植物营养与肥料学报 2004,10(1):96-100
Plant Nutrition and Fertilizer Science

钾对番红花球茎膨大的促进效应

刘 芸[1,2], 朱利泉[2], 龙 云[1], 操国兴[2], 钟章成[1*]
(1 西南师范大学生命科学学院,重庆 400715; 2 西南农业大学农学及生命科学学院,重庆 400716)

摘要: 采用4种钾浓度营养液培养番红花(*Crocus sativas* L.)的结果表明,随着施钾水平的提高,叶片中的钾含量、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,随着施钾水平提高,新球茎富集钾的能力、可溶性糖的含量、Vc含量和蛋白质含量也增加,使新球茎作为"代谢库"的功能也增强。本文还探讨了钾元素通过加强"源"和"库"的功能来提高番红花球茎膨大速率的机理,为番红花的进一步研究与利用提供了依据。

关键词: 番红花; 钾; 球茎膨大; 光合作用; 球茎品质
中图分类号: Q945.11 **文献标识码**: A **文章编号**: 1008-505X(2004)01-0096-05

Effect of potassium on corms expansion of saffron

LIU Yun[1,2], ZHU Li-quan[2], LONG Yun[1], CAO Guo-xing[2], ZHONG Zhang-cheng[1]
(*1 School of Life Sci., Southwest China Normal Univ., Chongqing 400715, China;*
2 College of Agron., Southwest Agric. Univ., Chongqing 400716, China)

Abstract: The culture solution of four different potassium(K) concentration were studied on grow of saffron (*Crocus sativas* L.) The result showed that K content and chlorophyll content, relative ATP content, net photosynthetic rate in leaves increased with improving K concentration, which enhanced the function of leaves to be metabolic source. On the other hand, the ability of the absorbing K, soluble sugars content, vitamin C(Vc) content as well as protein content in new-born corms were increased with increasing K concentration, which also strengthened the function of new-born corms to be metabolic sink. This article explored the mechanism that K could promote the new-born corms growth rate of saffron through strengthening the function of "source" and "sink". These provide the new data for further study and utilization of saffron.

Key words: saffron(*crocus sativus* L.); potassium; expansion of corms; photosynthesis; quality of corms

番红花(*Crocus sativus* L.)又名西红花、藏红花,鸢尾科番红花属多年生草本植物,原产欧洲南部[1],其雌蕊柱头是名贵中药,且有较高的园艺观赏性; 还可作为芳香剂和食品着色剂[2]。

我国自引种以来,栽培的番红花产量一直不高,在栽培条件下不能结实,主要靠球茎进行无性繁殖[3]。在无性繁殖过程中,球茎越种越小,开花数降低,并出现许多不能开花的小球茎[4]。研究表明[5],球茎重量至少要达到6g才能开花,达到20g以上才能开出足量的花。因此,在实际生产中,通常利用20g以上的球茎,使其开花,获得雌蕊柱头入药。因此,球茎的大小成了提高番红花开花数、增加柱头长度和干重[6]和获得大量入药原料的关键。

研究表明[7],钾在不同水平上影响着植物的光合作用,并促进植物体内碳水化合物的运输和转化,有利于块茎、块根膨大和种子饱满和提高农作物的产量及品质[8]。本研究探讨了钾对促进番红花球茎膨大及其作用机理,为番红花高产高效栽培提供理

收稿日期: 2003-02-10 **修改稿收到日期**: 2003-05-07
基金项目: 国家自然科学基金项目(39330050)资助。
作者简介: 刘芸(1966—),女,四川省资中县人,副教授,博士研究生,主要从事植物生理生态学研究。* 通讯作者

论依据。

1　材料与方法

1.1　试验设计

2001 年 9 月上旬将平均重为(2.76±0.25)g 的番红花球茎播于装有蛭石的营养钵(10cm×8cm)内，每钵一粒，自然光照，用清水浇灌。球茎生根后每隔 3～5d 用 Hoagland 完全营养液浇灌，每次约 50mL(其间根据情况浇适量清水)。12 月底，当最小的球茎长出 3 片叶时，用去离子水充分浇灌数次，以洗去蛭石中残留的营养物质。再根据球茎的大小、叶片数及长势平均分成 4 组，分别用 4 个钾浓度以 Hoagland 培养液为基础配方的培养液培养，即：K 1mg/L (K1)，60mg/L (K2)，120mg/L (K3) 和 195mg/L(K4)；其中 K1、K2、K3 培养液里所减量的 KH_2PO_4 改用 $Ca(H_2PO_4)\cdot H_2O$ 代替。浇灌方法同前。重复 3 次。

1.2　分析测定时期和方法

根据番红花生长的生物学特性[3]，分别于当年 12 月下旬钾处理之前(D_1 期，生长较快期)，次年 2 月上旬至中旬(D_2 期，生长较慢期)，3 月上旬至中旬(D_3 期，生长迅速期)，4 月上旬至中旬(D_4 期，衰老期)分别对各指标进行测定。

取具代表性的功能叶(顶部第 5 片功能叶)和球茎用于各项指标的测定，所得数据用 LSD 检验。

净光合速率、可溶性糖及蛋白质含量的测定：按文献[9]进行。

钾含量：将材料(叶片、球茎)烘干，用研钵充分研碎，湿法灰化[10]，用 93-19 型钾电极在 ORION (美国)SA720 型数字 pH/mV 计上测定溶液钾含量。

叶片组织 ATP 含量：采用荧光素—荧光素酶法[10]，标准 ATP 为 Sigma 公司产品。

叶绿素含量：乙醇、丙酮和去离子水(4.5:4.5:1)混合液提取叶绿素[11]。用岛津 UV240 紫外—可见分光光度计在 663nm 和 645nm 处测定提取液的消光值。按 Arnon 法公式计算叶绿素含量。

维生素 C 含量：采用朱利泉[12]的方法测定。

2　结果与分析

2.1　钾对番红花叶片钾含量的影响

番红花叶片钾含量随其生长期不同而变化。K1、K2 处理叶钾含量一直呈下降趋势，K3、K4 处理钾含量变化趋势一致，即生长旺盛期钾含量高，而生长缓慢期钾含量较低(图 1)。分析表明，叶中钾含量随施钾水平提高而增加，各测定时期，K2 处理与 K1 处理差异显著($P<0.05$，以下同)，K3、K4 处理与 K2 处理差异显著；但 K3 和 K4 处理在 D2、D3 期差异不显著。相关分析表明，叶片中钾含量的多少与供钾水平呈极显著相关($P<0.01$)，相关系数(r)为 0.623。

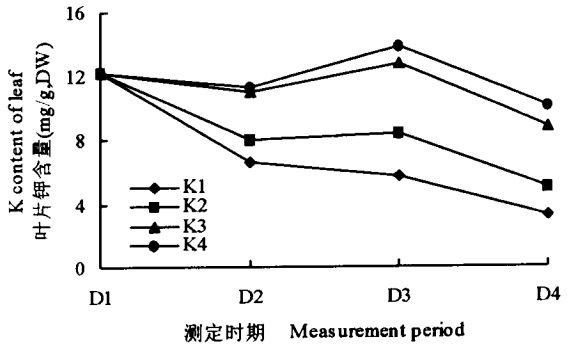

图 1　钾处理对番红花叶片钾含量的影响

Fig. 1　Effect of K treatments on K content in leaf of saffron

2.2　钾对番红花叶片光合作用有关指标的影响

2.2.1　对叶绿素含量的影响　番红花叶片叶绿素含量在第二个生长高峰初期(D2 期)达到最高，以后呈下降趋势(图 2A)，此外，随施钾水平提高叶绿素含量增大，到 D4 期，各处理间差异显著，即施钾水平高，叶绿素含量高，则叶片衰老慢，可延长光合作用时间。相关分析表明，叶绿素含量与施钾水平不相关，但与叶片钾含量呈极显著相关($r=0.662$，$P<0.01$)。从图 2A 可见，各处理叶片叶绿素含量最高峰出现在 D2 期，此时正是冬末，之前番红花生长缓慢，致使细胞内叶绿素相对富集；从 D2 期到 D3 期，是番红花快速生长期，叶片迅速扩大，因而细胞内叶绿素浓度相对较低。

2.2.2　对叶片 ATP 相对含量及光合速率的影响　番红花叶片 ATP 相对含量的高低与番红花生长速度的快慢一致(图 2B)，但施钾水平越高，ATP 相对含量越高，随生育进程各处理间差异逐渐达到显著水平。相关分析表明，ATP 相对含量与施钾水平不相关，而与叶片钾含量、叶绿素含量显著相关($P<0.05$)，相关系数(r)分别为 0.768、0.479。

叶片净光合速率在不同钾处理和不同生长期间变化趋势与 ATP 相对含量一致(图 2C)。叶片 ATP 相对含量与净光合速率之间呈极显著相关($r=0.813$，$P<0.01$)，同时净光合速率与叶片 K 含量之

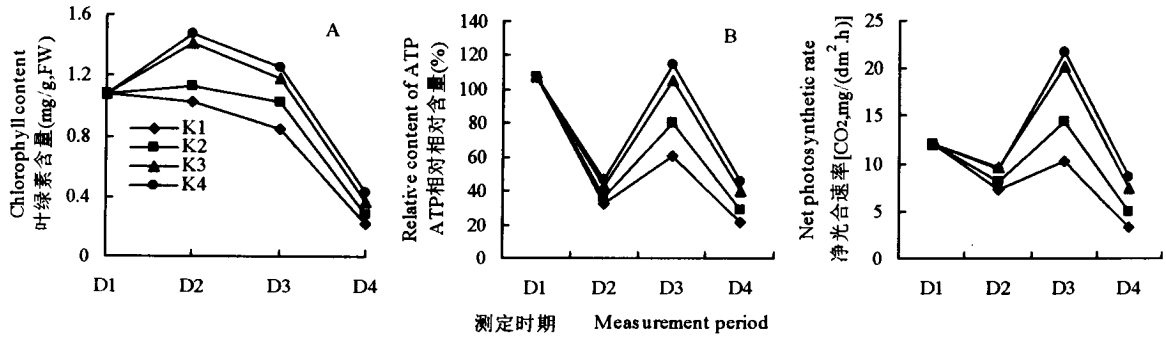

图 2 钾对番红花叶片光合作用有关指标的影响

Fig. 2 Effects of K treatments on some photosynthetic indexes in leaf of saffron

间也呈极显著正相关(r=0.752,P<0.01)。

2.3 钾对番红花球茎膨大过程中一些指标的影响

2.3.1 对球茎钾含量的影响 在番红花球茎膨大过程中,施钾有利于提高球茎中钾含量(图 3A)。D2 期只有 K1 处理显著低于其余 3 种处理,而其余 3 种处理间差异不显著; D3、D4 期各处理间差异均显著。相关分析表明,球茎中钾含量与施钾水平呈极显著正相关(r=0.614,P<0.01)。

2.3.2 对球茎可溶性糖含量的影响 D2 期球茎中可溶性糖含量均低于其它各期,这与此前环境温度低,番红花生长停滞,而老球茎的营养早已耗尽有关。此后随球茎膨大,可溶性糖含量增加,各处理间差异显著(图 3B),相关分析表明,球茎中可溶性糖含量与施钾水平呈极显著相关(r = 0.614, P < 0.01)。

2.3.3 对番红花球茎蛋白质含量的影响 在番红花球茎膨大过程中,随生长期的延长,球茎蛋白质含量呈增大趋势,且在各处理间差异越来越大(图 3C)。球茎中蛋白质含量与施钾水平呈显著相关(r =0.468,P<0.05),也与球茎钾含量呈极显著相关(r=0.546,P<0.01),而与叶片中钾含量不相关。

2.3.4 对番红花球茎 Vc 含量的影响 Vc 含量高低是农产品品质好坏的一个重要指标。球茎中 Vc 含量随球茎膨大和施钾水平的提高也呈增加趋势(图 3D),到 D4 期,各处理间差异显著。相关分析表明,球茎中 Vc 含量与施钾水平呈极显著相关(r=0.584,P<0.01)。

2.4 钾对番红花球茎膨大的影响

D1 期以后,番红花球茎逐渐膨大,但各处理间差异不明显。D2 期球茎膨大速率(同样时间球茎增加的重量比)加快,各处理间差异越来越大,至 D4 期,各处理间差异达显著水平(图 4),即随施钾水平提高,球茎膨大速率加快。相关分析表明,球茎膨大速率与施钾水平及球茎钾含量均呈显著相关(r=0.395、0.510,P<0.05)。可见,施钾能促进番红花球茎膨大速率加快,有利于提高单个球茎重量。

3 讨论

3.1 钾对番红花光合作用的影响

本试验结果表明,随施钾水平提高,番红花叶片中钾含量相应提高,在 D2 、D3 、D4 各期 K4 较 K1 分别提高 70.20%、133.11%、212.42%。叶绿素含量及 ATP 相对含量按各测定期分别增加 42.72%、48.24%、95.45% 和 41.45%、89.80%、116.00%;净光合速率也相应提高 30.49%、110.96%、164.42%。在高等植物中,钾在不同水平上都影响着光合作用[7]。钾离子作为主要平衡离子在光诱导建立的跨类囊体膜的 H^+ 流以及为 ATP 合成(光合磷酸化作用)所必须的 pH 梯度等方面起作用,即使叶绿体间质保持 CO_2 同化所需的较高的 pH 值,因而促进光合磷酸化及 CO_2 同化[13-15]。叶片是光合作用的主要器官,叶绿体是光合作用的重要细胞器。适当施钾可使叶绿体基粒数增多,叶绿素含量提高,促进光合电子传递及光合磷酸化,使量子需要量明显降低,净光合速率提高[13,16-19]。光合产物增加,即源强能为库的建成提供更多的原料,从而有利番红花球茎的生长。

3.2 钾促进番红花球茎膨大的机理

随施钾水平提高,球茎中钾含量增加,且这种增加还随球茎膨大其差异越来越显著(图 3A)。钾含量高的球茎中,可溶性糖含量,蛋白质含量及 Vc 含量均高。相关分析表明,施钾水平及球茎中钾含量均与球茎中可溶性糖含量,蛋白质含量及 Vc 含量

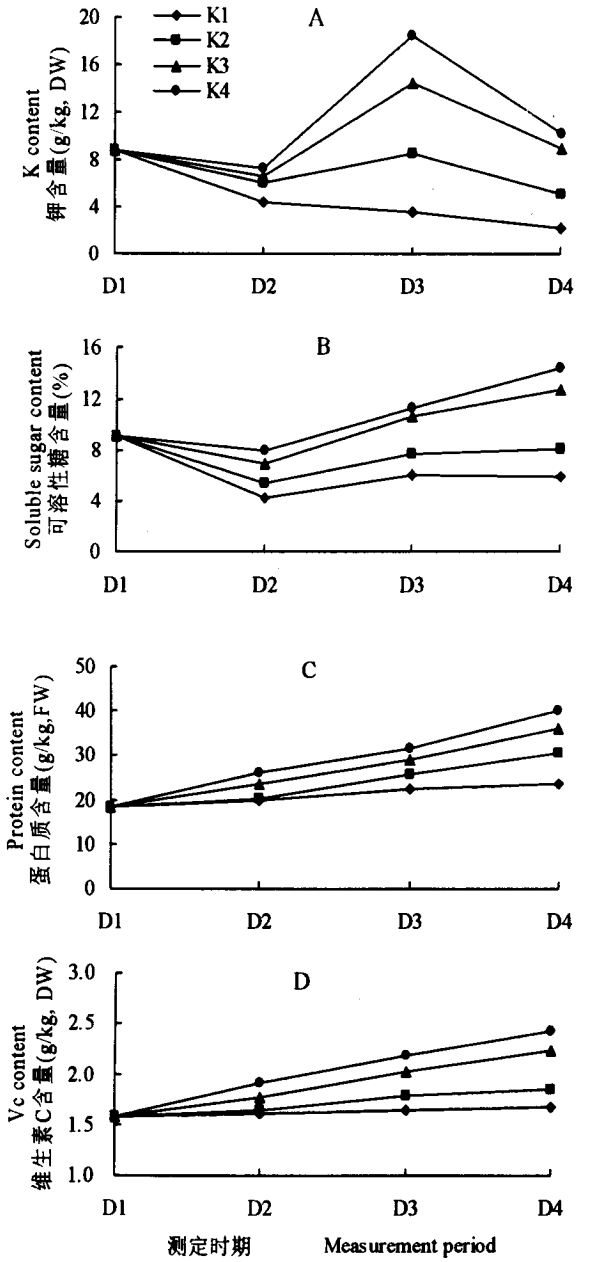

图 3　钾对番红花球茎膨大过程中有关指标的影响

Fig. 3　Effect of K treatments on concerning indexes of corms during corms growth of saffron

呈显著相关。这与在荸荠、甘薯等的研究结果一致[8,20]。试验表明，韧皮部溢泌液的主要组分为蔗糖，构成其固体物质的 90% 以上；而在矿质元素中通常钾的浓度最高[21]。K^+ 能提高蔗糖的韧皮部装载和运输是证实无疑的[20, 22-23]。可见适量供钾促进番红花球茎膨大主要是：1)钾明显促进了叶片净光合速率的提高，即加强了“源”；2)适量施钾既有利于源端(叶)碳水化合物的装载，又有利于库端(球茎)碳水化合物的卸载，从而促进碳水化合物由叶片向球茎的运输；3)钾在细胞内可作为 60 多种酶的活化剂，能促进糖类和蛋白质的合成[21]，因而钾在番红花球茎的合成代谢中起促进作用。以上共同作用的结果是显著提高了番红花球茎膨大速率(图 4)。

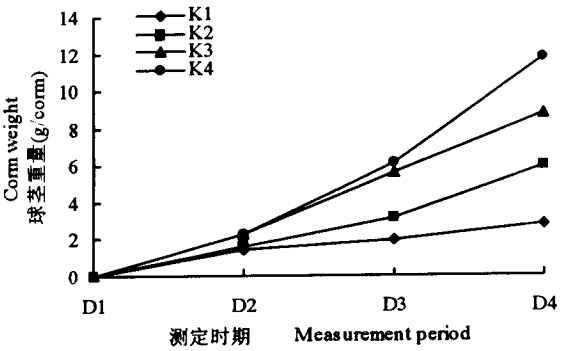

图 4　钾对番红花球茎膨大的影响

Fig. 4　Effect of K treatments on corms growth of saffron

随施钾水平提高，单株球茎数虽有所减少，但平均球茎重显著增加。K1 处理中，大于 6g 的球茎占总球数的比例为 9%，K2 处理为 33%，K3 处理为 72%，K4 处理为 78%；4 个处理中其中大于 20g 的球茎所占比例分别为 0、8%、51%、63%。说明适当增施钾肥有利于提高单个球茎重量，可为番红花来年繁殖提供大量能开花的种球，这正是目前番红花生产中急待解决的问题。

参 考 文 献：

[1] Himenw H, Sano K. Synthesls of crocin, picrocrocin and safranal by saffron stigma-structures proliferated in vitro[J]. Agric. Biochem ., 1987, 51: 2395-2400.

[2] 中国科学院药物研究所. 中草药栽培技术[M]. 北京：人民卫生出版社，1979. 496-497.

[3] 浙江杭州药物试验场. 西红花栽培技术[J]. 中草药通讯，1975 (4): 59-62.

[4] 李坤培，李龙穰，周一兵，等. 番红花引种栽培实验初报[J]. 重庆农资科技，1989(2): 57-62.

[5] 裕载勋. 番红花栽培方法研究[J]. 农学通报，1984，19(4): 33 35.

[6] 颜婉如，黄承芬. 番红花花器的发育及与花产量有关因素的研究[J]. 北京师范学院学报(自然科学版)，1989，3: 37-43.

[7] Geiger D R, Conti T R. Relation of increasing Potassium nutrition to photosynthesis and translocation of carbon[J]. Plant Physiol., 1983, 71: 141-144.

[8] 胡笃敬，董伍之，葛旦之. 植物钾营养的理论与实践[M]. 长沙：湖南科学出版社，1993. 10-20.

[9] 丑敏霞，朱利泉，张玉进，等. 温度对金钗石斛生长与代谢的影响[J]. 植物生态学报，2001,25(3)：325-330.

[10] 上海植物生理学会. 植物生理学手册[M]. 上海：上海科技出版社，1985. 61-62，115-116，505.

[11] 沈伟其. 测定水稻叶片叶绿体混合液提取法[J]. 植物生理学通讯,1988(3)：62.

[12] 朱利泉. 基础生物化学实验原理与方法[M]. 成都：成都科技大学出版社，1997. 111-114.

[13] 刘建祥，杨肖娥，吴良欢. 低钾胁迫对水稻叶片光合功能的影响及其基因型差异[J]. 作物学报，2001，27(6)：1000-1006.

[14] Huber S C. Role of potassium in photosynthesis and respiration [A]. Munson R D(ed.). Potassium in Agriculture[M]. Medison, USA:Am. Soc. Agron. 1985. 369-396.

[15] Mary W J, Huber S C, Moreland D E. Effect of magnesium on intact chloroplast. II Cation specificity and involvement of the envelope ATPase in (sodium) potassium/proton exchange across the envelope[J]. Plant Physiol., 1981, 68: 1257-1263.

[16] 黄建中，饶立华，陆定志. 钾营养对杂交稻叶片发育期间光合作用的影响[J]. 植物生理学通讯，1991，27(2)：91-94.

[17] 饶立华，蒋德安，薛建明. 钾营养对水稻光合器功能的效应与谷粒产量的影响[J]. 植物生理学报，1989,15(2)：191-197.

[18] 蒋德安，饶立华，彭佐权. 低钾条件下水稻的光合特性[J]. 植物生理学报，1988,14(1)：50-55.

[19] 郑炳松，蒋德安，翁晓燕. 钾营养对水稻剑叶光合作用关键酶活性的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版)，2001，27(5)：489-494.

[20] 史春余，王振林，赵秉强. 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.

[21] 王忠. 植物生理学[M]. 北京：中国农业出版社. 2000. 85-86，229.

[22] Mengl, Konrad, Hans-eckhard Haeder. Effect of potassium supply on the rate of phloem sap exudation and the composition of phloem sap ricinus communis[J]. Plant Physiol., 1977, 59(2): 282-284.

[23] Huber S C, Moreland D E. Co-transport of potassium sugars across the plasmalemma of mesophyll protoplasts[J]. Plant physiol., 1981, 67(1): 163-169.