

# 适宜的钾、氮营养改善莲藕品质

刘冬碧<sup>1</sup> 张过师<sup>2</sup> 熊桂云<sup>1</sup> 范先鹏<sup>1</sup> 杨利<sup>1</sup> 张富林<sup>1</sup> 陈防<sup>2</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:** 采用大盆试验研究了钾、氮营养对莲藕还原糖、可溶性总糖、淀粉和粗蛋白含量的影响。结果表明: 在莲藕膨大过程中, 还原糖和可溶性总糖的含量适量钾处理比不施钾处理平均分别高出 1.2 和 1.7 个百分点; 成熟后莲藕淀粉的含量, 适量钾处理比不施钾处理高出 3.2 个百分点, 适量氮处理分别比不施氮和 2 倍适量氮处理高出 5.6 和 7.8 个百分点。适宜的钾、氮营养能明显改善莲藕品质。

**关键词:** 钾、氮营养; 还原糖; 可溶性总糖; 淀粉; 莲藕

## 前言

莲藕为睡莲科莲属多年生宿根性水生草本植物, 是我国种植面积最大的水生蔬菜, 多种植于长江流域生态条件较好的水网地区, 具有较高的经济价值、丰富的营养价值和医疗保健价值<sup>[1-2]</sup>。莲藕较易达到无公害要求, 莲藕及其加工产品不仅具有广阔的国内市场, 而且还大量出口到日本、东南亚等地<sup>[3]</sup>。莲藕还是一种没有明显收获季节的蔬菜, 每年 6 月中下旬即可收获青荷藕, 莲藕成熟后常根据市场需求分期分批采收至次年萌芽前, 采收期长达 9-10 个月。干物质、可溶性糖、淀粉、蛋白质和维生素 C 是莲藕的主要营养品质指标<sup>[4]</sup>, 不同加工产品对莲藕品质的要求不尽一致, 以淀粉为主的碳水化合物的含量是影响莲藕加工品质的主要因素<sup>[5]</sup>。钾、氮是影响莲藕产量的主要养分限制因子<sup>[6]</sup>, 但关于莲藕钾、氮营养条件对莲藕膨大过程中碳水化合物变化动态的研究, 国内外尚未见报道。本研究以鄂莲 5 号为材料, 探讨钾、氮营养对其根状茎膨大过程中还原糖、可溶性总糖、淀粉、粗蛋白质变化动态的影响, 为制定合理的施肥措施进行营养调控, 从而提高莲藕产量和改善品质提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

莲藕钾和氮营养试验分别在 2007 和 2008 年度同一时间段进行。供试土壤采自武汉市东西湖区走马岭农场的不同地块, 均为长江冲积物母质发育而成的潮土, 采用土壤养分状况系统研究法<sup>[7]</sup>分析其属性及有效养分含量(表 1)。供试莲藕品种均为鄂莲 5 号, 由武汉市东西湖区柏泉农场提供。

### 1.2 试验处理与施肥方法

2007 年度莲藕钾营养试验设不施钾(-K)和适量钾(K)2 个处理, 2008 年度莲藕氮营养试验设不施氮(-N)、适量氮(N)和 2 倍适量氮(2N)3 个处理。试验用盆钵均为硬质塑料大盆, 每盆装粉碎风干土 100 公斤, 重复 18 次, 重复间顺序排列, 处理间交错排列。适量钾和适量氮处理的养分用量相同, 每公斤土分别施 0.45 克氮、0.15 克五氧化二磷、0.45 克氧化钾、0.05 克大粒锌(锌含量为 30%)和 0.05 克硼砂; 不施钾处理除钾肥外, 不施氮和 2 倍适量氮处理除氮肥外, 其它养分用量与适量钾

表 1 供试两种土壤的基本属性和有效养分含量

年份	土壤质地	pH 值 (H <sub>2</sub> O)	有机质 (%)	有效养分含量(毫克/升)								
				NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	P	K	S	Fe	Cu	Mn	Zn
2007	重壤	7.92	1.19	11.4	17.9	7.2	84.6	26.6	9.6	5.5	31.4	1.3
2008	中壤	7.92	1.28	15.9	32.5	19.1	100.8	82.4	29.4	7.4	24.1	2.5

基金项目: 国际植物营养研究所(IPNI-HB-24)项目和湖北省农业科技创新项目(2011-620-003-03-05)。

作者简介: 刘冬碧(1971-), 女, 湖北恩施人, 副研究员, 主要从事作物营养与优化施肥技术研究。Email: dblu@ipni.ac.cn。

(氮)处理相同。氮肥用尿素(含氮量46%),60%基施,余下40%在6月17日和7月10日分2次平均追施;磷肥用普钙(五氧化二磷含量12%);钾肥用氯化钾(氧化钾含量60%),70%基施,余下30%于7月10日和尿素同施;磷肥和硼肥全部基施,基肥与土拌匀,锌肥在2叶期溶于水后一次性施入。

### 1.3 试验方法

试验在湖北省农科院盆栽场网室内进行。将网室内微池(1.3米×1米×0.7米)中的土壤由中心向四周分开,形成与试验大盆尺寸相当(0.65米×0.5米×0.35米)的方形凹槽,把洗净的试验大盆置于凹槽中,使微池土壤成为试验大盆的“支持介质”。装入已按处理拌好基肥的100公斤风干土,浇水浸泡,使水层高度约为5厘米,并使盆内外土体大致水平。在微池中灌水,让支持试验大盆的土体呈淹水状态,使试验土体的环境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)、190天(成熟后)立叶完全枯黄后收

获膨大茎,每次取3次重复,立即洗净沥干明水后记录鲜产量,然后采集代表性样品称重,105℃杀青、65℃恒温烘干,折算干产量,最后将样品粉碎过筛分析备用。2007年莲藕钾营养试验中,190天收获记录鲜产量后在完整主藕的第三节切取代表性样品,福尔马林-醋酸-酒精固定并做淀粉粒形态显微观察。

莲藕还原糖、可溶性总糖和淀粉含量的测定均采用国标GB 5009.7-85方法,结果以干基计算。全氮含量用硫酸-过氧化氢消煮,碱化后蒸馏定氮法测定<sup>[8]</sup>,粗蛋白含量=全氮含量×6.25。试验数据用Microsoft 2003-Excel作图,采用DPS软件单因子因素法进行统计分析。

## 2 结果分析

### 2.1 适宜钾营养改善莲藕品质

由图1可见,莲藕膨大成型期(97天)还原糖含量较高,然后迅速降低,此后又逐渐回升,139天以后稳定在一个较低的水平;可溶性总糖含量变化趋势与还原糖类似,但其数值较高,成熟期可溶性总糖含量约为还原糖含量的2.7倍;在莲藕整个膨大过程中,淀粉含量呈缓慢上升的趋势,190天含量略有下降,粗蛋白含量则相反,从一开始就呈缓慢下降的趋势,139天以后趋于稳定。

从图1结果还可看出,在莲藕膨大过程中(97-160

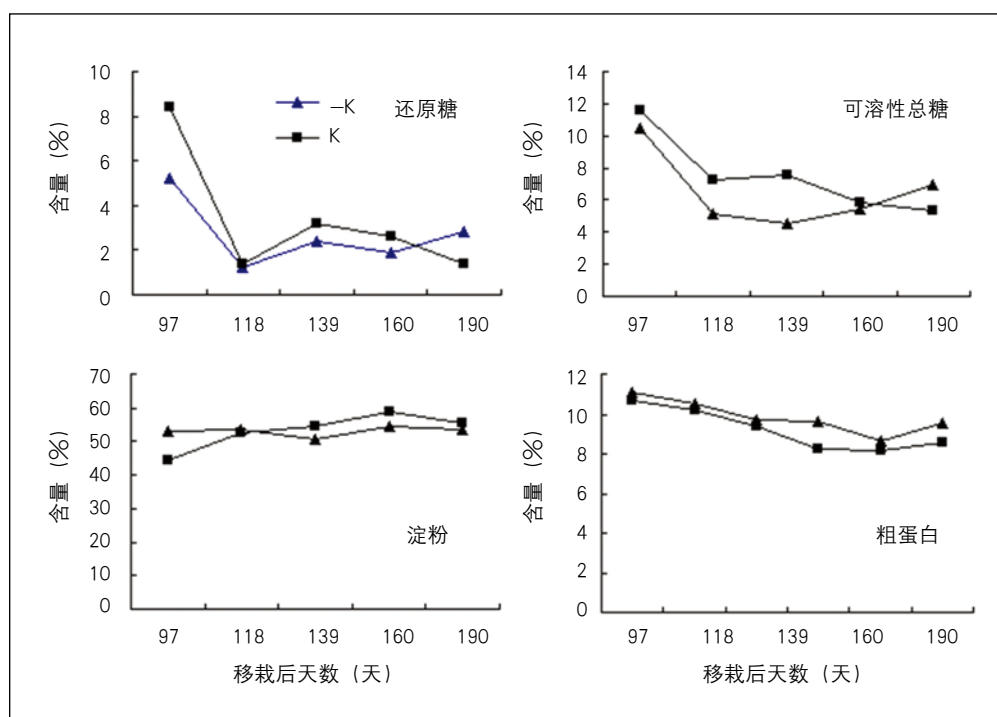


图1 钾营养对莲藕碳水化合物和粗蛋白含量动态的影响

天, 76 天因样品量不够未测) 适量钾处理的还原糖和可溶性总糖含量均高于不施钾处理, 还原糖和可溶性总糖含量分别比不施钾处理高出 0.2–3.2 个百分点和 1.1–5.1 个百分点, 平均高出 1.2 和 1.7 个百分点; 适量钾处理的淀粉含量在 97–118 天低于不施钾处理, 以后高于不施钾处理, 成熟后适量钾和不施钾处理的淀粉含量分别为 57.2% 和 54.0%, 前者比后者高出 3.2 个百分点; 适量钾处理的粗蛋白含量在莲藕整个膨大过程中一直低于不施钾处理, 在中后期表现更为明显。从最终产量来看, 适量钾处理的还原糖、可溶性总糖、淀粉和粗蛋白分别为 24.3 克/盆、67.6 克/盆、697.3 克/盆和 102.2 克/盆, 分别比不施钾处理高出 1.97%、8.51%、27.5% 和 10.5%。还原糖和可溶性总糖的含量是影响以炒食和生食为主的青荷藕品质的重要因素, 淀粉等碳水化合物的含量是影响莲藕等块根、块茎类作物加工品质的主要因素<sup>[5]</sup>。由此可见, 适宜钾营养能提高莲藕膨大过程中还原糖和可溶性总糖含量, 以及成熟后淀粉的含量, 因而明显改善莲藕品质。

莲藕成熟期根状茎中淀粉粒主要有两种形态, 一种体积较大, 呈长椭球形或马铃薯状; 另一种体积较小, 呈圆球形, 它们或单独游离在细胞中, 或通过网状膜系统连接在一起, 形成半复粒淀粉<sup>[9]</sup>。从图 2 发现, 不施钾处理的马铃薯状淀粉粒数量较少、体积较大、排列疏散、间隙较大, 而适量钾处理的马铃薯状淀粉粒数量较多、体积稍小、常多个成簇排列在一起, 细胞充实度较高, 这与成熟期淀粉含量测定结果也是一致的。史春余等<sup>[10]</sup>对甘薯的研究结果也表明, 适量供钾增加单位体积块根内的淀粉粒数, 提高块根淀粉含量。据报道, 淀粉粒的形态特征可能

会直接影响不同莲藕品种间淀粉的糊化特性如崩解值、消减值和回复值等<sup>[9]</sup>, 但通过营养的调控能在多大程度上影响同一品种莲藕的品质特性, 值得深入研究。

## 2.2 适宜氮营养改善莲藕品质

比较图 3 和图 1 可见, 不同年度莲藕膨大过程中还原糖、可溶性总糖、淀粉和粗蛋白含量的变化动态是基本一致的(118 天还原糖含量除外), 可能由于小气候和供试土壤的不同, 不同年度间同一施肥处理(适量氮处理和适量钾处理)同一取样日期还原糖、可溶性总糖、淀粉和粗蛋白的含量有一定差异。

图 3 结果表明, 不同氮处理莲藕的还原糖含量为 139 天以前不施氮 > 适量氮 > 2 倍适量氮, 139 天以后三个处理相差不明显; 可溶性总糖含量在整个莲藕膨大过程中均为不施氮 > 适量氮 > 2 倍适量氮; 不同氮处理对淀粉含量的影响比较复杂, 97 天为 2 倍适量氮 > 适量氮 > 不施氮, 118 天三个处理的淀粉含量大致相当, 139 天及以后为适量氮 > 不施氮 > 2 倍适量氮, 成熟后不施氮、适量氮和 2 倍适量氮处理的淀粉含量分别为 56.1%、61.7% 和 53.9%, 适量氮处理分别比不施氮和 2 倍适量氮处理高出 5.6 和 7.8 个百分点; 莲藕粗蛋白的含量除在 76–97 天适量氮处理和 2 倍适量氮处理大致相等之外, 在莲藕整个膨大过程中均为 2 倍适量氮 > 适量氮 > 不施氮处理。从最终产量看, 适量氮处理的还原糖、可溶性总糖、淀粉和粗蛋白分别为 16.4 克/盆、60.4 克/盆、591.3 克/盆和 86.9 克/盆, 分别是不施氮处理的 3.0 倍、2.7 倍、3.6 倍和 8.0 倍, 分别是 2 倍适量氮处理的 2.3 倍、2.8 倍、2.6

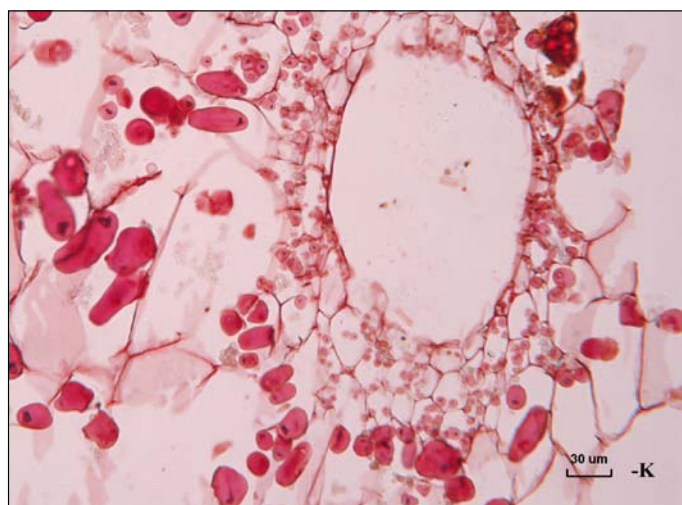
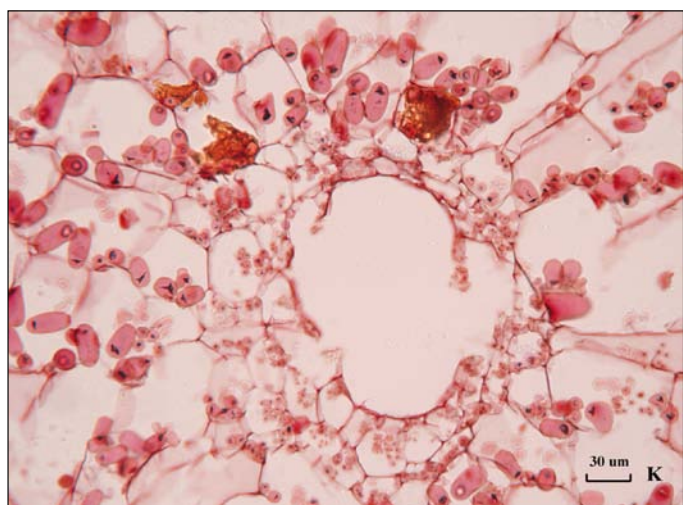


图 2 钾营养对成熟期莲藕淀粉粒形态的影响



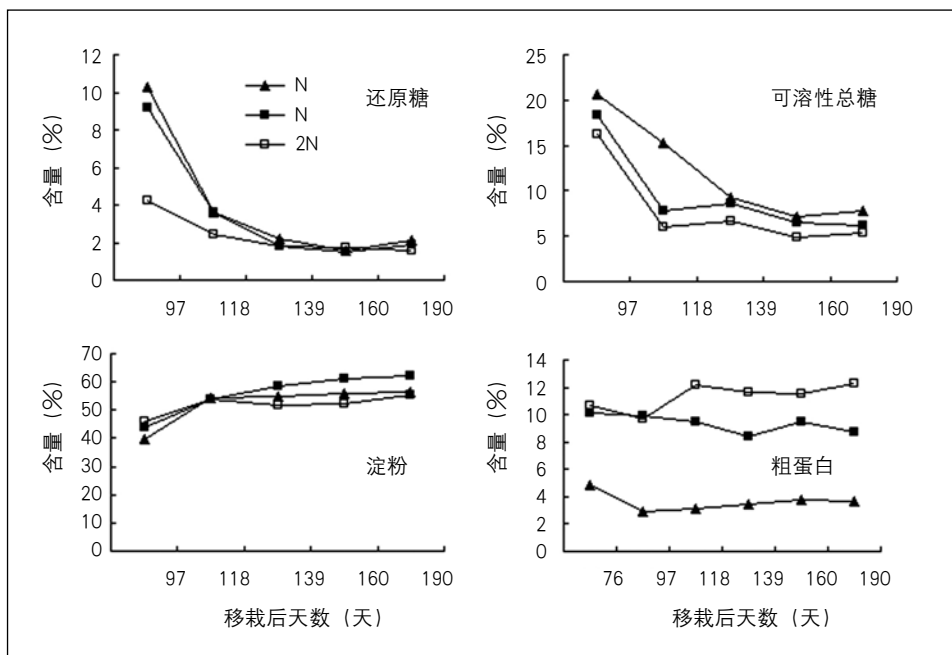


图3 氮营养对莲藕碳水化合物和粗蛋白含量动态的影响

倍和 1.7 倍。上述结果表明，不施氮处理在一定程度上提高了膨大茎中可溶性总糖的含量，但这是以大大降低产量为代价的“浓缩效应”产生的，而作物产品品质的改善首先必须建立在高产或至少是适产的基础上才能被接受；过量施氮促进了莲藕膨大茎对氮素的吸收，明显提高了粗蛋白的含量，却不利于膨大茎中碳水化合物的累积、尤其是后期淀粉的累积，从而不利于改善莲藕的品质，因此，氮素缺乏或施氮过量均对莲藕品质有不利影响。

### 2.3 钾、氮营养对块茎（根）类作物品质的影响

还原糖主要包括葡萄糖和果糖，是合成蔗糖和淀粉的原料，可溶性总糖包括还原糖和蔗糖，但以蔗糖为主，淀粉是莲藕膨大茎成熟后的主要储藏物质。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的合成、转化、运输和贮存具有重要作用，且已被大量试验研究结果所证实<sup>[10,11]</sup>。宋春风等<sup>[11]</sup>研究结果表明，单施氮肥或者钾肥，芋头产量、可溶性糖、淀粉和纤维素含量增加，粗蛋白含量降低，且钾肥的影响大于氮肥，粗脂肪含量施氮后降低、

施钾后增加，氮钾肥适量配施芋头产量和以上各品质指标均显著增加，氮、钾肥之间存在显著的正交互效应，当氮、钾肥超过一定用量，产量和以上各品质指标均降低，并以可溶性糖、淀粉和纤维素含量下降最明显。块茎、块根类作物氮、钾比列过高，无论是对其生长发育、产量、还是品质均有不利影响<sup>[12-14]</sup>，这类作物对钾素比较敏感，对钾的需求量常常超过氮，而实际生产中又往往存在着钾肥投入不足、氮肥施用过量的情况，因此莲藕等块茎、块根类作物钾肥、氮肥的合理施用应引起重视。

### 3 结论

在莲藕膨大过程中还原糖和可溶性总糖的含量，适量钾处理比不施钾处理平均分别高出 1.2 和 1.7 个百分点；成熟后莲藕淀粉的含量，适量钾处理比不施钾处理高出 3.2 个百分点，适量氮处理分别比不施氮和 2 倍适量氮处理高出 5.6 和 7.8 个百分点。适宜的钾、氮营养能明显改善莲藕品质。

## 参考文献

- [1] 沈康荣. 水稻与莲藕覆膜节水高效技术 [M]. 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]. 科学出版社, 1987.
- [3] 赵有为. 中国水生蔬菜 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1999, 18-39.
- [4] 柯卫东, 黄新芳, 傅新发, 等. 莲藕主要营养品质和农艺性状的遗传分析 [J]. 武汉植物学研究, 2000, 18(6):519-522.
- [5] 李良俊, 张晓冬, 谢科, 等. 莲藕田间越冬过程中碳水化合物代谢的研究 [J]. 中国蔬菜, 2006, (4):11-13.
- [6] 熊桂云, 刘冬碧, 陈防, 等. 莲藕土壤养分限制因子的田间试验研究 [A]. 见: 李华栋主编, 农业持续发展中的植物养分管理 [C]. 南昌: 江西出版集团. 江西人民出版社, 2008, 555-560.
- [7] 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.
- [8] 鲍士旦主编. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000, 263-270.
- [9] 李良俊, 张晓冬, 沈新平, 等. 莲藕淀粉 RVA 谱特征和淀粉粒形态的研究 [J]. 园艺学报, 2006, 33(3):534-538.
- [10] 史春余, 王振林, 赵秉强, 等. 钾营养对甘薯块根薄壁细胞微结构、 $^{14}\text{C}$  同化物分配和产量的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(3):335-339.
- [11] 宋春风, 徐坤. 氮钾配施对芋头产量和品质的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(2):167-170.
- [12] 杨暹, 关佩聪, 李宝庆. 氮钾互作对马铃薯产量、品质与氮磷钾吸收的影响 [J]. 华南农业大学学报, 1993, 14(1):28-32.
- [13] 宋志荣. 不同氮钾比例对马铃薯产量和品质的影响 [J]. 中国马铃薯, 2009, 23(3):55-157.
- [14] 林琪, 石岩, 位东斌, 等. 不同氮、钾比对夏甘薯生长发育及产量形成的影响 [J]. 土壤肥料, 1996, 5:42-44.