

# 马铃薯匍匐茎与块茎建成规律的研究

刘克礼<sup>1</sup>，高聚林<sup>1</sup>，张宝林<sup>2</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：**马铃薯匍匐茎及块茎的建成与光合系统状况及干物质分配密切相关。匍匐茎形成与地上茎生长间存在对光合产物的竞争，光合系统的迅速建成有利于匍匐茎和块茎的发生；虽然植株的干物质大量分配到匍匐茎和块茎，有利于二者的建成，但其建成仍然以地上部各器官的建成为物质基础。

**关键词：**马铃薯；匍匐茎；块茎

**中图分类号：**S532

**文献标识码：**A

**文章编号：**1672-3635 (2003) 03-151-06

## 1 前言

匍匐茎的形成和块茎的形成是马铃薯产量形成的前提条件和基础。大量研究证明，匍匐茎可以在主茎任何节位上形成，但其进一步发育是多种内外因素协调作用的结果。虽然块茎由匍匐茎尖发育而成，但不是所有的匍匐茎都能形成块茎，其形成也同样受多种条件所调控。在一般情况下，匍匐茎

的成薯率约为 50%~70%，匍匐茎越多，形成的块茎也多<sup>[1]</sup>；同时，匍匐茎和块茎的建成也与植株其它器官的生长发育密切相关。匍匐茎数量及干重与种薯上萌发的枝条数呈负相关，匍匐茎的生长随萌发的枝条数的增加而削弱<sup>[2]</sup>；匍匐茎生长与叶片数的多少和光合面积的大小有关，随着去叶数的增多，匍匐茎数减少<sup>[3]</sup>；增加矿质养分，能促进匍匐茎的生长 (Svensson, 1962; Lovell & Booth, 1969; Tripathi, B. K, 1973)。马铃薯植株形成块茎数量的多少，主要取决于每茎上发生的匍匐茎数以及匍匐茎形成块茎的条件，一切影响匍匐茎和块茎形成的条件都会影响块茎形成的数量，包括遗传因素、自

收稿日期：2003-4-20

作者简介：刘克礼 (1937-)，男，内蒙古农业大学教授，主要从事作物生理生态与决策系统研究。

## CHANGE IN SOME PARAMETERS RELATIVE TO PHOTOSYNTHESIS IN POTATO POPULATION

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

(1. Inner Mongolia Normal University, Huhhot 0100021, China;

2. Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010018, China)

**ABSTRACT:** The change in leaf area index (LAI) of potato population was a curve with one peak, which appeared at the middle and end of tuber bulking stage. The change in net assimilation rate (NAR) is different from in LAI. The NAR decreased with increase in LAI. The change in LAD of potato population followed a quadratic curve during the whole growth period. The maximal leaf area occurred when tuber was in bulking stage and starch accumulation stage, and most of the dry matter was accumulated in tuber at this time. The increase in productivity is due to the increase in LDA, not to the increase in NAR.

**KEY WORDS:** potato; photosynthesis; parameter

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

然环境条件和栽培技术水平等。本文从匍匐茎和块茎数量与地上部其它器官的关系出发, 从器官生长发育的角度探讨了匍匐茎和块茎建成的规律, 以期为指导马铃薯的高产优化栽培提供理论依据。

## 2 材料与方法

### 2.1 试验地点

本试验于 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 104 mg/kg, 速效磷为 42 mg/kg, 速效钾为 151 mg/kg, pH 为 7.7。

### 2.2 试验设计

试验以脱毒薯底西芮 (Desiree) 为试验材料, 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

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
优化	4500	10	8	4	2
未施肥(CK)	4500	0	0	0	0

在出苗至成熟分 6 期从各小区取样, 带回室内洗净凉干, 分器官称取鲜重, 再取小样于 80 °C 下

烘干至恒重后, 称取干重。叶片数、块茎数和匍匐茎数测定采用计数法, 叶面积测定采用干重换算法, 块茎体积测定用排水法。

## 3 结果与分析

### 3.1 匍匐茎的建成与光合系统、干物质分配的关系

匍匐茎的形成是块茎形成的前提条件和基础, 但其建成又与光合系统的大小和干物质分配密切相关 (表 2)。

表 2 马铃薯苗期匍匐茎数量、叶面积及各器官干重

匍匐茎数量 (条/株)	叶面积 (cm <sup>2</sup> /株)	叶干重 (g/株)	地上茎干重 (g/株)	匍匐茎干重 (g/株)
7.3	266.82	2.00	0.63	0.068
2.3	81.42	0.56	0.19	0.005
3.3	152.70	0.96	0.31	0.015
3.5	241.30	1.66	0.54	0.023
2.0	114.60	0.65	0.26	0.023
6.3	331.30	1.87	0.59	0.078
4.0	129.50	1.05	0.37	0.045
4.7	157.00	1.08	0.38	0.040
3.0	141.90	0.71	0.25	0.023
4.5	271.00	1.53	0.49	0.040
4.0	141.10	0.88	0.29	0.008
4.8	274.20	1.72	0.57	0.035

#### 3.1.1 匍匐茎数量与光合系统关系

表 3 匍匐茎数量与单株叶片数、叶面积和叶干重的回归分析

因变量 (Y)	自变量 (X)	回归方程	F 检验	复相关系数
匍匐茎 数量	叶片数	Y=0.034+0.397X	F=34.49>F <sub>46</sub> <sup>1</sup> (0.01)	0.655**
	叶面积	Y=1.297+0.015X	F=14.78>F <sub>10</sub> <sup>1</sup> (0.01)	0.772**
	叶干重	Y=0.999+2.570X	F=25.55>F <sub>10</sub> <sup>1</sup> (0.01)	0.854**

马铃薯出苗后, 匍匐茎在地下茎节上先后迅速发生, 此时如果具有良好的环境条件和栽培技术措施及其制约下形成的光合系统则有利于匍匐茎的形成。对匍匐茎形成的数量与单株叶片数、叶面积和叶干重进行回归分析, 结果见表 3。由表 3 可见, 匍匐茎数量不仅与叶片数密切相关, 而且与叶面积

和叶干重密切相关。从相关系数的大小可以看出, 匍匐茎形成的数量不仅决定于光合面积的大小, 更与光合系统的质量密切相关, 即决定于叶片干物质积累量。

### 3.1.2 匍匐茎数量与干物质分配的关系

以匍匐茎数量为因变量 (Y), 以叶干重 (X<sub>1</sub>)、地上茎干重 (X<sub>2</sub>) 和匍匐茎干重 (X<sub>3</sub>) 为自变量, 进行多元线性回归分析, 得方程:

$$Y = 2.141 + 7.358X_1 - 20.449X_2 + 38.85X_3 \quad (F = 16.41, R = 0.927^{**})$$

经显著性检验, 达极显著水平 ( $F > F_{0.01}^3$  (0.01) = 7.59), 说明此方程与实际情况拟合较好。由回归系数可见, 叶干重和匍匐茎干重与匍匐茎形成数量呈正相关, 而与地上茎干重则呈负相关。在此基础上, 进一步进行通径分析, 其结果见表 4。

表 4 马铃薯匍匐茎数量与各器官干物质积累量的通径分析

通径组合	直接通径系数 P <sub>YX<sub>i</sub></sub>	间接通径系数 $\sum r_{ij}P_{Yj}$	r <sub>Yi</sub>
叶干重 (X <sub>1</sub> ) 对匍匐数量的直接效应	2.4267		
X <sub>1</sub> 通过 X <sub>2</sub> 的间接效应		-2.009	0.8478
X <sub>1</sub> 通过 X <sub>3</sub> 的间接效应		0.4301	
地上茎干重 (X <sub>2</sub> ) 对匍匐数量的直接效应	-2.0188		
X <sub>2</sub> 通过 X <sub>1</sub> 的间接效应		2.4150	0.8327
X <sub>2</sub> 通过 X <sub>3</sub> 的间接效应		0.4365	
匍匐茎干重 (X <sub>3</sub> ) 对匍匐数量的直接效应	0.5669		
X <sub>3</sub> 通过 X <sub>1</sub> 的间接效应		1.8410	
X <sub>3</sub> 通过 X <sub>2</sub> 的间接效应		-1.5540	0.8536

由通径分析可知, 决定系数达 0.86, 因此匍匐茎形成数量的变异只有 14% 是由其它因素决定的。通过直接影响和间接影响的分析可以发现, 匍匐茎干重的直接影响和间接影响都较小; 叶片的直接影响最大, 其它因子通过它对匍匐茎数量的影响也为较大的正值; 而地上茎干重的直接影响为负值, 其它因素通过它对匍匐茎数量的影响均为较大的负值。由此说明: 叶干重对匍匐茎的影响为正效应; 地上茎干重对匍匐茎数量的影响为负效应, 所以二者之间在匍匐茎形成时期存在着对光合产物的

竞争。地上茎干重与匍匐茎数量之间相关系数之所以为正值, 是因为它通过叶干重对匍匐茎数量的影响为较大的正值, 而掩盖了其负效应。

匍匐茎是块茎发育的高效运输器官, 对块茎的大小和分布起决定性作用。但匍匐茎的形成时期也正是地上部茎叶快速生长和分枝发生时期, 该时期光合产物如何分配, 直接影响到匍匐茎的数量, 此时通过栽培技术进行调控, 促使光合系统迅速建成, 则为匍匐茎的形成创造了极其有利的条件, 可增加匍匐茎数量。

### 3.1.3 不同密度与施肥处理下马铃薯匍匐茎数量的变化

为了研究不同密度及施肥处理下, 马铃薯单株匍匐茎的数量的变化, 我们研究了单茎植株在出苗至现蕾期间匍匐茎数量的变化 (表 5)。

表 5 不同密度与施肥处理下马铃薯匍匐茎数量增长变化 (条/茎)

处理	3/6	6/6	9/6	14/6	17/6	20/6
高密	4.1	5.2	5.4	5.8	6.0	6.0
低密	2.3	4.2	4.3	5.2	5.4	5.4
高磷	2.2	3.6	4.5	4.5	4.5	4.8
未施磷	1.9	3.3	3.7	3.9	4.2	4.3
高钾	1.3	2.3	4.6	4.9	5	5.5
未施钾	2.2	4.3	4.6	4.8	5.2	5.6
高种氮	3.0	3.1	4.7	4.7	5.0	5.3
未施种氮	3.5	3.7	4.5	4.7	4.7	5.2
优化	2.5	4.2	5.0	5.1	5.3	5.3
对照	2.4	3.7	3.9	4.1	4.5	4.9

由表 5 可见, 高密群体由于有群体效应, 出苗较快, 形成的匍匐茎数量较低密群体多, 尤其是在出苗的早期。高磷处理与未施磷处理相比, 形成的匍匐茎数量要多, 因为增施磷肥也有利于早发苗, 因而匍匐茎快速建成。高钾处理对匍匐茎的早期形成略有抑制。优化处理下, 匍匐茎的形成稳定增长, 可见, 适宜的氮、磷、钾配比有利于匍匐茎的适时建成, 形成较多的有效匍匐茎 (能形成块茎的匍匐茎)。

### 3.2 块茎建成规律

#### 3.2.1 马铃薯匍匐茎结薯率的动态变化

马铃薯块茎的建成经历着一个动态变化过程, 匍匐茎的结薯率(形成块茎的匍匐茎占匍匐茎总数的百分比)呈“S”形曲线变化(表 6、图 1)。

由表 6、图 1 可见, 出苗 10 d 后, 已有匍匐茎开始膨大形成块茎, 以后随匍匐茎的陆续发生, 块茎相继建成, 至出苗后 20~50 d 内, 结薯率基本上是直线增长; 出苗 60 d 以后, 匍匐茎的结薯率平均达到 75% 以上, 即接近块茎形成终止期。由此说明: 尽管在马铃薯生育期间, 先后都有匍匐茎形成, 但在出苗 60 d 后, 由于光周期、温度等因

素的影响, 即使有匍匐茎形成, 这些匍匐茎亦不会膨大形成块茎。

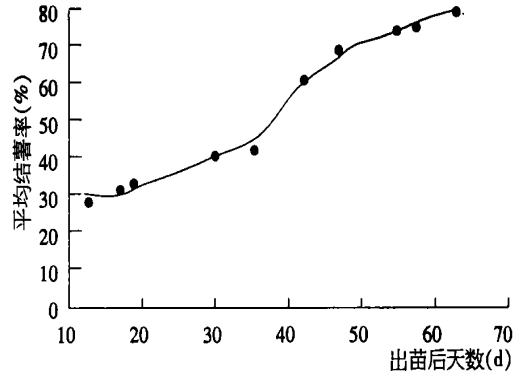


图 1 马铃薯结薯率变化(不同处理下平均)

表 6 不同密度与施肥处理下马铃薯结薯率(%)的变化

结薯率 (%)	出苗后天数 (d)									
	14	17	19	29	35	41	45	52	55	62
高密度	37.93	45.80	38.78	33.33	44.12	40.48	55.56	82.86	89.74	94.12
低密度	35.50	31.80	38.89	40.63	25.00	54.55	82.35	73.17	87.76	90.32
高施磷	22.20	13.60	51.61	46.16	45.95	68.00	62.96	85.19	63.41	69.23
未施磷	40.90	32.00	14.71	40.00	17.65	43.75	70.97	65.63	38.46	69.44
高施钾	9.40	27.30	15.15	6.67	39.13	68.18	72.41	71.05	52.73	84.62
未施钾	42.30	47.80	41.67	41.94	46.67	60.00	63.64	66.67	78.38	83.87
高施种氮	15.60	25.00	24.24	22.45	34.21	54.17	30.56	67.57	70.00	67.86
未施种氮	24.20	48.40	35.29	29.91	38.46	60.00	73.53	71.88	85.71	48.78
高追氮	27.30	13.51	42.31	40.00	29.73	43.18	66.67	59.57	73.58	45.45
未追氮	25.00	30.77	25.00	27.27	43.59	47.83	87.50	88.89	31.58	88.57
优化	26.10	12.90	33.33	47.83	57.89	55.10	68.75	64.00	70.00	80.00
未施肥 (CK)	27.30	40.91	40.63	41.67	45.45	64.52	44.12	45.83	80.56	100.0
平均结薯率 (%)	27.87	30.81	33.47	37.20	40.93	54.98	64.91	70.19	71.85	76.86

#### 3.2.2 马铃薯结薯率与干物质分配的关系

为考察马铃薯匍匐茎结薯率与干物质分配的关系, 我们取样后, 分器官称取干重, 并调查各株马铃薯匍匐茎膨大结薯情况(表 7)。

以(表 7)结薯率(%)为因变量(Y), 以叶茎干重(%) (X<sub>1</sub>)、块茎干重(%) (X<sub>2</sub>)为自变

量, 进行二元线性回归分析, 得方程:

$$Y = 257.581 - 2.782X_1 - 0.324X_2 \quad (F = 29.20, R = 0.931^{**})$$

经显著性检验, 达极显著水平 (F) F<sub>9</sub><sup>2</sup> (0.01) = 8.02), 说明此方程与实际情况拟合较好。在此基础上, 进一步进行通径分析, 其结果见表 8。

表 7 块茎建成与干物质分配的关系

项目	样本号											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
叶茎干重 (%)	73.73	79.83	81.16	78.97	82.00	71.51	83.04	76.59	80.20	80.06	82.64	78.97
块茎干重 (%)	20.77	17.23	12.89	15.49	15.61	23.67	9.97	18.15	12.36	13.64	10.63	15.19
结薯率 (%)	46.54	34.90	26.88	38.73	19.04	47.98	21.61	37.10	26.78	30.54	24.90	36.34

表 8 马铃薯结薯率与干物质分配的通径分析

通径组合	直接通径 系数 $P_{yX_i}$	间接通径 系数 $r_{ij}P_{y_j}$	$r_{yi}$
叶茎干重 (X <sub>1</sub> ) 对结薯率的直接效应	-1.0610 **		
X <sub>1</sub> 通过 X <sub>2</sub> 的间接效应		0.1316	-0.9294 **
块茎干重 (X <sub>2</sub> ) 对结薯率的直接效应	-0.1414		
X <sub>2</sub> 通过 X <sub>1</sub> 的间接效应		0.9875 **	0.8461 **

由通径分析可知, 决定系数达 0.866, 因此结薯率的变异只有 13.4% 是由其它因素决定的。通过直接影响和间接影响的分析可以发现, 无论是直接通径系数还是相关系数, 叶茎干物重 (%) 与结

薯率 (%) 之间都达到极显著负相关, 而块茎干重 (%) 与结薯率 (%) 之间为极显著的正相关, 而且它通过叶茎干重对结薯率的间接影响为极显著的正相关。由此说明: 尽管干物质分配到地上部较多时, 不利于块茎的建成, 但它们的建成是块茎形成的物质基础。在生产上如何通过合理的栽培技术措施, 既要使地上部有一定的生长量, 又不使其徒长, 使地上茎叶生长与地下块茎建成相互协调, 则是马铃薯高产的关键。

### 3.2.3 马铃薯块茎体积和干重的增长动态

优化处理下马铃薯块茎体积的增长及干重积累的变化 (表 9、图 2、3)。

表 9 优化处理下马铃薯块茎干重增长变化

出苗后天数 (d)	10 (苗期)	19 (块茎形成期)	35 (块茎增长初期)	55 (块茎增长后期)	75 (淀粉积累期)	103 (成熟期)
块茎干重 (g/株)	0	2.94	5.90	34.95	86.85	164.35
干重增长速率 (g/株·d)	0.00	0.327	0.185	1.453	2.595	2.768

表 10 优化处理下马铃薯块茎体积的变化动态 (ml/株)

出苗后天数 (d)	19	29	35	41	45	52	55	62	69	75	87	103
块茎体积 (ml/株)	12.6	25.8	34.5	56.3	91.2	156.0	193.9	285.7	438.6	533.2	698.4	761.9
增长速率 (ml/株·d)	1.32	1.45	3.63	8.73	9.27	12.63	13.11	21.84	15.77	13.77	3.97	

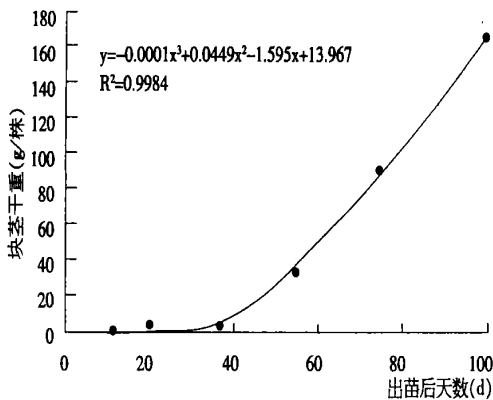


图 2 马铃薯块茎干重变化

由表 10、图 2 可见, 马铃薯匍匐茎顶端膨大, 块茎形成, 则块茎的干物质始终呈递增趋势, 其干物质积累过程符合三次曲线变化, 块茎形成期干物质积累较少, 进入块茎增长期干物质积累量直线增加, 直至成熟期, 块茎干重约占全株干重的 70%

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

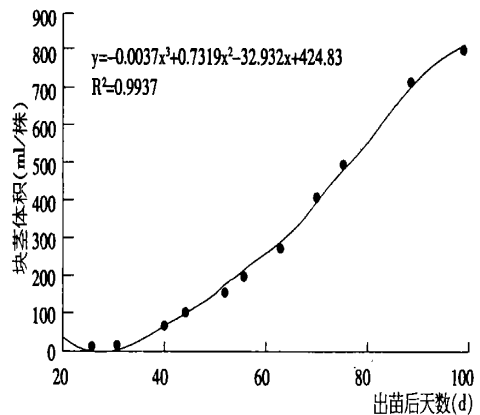


图 3 马铃薯块茎体积变化

马铃薯块茎体积的变化动态与块茎干物质的变化近似, 呈三次曲线变化 (表 9、图 3)。块茎形成

初期, 体积增长较缓慢, 进入增长中期后, 体积进入直线增长期, 到淀粉积累期, 体积增长又减缓。从块茎体积增长速率上来看, 出苗后 55 天以前, 块茎体积的增长速率缓慢, 出苗后 55~70 d 内, 块茎体积增长速率加快, 峰值出现在出苗后 70 d 左右, 接近成熟期, 增长速率又有所下降。

#### 4 结论与讨论

a. 马铃薯植株一定的光合面积的形成是匍匐茎形成的物质基础。幼苗期较大的叶面积利于匍匐茎的形成。马铃薯出苗后即有匍匐茎发生, 此时植株正处于由异养到自养的过渡时期。在生产上, 应采取合理的栽培措施, 如施用速效磷肥作基肥, 促进种薯中的养分迅速转化并供给幼芽和幼根的生长, 促进发芽出苗, 有利于叶片的早发与迅速伸展, 因而有利于匍匐茎的形成, 这对于实现马铃薯的高产优化栽培具有重要的意义。

b. 依据前人报道, 马铃薯块茎膨大, 各器官间对光合产物等营养物质的竞争开始, 本试验研究认为, 这一竞争实际发生得更早, 在马铃薯幼苗期, 虽然是以茎叶和根系生长发育为中心的时期, 同时伴随着匍匐茎的形成和伸长, 因此匍匐茎的形成与地上茎叶的生长间就已存在着对光合产物的竞争。所以, 在生产上, 应采取合理的栽培措施, 降

低匍匐茎形成与地上茎伸长、充实的竞争, 可为获得较高的块茎产量打下基础。

c. 马铃薯的结薯率在整个生育期内呈“S”形曲线变化。在整个马铃薯生育期间, 地下茎节上都有匍匐茎发生, 但出苗 60 d 以后形成的匍匐茎很少膨大形成块茎, 因此对产量贡献较大的是较早形成的匍匐茎和块茎, 所以凡是有利于匍匐茎和块茎早发的生产措施, 均有助于提高产量。

d. 从块茎建成与干物质分配的关系可以看出, 大量的干物质分配到块茎, 有利于提高单株结薯数和实现高产, 但同时也可以看到, 干物质在块茎中的分配率对结薯率的影响主要是通过植株地上部营养器官的建成而起作用的, 地上部器官的建成是块茎形成的物质基础, 因此, 在生产上, 应采取有效措施, 促进早发苗、发壮苗。

#### 参 考 文 献

[1] 王树安主编. 作物栽培学(北方本) [M]. 中国农业出版社, 1995, 237-240.  
 [2] P. M. Harris. The Potato Crop, 1987.  
 [3] Kumar, P., Buijal, B. D. The Influence of various degree of defoliation on stolon development, tuber initiation and yield in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Agra University Journal of Research Science*, 1979, 28 (2): 41-45.

## THE REGULAR PATTERN OF STOLON AND TUBER FORMATION IN POTATO

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

(1. Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010018, China; 2. Inner Mongolia Normal University, Huhhot 010021, China)

**ABSTRACT:** The formation of stolon and tuber was closely correlated to photosynthesis system and dry matter accumulation. The stolon and the aboveground stems and leaves competed for photosynthate, but the rapid establishment of aboveground stems and leaves was in favor of the formation of stolon and tuber. Though most of the dry matter was distributed into stolon and tuber, the establishment of stolon and tuber was based up on the aboveground part.

**KEY WORDS:** potato; stolon; tuber

### 编后语

马铃薯是内蒙古自治区的优势作物。为了进一步提高马铃薯的生产水平, 内蒙古农业大学农学院于“九五”期间承担了自治区的科技攻关项目“内蒙古自治区主要作物玉米、小麦、大豆、马铃薯高产优化栽培决策支持系统的研究”(项目计划编号: 960100), 并于 2000 年末通过自治区科技厅组织国内专家的鉴定验收。该课题组在对马铃薯的高产栽培生理研究中, 完成近 20 篇研究论文, 现由我刊陆续发表, 其目的在于与同行进行学术交流。并希望广大读者提出宝贵意见。