

施用钾肥对食用百合光合作用、 产量和经济效益的影响

黄伟, 张晓光, 李文杰, 张俊花

(河北北方学院园艺系, 河北 宣化 075131)

摘要: 研究了不同钾肥用量对食用百合光合作用、产量和经济效益的影响。结果表明: 在 $0\sim 81\text{ kg/hm}^2$ 的范围增施 K_2O 能明显提高食用百合叶片的净光合速率和气孔导度, 在一定程度上可以降低食用百合叶片的蒸腾速率和胞间 CO_2 浓度; 在此范围内, 增施钾肥也能使茎秆粗壮, 可以有效地促进株高的增加, 促进食用百合的现蕾和开花, 明显提高其产量和经济效益。与对照相比, 施用纯 K_2O 81 kg/hm^2 时, 食用百合的净光合速率提高最多, 提高 19.3% , 鳞茎的鲜重、干重和产量也增加最多, 分别增加 14.2% 、 25.0% 和 14.2% , 经济效益最高, 与其它钾肥处理相比, 最高可以提高 4 倍多。在本试验范围内, 食用百合的田间适施钾量 (K_2O) 为 81 kg/hm^2 。

关键词: 钾营养; 食用百合; 光合作用; 产量; 经济效益

中图分类号: S567.1⁺9; S143.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)03-0163-05

百合 (*Lilium spp*) 是世界著名园艺作物, 性耐寒, 可药食兼用, 也作观赏花卉。目前我国许多地区都在积极发展百合生产, 但其商品化栽培历史较短。随着农业种植结构调整的深入, 作为鳞茎栽培的食用百合在冀西北坝上地区已有一定的发展规模, 为当地农民增收、农业增效开辟了一条新途径。目前, 生产上普遍存在只注重施用氮、磷肥, 而忽视钾肥的施用, 或者氮肥过量施用、钾肥应用不足等问题^[1], 一方面影响了百合产量的提高和品质的改善, 另一方面, 浪费了氮、磷肥, 降低了肥料利用率^[2]。钾素是高等植物必需的唯一的一价阳离子, 是公认的品质元素, 也是园艺作物大量吸收的矿质元素之一。钾素通过调节植物体内多种代谢途径对产品的品质和产量产生重要影响。光合作用是植物生长发育的基础, 也是产量和品质形成的决定因素。研究表明, 钾素可以活化植物体内的一些酶类活性^[3,4], 调节气孔的开闭^[5]和叶肉阻抗力的形成^[6], 提高叶片的光合速率、光合化学活性^[5,7], 协调光合同化物的合成、运输与转化^[8], 最终改善果实品质^[9]。钾素水平过低或过高均不利于作物的光合作用^[7], 并导致果实品质变劣^[9]。目前, 国内外关于钾对农作物生长发育、营养品质和产量影响的研究多见于小麦、棉花、玉米等大田作物上^[5,7,8], 在蔬菜上, 如大白菜^[10]、番茄^[11]等也有报道, 但是大都侧重于氮磷钾

互作效应, 或是营养液与栽培基质中钾素的研究^[1,12]。但在冀西北坝上地区的砂质栗钙土上, 还未见有关食用百合施用钾肥效应的报道。因此, 我们选用种植面积日益扩大的食用百合进行施用钾肥的试验, 旨在研究和探讨施用钾肥对食用百合光合作用、产量和经济效益的影响, 为合理应用钾肥提供依据, 以便更好地指导农民平衡施肥。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2006 年 4~10 月在河北农业大学张北试验站坡梁地内进行。试验站海拔高度 $1\ 400\sim 1\ 500\text{ m}$, 年平均气温 3.6°C , 多年平均降水 393.3 mm , 蒸发量 $1\ 693.3\text{ mm}$, 干燥度 $2.0\sim 2.3$, 无霜期 $90\sim 110\text{ d}$, 属于高寒半干旱地区^[13]。土壤类型为砂壤质栗钙土, $0\sim 20\text{ cm}$ 土层土壤有机质含量 1.16% , 全氮 0.07% , 全磷 0.02% , 速效磷 4.5 mg/kg , 速效钾 50 mg/kg , 容重 1.54 g/cm^3 , pH 值 7.4 。

1.2 试验材料

试验选用兰州百合 (种球重为 $15.5\pm 1.0\text{ g}$), 做种球的鳞茎无病虫害和其他损伤, 由河北农业大学张北试验站提供。

1.3 试验方法

试验设 6 个处理, 各处理氮、磷肥用量一致, 设

收稿日期: 2008-06-30

基金项目: 河北省“十一五”科学技术研究与发展计划项目; 冀西北坝上地区降水资源化与草畜高效生产技术研究示范 (06220901D)

作者简介: 黄伟 (1970-), 湖北天门人, 副教授, 硕士, 主要从事蔬菜栽培和设施园艺的教学、科研与推广工作。E-mail: huangwei197025@yahoo.com.cn。

钾肥 (K_2O) 0 kg/hm^2 (K0, 对照)、40.5 kg/hm^2 (K40.5)、81 kg/hm^2 (K81)、162 kg/hm^2 (K162)、243 kg/hm^2 (K243) 和 324 kg/hm^2 (K324) 6 个水平。在播种前一次性施入同样的底肥磷酸二铵 (P_2O_5 46%, N18%) 225 kg/hm^2 , 钾肥用硫酸钾, 含 K_2O 50%, 全部作底肥一次性施入。

小区面积为 $8 m \times 2.2 m = 17.6 m^2$, 重复 3 次, 随机区组排列; 2006 年 4 月 1 日播种, 株行距为 20 $cm \times 25 cm$, 覆土 7~8 cm , 播种后统一浇播种水, 10 月 7 日收获测产。其它栽培管理措施同一般生产。

1.4 测定内容

分别在苗期结束和花蕾显现时, 从每小区选取 5 株, 测定食用百合的株高, 计算株高增长量。在食用百合苗期结束后和收获产量时, 从每小区选取 5 株, 测定相同部位的茎粗, 计算茎粗增长量。于现蕾、开花期调查食用百合的现蕾和开花株数。于食用百合开花盛期测定不同处理相同叶位的光合速率、蒸腾速率、气孔导度和胞间 CO_2 浓度。10 月 7 日收获时, 从每小区选择符合品种特性、现蕾和开花时间一致的植株 5 株, 测定鳞茎的球高、鲜重和干重, 最后, 统计小区产量。

茎粗和球高使用游标卡尺测定, 干重采用烘干法测定。光合作用参数采用美国 CID 公司生产的 CI301-PS 光合仪测定。

2 结果与分析

2.1 不同钾肥用量对食用百合株高、茎粗的影响

从表 1 可以看出, 无论是茎粗增长量, 还是株高增长量, 从高到低依次为 $K81 > K40.5 > K243 > K324 > K162 > K0$ 。经 LSR 测验, 钾肥处理比对照在茎粗和株高增长量上差异显著, 其中, 茎粗增长量的幅度达 100%~300%, 而株高增长量幅度为 14.4%~39.3%。K40.5 与 K81、K162、K243 和 K324 之间差异不明显, 但明显高于对照, 而 K81 与 K162、K243、K324 间差异显著, 也明显高于对照, 表明施用钾肥能够明显增加食用百合的茎粗, 促进食用百合株高的增长, 增强植株的生长势, 为生殖生长奠定了坚实的物质基础, 但钾肥的用量并不是越高越好。

2.2 不同钾肥用量对食用百合花蕾数和开花数的影响

分别在食用百合现蕾盛期和开花盛期, 调查每个处理的现蕾株数及开花株数, 统计结果如表 2。表 2 数据表明, 施用钾肥也能够显著地促进食用百合的现蕾和开花, 使其生育期提早, 这有利于其利用冀西北坝上地区 7~8 月最适宜的气候条件, 为地下

鳞茎的充分膨大积累更多的营养物质。现蕾数和开花数的变化趋势相同, 都是 $K81 > K243 > K162 > K324 > K40.5 > K0$, K40.5、K81 与各个处理之间差异显著, 但 K81 施钾效果好于 K40.5。其它钾肥处理之间差异不明显。

表 1 食用百合的株高和茎粗

Table 1 The plant height and stem width of edible lily

处理 Treatment	茎粗增长量(cm) Increase of stem width	株高增长(cm) Increase of plant height
K0	0.02c	9.33c
K40.5	0.06ab	11.79ab
K81	0.08a	13.00a
K162	0.04b	10.67b
K243	0.05b	11.42b
K324	0.05b	11.10b

注: 邓肯氏新复极差测验, 同列不同小写字母为差异达显著水平 ($P < 0.05$)。下同

Note: It is Duncan's test. The same small letters indicate significant difference at $P < 0.05$ level. The same as below.

表 2 食用百合现蕾株数和开花株数

Table 2 The number of plants with buds and flowers of edible lily

处理 Treatment	现蕾数(株) Number of bud 6月30日统计	开花数(株) Number of flower 7月25日统计
K0	21d	76d
K40.5	26c	82c
K81	40a	103a
K162	30b	91b
K243	32b	92b
K324	30b	88b

2.3 不同钾肥用量对食用百合鳞茎性状和产量的影响

表 3 表明, 与对照相比, 施钾肥的各处理的球高、鲜重、干重、产量都高于对照, 产量性状的各个指标也都表现出了同样的趋势。在球高、鲜重、干重、产量(鲜重)方面, 都是 K81 最高, 且比对照分别增加 3.8%、14.2%、25.0% 和 14.2%, 而出干率比对照增加近 10 个百分点。其它钾肥处理也与对照有明显差异, 但 K40.5 与 K162、K243 和 K324 之间差异显著, 而 K162、K243、K324 之间无明显差异。说明增施钾肥可以明显提高食用百合的产量, 而且最高增幅可达 14.2%; 当继续增加钾肥施用量时, 产量反而显著降低, 说明只有在适宜的施钾量下, 食用百合的产量才能达到最高, 当钾肥的施用不合理时, 对其产量所带来的负作用非常显著。因此, 在食用百合生产中, 要获得高产, 必须注意钾肥的合理用量。

表 3 食用百合鳞茎性状和产量

Table 3 The bulb character and yield of edible lily

处理 Treatment	球高(cm) Bulb	鲜重(g) Fresh weight	干重(g) Dry weight	出干率(%) Rate	产量(kg/hm ²) Yield
K0	3.602 _d	185.2 _d	52.9 _d	28.6 _c	37058.52 _e
K40.5	3.618 _c	190.2 _c	56.4 _c	29.7 _b	38059.02 _d
K81	3.737 _a	211.5 _a	66.1 _a	31.3 _a	42321.15 _a
K162	3.632 _b	194.6 _b	58.2 _b	29.9 _b	38939.46 _c
K243	3.647 _b	199.4 _b	59.2 _b	29.7 _b	39899.94 _b
K324	3.640 _b	197.3 _b	58.8 _b	29.8 _b	39479.73 _b

2.4 不同钾肥用量对食用百合光合作用的影响

食用百合开花盛期选晴好天气(7月27日)于10:00~12:00测定了各处理相同叶龄和叶位叶片的光合速率、蒸腾速率、气孔导度和胞间CO₂浓度,试验结果为3次重复测定的平均值(表4)。

光合速率、蒸腾速率、气孔导度和胞间CO₂浓度,试验结果为3次重复测定的平均值(表4)。

表 4 不同钾肥用量食用百合叶片光合作用的主要参数

Table 4 Main photosynthetic parameters in leaves of edible lily at different potassium levels

处理 Treatment	净光合速率 Net photosynthetic rate [μmol/(m ² ·s)]	气孔导度 Stomatal conductance [mmol/(m ² ·s)]	胞间CO ₂ 浓度 Intercellular CO ₂ concentration (μL/L)	蒸腾速率 Transpiration rate [mmol/(m ² ·s)]
K0	11.64 _d	241.95 _d	183.67 _a	11.42 _a
K40.5	11.81 _c	272.47 _c	176.32 _b	9.10 _b
K81	13.89 _a	315.25 _a	152.20 _c	7.48 _c
K162	12.72 _b	290.83 _b	159.93 _c	9.75 _b
K243	12.97 _b	296.13 _b	156.90 _c	8.98 _b
K324	12.85 _b	293.61 _b	157.67 _c	8.86 _b

从表4数据来看,施用钾肥可明显提高食用百合的净光合速率。随着施钾量的增加,叶片的净光合速率都可不同程度地提高,其中K81较K0提高19.3%,处理效应最好,而且K81较K40.5、K162、K243、K324分别提高17.6%、9.2%、7.1%和8.1%,也达到了显著性差异,但K162、K243、K324之间差异不显著;同时,K40.5较K0提高1.5%,与各处理之间也达到了显著性差异。各处理气孔导度的变化与净光合速率的变化相一致;胞间CO₂浓度的变化与净光合速率的变化则有所不同,当净光合速率较高时,叶肉细胞固定的CO₂较多,胞间CO₂浓度降低。处理间叶肉细胞胞间CO₂浓度为K0>K40.5>K162>K324>K243>K81,且对照与各钾肥处理之间达到显著性差异,表明施用钾肥可有效地降低胞间CO₂浓度,促进叶肉细胞固定更多的CO₂,从而有利于净光合速率的提高。对于蒸腾速率,对照与各钾肥处理之间,K81与各个处理之间都存在显著性差异,但K40.5、K162、K243、K324之间变化并不明显,表明施用钾肥可显著降低食用百合的蒸腾速率。

的价格计算,K40.5的产投比最高,为255.2:1,K81次之,为127.6:1,K324最低。而净收益却以K81最高,K40.5最低,K81比K40.5、K162、K243、K324分别增收426%、179.8%、85.2%和117.4%,但其产投比却比K40.5减少一半,只比K162、K243、K324分别增加0.5倍、1倍和1.5倍。因此,适量增施钾肥可明显提高食用百合的产量和经济效益,钾肥施用没有达到一定量,也不能取得较高的产量和经济效益,用量过多反而降低其产量和经济效益。

3 结 论

1) 本研究表明,施用钾肥可以明显促进食用百合茎粗和株高的增加,增强了植株生长势,有利于提早现蕾和开花,可充分利用冀西北坝上地区7~8月份最适宜的温度、光照和降水条件,为地下鳞茎的充分膨大积累更多的营养物质。

2) 施用钾肥可以提高食用百合叶片的净光合速率和气孔导度,在一定程度上可以降低食用百合叶片的蒸腾速率和胞间CO₂浓度,有利于保持叶片的含水量。同时,可明显提高其产量和经济效益,过量的钾营养施用会造成浪费。

2.5 食用百合施用钾肥的经济效益分析

按食用百合鲜鳞茎8元/kg,硫酸钾2.4元/kg

表 5 食用百合施用钾肥的经济效益

Table 5 The economic benefit of edible lily at different potassium levels

处理 Treatment	产量(kg/hm ²) Yield	增产(kg/hm ²) Increase	产投比 Output/input	净收益(yuan/hm ²) Net benefit
K0	37058.52 _e	—	—	—
K40.5	38059.02 _d	1000.50	255.2:1	8004.00
K81	42321.15 _a	5262.63	127.6:1	42101.04
K162	38939.46 _c	1880.94	85.1:1	15047.52
K243	39899.94 _b	2841.42	63.8:1	22731.36
K324	39479.73 _b	2421.21	51.0:1	19369.68

3) 试验表明,在 0~81 kg/hm² 的范围增施 K₂O,能明显增加食用百合的茎粗和株高,在此范围内,施用钾肥能明显提高食用百合叶片的净光合速率和气孔导度,降低叶片的蒸腾速率和胞间 CO₂ 浓度,提高食用百合的产量和效益。但是食用百合植株的各个性状并不是一直随施钾量的增大而增大,施钾量过大时(K162、K243 和 K324 处理)植株的株高、茎粗、现蕾和开花数、净光合速率和产量反而降低。

4 讨论

钾以游离状态或吸附态存在于有机体中,对植物体内多种酶具有活化作用,对植物的多种代谢起调节作用^[14]。钾可促进碳水化合物的合成和运输,所以施钾可使食用百合茎秆粗壮。本研究与高慧、舒畅等增施钾肥使番茄幼苗和百合茎粗增加的研究结果是一致的^[12,15]。许多研究也证实,钾在调节植物叶片气孔开闭方面具有重要作用^[16]。叶片光合作用主要受气孔因素和叶肉细胞光合活性的控制,气孔导度的下降将影响到光合速率,作物水分、养分状况对光合作用的影响主要是通过调节气孔和叶肉细胞活性来达到的,叶片细胞间隙 CO₂ 浓度和气孔导度是分析净光合速率降低原因的指标^[17]。在正常的供钾水平下,叶片的叶绿素合成、运转会保持动态平衡,而植株对高钾将会产生负载作用^[18]。本研究结果也支持了这种观点。低钾水平的净光合速率、产量均较高,而高钾水平则相对较低。这也许与由于过高的供钾水平将严重导致植株的电子传递活性、PSII 原初光能转化效率和 PSII 潜在活性下降有关。

在冀西北坝上地区一直存在着施肥误区,多数人们认为坝上地区土壤不缺钾,含钾丰富,大量地施用氮磷肥,而忽视钾肥的使用。通过笔者的试验,坝上地区土壤含钾量在 50~100 mg/kg 的范围内,如果钾肥施用不足,会造成植物缺钾,但过量施

用也会造成浪费。本研究已经表明,在 0~81 kg/hm² 的范围增施钾肥,才能获得较高的效益。这与坝上地区土壤的含钾量丰缺相吻合,也有利于进一步指导农民科学施肥和平衡施肥,提高农民的经济收入。

参考文献:

- [1] 宋桥生,陈钢,吴礼树,等.不同供钾水平对西瓜产量和品质的影响[J].湖北农业科学,2007,46(5):732-734.
- [2] 宋永林,姚造华,袁锋明,等.不同肥料配施对土壤养分含量及作物氮、磷、钾表现利用率的影响[J].土壤肥料,2002,39(3):23-25.
- [3] Suelter C H. Enzymes activated by monovalent cations[J]. Science, 1970,168,789-795.
- [4] 郑炳松,程晓建,蒋德安,等.钾元素对植物光合速率、Rubisco 和 RCA 的影响[J].浙江林学院学报,2002,19(1):104-108.
- [5] Bednarz C W, Oosterhuis D M, Evans R D. Leaf photosynthesis and carbon isotope discrimination of cotton in response to potassium deficiency[J]. Environmental and Experimental Botany, 1998, 39, 131-139.
- [6] Longstreth D J, Nobel P S. Nutrient influences on leaf photosynthesis. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium for *Gossypium hirsutum* L [J]. Plant Physiology, 1980, 65,541-543.
- [7] Dekov J, Velichkov D. Ultrastructural and functional changes in chloroplasts of maize plants at various levels of potassium nutrition and water stress[J]. Plant Physiology, 1992, 18, 3-9.
- [8] 梁晓芳,于振文.施钾时期对冬小麦旗叶光合特性和籽粒淀粉积累的影响[J].应用生态学报,2004,15(8):1349-1352.
- [9] Hartz H K, Miyao G, Mullen R J, et al. Potassium requirements for maximum yield and fruit quality of processing tomato[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1999, 124, 199-204.
- [10] 姚宇卿,雷全奎,郭建秋,等.大白菜施钾及氮钾配施效果[J].土壤肥料,2000,(2):37-43.
- [11] 许前欣,赵振达,李秀文,等.钾肥对蔬菜产量品质效应的研究[J].土壤肥料,1999,36(2):23-25.
- [12] 高慧,孙春香.不同钾水平对番茄幼苗生长的影响[J].长江蔬菜,2007,24(8):54-55.
- [13] 杨福存.坝上蔬菜栽培的理论与技术[M].北京:气象出版社,2003,46-54.
- [14] 江苏农学院.植物生理学[M].北京:农业出版社,1985,119.

- [15] 舒畅成,程 萱.施用钾肥对百合产量及经济效益的影响[J].中国土壤与肥料,2006,43(6):36-37.
- [16] Hsiao T C. Plant responses to water stress[J]. Annu Rev Plant Physiol, 1973, 24: 519-570.
- [17] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Plant Physiol, 1982, 33: 317-143.
- [18] Hubber D M. Interaction of potassium with plant disease in potassium in agriculture[M]. ASA CSSA Madison Wisconsin USA, 1985: 467-488.

Effect of potassium nutrition on photosynthesis and yield and economic benefit of edible lily

HUANG Wei, ZHANG Xiao-guang, LI Wen-jie, ZHANG Jun-hua

(Department of Horticulture, Hebei North University, Xuanhua, Hebei 075131, China)

Abstract: Study was made on the effect of potassium nutrition on yield and photosynthesis and economic benefit of edible lily. The result showed that net photosynthetic rate (P_n) and stomatal conductance (G_s) in leaves of edible lily increased notably and transpiration rate (T_r) and intercellular CO_2 concentration (C_i) in leaves of edible lily decreased with application of potassium fertilizer within the range of $0\sim 81\text{ kg/hm}^2$. The stem width and height were significantly increased. The anthesis was ahead of time. The edible lily bulb's yield and economic benefit were increased, too. Compared with CK, when the application rate of K_2O reached 81.0 kg/hm^2 , the net photosynthetic rate, fresh weight, dry weight, yield and economic benefit of edible lily increased by 19.3%, 14.2%, 25.0%, 14.2%, and 4 times respectively. And under this application rate, both the yield and net photosynthetic rate and economic benefit of edible lily were the highest. The optimum fertilizer potassium level was 81 kg/hm^2 in this study.

Keywords: potassium nutrition; edible lily; photosynthesis; yield; economic benefit

(上接第 157 页)

Effect of different irrigation amount on NO_3^- -N leaching in the soil of cotton field in Alaer irrigated area

AN Qiao-xia, SUN San-min

(Tarim University, Alaer, Xinjiang 843300, China)

Abstract: Taking the Alaer irrigated area as experiment site, we designed four irrigation treatments: 8 100, 6 600, 5 100 and 3 600 m^3/hm^2 , and measured the content variation of NO_3^- -N in $0\sim 100\text{ cm}$ soil and the leaching solution concentration variation of NO_3^- -N in 105 cm soil after 5 times of irrigation. The results showed that irrigation obviously affected NO_3^- -N loss. During the growing period from April to September, as time went by, NO_3^- -N concentration tended to go down in the upper layer of the edaphic section but increase gradually in the deeper layer; in deep soil, NO_3^- -N concentration tended to get higher when the amount of irrigation water was increased. The changing of NO_3^- -N concentration in the leakage loss was as the following: Basically the variation tendencies of NO_3^- -N concentrations were low-high-low and large varied amplitude; The amount of NO_3^- -N loss was logarithmically related to the amount of irrigation water, and the amount of NO_3^- -N loss was $2.18\sim 21.23\text{ kg/hm}^2$.

Keywords: NO_3^- -N; leaching loss; irrigation; cotton field; Alaer irrigated area