

doi:10.11937/bfyy.20174042

# 不同浓度钾营养对百日草幼苗生长的影响

朱彦霖, 朱奕豪, 李海云

(聊城大学 农学院, 山东 聊城 252059)

**摘要:**以百日草(*Zinnia elegans*)为试材,缺钾营养液为对照(CK),研究了不同 $K^+$ 浓度(4、8、12、16  $mmol \cdot L^{-1}$ )营养液对其苗期生长指标和根系形态参数的影响。结果表明:随着 $K^+$ 浓度的增加,百日草幼苗的生长指标均呈现先上升后下降的趋势,当 $K^+$ 浓度为12  $mmol \cdot L^{-1}$ 时生长量与各生长指标达到最大。各浓度 $K^+$ 处理的百日草幼苗株高显著高于CK,其中12  $mmol \cdot L^{-1}$ 的 $K^+$ 处理最高,比对照增加了80.52%;与CK相比, $K^+$ 处理的根长增长,根表面积和根体积增加,均以12  $mmol \cdot L^{-1}$ 的 $K^+$ 处理最高。适宜浓度的 $K^+$ (12  $mmol \cdot L^{-1}$ )有利于百日草幼苗的生长,对地下部生长的促进作用大于地上部, $K^+$ 浓度过高会抑制幼苗生长。

**关键词:**百日草;钾营养;幼苗生长

**中图分类号:**S 681.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2018)11-0081-04

百日草(*Zinnia elegans*)属菊科(Compositae)百日草属(*Zinnia*)一年生草本花卉,又名百日菊、步步高<sup>[1-2]</sup>。因其株型美观,花大色艳而广泛应用于园林绿化中,在花坛、花镜及盆栽花卉中使用较多,具有较高的观赏价值。

钾作为植物生长过程中重要的元素<sup>[3-5]</sup>,是与氮、磷并列的植物营养的“三大要素”之一,在植物渗透调节、蛋白代谢、光合作用、光呼吸、维持离子稳态及各种代谢过程中起到关键的作用<sup>[6-8]</sup>,植物抗逆性<sup>[9-10]</sup>等也会受到钾的影响。缺钾时可导致植物生长不良、叶片出现病斑;钾过量时可能发生拮抗现象,致使Mn、Fe等元素的缺乏,皆不利于植物的生长<sup>[11-13]</sup>。

不同供钾水平对金盏花<sup>[14]</sup>、一串红<sup>[15]</sup>以及大花蕙兰<sup>[3]</sup>等植物的影响有了很多研究,但是百日草对钾需求的研究少见报道。该试验使用不同浓度的钾营养液处理百日草幼苗,研究钾元素对百日草幼苗生长的影响,旨在探索百日草幼苗生长的适宜钾元素供应水平,以期为其日后的生产与栽培提供一定的参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试百日草品种“梦境”购自浙江虹越花卉有限公司;石英砂采购于河南华康水处理材料有限公司。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 营养液配制

先配制缺钾营养液,其配方以及浓度为:5.0  $mmol \cdot L^{-1}$   $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ , 2.0  $mmol \cdot L^{-1}$   $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ , 1.0  $mmol \cdot L^{-1}$   $NaH_2PO_4$ , 10.0  $mmol \cdot L^{-1}$   $NaNO_3$ , 0.1  $mmol \cdot L^{-1}$  EDTA-Fe, 36.7  $\mu mol \cdot L^{-1}$   $H_3BO_4$ , 9.2  $\mu mol \cdot L^{-1}$   $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ , 0.3  $\mu mol \cdot L^{-1}$   $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ , 0.8  $\mu mol \cdot L^{-1}$   $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ , 0.6  $\mu mol \cdot L^{-1}$

第一作者简介:朱彦霖(1990-),女,山东青岛人,硕士研究生,研究方向为园林生态修复与有害生物防治。E-mail: yihao3344lin@163.com.

责任作者:李海云(1974-),女,博士,副教授,硕士生导师,现主要从事植物营养及植物生理的教学与科研等工作。E-mail: lihaiyun@luc.edu.cn.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31601788);山东省自然科学基金资助项目(2016ZRB019WC)。

收稿日期:2018-02-02

$\text{Na}_2\text{MoO}_4$ 。在此基础上加入不同质量的  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ，配置成 4 种不同浓度 (4、8、12、16  $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{K}^+$ ) 的营养液，以缺钾营养液为对照 (CK)。

### 1.2.2 试验设计

2017 年 3 月 11 日选用饱满、大小均匀一致，表面完好无损的百日草种子，播种于装满 2~4 mm 石英砂的塑料 (聚乙烯) 育苗盆 (长 7 cm、宽 7 cm、高 7.5 cm) 中，每盆 1 粒 (播种深度 1 cm)，每处理 30 盆，均置于聊城大学农学院人工气候室中进行培养，室内每日 16 h 光照处理，8 h 黑暗处理，光照时温度控制在  $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ ，黑暗时温度控制在  $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ 。3 月 18 日 (幼苗子叶展平) 开始每天下午用 5 种不同浓度的钾营养液进行浇灌处理，每次每盆浇 10 mL。处理 21 d 后于 4 月 8 日每处理选取 10 株长势一致的百日草幼苗进行各项指标测定。

### 1.3 项目测定

#### 1.3.1 株高

用直尺测定株高。

#### 1.3.2 干鲜质量

将百日草幼苗收获后，用自来水冲洗干净，将各处理的植株分为地上部与地下部，用分析天平分别称得地上部鲜质量、地下部鲜质量；之后将鲜样置于鼓风干燥箱  $105^\circ\text{C}$  下杀青 30 min， $80^\circ\text{C}$  烘干至恒质量，用电子天平分别称得地上部干质量与地下部干质量。

#### 1.3.3 根系形态参数

用蒸馏水将根冲洗干净后，采用根系扫描仪 (STD4800) 扫描并保存完整的根系图像，通过 WinRHIZO PRO 2012 根系分析系统 (Regent Instruments Inc8, Canada) 对扫描图像进行分析，获取根系总根长、总表面积、根体积、根平均直径等相应的形态参数。

### 1.4 数据分析

试验数据均采用 Excel 2007 统计，使用 SPSS 18.0 统计软件及新复极差法对数据进行差异显著性分析 ( $P < 0.05$ )，各表中数据均以“平均值  $\pm$  标准差”的形式来表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 钾对百日草幼苗株高的影响

由表 1 可知，不同  $\text{K}^+$  浓度处理的百日草株

高均呈现先上升后下降的趋势，其中  $\text{K}^+$  浓度为  $12 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  时株高达到最大值。各处理的百日草株高显著高于对照，分别比对照增加 38.64%、45.13%、80.52%、56.17%。

表 1 不同浓度钾营养对百日草株高的影响

Table 1 Effects of different concentrations of  $\text{K}^+$  on plant height

钾浓度 $\text{K}^+$ concentration/ $(\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1})$	株高 Plant height/cm
0(CK)	3.08 $\pm$ 0.30c
4	4.27 $\pm$ 1.14b
8	4.47 $\pm$ 1.22b
12	5.56 $\pm$ 1.19a
16	4.81 $\pm$ 0.94ab

注：同列不同小写字母分别表示处理间达 5% 差异显著水平，下同。

Note: Different lowercase letters in the same column mean significant difference among treatments at 5% level. The same below.

### 2.2 钾对百日草幼苗生长的影响

由表 2 可知，百日草幼苗地上部干鲜质量、根干鲜质量以及整株干鲜质量、根冠比均随着  $\text{K}^+$  浓度的增加呈现出先上升后下降的趋势。当  $\text{K}^+$  浓度为  $12 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  时，百日草幼苗各生长指标均达到最高，并都显著高于 CK，其它处理与 CK 相比差异不显著 (根冠比除外)。12  $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{K}^+$  浓度处理的百日草幼苗地上部鲜质量、地上部干质量、根鲜质量、根干质量、整株鲜质量、整株干质量和根冠比分别比 CK 增加 43.48%、96.00%、47.44%、100.00%、44.41%、96.55% 和 39.13%。由此可知， $\text{K}^+$  对百日草幼苗地下部生长的促进作用大于地上部。

### 2.3 钾对百日草幼苗根系形态的影响

由表 3 可知，不同浓度  $\text{K}^+$  处理的百日草幼苗根长、根表面积、根分枝数、根交叉数、总根尖数均呈现先上升后下降的趋势，在  $\text{K}^+$  浓度为  $12 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  时根系形态指标达到最大值； $\text{K}^+$  处理降低了根平均直径，CK 的最高，12  $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  处理的最低。根平均直径分别比 CK 减少 5.00%、10.00%、12.50%、10.00%。 $\text{K}^+$  浓度为 4、8、12、16  $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  时，根长分别比 CK 增加 20.91%、31.20%、55.23%、41.21%；根表面积分别比 CK 增加 20.09%、41.18%、66.64%、43.11%；根分枝数分别比 CK 增加 48.67%、89.87%、140.33%、121.34%；根交叉数

表 2 不同浓度钾营养对百日草幼苗生长的影响

Table 2 Effects of different concentrations of  $K^+$  on growth of *Zinnia elegans* seedling

钾浓度 $K^+$ concentration /(mmol · L <sup>-1</sup> )	地上部鲜质量 Shoot fresh weight/g	根鲜质量 Root fresh weight/g	地上部干质量 Shoot dry weight/g	根干质量 Root dry weight/g	整株鲜质量 Whole fresh weight/g	整株干质量 Whole dry weight/g	根冠比 Root shoot ratio
0(CK)	2.53±0.32b	0.78±0.13b	0.25±0.04b	0.04±0.01b	3.31±0.32b	0.29±0.04b	0.23±0.38b
4	2.87±0.70b	0.82±0.28b	0.27±0.10b	0.04±0.02b	3.69±0.98b	0.31±0.09b	0.27±0.44ab
8	3.39±1.10ab	1.06±0.33ab	0.39±0.06ab	0.05±0.01ab	4.45±1.26ab	0.44±0.06ab	0.30±0.55a
12	3.63±0.64a	1.15±0.34a	0.49±0.12a	0.08±0.01a	4.78±0.96a	0.57±0.12a	0.32±0.36a
16	3.39±0.64ab	1.08±0.28ab	0.38±0.13ab	0.06±0.03ab	4.47±0.74ab	0.44±0.15ab	0.29±0.16ab

表 3 不同浓度钾营养对百日草根系形态的影响

Table 3 Effects of different concentrations of  $K^+$  on root morphology of *Zinnia elegans*

钾浓度 $K^+$ concentration /(mmol · L <sup>-1</sup> )	根长 Root length /cm	根表面积 Root surface area/cm <sup>2</sup>	根平均直径 Root average diameter/mm	根分枝数 Root branch number /(No. · plant <sup>-1</sup> )	根交叉数 Root intersection number /(No. · plant <sup>-1</sup> )	总根尖数 Total root tips /(No. · plant <sup>-1</sup> )
0(CK)	125.71±25.77c	13.94±3.40b	0.40±0.02a	229.10±62.53d	50.00±22.02c	118.90±28.72d
4	151.99±25.25bc	16.74±3.04bc	0.38±0.03ab	340.60±142.64c	95.10±35.96b	161.50±37.15c
8	164.93±27.93b	19.68±2.59b	0.36±0.01bc	435.00±83.32bc	109.10±22.75ab	200.10±32.75b
12	195.14±40.94a	23.23±4.36a	0.35±0.02c	550.60±157.61a	128.00±30.37a	250.10±53.83a
16	177.51±33.09ab	19.95±4.03ab	0.36±0.04bc	507.10±101.67ab	113.50±28.80ab	237.40±33.81a

分别比 CK 增加 90.20%、118.20%、156.00%、127.00%；总根尖数分别比 CK 增加 35.83%、68.29%、110.34%、99.66%。

### 3 讨论与结论

同一植物的生长和形态特征在不同供钾水平下存在着明显差异,这些差异可能是植物对  $K^+$  的吸收及外界环境共同决定的<sup>[11]</sup>。 $K^+$  浓度过高或过低皆会影响植物的生长,已有研究表明, $K^+$  浓度过低时,玉米<sup>[16]</sup>、棉花<sup>[17]</sup>等作物生物量减少,植物生长缓慢,分蘖能力差,根系生长受到抑制。在该试验中,不同浓度钾培养液处理的百日草地上部和根系的鲜质量与干质量、株高等均高于 CK,各项指标均在  $K^+$  浓度为 12 mmol · L<sup>-1</sup> 时达到最大,随着  $K^+$  浓度的继续增加,各生长指标随之下降。适宜的钾浓度有利于百日草的生长,一定程度上提高植株的生长量,但  $K^+$  浓度过高又会抑制植株的生长,这说明抑制作用可能是由于  $K^+$  过量限制了百日草对其它元素的吸收,导致 Mn、Fe、Mg 等元素的缺乏,也可能造成 B 元素的毒害<sup>[18-19]</sup>。

$K^+$  处理提高了百日草幼苗的根冠比,说明  $K^+$  对百日草地下部分生长的促进作用大于地上部分。根系的生长状况不仅直接控制着植物吸收

水分和养分,而且制约着植株地上部生长的好坏和产量的高低。通常来讲,地下部根系越长、根量越多,根吸收面积越大,更有利于植物对水分、养分的吸收,从而更能满足地上部植株生长各阶段对营养物质的需求。在该试验中, $K^+$  营养液处理后的百日草幼苗根长增长、根表面积与体积增大、根尖数和分枝数增加即根系的侧根增多,有利于植株对养分的吸收和利用,有利于地上部的生长。

在该试验条件下,12 mmol · L<sup>-1</sup>  $K^+$  浓度对百日草幼苗生长和根系形态建成效果最佳。因此,未来的研究重点应放在  $K^+$  对植株养分吸收、产物分配以及钾离子的迁移和有效性的影响等方面上来<sup>[20-22]</sup>。

### 参考文献

- [1] 李宁毅,时彦平,王吉振.水分胁迫下烯效唑对百日草幼苗光合特性及叶解剖结构的影响[J].西北植物学报,2012,32(8):1626-1631.
- [2] 徐小玉,张凤银,张铃铃.青霉素对百日草种子萌发及幼苗生长的影响[J].北方园艺,2015(5):86-88.
- [3] 栾添,杨秀珍,李惠,等.钾营养水平对大花蕙兰小苗生长及养分吸收的影响[J].中国农业大学学报,2014,19(4):103-107.
- [4] 徐顺莉,房伟民,管志勇,等.耐低钾切花菊品种筛选及其苗期耐性生理研究[J].园艺学报,2013,40(12):2463-2471.
- [5] 袁婷,樊驰,王正银,等.钾肥对镉污染土壤中白菜生长与镉含量及保护酶活性的影响[J].安全与环境学报,2016,16(3):383-390.

- [6] 张鹏,张玉龙,迟道才,等.水钾耦合对花生生理性状及产量的影响[J].中国生态农业学报,2016,24(11):1473-1481.
- [7] 陈光,高振宇,徐国华.植物响应缺钾胁迫的机制及提高钾利用效率的策略[J].植物学报,2017,52(1):89-101.
- [8] 黄玉梅,张杨雪,刘庆林,等.水杨酸对盐胁迫下百日草种子萌发及幼苗生理特性的影响[J].草业学报,2015,24(7):97-105.
- [9] 汪吉东,王火焰,许仙菊,等.低钾胁迫下不同钾效率甘薯的钾吸收利用规律研究[J].土壤,2016,48(1):42-47.
- [10] 曹淑红,李宁毅.水杨酸对高温胁迫下百日草幼苗耐热性的影响[J].沈阳农业大学学报,2014(1):91-94.
- [11] 卢颖林,曾巧英,陈迪文,等.钾水平对不同基因型斑茅生长和钾营养特性的影响[J].南京农业大学学报,2015,38(3):439-445.
- [12] 王晓光,李春红,赵新华,等.低钾胁迫下不同大豆品种钾吸收利用效率的差异分析[J].沈阳农业大学学报,2013,44(1):7-12.
- [13] 陈迪文,卢颖林,江永,等.不同基因型甘蔗组培苗钾营养特性研究[J].中国农学通报,2013(22):96-102.
- [14] 赵永平,朱亚,闫敏飞,等.不同供钾水平对金盏花幼苗生长特性和酶活性的影响[J].江西农业学报,2017,29(1):39-42.
- [15] 杨美燕,杨秀珍,刘克锋,等.钾施用量对一串红营养生长及钾营养特性的影响[J].广东农业科学,2012,39(13):76-78.
- [16] 王意琼,刘会玲,王艳群,等.钾对不同基因型玉米生长、体内钾循环和分配的影响[J].植物营养与肥料学报,2013,19(4):773-780.
- [17] 张志勇,王清连,李召虎,等.缺钾对棉花幼苗根系生长的影响及其生理机制[J].作物学报,2009,35(4):718-723.
- [18] 李冬梅,魏珉,张海森,等.氮、磷、钾用量和对比对温室黄瓜叶片相关代谢酶活性的影响[J].植物营养与肥料学报,2006,12(3):382-387.
- [19] 倪吾钟,何念祖,林荣新.钾对大白菜的营养作用及其生理机制研究[J].植物营养与肥料学报,1997,3(2):117-122.
- [20] 邢静,赵凯能,党现什,等.低钾胁迫对大豆根系渗透调节物质及产量影响[J].东北农业大学学报,2016,47(12):8-14.
- [21] 李海云,司东霞,张复君.不同耐性大白菜苗期根系形态对低钾胁迫的响应[J].中国蔬菜,2015(7):49-53.
- [22] 王朝东,李迎春,王西志,等.不同基因型玉米适应低钾胁迫的根系响应机理[J].河北农业大学学报,2012,35(6):1-6.

## Effects of Different Concentrations of Potassium Nutrition on Growth of *Zinnia elegans* Seedlings

ZHU Yanlin, ZHU Yihao, LI Haiyun

(College of Agriculture, Liaocheng University, Liaocheng, Shandong 252059)

**Abstract:** *Zinnia elegans* was used as experimental materials, potassium deficiency nutrient solution was used as control (CK), effects of different concentration (4, 8, 12, 16 mmol · L<sup>-1</sup>) of potassium sulfate on the index of seedling growth and root morphology were studied. The results showed that the index of *Zinnia elegans* seedling growth increased firstly and then declined with the increasing K<sup>+</sup> concentration, the indicators reached the highest when K<sup>+</sup> concentration was 12 mmol · L<sup>-1</sup>. The plant height of *Zinnia elegans* seedlings treated with K<sup>+</sup> were significantly higher than that of control, and when K<sup>+</sup> concentration was 12 mmol · L<sup>-1</sup>, it was the highest, with an increase of 80.52% compared with the control. K<sup>+</sup> treatment increased the root length, root surface area and root volume, and all these indicators were the highest under 12 mmol · L<sup>-1</sup> K<sup>+</sup> treatment. The suitable concentration of K<sup>+</sup> (12 mmol · L<sup>-1</sup>) had promotive effect on the growth of *Zinnia elegans* seedlings, the promoting effect on underground growth was greater than that of overground, higher concentration of K<sup>+</sup> had negative effects on growth of *Zinnia elegans*.

**Keywords:** *Zinnia elegans*; potassium nutrition; seedling growth