

马铃薯源的供应能力与库容量的关系

刘克礼, 高聚林, 孙会忠, 盛晋华

(内蒙古农业大学, 呼和浩特 010018)

摘要: 马铃薯茎叶和块茎增长过程有两个平衡期: 鲜重平衡期和干重平衡期。二者出现的早或迟、平衡值的高或低受密度和施肥调控, 从时间和空间上反映了源库是否协调, 也反映了源库间相互制约、相互促进的关系; 薯数/ m^2 叶和薯重/ m^2 叶可用来表示单位叶面积上负荷量和有效生产量的大小, 在一定程度上反映了源的数量与质量、库对源的调运能力、反馈及流的畅通程度; 不同密度和施肥处理下, 马铃薯产量随群体库容量和源供应量的增加而增加, 在一定范围内随库/源比值的提高而提高。试验结果表明: 库/源比值以 0.428 为宜, 此时, 马铃薯品种底西芮的经济产量可达到 3000 kg/ $667m^2$ 以上。

关键词: 源的供应能力; 库容量

中图分类号: S532

文献标识码: A

文章编号: 1672-3635 (2004) 01-004-05

1 前言

马铃薯具有与谷类作物不同的生物学特性, 它形成产品器官的块茎不经过有性过程, 块茎是一缩短而肥大的变态茎, 因此在产量形成上必然具有与谷类作物不同的源库关系, 然而, 迄今未见有关的系统研究报道。我们从源库关系的角度对马铃薯产量形成进行研究, 以期引起同行的重视、争论和思考。在马铃薯的源库关系中, 源主要指叶片, 库主要是指块茎。在产量形成中, 源既参与库的建成, 又参与库的充实; 库既能提高源的活性, 也能抑制源的活性。因此, 进一步研究产量形成中的源与库的关系, 探讨不同栽培措施下二者相互制约与协调的机制, 对进一步提高产量和指导生产实践具有重要意义。本文从源的供应能力和库容量出发, 对产量形成中的限制因子进行了研究。

2 材料与方法

2.1 试验地

本试验于 1998~1999 年在内蒙古农业大学教

学农场进行。土壤为壤土, 耕层 0~20 cm 土壤有机质含量为 2.35%, 全氮量 0.1318%, 碱解氮 79.5 mg/kg 土, 速效磷 28.1 mg/kg 土, 速效钾 148.9 mg/kg 土, pH 7.6。

2.2 供试品种

本试验以脱毒种薯底西芮作为试验材料。

2.3 试验设计

本试验采用密度、施磷量、施钾量、施种氮量、追氮量五因素三水平随机区组设计, 无肥区作对照, 共 12 个处理组合, 两次重复, 试验处理及水平见表 1。每小区 18 行, 行距 50 cm, 行长 5.0 m, 小区面积 45 m^2 , 每小区 1/2 留作测产, 1/2 作取样区, 磷、钾和种氮肥在播种时一次性侧深施, 追氮肥在 6 月 25 日块茎形成期进行, 其它管理与大田相同。

2.4 取样及测定方法

在马铃薯苗期 (4/6)、块茎形成期 (22/6)、块茎膨大期 (3/7)、块茎膨大后期 (21/7)、淀粉积累期 (6/8) 和成熟期 (9/9) 6 个生育时期分别取样, 每小区取样 5 株, 带回室内洗净凉干, 分器官称取鲜重, 再取小样置于 80 °C 下烘干至恒重后称取干重。

块茎体积测定采用排水法, 叶面积测定采用干重换算法。

收稿日期: 2003-04-20

中国知网 <http://www.cnki.net> 刘克礼 (1932-) 男, 教授, 主要从事作物生理生态及决策系统研究。

表1 各因素处理水平及实际值 (kg/667m²)

处理 (代码)	密度 (穴/667m ²)	施磷量 (P ₂ O ₅)	施钾量 (K ₂ O)	种氮肥量 (纯N)	追氮量 (纯N)
高密度 (GM)	6000	10	8	4	2
低密度 (DM)	3000	10	8	4	2
高施磷 (GP)	4500	20	8	4	2
未施磷 (WP)	4500	0	8	4	2
高施钾 (GK)	4500	10	16	4	2
未施钾 (WK)	4500	10	0	4	2
高施种氮 (GCN)	4500	10	8	8	2
未施种氮 (WCN)	4500	10	8	0	2
高追氮 (GZN)	4500	10	8	4	4
未追氮 (WZN)	4500	10	8	4	0
优化 (因素中量组合, YH)	4500	10	8	4	2
未施肥 CK	4500	0	0	0	0

3 结果与分析

3.1 群体源供应能力与光合势 (LAD)、净同化率 (NAR) 的关系

马铃薯块茎产量的 95% 以上来自叶片的光合作用产物, 因而, 块茎形成和增长主要依赖于源的供应能力。马铃薯不同时期的干物质积累量是由此期光合势和净同化率的乘积决定的, 对二者与干物质源的供应能力的相关性作通径分析, 其结果如表 2。

表2 马铃薯块茎增长期 LAD (X₁)、NAR (X₂) 源对块茎的供应能力 (Y) 影响的通径分析

项目	X 对 Y 的 直接影响	X 对 Y 的 间接影响	X 对 Y 的 总影响力
LAD (X ₁)	2.9531	-2.2418	0.7213
NAR (X ₂)	-2.0544	1.8693	-0.1851

分析结果表明, LAD 对后期源的供应能力的直接影响力较高, 为 2.9531, 但它对后期源的总的影响力只有 0.7213, 是因为 LAD 对源的作用被 NAR 抵消了 (X₁ 通过 X₂ 对 Y 的间接影响为 -2.2418), 说明增加 LAD 对后期群体源的供应起决定性作用, 此时如能延缓功能叶片的衰老, 保证在块茎增长期有较大的 LAD, 即可使源的供应能力提高。

中国知网 <https://www.cnki.net>

3.2 群体库容量与单株结薯数及平均薯重的关系

群体库容量由单位面积株数、单株结薯数、单株平均薯重决定。在生产实践中, 各种栽培措施对产量的制约多是由于对单株库容量的影响的结果, 而密度较容易控制, 因此, 要明确群体库容量与单株库容量的关系, 即群体库容量与单株结薯数及平均薯重的关系。

单株薯数和平均薯重决定单株库容量, 对二者与库容量 (总薯重) 的相关性进行分析, 结果如表 3。

表3 单株结薯数、平均薯重与库容量的相关性

性状	库容量	单株结薯数
单株结薯数	0.6522**	
平均薯重	0.5756**	-0.1861

由表 3 可见, 单株结薯数与平均薯重是相互影响、相互制约的负相关关系。单株结薯数越多, 平均薯重就越小, 故在生产实践中要通过对马铃薯优化栽培技术的实施, 使单株结薯数适当, 重点在于提高大中薯数, 以增加平均薯重, 从而扩大群体库容量。

3.3 群体库容量与叶面积的关系

叶面积是群体源的主要数量性状之一, 不同密度和施肥量处理下, 马铃薯生育期间最大叶面积与库容量的关系、薯数/m²叶、薯重/m²叶是不同的 (表 4)。

由表 4 可见, 大、中薯数/m²叶表现为: GM > YH > DM > CK, 说明增密虽使单株大中薯率降低, 但因其个体数量多, 而使大中薯数增加, 故而单位叶面积的负荷就高; 低密处理下则相反; 优化处理的大、中薯数/m²叶介于高密与低密之间。薯重/m²叶则表现为: YH > GM > DM > CK。

优化处理群体由于叶面积承受的薯数和薯重适中, 协调了源库关系, 源足库大; 无肥处理因其养分供应不足, 源 (叶面积)、库 (薯数、薯重) 均小, 所以薯数/m²叶和薯重/m²叶表现最小; 偏施或不施氮、磷、钾素时, 必然使群体生长在非正常的栽培条件下, 造成薯数/m²叶、薯重/m²叶的不合理变化, 群体源库发展及比例不协调, 难以实现高产。

从表 4 可以发现, 当叶面积相近时, 薯重/m²叶高的, 产量就高; 而大中薯数相近, 薯重/m²叶高的, 但产量不一定高。

表 4 不同密度与施肥处理下库与叶面积的关系

处 理	最大叶面积 (m ² /667m ²)	大中薯数 (个/667m ²)	大中薯数/叶 (个/m ² 叶)	薯干重 (kg/667m ²)	薯干重/叶 (kg/m ² 叶)	产量 (kg/667m ²)
GM	4226.88	54000	12.78	1288.80	0.30	2631.42
DM	3586.85	30000	8.36	1008.90	0.28	2529.17
GP	3673.52	42750	11.64	1044.22	0.28	2871.47
WP	3546.84	38250	10.78	1016.47	0.29	2569.21
GK	3720.19	36000	9.68	1162.80	0.31	2758.12
WK	3626.85	27000	7.44	912.02	0.25	2418.08
GCN	4180.21	38250	9.15	1240.99	0.30	2795.91
WCN	3660.18	31500	8.61	1025.24	0.28	2436.97
GZN	4206.88	45000	10.70	1130.49	0.27	2569.21
WZN	3680.18	33750	9.17	1107.26	0.30	2418.08
YH	4066.87	47250	11.62	1422.00	0.35	3060.38
CK	3286.83	27000	8.21	846.27	0.26	2340.29

3.4 茎叶鲜干重与块茎鲜干重的关系

马铃薯是生物产量、经济产量形成的基础, 光合产物的积累及其在各器官中的分配与茎叶、块茎的形成密切相关, 马铃薯产量形成和茎叶生长的相互关系 (表 5、6、图 1)。

由表 5、6 及图 1 可见, 在不同栽培条件下, 马铃薯个体发育过程中, 茎叶和块茎生长之间存在两个平衡期: 干重平衡期和鲜重平衡期。在干重平衡期后, 有机营养由主要用于茎叶和块茎并进生长转向以供应和促进块茎快速充实膨大和淀粉积累为

主的阶段; 在此之后, 鲜重平衡期出现, 标志着茎叶生长基本停止, 此后块茎继续增长和以淀粉积累为中心的时期。

不同处理下, 干重平衡期的出现早晚不一。GM、GCN、GZN 处理下, 由于茎叶前期生长旺盛, 干重平衡期出现较晚, 生长中心未能及时转移到以块茎增长为主, 影响库的扩大和充实; 而低氮和 CK 处理, 由于源器官发育不良, 干物质积累少, 干重平衡期出现较早, 因源量不足, 也制约库的扩大。

表 5 不同密度用施肥处理下单株薯重动态变化

(g/株)

处 理	取 样 时 间									
	6 月 22 日		7 月 3 日		7 月 21 日		8 月 6 日		9 月 9 日	
	薯鲜重	薯干重	薯鲜重	薯干重	薯鲜重	薯干重	薯鲜重	薯干重	薯鲜重	薯干重
GM	0.00	0.00	79.09	9.81	339.48	58.53	519.81	105.38	1076.16	214.80
DM	1.31	0.08	71.60	9.00	456.54	73.78	525.69	156.56	1544.07	336.30
GP	2.08	0.13	99.98	12.68	410.07	71.76	701.84	135.74	1155.63	232.05
WP	0.43	0.48	100.43	10.44	418.84	65.00	684.62	110.22	1252.12	225.88
GK	0.33	0.02	62.90	8.34	374.11	65.84	864.66	140.34	1175.62	258.40
WK	2.50	0.20	42.89	5.34	301.96	49.94	449.54	93.81	1026.70	202.67
GCN	0.08	0.00	47.86	6.11	305.47	50.22	601.71	112.40	1381.64	275.78
WCN	2.06	0.09	155.34	20.57	573.82	90.32	614.87	106.50	1268.55	227.83
GZN	1.87	0.14	89.24	10.98	369.52	58.83	806.02	108.34	1272.65	251.22
WZN	0.58	0.05	135.88	16.88	451.39	73.85	751.87	116.04	1245.24	246.06
YH	1.44	0.11	163.90	21.24	393.11	65.26	843.77	154.28	1438.00	316.94
CK	1.28	0.18	110.12	14.16	468.18	81.84	667.91	102.89	1245.82	188.06

鲜重平衡期出现的早晚也受栽培措施的制约(表5、6)。高氮、高钾或低密条件下, 生育后期茎叶生长旺盛, 鲜重平衡期出现得晚; 而CK和无氮肥、高密、高磷条件下, 鲜重平衡期出现早。鲜重平衡期出现过早, 则表明茎叶发生早衰, 不利于淀粉积累; 过迟表明后期茎叶生长过旺, 也必然影响淀粉积累。

在优化栽培处理下, 干重平衡期出现在出苗后70d左右, 此时正是块茎膨大期, 干物质分配中心及时转移, 充足的干物质源供给块茎生长发育, 有利于库的快速扩大和充实; 而鲜重平衡期出现在出苗后90d左右, 茎叶未发生早衰, 利于淀粉的积累。

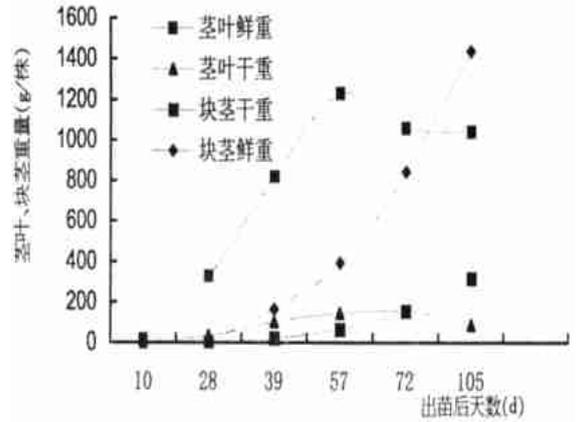


图1 优化处理下茎叶、块茎的鲜干重变化

表6 不同密度用施肥处理下单株茎叶生长动态变化 (g/株)

处理	取 样 时 间											
	6月4日		6月22日		7月3日		7月21日		8月6日		9月9日	
	茎叶鲜重	茎叶干重	茎叶鲜重	茎叶干重	茎叶鲜重	茎叶干重	茎叶鲜重	茎叶干重	茎叶鲜重	茎叶干重	茎叶鲜重	茎叶干重
GM	20.9	2.5	303.6	43.2	661.9	66.7	1029.3	106.5	1211.1	128.7	776.7	66.3
DM	13.8	1.6	326.4	48.3	708.2	75.0	1294.0	149.8	853.7	135.5	833.3	89.5
GP	22.9	1.4	325.1	41.4	715.5	80.7	1009.3	96.2	1087.9	95.1	733.6	72.3
WP	11.5	1.4	269.4	41.4	729.4	80.7	935.5	96.2	918.1	95.1	788.4	72.3
GK	38.7	4.6	226.4	28.5	575.2	59.3	956.8	96.9	1230.6	157.7	1221.9	95.9
WK	13.2	1.9	346.6	39.6	575.2	82.4	1100.2	179.4	1269.9	164.9	884.0	91.5
GCN	19.6	2.3	283.5	33.7	529.8	54.1	1028.5	108.1	1052.0	117.9	961.8	65.0
WCN	14.2	1.8	229.7	24.8	656.9	72.4	890.7	99.8	904.1	105.6	633.8	62.3
GZN	10.2	1.3	300.2	32.3	767.7	78.6	1050.0	100.5	1262.6	143.8	1158.7	121.5
WZN	19.4	2.5	222.5	25.2	856.9	92.1	1049.3	130.5	1027.6	151.4	889.6	123.9
YH	16.0	1.9	328.6	34.0	821.7	100.8	1230.1	145.5	1058.5	155.3	1040.8	85.6
CK	25.0	2.9	235.1	25.3	462.0	52.4	606.8	74.8	692.5	79.7	732.2	70.0

3.5 群体源供应能力、库容量及其比值与产量的关系

如果用源的数量值(LAD)与源的质量值(NAR)的乘积表示群体源的供应能力, 用库的数

量值(密度)与库的质量值(单株平均薯重)的乘积来表示群体库的总量, 不同处理下, 群体源与库的总量见表7。

表7 不同密度和施肥处理下源库总量及其比值与产量的关系

处理	库质量值 (g/株)	库数量值 (株/667m ²)	库总值 (kg/667m ²)	源数量值 (×10 ⁴ m ² ·d)	源质量值 (g/m ² ·d)	源总值 (kg/667m ²)	库/源	产量 (kg/667m ²)
GM	214.80	6000	1288.8	25.4	12.9	3259.4	0.395	2631.4
DM	336.30	3000	1008.9	22.1	10.4	2292.4	0.440	2529.2
GP	232.05	4500	1044.2	25.1	12.4	3107.9	0.336	2871.5
WP	225.88	4500	1016.5	22.6	11.2	2527.0	0.402	2569.2
GK	258.40	4500	1162.8	24.6	13.4	3303.9	0.352	2758.1
WK	202.67	4500	912.0	23.1	11.4	2629.0	0.347	2418.1
GCN	275.78	4500	1241.0	25.2	14.0	3539.8	0.351	2795.9
WCN	227.83	4500	1025.2	22.8	11.1	2520.1	0.407	2437.0
GZN	251.22	4500	1130.5	26.2	13.1	3428.7	0.330	2569.2
WZN	246.06	4500	1107.3	23.2	12.2	2827.8	0.392	2418.1
YH	316.90	4500	1426.1	25.9	12.9	3328.9	0.428	3060.4
CK	188.06	4500	846.3	21.3	9.6	2047.2	0.413	2340.3

不同密度及施肥处理下, 经济产量一般随群体库容量的增大和源供应能力的增强而提高 (表 7)。二者均与产量呈正相关关系, 相关系数分别为 0.963^{**} 和 0.942^{**}, 均达极显著水平。

不同密度群体, 产量随着库/源比值的提高而提高, 而到达适点 (本试验为 0.4280) 后, 库/源比再增加或降低则产量下降。高密群体, 库源比值低于最适值, 群体库容量是限制产量的主要因素, 此时库相对于源的供应能力过小, 因此产量不高; 而低密群体的库源比值高于最适值, 源为限制因素, 群体源的供应能力相对于库值较低, 源明显不足, 经济产量亦不高, 因此要合理调控密度。在不同的磷、氮和钾肥施用量下, 马铃薯群体表现出相应的源不足或库不足, 源库比例失调, 造成产量不高。综上所述, 群体库容量、源的供应能力及其比值, 单位叶面积负荷量和有效负荷量随密度和施肥的不同而不同, 本试验表明, 马铃薯品种底西芮源/库比值为 0.428 时经济产量最高, 反映出优化栽培的库源关系比较合理。

4 结论与讨论

a. 不同密度及施肥处理下, 薯数/ m^2 叶和薯重/ m^2 叶分别表明单位叶面积上负荷量和有效生产量的大小, 在一定程度上反映了源的数量与质量、库对源的调运能力、反馈及流的畅通程度。

b. 不同密度和施肥处理下, 茎叶和块茎增长过程有二个平衡期: 鲜重平衡期和干重平衡期。二者出现的早或迟、平衡值的高或低受密度和施肥调控, 从时间和空间上反映了源库是否协调, 也反映了源库间相互制约、相互促进的关系。干重平衡期、平衡值的适度提前与增加, 是在源库协调发展的基础上实现了物质分配中心的适时转移, 有利于库的扩大与充实, 增加经济产量。

c. 不同密度及施肥处理下, 马铃薯经济产量随群体库容量和源供应量的增加而增加; 在一定范围内随库/源比值的提高而提高, 本试验结果表明库/源比值以 0.428 为宜, 在此比值下马铃薯品种底西芮的经济产量可达到 3000 kg/667 m^2 以上。

参 考 文 献

[1] 谢从华, 陈耀华. 种植密度与马铃薯块茎大小的分布: I 密度与块茎生长的关系 [J]. 马铃薯杂志, 1991, 5 (2): 70-78.
 [2] 大崎山口. 作物源库理论 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995, 19-65.
 [3] 谢从华, 田恒林. 种植密度与马铃薯块茎大小的分布: II 块茎大小分布的数学模型及应用 [J]. 马铃薯杂志, 1991, 5 (3): 141-147.
 [4] 余德谦, 朱旭彤. 农作物器官建成 [M]. 北京: 农业出版社, 1992, 156-213.
 [5] Hossain M J. Effect of population density of cut shoot of potato on growth, tuber yield and multiplication rate [J]. Tropical Science, 1995, 35 (2): 161-166.

CORRELATION OF SOURCE ACCOMMODATION AND SINK VOLUME OF POTATO

LIU Ke-li, GAO Ju-lin, SUN Hui-zhong, SHENG Jin-hua

(Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010018, China)

ABSTRACT: There were two balance stages during tuber increase and leaf increase, i.e. balance of fresh weight and dry weight. Whether the two stages occurred early or late, and the balance value was high or low were controlled by plant density and fertilizer application. These reflected if the source-sink was harmonic in time and space. Also, these reflected the interaction of source and sink. Tuber number/ m^2 leaves and tuber weight/ m^2 leaves can show the burthen and production efficiency on the basis of leaf area per unit area, and to some extent reflect the quantity and quality of source and the ability of sink regulation. Under different plant densities and fertilizer regimes, potato yield increased with increase in sink capability and source supply, and to some extent increased with sink/source ratio. The experimental results indicated that the optimum sink/source ratio was 0.428 and the yield could reach more than 3000 kg/667 m^2 .

KEY WORDS: source; sink; interaction