO Ju-lin<sup>1</sup>, LIU Ke-li<sup>1</sup>, ZHANG Bao-lin<sup>2</sup>, REN You-zhi<sup>1</sup>

(1.Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010018, China;

2.Inner Mongolia Normal Univesity, Huhhot 010021, China)

**ABSTRACT:** During the growth and development of potato, the assimilation products were mainly transferred, in order, into leaves, aboveground stems, and tubers. The accumulation of dry matter in whole plant was a basis for yield formation and the direction of dry matter distribution was a significant factor to determine the tuber yield. In practice, high yield can be achieved by rapid establishment of stems and leaves and reasonable distribution of dry matter through cultivation.

**KEY WORDS:** potato; dry mater; accumulation; distribution