

种植密度与马铃薯块茎大小的分布

1. 密度与块茎生长的关系

谢从华 陈耀华 田恒林

(南方马铃薯研究中心)

摘 要

种植密度是影响马铃薯块茎生长发育的主要因素之一。主栽品种 Mira 和 783-1 各 3 种密度的试验结果表明, 随着单位面积播种密度的增加, 单位面积上的主茎数及块茎数目均增加, 而块茎的平均重量及大中薯率则减少。单位面积上的光能截获量与植株干重、块茎干重和块茎的平均重量均呈极显著的直线相关。Mira 和 783-1 的光能转化系数分别为 1.444 克干重/兆焦和 1.106 克干重/兆焦。分配到块茎的干物质比率随着块茎的生长而增加, 最终两品种的干物质转化率均为 85% 左右。而密度对各品种的光能转化率及块茎干重分配率均无显著影响。因此, 种植密度主要是通过通过对单位面积上块茎数量的控制来影响块茎所获得的光合产物的数量及块茎的生长发育。

1 前 言

马铃薯块茎的生长发育受到许多因素的影响如气候、土壤、水分、肥料等。许多研究已经证明, 单位面积上的植株密度与植株和块茎的生长发育以及块茎的大小分布具有显著的相关性^[1,2,3,4]。

种植密度一般定义为单位面积上的种植株数。但由于株、行距以及每种薯芽数的不同, 在相同的植株密度的条件下, 单位面积上的主茎数亦会不同^[1,3,4], 因此, 对植株和块茎的生长发育的影响也有差异。Moorby 和 Wiersem^[5] 建议种植密度应以单位面积上的主茎数(主茎为具有独立的

根系, 由地表下种薯的芽或主茎基部形成的枝条, 分开移栽后容易成活并能正常地形成匍匐茎和块茎) 来衡量, 以能准确地反应密度与植株和块茎生长发育的基本关系。

由于遗传特性的差异, 不同的品种对密度的反应亦不相同^[4,5]。本试验是为了了解我国西南地区的主栽品种在不同的栽培密度下块茎生长发育及块茎大小分布的基本特性, 亦为控制块茎的大小和繁殖系数提供科学依据。

2 材料与方 法

本试验选用当地主栽品种 Mira 和新育成的高产品种 783-1, 每品种设 3 种不同的

密度处理, 采用裂区法设计, 3次重复。试验的具体安排详见表1。

表 1 1990 年密度试验处理*

代 号	处 理	品 种	株距×行距 (cm ²)	株数/亩
1	A	Mira	33×75	2649
2	A	783-1	33×75	2649
3	B	Mira	33×50	4041
4	B	783-1	33×50	4041
5	C	Mira	33×37.5	5388
6	C	783-1	33×37.5	5388

* 小区面积为 4.3m×3m=12.9m², 每行 13 株

试验于1990年3月7日播种。试验地海拔高度1100 m, 肥力中等。种薯于播前两周在温室催芽。播时亩施复合肥(16:16:16)48公斤作底肥, 齐苗后亩施尿素10.5公斤作追肥, 同时中耕除草。

块茎生长发育期间分别于5月14日、5月30日、6月14日、6月27日和7月10日取样测定植株各部位干重、单株块茎数及单个块茎重量。每处理取4株, 3重复共12株求其平均数。取样的同时, 测定各处理的田间冠层覆盖率(C)、植株光能截获率(L_p)。具体方法详见以前的报道^[1]。每小区的光能截获率(L_t)=L_p×C。每月的光辐射总量Q(卡/cm²)由湖北省气象科学研究所提供的经验公式计算并转换成MJ/m²:

$$Q = Q_r (0.19 + 0.55S_1)$$

式中, Q_r为真理大气辐射, S₁为日照百分率=实照时数/可照时数。据此, 可求得某一时间的光辐射量S_R。因此, 每小区某一时间的光能截获量I_R为:

$$I_R = S_R \times L_t$$

3 结 果

3.1 单位面积株数与主茎数的关系

试验结果表明, 随着单位面积上株数的

增加, 单位面积上的主茎数亦增加(表2)。回归分析表明, 品种 Mira 每平方米每增加1株, 主茎数增加6.8根, 品种 783-1 每增加1株, 主茎数则增加7.0根, 相关系数均达到极显著水平。

表 2 单位面积的株数与
单位面积的主茎数

品 种	密 度	株数/m ²	主茎数/m ²	变异系数
Mira	A	4	22.8	0.050
	B	6	37.8	0.154
	C	8	50.2	0.084
783-1	A	4	27.2	0.211
	B	6	42.1	0.087
	C	8	57.5	0.024

3.2 单位面积茎数与块茎数目的关系

不同时期取样结果证明, 单位面积上的块茎数目随着单位面积上主茎数的增加而增加, 不同密度间的差异达显著标准(图1)。

从图1中可以看出, 块茎的形成高峰期约在播种后110天左右。随着块茎的成熟, 其数目亦随之下降, 这是因为后来形成的块茎其累积物质被植株吸收用于大块茎的生长所致^[11]。单位面积上的块茎数量亦与品种特性有关, 783-1的块茎数目要明显地高于Mira。

单茎的块茎数与单位面积上的茎数呈显著的负相关, 该相关关系可由负幂函数曲线拟合。播种后第84天(5月30日) Mira 与 793-1 的上述关系示于图2。其它时期亦表现出相似的结果。这表明, 随着密度的增加, 虽然单位面积上的块茎数目增加, 但单茎的块茎数则呈减少的趋势。

3.3 单位面积茎数与块茎生长的关系

在本试验的处理范围内, 随着茎数的增加, 除极少数因取样所引起的误差外, 单位

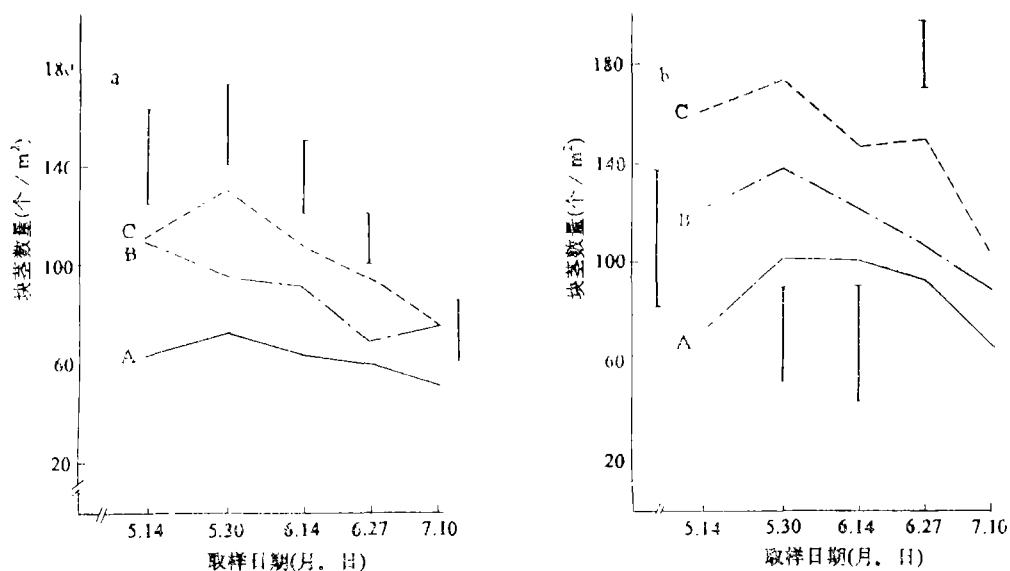


图 1 不同时期各密度处理单位面积上块茎数量的变化

注: I LSD0.05; a—Mira; b—783-1

面积上的块茎产量在不同的生育时期均呈增加的趋势(表3)。然而,不同密度下的块茎平均重量从第2次取样开始则随着密度的增加而降低(表4)。仅783-1因罹晚疫病严重,在后两次的取样中出现了一些误差。

将块茎按大薯(≥ 150 g)、中薯(50~149.9 g)和小薯(≤ 50 g)进行分级,其中大中薯占总重量的百分率则随着单位面积上茎数的增加而降低(表5)。但这一趋势对于单株茎数较多的品种783-1来说,则不如单株茎数相对较少的品种Mira表现得明显。如7月10日取样的结果,Mira的大中薯率A处理比B处理和C处理分别要高1.38和2.56倍,而783-1对应的倍数仅为0.90和1.32倍。

3.4 密度与光能截获量及光能转化率的关系

根据观察,随着单位面积茎数的增加,在马铃薯生育期间,单位面积上的累积光能截获量呈直线增加,且品种间无显著差异。

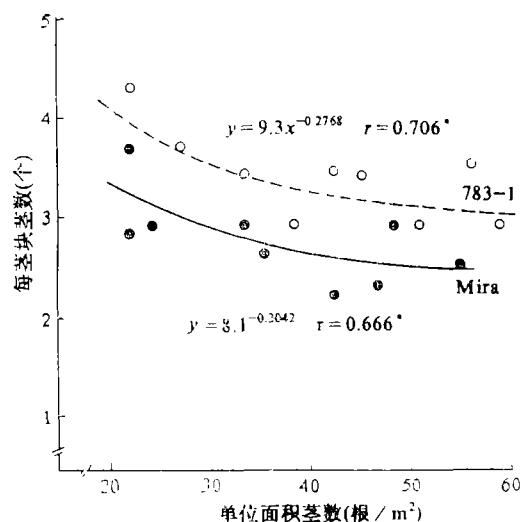


图 2 单位面积茎数与每茎块茎数的相互关系(5月30日取样)

因此,在分析中可以将Mira和783-1两品种的平均值综合起来,其回归关系示于图3。每平方米每增加1茎,其光能截获量可增加2.08兆焦。

光能截获量与植株的干物质产量亦呈直线相关,其回归系数即为光能转化率。试验

表 3 各密度处理不同时期单位面积上的块茎产量 (g/m²)

品 种	密 度	取 样 日 期 (月·日)				
		5·13	5·30	6·11	6·27	7·10
Mira	A	123.88	716.30	1549.14	2304.24	1959.20
	B	279.32	900.19	1978.25	2235.18	2196.86
	C	296.38	1025.93	1921.56	2737.89	2275.20
处理平均		233.19	880.81	1816.32	2425.77	2243.75
LSD _{0.05}		180.66	417.19	509.09	110.30	121.06
783-1	A	100.20	675.13	1363.46	1833.91	1851.21
	B	163.36	789.11	1666.69	2253.96	2081.03
	C	182.89	952.93	1971.18	2581.95	2592.95
处理平均		148.82	772.42	1633.73	2224.60	2175.06
LSD _{0.05}		14.96	355.74	449.28	616.07	639.02

表 4 各密度处理不同时期的块茎平均重量 (g/个)

品 种	密 度	取 样 日 期 (月·日)				
		5·13	5·30	6·12	6·27	7·10
Mira	A	1.98	10.00	24.59	39.28	39.18
	B	3.12	9.47	21.62	32.57	33.41
	C	1.83	7.88	17.90	29.18	30.10
处理平均		2.31	9.12	21.37	33.68	34.14
LSD _{0.05}		1.16	2.38	8.37	8.81	16.76
783-1	A	1.40	6.71	13.73	19.84	27.77
	B	1.50	5.69	12.79	20.92	30.11
	C	1.14	5.47	13.40	17.31	24.78
处理平均		1.35	5.96	13.31	19.36	27.56
LSD _{0.05}		0.28	0.84	5.85	1.19	5.97

表 5 各密度处理不同时期的大中薯率 (%)

品 种	密 度	取 样 日 期 (月·日)				
		5·13	5·30	6·12	6·27	7·10
Mira	A	0	0.47	19.58	30.11	32.00
	B	0	0	10.00	19.26	23.13
	C	0	0.52	7.55	15.11	12.50
处理平均			0.33	12.38	21.49	22.54
LSD _{0.05}				10.40	13.89	12.94
783-1	A	0	0	3.36	10.07	17.00
	B	0	0	2.49	8.96	18.85
	C	0	0	3.67	1.83	12.90
处理平均				3.17	3.30	16.25
LSD _{0.05}				1.34	1.73	4.63

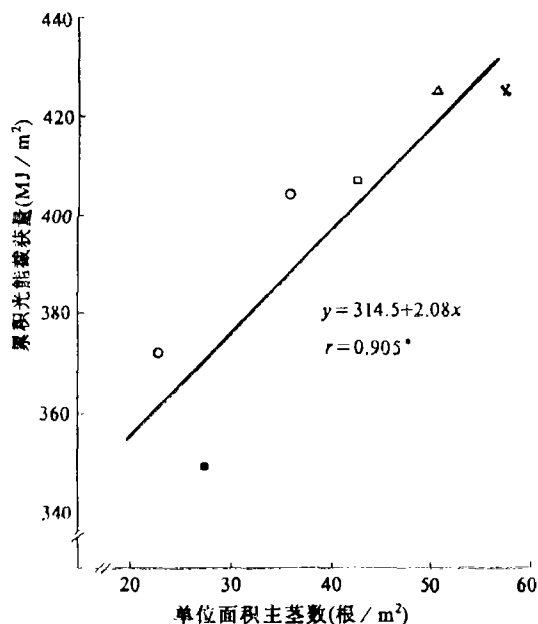


图3 单位面积累积光能截获量与主茎数的关系

注: • 示 Mira A, ○ 示 Mira B, △ 示 Mira C, ■ 示 783-1 A, □ 示 783-1 B, × 示 783-1 C,

结果表明,同一品种各密度处理间的光能转化率无显著差异而品种间的差异则比较明显。Mira 的光能转化率(1.444 g/兆焦)要显著地高于783-1(1.106 g/兆焦)(图4)。

块茎产量是马铃薯生产的主要经济指标。试验结果还表明,单位面积上的块茎干重与光能截获量亦具有极显著的直线相关(图5)。块茎的平均鲜重与光能截获量的回归分析证明,高密度的光能截获量对于块茎平均重量增加的效益要明显地低于低密度(图6)。

3.5 密度与块茎干重分配率的关系

在不同的生育时期,块茎干重占植株干重的比率示于图7。结果指出,在本试验条件下,块茎干重的分配率不受密度的影响。随着块茎的生长发育,植株的干物质转运分配给块茎的比例不断增加,最终约为85%左右。这一比率比一般报道的偏高,可能是由

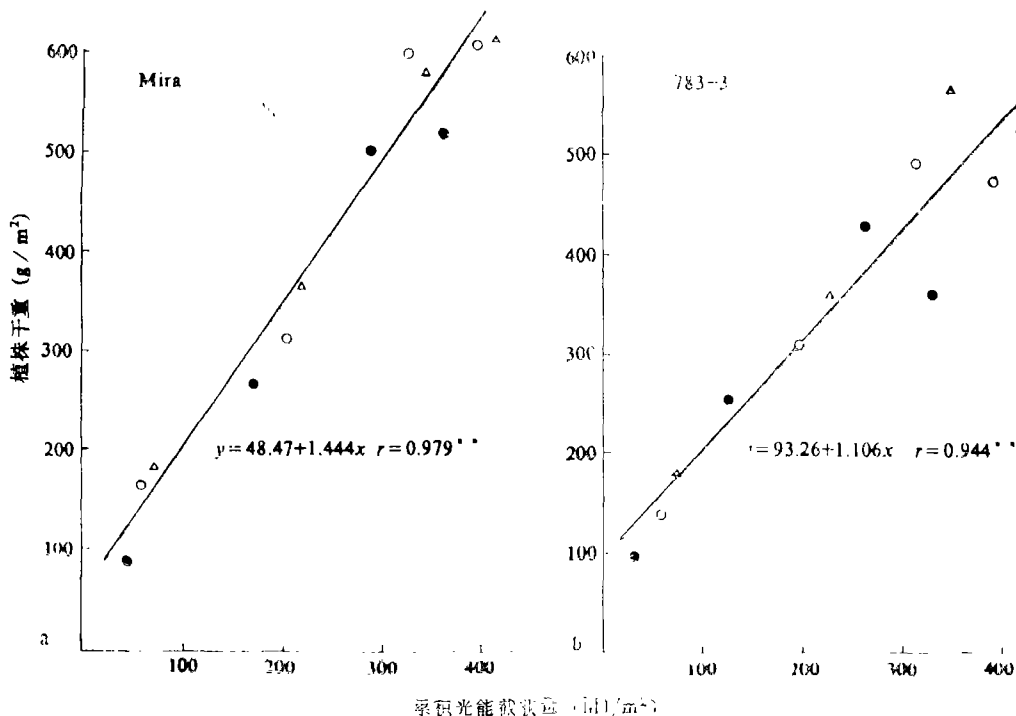


图4 植株干重与累积光能截获量的关系

注: • 示 A ○ 示 B △ 示 C

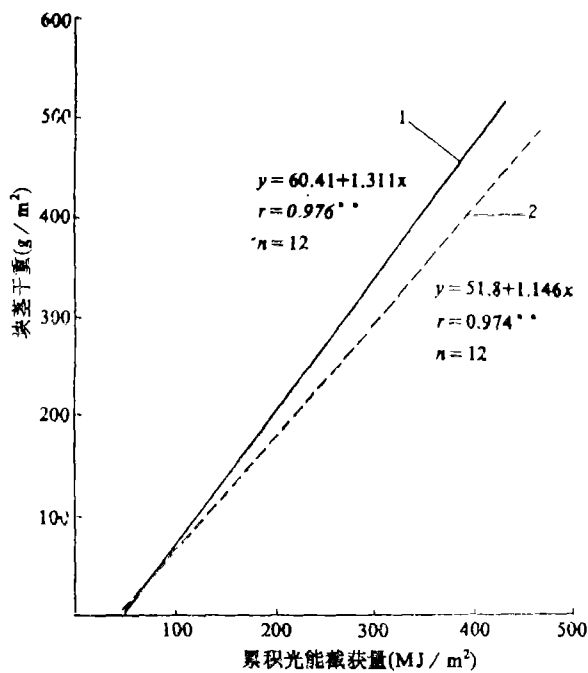


图 5 块茎干重与累积光能截获量的关系
注: 1 为 Mira, 2 为 788-1

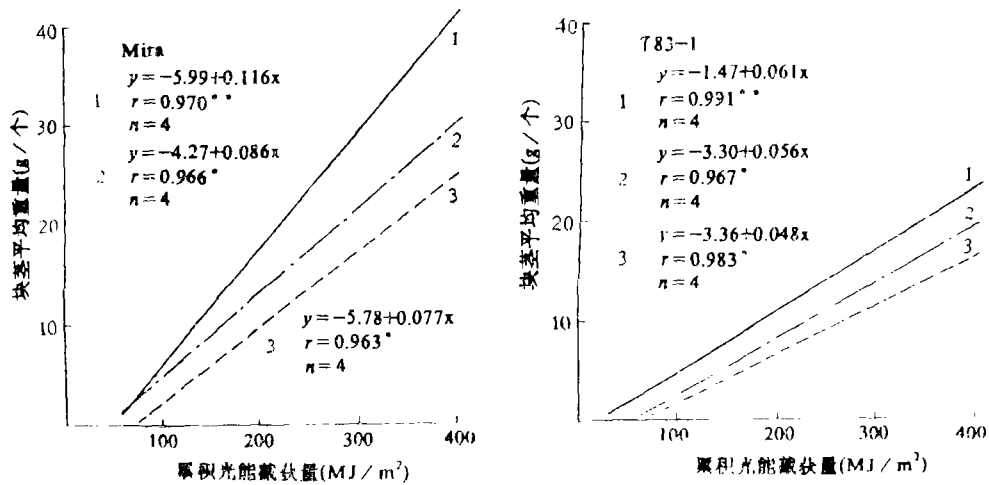


图 6 块茎平均重量与累积光能截获量的关系

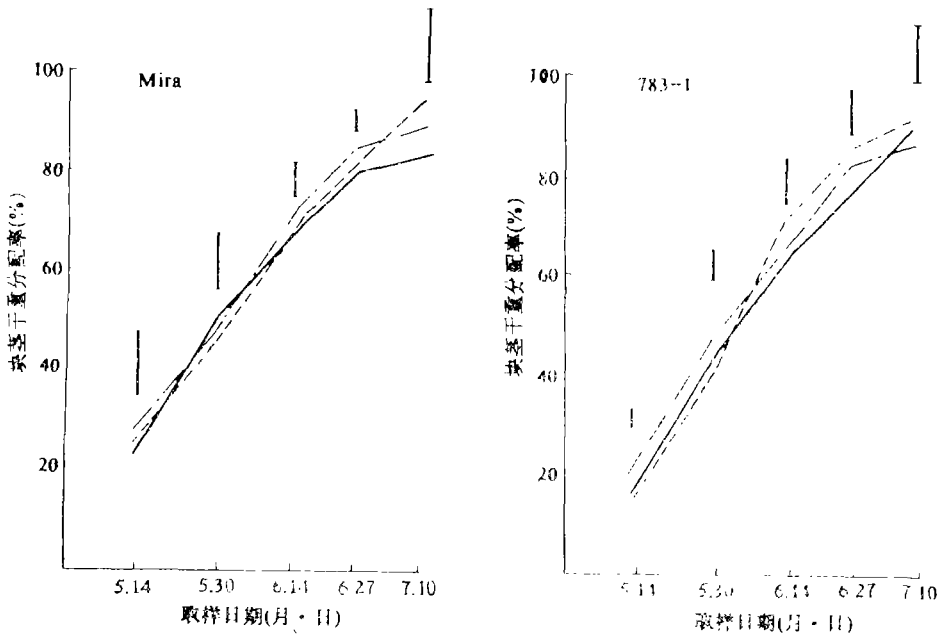


图 7 不同时期各密度处理块茎干重分配率(块茎干重占植株总干重的百分率)的变化
注: $\text{LSD}_{0.05}$

于生育后期晚疫病暴发,造成茎叶早死而引起取样误差所致。

4 讨 论

自从 Monteith^[12]1977 年首先提出利用叶片的光能截获量及其转化率进行作物生长分析以来,在许多作物的研究上都已证明光能截获量与植株干重具有显著的直线相关关系^[11,13]。在马铃薯作物上亦报道了相似的结果^[2,9,15,16]。本试验的结果也证实了这一关系,并进一步表明在所采用的密度处理范围内这一相互关系不受种植密度的影响,但受品种的遗传特性所控制(图 4 a、b)。

由于块茎累积物的 90% 是来自于块茎形成后的光合产物, Moorby^[13]曾指出块茎产量与光能截获量之间必定存在着某种相互关系。本试验的研究结果表明上述两因素之间具有极显著的直线相关,即在其它条件均能满足的情况下块茎的产量决定于植株光能截

获量的多少(图 5)。但块茎的生长速度及其大小则与每个块茎所获得的光合产物量有关^[1],因此高密度增加了单位面积上的块茎数量及块茎间对光合产物的竞争,从而导致光能截获量对块茎平均重量增加的效益要显著地低于低密度(图 6 a、b)。随着密度的增加,块茎的平均重量及大中薯率均呈下降趋势的结果(表 4、表 5)亦证明了这一点。Nie^[1]用 ^{14}C 同位素标记光合产物用以研究在不同密度条件下光合产物的转运分配与块茎生长发育的相互关系的试验亦得出了相似的结论。

光能截获量的多少决定于田间的绿叶面积^[2,15]。叶面积指数与光能截获率的关系符合于 Beer 定律^[14]。当叶面积指数小于 2.25 时,光能截获率与叶面积指数呈直线相关,其后光能截获率的增加速度降低,当叶面积指数大于 4 时,光能截获率处于基本稳定的状态。由于低密度条件下单株的分枝及叶数的增多^[9],块茎生长发育期间各密度处

理的叶面积指数的差异并不显著, 密度处理间光能截获量的差异主要来自于植株生育前期^[4]。而分配到块茎的光合产物的比例(即干重分配率)在各处理间无显著差异(图7), 因此, 高密度所增加的光能截获量满足不了所增加的块茎的生长需求, 这是造成高密度条件下小薯过多的主要原因。

参 考 文 献

- 1 Allen E J. Plant density. In: Harris P M. (Ed.) *The Potato Crop*. London: Chapman and Hall, 1978, 278~326
- 2 Allen E J and Scott R K. An analysis of growth of the potato crop. *J Agric Sci Camb*, 1980, 94: 583~606
- 3 Brenner P M and El Saeed A K. The significance of seed size and spacing. In: Evans J D and Milthorpe F L (Eds.) *The Growth of the Potato*. London: Butterworth, 1963, 267~283
- 4 Xie, C. Physiology of tuber growth and tuber size control in potato (*Solanum tuberosum* L.). Ph. D. thesis, Wye College, University of London.
- 5 Wiersma S C. Effect of stem density on potato production. Technical Information Bulletin 1. International Potato Centre (CIP) 1989
- 6 Gallagher J N. and Biscoe P V. Radiation absorption, growth and yield of cereals. *J Agric. Sci Camb*, 1978, 91: 47~60
- 7 Haverkort A J. Relationship between intercepted radiation and yield of potato crops under the tropical highland conditions of central Africa. Ph D thesis, University of Reading, 1985
- 8 Haverkort A J and Harris P M. Conversion coefficients between intercepted solar radiation

- and tuber yields of potato crops under tropical highland conditions. *Potato Res*, 1986, 29: 529~533
- 9 Kiurapa S C and McLaren J S. The influence of leaf area, light interception and season on potato growth and yield. *Potato Res*, 1982, 25: 329~342
- 10 Mackerron D K L and Waister P D. A simple model of potato growth and yield. Part I. Model development and sensitivity analysis. *Agric and Forest Meteorology*, 1985, 34: 241~252
- 11 Milford G E J et al. Physiological potential for increasing yields of sugarbeet. In: Hurd R G et al. (Eds.) *Opportunities for Increasing Crop yields*. London: Pitman Advanced Publishing Program, 1980, 71~83
- 12 Monteith J L. Climate and efficiency of crop production in Britain. *Philosophical Transaction of the Royal Society of London*, 1977, 281: 277~294
- 13 Moorby J. The physiology of growth and tuber yield. In: Harris P M (Ed.) *The Potato Crop*. London: Chapman and Hall, 1978, 153~194
- 14 Scott R K and Jaggard K W. Theoretical criteria for maximum yield. *Proceedings of the 41st winter Congress of the International Institute of Sugar Beet Research (I.I.R.R.)*, 1978, 179~198
- 15 Scott R K and Wilcockson S J. Application of physiological and agronomic principles to the development of the potato industry. *The Potato Crop*. London: Chapman and Hall, 1978, 678~704
- 16 Zaag D E van der and Doornbos J H. An attempt to explain differences in the yielding ability of potato cultivars based on differences in cumulative light interception, utilization efficiency of foliage and harvest index. *Potato Res*, 1987, 30: 551~568

(上接第113页)

主栽品种的良繁体系, 有计划按比例地建立健全“梯级”繁育体系。原种基地应设置在海拔1200米以上的地带, 选择技术力量较强, 土质肥沃、肥源充足、日照时数长的村、社; 一级种薯基地设置在海拔1000米以上的冷凉地带, 其面积要比原种基地增加5倍以上; 二级种薯基地设置在海拔800米

左右的地带, 面积要大于一级基地面积的五倍。繁殖出的种薯供大田生产用种。一、二级基地在播期安排上、块茎形成期的温度调节在18~20℃为宜, 以保持种性稳定。同时, 还应及时防治以蚜虫为主的病虫害, 控制病毒的传播、扩散, 减轻种薯退化, 以延长品种的生产年限。

PLANT DENSITY AND TUBER SIZE DISTRIBUTION IN POTATOES

I. RELATIONSHIP BETWEEN PLANT DENSITY AND TUBER GROWTH

Xie Conghua, Chen Yaohua and Tian Henglin
(Southern Potato Research Centre of China)

ABSTRACT

Plant density is one of the main factors which influences tuber growth of potatoes. Main crop varieties Mira and 783-1 with 3 plant density treatments were used in the experiment and the results showed that the numbers of main stems and tubers increased as the number of plants per unit area increased. There were linear relationships between intercepted radiation and plant dry weight, tuber dry weight and mean tuber weight. The conversion coefficients of radiation of Mira and 783-1 were 1.444g and 1.106 g dry matter MJ⁻¹, respectively. The percentage of dry matter distributed to the tubers increased with their growth. The ultimate conversion efficiency of dry matter of the two varieties was about 85%. There were no significant effects of plant density on the conversion coefficient of radiation and dry matter distribution within plants. Therefore, the amount of photoassimilates obtained by tubers, hence the tuber growth was affected by plant density mainly through controlling the number of tubers produced per unit area.