

# 施钾对莲藕产量形成和氮磷钾养分累积分配的影响

刘冬碧<sup>1</sup> 陈防<sup>2</sup> 熊桂云<sup>1</sup> 巴瑞先<sup>1</sup> 张富林<sup>1</sup> 张继铭<sup>1</sup> 余延丰<sup>1</sup>

(1. 湖北省农业科学院植保土肥研究所, 武汉 430064; 2. 中国科学院武汉植物园, 武汉 430074)

**摘要:** 为研究钾营养对莲藕产量形成和氮磷钾养分积累与分配的影响, 于2007年采用盆栽试验, 设置不施钾(-K)和施钾(+K)处理进行全生育期试验。莲藕移栽76天后, +K处理叶片和叶柄干物质累积量明显高于-K处理, 并均在97天膨大茎成型后逐渐降低; 膨大茎干物质累积速率和累积量在早期为+K处理低于-K处理, 97天后+K处理的干物质累积速率明显加快, 其累积量于139天明显高于-K处理, 160天不同处理膨大茎干物质累积量趋于稳定, +K处理为1204克/株<sup>-1</sup>, 比-K处理高19.7%。在97天-160天产量形成关键期, 膨大茎中氮、磷和钾的累积量, +K处理比-K处理分别高32.8%、10.3%和74.2%, 其中来自其它器官转移的氮、磷和钾, +K处理比-K处理分别高1.20、0.12和1.26克/株<sup>-1</sup>, 来自根系直接从土壤中吸收转运的氮、磷和钾, 前者比后者高2.16、0.04和5.70克/株<sup>-1</sup>。莲藕氮、磷、钾累积总量比-K处理为1:0.14:0.90, +K处理为1:0.13:1.31。钾营养促进莲藕干物质生产和累积、促进根系对养分的吸收并提高莲藕各器官尤其是叶柄中钾的含量, 在生育后期促进干物质和养分从叶片等器官转移贮存到膨大茎中并最终增产。

**关键词:** 莲藕; 施钾; 产量形成; 营养; 干物质积累

以膨大的地下根状茎为食用的莲藕(*Nelumbo nucifera Gaertn*), 主要分布在长江流域湖北、江苏、安徽和浙江等省, 是中国种植面积最大的水生作物, 也是我国特色水生蔬菜, 具有较高的经济价值、丰富的营养和医疗保健价值<sup>[1]</sup>。块根(茎)类作物对钾素比较敏感, 对钾的需求量常常超过氮, 而生产中钾肥投入又往往不足<sup>[3]</sup>, 因此研究莲藕钾营养对指导莲藕生产中合理施肥具有重要意义。国外相关方面的研究主要集中在莲藕生理、莲藕各器官的保健、药理、美容作用等方面; 我国过去有关莲藕方面的理论研究主要侧重于分类与生长发育、品种资源收集、遗传育种及生理生化特性等方面<sup>[2]</sup>, 生产方面的应用研究主要为综合栽培技术、栽培模式探讨等<sup>[1]</sup>, 有关莲藕营养特性方面的研究极少。笔者曾通过农户问卷调查、土样和植株样品分析、以及田间试验, 明确了影响莲藕产量的土壤养分限制因子主要为氮、钾、磷和锌, 通过盆栽试验明确了改善钾营养可促进莲藕健康生长<sup>[17]</sup>。本研究将在此基础上进一步探讨钾营养对莲藕产量形成和养分累积分配的影响, 以明确莲藕生育期营养特性与需肥规律, 为莲藕生产中制定合理的施肥措施提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试材料

盆栽试验的供试土壤采自武汉市东西湖区走马岭农

场, 为长江冲积物母质发育的潮土性水稻土, 其属性及速效养分状况为pH值7.92, 有机质11.6克/公斤, 铵态氮20.4毫克/升, 硝态氮20.5毫克/升, 速效磷(P)6.2毫克/升, 速效钾(K)76.2毫克/升, 有效锌1.6毫克/升, 有效硼0.4毫克/升。莲藕品种为早中熟鄂莲五号。

### 1.2 试验处理与施肥

试验设不施钾(-K)和施钾(+K)2个处理, 试验用盆为65cm(L)50cm(W)35cm(H)的硬质塑料大盆, 每盆装粉碎风干土100公斤, 重复25次, 2处理交错排列。N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>和K<sub>2</sub>O用量分别为0.45、0.15和0.45克/公斤土, 大粒锌肥(Zn 30%)和硼砂均为0.05克/公斤土。氮肥用尿素(N 46%), 60%基施, 余下40%在5月底和6月下旬分2次平均追施; 磷肥用普钙(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12%), 钾肥用氯化钾(K<sub>2</sub>O 60%), 70%基施, 余下30%于6月下旬和尿素同施; 磷肥和硼肥全部基施, 基肥与土拌匀施入, 锌肥在2叶期溶于水后一次性施入。

### 1.3 试验方法

试验于2007年4月9日开始在湖北省农业科学院盆栽场网室内进行。将试验盆置于网室内微池土壤中, 使微池土壤成为试验大盆的“支持介质”, 然后在盆中装入已按处理拌好基肥的100公斤风干土, 浇水浸泡, 保持水层高度约5厘米, 并使盆内外土体大致水平, 最后在微池中

灌水, 让支持试验大盆的土体呈淹水状态, 使试验土体内外环境的温度一致并接近于大田。2 天后 (4 月 11 日) 每盆移栽 0.5 公斤经消毒处理、长势基本一致且已萌发的健康子藕。在网室的试验区域顶部固定透明塑料膜以防雨水进入, 自来水浇灌, 及时防病、虫、草害。

分别于移栽后 56 天 (苗期)、76 天 (块茎膨大始期)、97 天 (膨大茎成型期)、118 天 (膨大茎充实前期)、139 天 (充实中期)、160 天 (充实后期) 采取整盆植株样, 第 1-3 次每次取 3 次重复, 第 4-6 次每次取 4 次重复, 最后 4 次重复在 190 天 (10 月 18 日) 立叶完全枯黄后收获, 按荷叶叶片、叶柄、根状茎、膨大茎 4 部分 (根系很难收集完全且干重占的比例低于 3%, 不统计) 分别记录鲜、干重量, 计算含水量和干物质累积总量, 各部分干物质粉碎测定氮磷钾养分含量, 计算养分积累量。

### 1.4 分析方法

基础土样的分析用土壤养分状况系统研究法<sup>[18]</sup>。植株全氮、全磷和全钾的分析用常规方法<sup>[19]</sup>: 全氮用硫酸-过氧化氢消煮, 消煮液碱化后蒸馏定氮法测定, 全磷用磷钼蓝比色法测定, 全钾用火焰光度法测定。试验数据用 Microsoft-Excel 作图表, 采用 DPS 数据处理系统软件的两样本比较、配对两处理 t 检验法进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 钾营养对莲藕产量形成的影响

从图 1 可见, 97 天之前莲藕以地上部分生长为主, 并随生育进程推进而增加, 其中干物质积累量为叶片 >

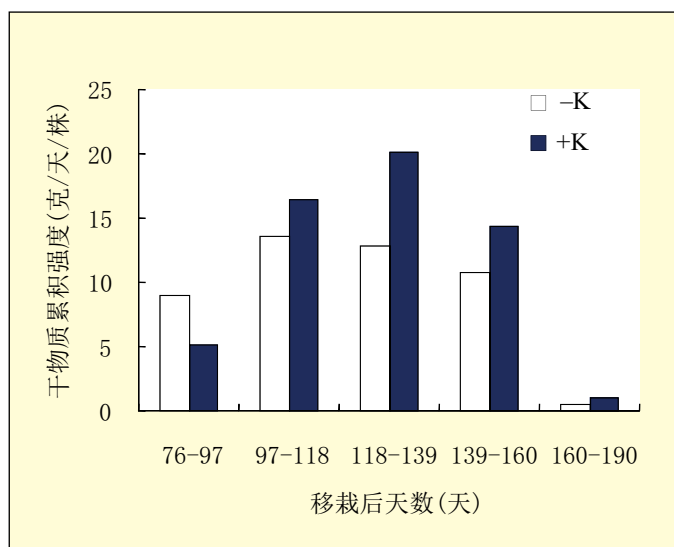


图 2 不同时期莲藕膨大茎日均干物质积累量

叶柄 > 根状茎; 膨大茎在 76 天前一周开始出现, 97 天基本成型后生长中心发生转移, 叶片、叶柄和根状茎干物质质量不断减少, 运输并贮存到膨大茎中促进产量形成, 直到 160 天膨大茎基本成熟, 干物质积累量不再明显增加<sup>[17]</sup>。

图 1 结果还表明, 76 天以前不同处理干物质积累量的差异不明显, 以后叶片和叶柄的干物质积累量差异逐渐加大, 且不同时期 +K 处理明显高于 -K 处理; 97 天 +K 处理的膨大茎干物质积累量明显低于 -K 处理, 118 天略低于 -K 处理, 到 139 天之后膨大茎干物质积累量和整株干物质积累总量均超过并明显高于 -K 处理。从 76、97、118、139 到 160 天, 膨大茎干物质积累量占整株干物质积累量的比例, -K 处理分别为 13.4%、40.9%、59.6%、73.8% 和 80.9%, +K 处理分别为 10.3%、25.3%、55.1%、72.2% 和 81.4%, 说明膨大茎的形成以及干物质

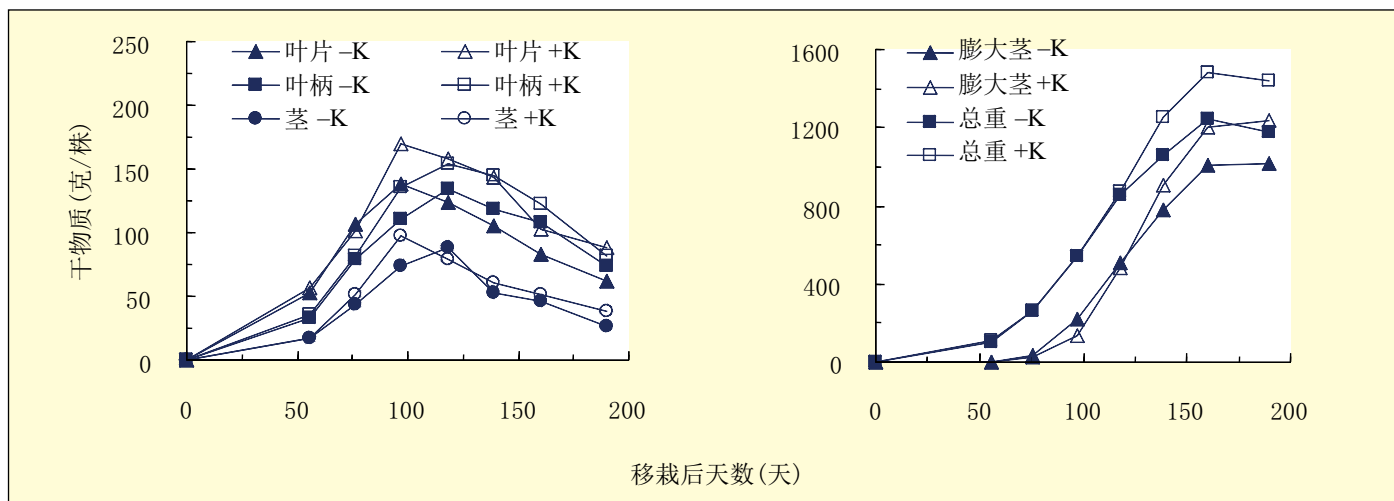


图 1 莲藕各器官及整株干物质累积动态

从叶片等器官向膨大茎中转移的进程，+K 处理稍长于 -K 处理。从图 2 膨大茎开始生长后不同时期日均干物质累积量可见，+K 处理日均干物质累积量尽管在 97-118 天（充实前期）已高于 -K 处理的最高值，其日均累积量最高值却比 -K 处理推迟 21 天，显示出 +K 处理较强的干物质生产和转化能力。160 天时 +K 处理膨大茎干物质累积量（干产量）为 1204 克/株，比后者高出 19.7%（图 1）。

综上所述，改善钾营养促进了莲藕生育前期干物质的生产和累积，并适当延长了成熟期，促进了后期干物质从叶片等器官向膨大茎的转移，最终实现增产。

## 2.2 钾营养对莲藕不同器官氮磷钾含量变化的影响

表 1 中结果表明，莲藕各器官氮磷钾含量均随生育期呈下降趋势。同一时期不同器官氮含量为叶片 > 膨大茎 > 根状茎 > 叶柄，磷含量在生育前期为叶片 > 膨大茎 > 根状茎 > 叶柄，在生育后期膨大茎磷含量反而高于叶片。不同处理叶片、叶柄、膨大茎氮和磷的含量在全生育期差异不明显，但 +K 处理根状茎氮和磷含量在全生育期均低于 -K 处理，并以后期为甚。钾含量的变化比较复杂，总体上看，+K 处理各器官钾含量均明显高于 -K 处理；

不同器官钾含量 -K 处理为叶片和膨大茎 > 叶柄 > 根状茎，其中生育前期叶片 > 膨大茎，生育后期则相反；+K 处理为叶柄 > 叶片和膨大茎 > 根状茎，其中生育前期膨大茎 > 叶片，后期相反。可见钾对莲藕不同器官氮和磷含量的影响较小，但明显增加各器官钾含量。叶柄在整个生育期对荷叶叶片起支撑作用，充足的钾营养对于促进莲藕健康生长，提高其抗病虫害、风害和机械损伤等抗逆能力都具有重要意义<sup>[17]</sup>。

## 2.3 钾营养对莲藕氮磷钾累积与分配的影响

### 2.3.1 钾营养对氮磷钾累积动态的影响

比较图 3 和图 1 可见，莲藕氮磷钾累积动态与干物质总量均呈“S”型变化趋势。不同处理莲藕对氮和磷累积量的差异主要受干物质质量差异的支配，对钾累积量的差异则受干物质累积量和钾含量的双重影响，因此不同处理钾素累积量的差异更大，在生育早期 +K 处理钾素累积量就明显高于 -K 处理。相关分析表明，莲藕氮、磷和钾累积量均与干物质累积量呈极显著正相关（ $r$  分别为 0.989\*\*、0.991\*\* 和 0.895\*\*， $n=14$ ）。莲藕氮、磷、钾累积量之比，97 天时 -K 和 +K 处理分别为 1:0.11:0.87

表 1 不同时期莲藕各器官氮磷钾养分含量

养分	移栽后天数 (天)	克/公斤							
		叶片		叶柄		根状茎		膨大茎	
		-K	+K	-K	+K	-K	+K	-K	+K
N	56	35.5a	37.0a	12.9a	12.9a	16.8a	16.5a	--	--
	76	36.1a	37.0a	11.4a	11.4a	13.5a	12.4a	17.7a	17.1a
	97	31.6a	32.8a	10.6a	10.4a	11.3a	10.3a	16.8a	16.3a
	118	27.2a	27.3a	6.88a	5.83b	8.91a	8.34a	15.5a	15.0a
	139	20.0a	20.4a	6.65a	4.72b	9.50a	5.91b	15.4a	14.2a
	160	14.4b	16.5a	5.60a	5.36a	9.79a	6.63b	13.9a	13.1a
	190	13.2b	15.0a	5.36a	5.04a	8.77a	6.69b	14.3a	13.7a
P	56	3.70a	3.52a	2.38a	2.27a	3.29a	3.13a	--	--
	76	3.02a	3.23a	1.12a	1.24a	1.54a	1.57a	2.53b	3.18a
	97	2.55a	2.73a	0.98a	1.02a	1.47a	1.34a	2.40a	2.60a
	118	1.97a	1.92a	0.63a	0.61a	1.04a	0.92a	2.18a	2.14a
	139	1.41a	1.31a	0.56a	0.52a	1.06a	0.71b	2.05a	1.78b
	160	1.06a	1.20a	0.64a	0.71a	1.23a	0.95b	2.08a	1.72b
	190	1.18a	0.98b	0.62a	0.39b	1.33a	0.90b	1.98a	1.84a
K	56	22.0b	25.1a	26.1b	36.2a	21.9b	33.4a	--	--
	76	20.4b	23.7a	17.8b	30.8a	11.6b	23.6a	19.1b	25.4a
	97	18.3b	21.8a	16.4b	28.3a	10.6b	22.5a	16.3b	25.9a
	118	18.1b	20.8a	11.0b	28.2a	5.67b	20.5a	14.1b	25.4a
	139	14.3b	20.3a	6.94b	27.9a	5.32b	20.0a	13.7b	18.5a
	160	10.2b	19.6a	4.41b	25.2a	5.59b	10.1a	12.9b	16.5a
	190	8.76b	21.0a	4.37b	23.1a	6.29b	14.3a	12.6b	15.8a

注：表中小写字母 a, b 表示不同处理之间差异达 0.05 显著水平，下同。

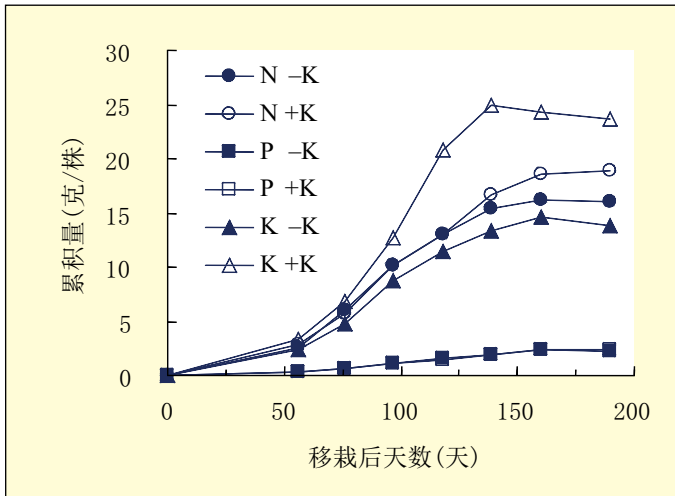


图3 莲藕全生育期氮磷钾养分累积动态

和1:0.11:1.25, 160天时分别为1:0.14:0.90和1:0.13:1.31, 说明充足的钾营养明显促进莲藕对钾素的累积, 并在总量上超过氮累积量。

### 2.3.2 钾营养对氮磷钾在莲藕不同器官分配的影响

莲藕氮磷钾养分前期主要积累在叶片等生长中心, 97天膨大茎形成之后, 生长中心下移, 其它各器官养分

累积量及分配比例不断减少, 随同干物质运输并贮存到膨大茎中, 促进膨大茎养分快速积累和产量形成(表2)。从养分累积量看, 在97-160天产量形成关键期, 膨大茎中氮、磷和钾的累积量, -K处理分别增加了10.3、1.56和9.39克/株, +K处理分别增加了13.6、1.72和16.4克/株, 后者比前者分别高出32.8%、10.3%和74.2%。莲藕其它器官转移(即同期叶片、叶柄和根状茎累积量的减少值)的氮、磷和钾, +K处理分别比-K处理高1.20、0.12和1.26克/株; 莲藕根系从土壤中吸收的氮、磷和钾, +K处理分别比-K处理高2.16、0.04和5.70克/株, 说明充足的钾营养不仅促进养分向生长中心的转运和贮存, 还促进根系从土壤中吸收更多的养分, 直接运输到膨大茎中参与各种物质合成和产量形成。

从养分分配比例看, 在97天及以后各时期, 叶片中氮和磷的累积比例均为+K处理高于-K处理, 膨大茎中氮和磷的累积比例与干物质变化规律一致, 为+K处理低于-K处理, 不同处理叶片和膨大茎氮、磷累积比例之差均随生育进程而降低, 这主要与+K处理生育进程较长有关; 膨大茎钾累积比例也为+K处理低于-K处理, 但变化较复杂。160天不同器官氮和磷的累积比例不同处

表2 不同时期莲藕各器官氮磷钾累积量

养分	移栽后天数 (天)	累积量(克/株)							
		叶片		叶柄		根状茎		膨大茎	
		-K	+K	-K	+K	-K	+K	-K	+K
N	56	1.87a	2.08a	0.43a	0.46a	0.30a	0.29a	0	0
	76	3.84a	3.76a	0.89a	0.92a	0.59a	0.63a	0.63a	0.46b
	97	4.35b	5.56a	1.18b	1.41a	0.83b	1.00a	3.74a	2.21b
	118	3.36b	4.30a	0.92a	0.90a	0.78a	0.66b	7.90a	7.18a
	139	2.10b	2.92a	0.79a	0.68b	0.50a	0.36b	12.0a	12.8a
	160	1.19b	1.69a	0.61a	0.65a	0.45a	0.34b	14.0b	15.8a
	190	0.82b	1.31a	0.39a	0.41a	0.23a	0.25a	14.5b	17.0a
P	56	0.19a	0.20a	0.08a	0.08a	0.06a	0.05a	0	0
	76	0.32a	0.33a	0.09a	0.10a	0.07a	0.08a	0.09a	0.09a
	97	0.35b	0.46a	0.11b	0.14a	0.11b	0.13a	0.54a	0.35b
	118	0.24b	0.30a	0.08a	0.09a	0.09a	0.07b	1.11a	1.03a
	139	0.15b	0.19a	0.07a	0.08a	0.06a	0.04b	1.60a	1.61a
	160	0.09b	0.12a	0.07b	0.09a	0.06a	0.05a	2.09a	2.07a
	190	0.07a	0.09a	0.05a	0.03b	0.03a	0.03a	2.02b	2.27a
K	56	1.16ab	1.41a	0.87b	1.30a	0.39b	0.58a	0	0
	76	2.17a	2.41a	1.40b	2.49a	0.51b	1.20a	0.68a	0.68a
	97	2.52b	3.69a	1.83b	3.29a	0.78b	2.18a	3.63a	3.53a
	118	2.23b	3.27a	1.47b	3.74a	0.50b	1.62a	7.19b	12.2a
	139	1.50b	2.90a	0.83b	3.04a	0.28b	1.21a	10.7b	16.7a
	160	0.85b	2.01a	0.48b	1.86a	0.26b	0.51a	13.0b	19.9a
	190	0.54b	1.84a	0.32b	1.87a	0.16b	0.54a	12.8b	19.4a

表3 不同时期莲藕各器官氮磷钾累积比例

养分	移栽后天数 (天)	比例 (%)							
		叶片		叶柄		根状茎		膨大茎	
		-K	+K	-K	+K	-K	+K	-K	+K
N	56	71.9	73.5	16.7	16.3	11.4	10.2	0	0
	76	64.5	65.2	15.0	16.0	9.92	10.9	10.6	7.98
	97	43.1	54.6	11.6	13.9	8.22	9.84	37.0	21.7
	118	25.9	33.0	7.10	6.90	6.03	5.05	61.0	55.1
	139	13.6	17.4	5.14	4.08	3.24	2.14	78.0	76.3
	160	7.35	9.12	3.74	3.54	2.78	1.82	86.1	85.5
	190	5.10	6.94	2.46	2.16	1.43	1.33	91.0	89.6
P	56	58.6	59.2	23.9	24.4	17.5	16.4	0	0
	76	56.8	55.2	15.5	16.9	11.9	13.4	15.8	14.4
	97	31.8	42.7	9.87	12.8	9.75	12.0	48.6	32.6
	118	15.9	20.2	5.51	6.29	5.96	4.86	72.7	68.6
	139	7.89	9.77	3.55	3.93	2.99	2.24	85.6	84.1
	160	3.82	5.30	2.99	3.72	2.45	2.07	90.7	88.9
	190	3.36	3.54	2.11	1.31	1.59	1.40	92.9	93.7
K	56	47.9	42.8	36.1	39.5	16.0	17.8	0	0
	76	45.7	35.5	29.4	36.7	10.6	17.7	14.2	10.1
	97	28.8	29.1	20.9	25.9	8.86	17.2	41.5	27.8
	118	19.6	15.7	12.9	17.9	4.36	7.78	63.1	58.6
	139	11.3	11.7	6.22	16.3	2.10	4.89	80.4	67.2
	160	5.82	8.27	3.27	7.66	1.76	2.11	89.1	82.0
	190	3.90	7.77	2.31	7.90	1.18	2.27	92.6	82.1

理相差不大,钾的累积比例为叶片和叶柄中 +K 处理均较高,因此膨大茎氮、磷和钾的累积比例, +K 处理比 -K 处理分别低 0.6、1.8 和 7.1 个百分点。

### 3 讨论

钾在作物生理生化过程中有着特殊功能,不仅一直被誉“品质元素”和对作物健康影响最大的元素,还是作物“肥料三要素”之一。中国钾肥资源不足,主要依靠进口,因此有关作物钾营养与合理施钾的研究一直是植物营养与施肥研究的热点之一。

钾是植物体内 60 多种重要酶的活化剂,对于促进光合作用和可食部分形成,促进块茎、块根类作物碳水化合物合成、转化、运输和贮存具有重要作用。刘芸等<sup>[23]</sup>采用 4 种钾浓度营养液培养番红花的结果表明,随着施钾水平提高,叶片中钾含量、叶绿素含量、ATP 相对含量及叶片净光合速率也相应提高,使叶片作为“代谢源”的能力加强;同时新球茎富集钾的能力、可溶性糖含量也随施钾水平而增加,使新球茎作为“代谢库”的功能也增强。

史春余等<sup>[3, 24]</sup>对甘薯的研究表明,适量供钾促进光合产物由叶片向块根的运输,提高块根干重与单株干重的比例,促进块根迅速膨大、提高产量。Chapman 等<sup>[25]</sup>研究 2 种不同马铃薯品种的钾营养效应发现,马铃薯叶柄钾浓度可作为反映其钾营养状况的很好指标,并得到 Kennebec 和 Russet Burbank 这 2 个不同马铃薯品种最高产量的叶柄钾浓度分别为 12-14% 和 11-13%。姜存仓等<sup>[26]</sup>对 2 个不同钾效率棉花基因型生长和营养特性的研究表明,无论是高效基因型还是低效基因型,收获时施钾处理不同基因型各器官钾含量均表现为叶柄 > 棉桃 > 叶片 > 主茎,不施钾处理高效基因型表现为棉桃 > 叶柄 > 叶片 > 主茎,低效基因型为棉桃 > 叶片 > 主茎 > 叶柄。

笔者近期研究<sup>[17]</sup>和本研究结果表明,改善钾营养不仅可以增加莲藕光合作用面积、提高荷叶叶绿素值、延缓叶片衰老,进而提高干物质生产能力,同时还促进了根系对养分的吸收、促进其它各器官干物质和养分转运到膨大茎中,促进膨大茎干物质和养分快速积累并最终实现增产。这一结果与其他学者对块根、块茎类作物的研究结果是一致的<sup>[3, 23-24]</sup>。此外,本研究与姜存仓等<sup>[26]</sup>关于钾营养对

不同器官钾含量影响的结果也是基本吻合的,即收获期钾含量在施钾条件下为叶柄较高、叶片和收获物次之、主茎最低;不施钾条件下为收获物较高、叶柄较低。叶柄可能是植株钾素的重要贮存库,亦可作为诊断植株钾素丰缺状况的敏感器官。当钾供应不足时,作为植物体内容易移动的钾将优先运向生长旺盛的部位,满足植株生长发育需要;当钾素供应充足时,叶柄能保持较高的钾素浓度,有时甚至可以指示植株对钾产生的奢侈吸收,叶柄钾浓度能较好地体现作物钾营养状况<sup>[25]</sup>。

## 参考文献

- [1] 沈康荣. 水稻与莲藕覆膜节水高效技术 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007, 162-172.
- [2] 中国科学院武汉植物研究所. 中国莲 [M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [3] Duan Y, Tuo D B, Zhao P Y, et al. Study on accumulation and distribution of dry matter and uptake of N, P and K in potato. Li H D ed. Plant Nutrition management in Sustainable Agriculture [M]. Jiangxi Publishing Group. Jiangxi Peoples' Publishing House, 2008, 52-58.
- [4] 刘冬碧, 熊桂云, 陈防, 等. 钾营养对莲藕生长和干物质累积的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2009.
- [5] 加拿大钾磷肥研究所北京办事处主编. 土壤养分状况系统研究法 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1992.
- [6] 鲍士旦主编. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000, 263-270.

## 4 结论

莲藕全生育期钾营养特性研究结果表明,改善钾营养在莲藕生育前期可促进干物质的生产和累积,促进根系对养分的吸收从而提高莲藕各器官尤其是叶柄中钾的含量,并适当延长膨大茎成熟时期;在生育后期可促进干物质和养分从叶片等器官转移并贮存到膨大茎中并最终增产。

- [7] 刘芸, 朱利泉, 龙云, 等. 钾对番红花球茎膨大的促进效应 [J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(1):96-100.
- [8] 史春余, 王振林, 赵秉强, 等. 钾营养对甘薯某些生理特性和产量形成的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(1):81-85.
- [9] Chapman K S R, Sparrow L A, Hardman P R, et al. Potassium nutrition of Kennebec and Russet Burbank potatoes in Tasmania: effect of soil and fertiliser potassium on yield, petiole and tuber potassium concentrations, and tuber quality [J]. Australian Journal of Experimental Agriculture, 1992, 32, 521-527.
- [10] 姜存仓, 陈防, 高祥照, 等. 低钾胁迫下两个不同钾效率棉花基因型的生长及营养特性研究 [J]. 中国农业科学, 2008, 41(2):488-493.