

施钾对百日草生长和开花的影响

魏 敏, 朱彦霖, 翟雅楠, 李海云*

(聊城大学农学院园艺工程系, 山东 聊城 252059)

摘 要:百日草广泛应用于园林绿化,面对我国钾素资源短缺的问题,必需明确百日草的最佳施钾量,提高钾素利用效率。通过盆栽试验研究不同供钾处理(0 mg/kg、100 mg/kg、200 mg/kg、300 mg/kg 和400 mg/kg)对百日草生长和开花的影响。结果表明:施钾有利于提高百日草的株高、叶片数、地上干重、根干重,开花数和花直径,这些指标均随施钾水平的升高呈现先上升后下降的变化趋势,且均为钾处理 300 mg/kg 时最高,400 mg/kg 钾处理时指标有所降低,但仍高于对照。该试验条件下,300 mg/kg 钾处理的百日草生长和开花最好,是百日草的最适施钾水平,该结果为百日草栽培过程中钾肥的合理施用提供理论依据。

关键词:百日草;钾;生长;开花

doi:10.13304/j.nykjdb.2018.0179

中图分类号:S681 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-0864(2019)01-0148-06

Effects of Potassium Application on Growth and Bloom of *Zinnia elegans*

WEI Min, ZHU Yanlin, ZHAI Yanan, LI Haiyun*

(Department of Horticulture, College of Agriculture, Liaocheng University, Shandong Liaocheng 252059, China)

Abstract: *Zinnia elegans* is widely used in landscaping. Confronting potassium (K) resource shortage in China, it is necessary to clarify the optimum amount of potassium application and improve potassium utilization efficiency. This paper studied the effects of different potassium application treatments (0 mg/kg, 100 mg/kg, 200 mg/kg, 300 mg/kg and 400 mg/kg) on growth and bloom of *Zinnia elegans* by pot experiments, so as to provide theoretical basis for the rational application of potassium fertilizer in the cultivation process of *Zinnia elegans*. The results indicated that potassium application was beneficial for increasing plant height, leaf number, shoot dry weight, root dry weight, number of flowers and flower diameter. All these indexes showed a tendency of increasing first and then decreasing with the potassium level rising. When the potassium level was 300 mg/kg, these indexes reached the highest level, then declined at 400 mg/kg, but still higher than those of the control. Under this experiment condition, 300 mg/kg was the most appropriate potassium level to *Zinnia elegans* for its growth and bloom.

Key words: *Zinnia elegans*; potassium; growth; bloom

作为植物生长过程必需的大量营养元素之一^[1],钾参与植物体内 60 多种酶的活化^[2],能调控细胞渗透调节、气孔运动与信号转导等细胞生理活动,促进光合作用和调节养分运输分配^[3],还可以加强作物抗旱、抗病、抗寒、抗盐碱和抗倒伏的能力,进而提高产量。因此具有“品质元素”和“抗逆元素”之称^[2]。

缺钾降低油菜光合速率^[3],抑制光合产物运转,抑制植物根系的伸长生长和侧根发生^[4],降低玉米、棉花、小麦和大豆等作物产量^[5-8]。施钾则能缓解缺钾导致的这些不良效应,促进作物生长,提高产量。然而,过量施钾不仅会导致生物量(产量)下降,也会造成钾资源浪费,污染环境^[5]。不同供钾水平对春石斛^[9]、水仙^[10]、金盏花^[2]以

收稿日期:2018-03-23; 接受日期:2018-05-29

基金项目:山东省高等学校科技计划项目(J13LF03);国家大学生创新项目(CXC2017084);聊城大学科技文化创新项目(26312178810)资助。

作者简介:魏 敏,本科生,主要从事园艺植物栽培研究。E-mail: 867566871@qq.com。* 通信作者:李海云,副教授,硕士生导师,主要从事园艺植物栽培与生理研究。E-mail: lhy@lcu.edu.cn

及大花蕙兰^[11]等观赏植物的影响已有一些研究,研究结果表明缺钾抑制观赏植物生长,使花期推迟,开花数量下降。可见钾肥不仅影响植物的营养生长,也与开花数量的多少及花期的长短密切相关^[9]。只有合理施用钾肥才能确保既促进作物生长发育,又不至于浪费资源。

我国约有 1/3 的耕地严重缺钾^[4],钾矿资源又相对贫乏,因此缓解钾资源短缺的重要途径就是合理施用钾肥、提高作物对钾肥的吸收利用效率。百日草(*Zinnia elegans*)属菊科(Compositae)百日草属(*Zinnia*)^[12],株型美观,花大色艳,花瓣颜色多样,具很高的观赏价值,被广泛应用于盆栽及花坛、花境配置^[13],其地位仅次于万寿菊,与万寿菊、矮牵牛、一串红一起被称为草花中的四大金刚。百日草以观花为主,但营养生长是生殖生长的基础。施钾对百日草生长及开花有何影响尚未见报道。前期研究表明,百日草需钾量较大,为提高其观赏价值、避免钾肥资源的浪费,有必要明确百日草的最佳施钾量。因此本试验研究不同施钾水平对百日草生长和开花的影响,旨在为百日草栽培过程中钾肥的合理施用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试百日草品种为“梦境”,种子购买于浙江虹越花卉有限公司。

1.2 试验设计

试验在聊城大学东校区农学院试验基地进行。选取完整、健康、饱满的百日草种子,于 2017 年 3 月 18 日播种于装满育苗基质的 48 孔穴盘,置于人工气候室(光周期 16 h 昼/8 h 夜,昼夜温度 $25\pm 1^{\circ}\text{C}/20\pm 1^{\circ}\text{C}$)培养,育苗期间按常规管理。4 月 15 日(播种后 26 d),将百日草幼苗定植在装有 0.6 kg 土的塑料盆中(底径 11 cm,上口径 15 cm,高 13 cm),每盆 1 株。共设置 5 个处理,施钾水平(折合 K_2O)分别为 0 mg/kg(K0)、100 mg/kg(K100)、200 mg/kg(K200)、300 mg/kg(K300)和 400 mg/kg(K400),肥源为硫酸钾;各处理氮肥(折合 N)用量均为 200 mg/kg,磷肥用量(折合 P_2O_5)均为 100 mg/kg,肥源为尿素和磷酸二氢铵,所有肥料全部一次性拌入盆土。每处理 60 盆,3 次重复,行距 60 cm,株距 40 cm,随机排列。

供试土壤养分含量为:有机质 7.52 g/kg,速效氮 76.4 mg/kg,速效钾 90.3 mg/kg,速效磷 10.2 mg/kg。本试验中施用的所有肥料均为分析纯,购自莱阳经济技术开发区精细化工厂。

1.3 测定指标与方法

每处理选取长势一致的植株 15 株,分别于定植后 21 d 和 35 d 用直尺测量其株高,定植后 21 d、35 d、60 d 和 85 d 计数叶片数目。

分别于定植后 21 d、35 d、60 d 和 85 d,每处理选取长势一致的植株 9 株,用电子天平(TP-114,美国丹佛)依次称量地上与地下部分鲜重,计算根冠比(地下部鲜重/地上部鲜重), 105°C 杀青 10 min, 80°C 烘干至恒重,用分析天平称量干重。

每处理选取长势一致的植株 15 株,分别于定植后 60 d 和 85 d,统计开花数,并用直尺测量每朵花的直径。

1.4 数据处理

采用 Microsoft excel 2016 和 SPSS 18.0 软件进行数据处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同钾处理对百日草株高的影响

不同钾水平处理的百日草株高结果见表 1,可知,百日草的株高随施钾水平的升高呈现先上升后下降的趋势。其中钾水平为 300 mg/kg 时,百日草的株高最高。定植后 21 d,除 100 mg/kg 钾水平处理的株高与对照相比差异不显著外,其它处理均显著高于对照,其中 300 mg/kg 钾处理的株高比对照增加 64.42%。定植后 35 d,4 个不同施钾水平处理的百日草株高均显著高于对照,分别比对照增加 18.96%、36.93%、75.19% 和 60.74%。由此可知 300 mg/kg 为最佳的施钾水平。

百日草前期主要进行营养生长,表现之一就是主茎增高,定植 35 d 后由营养生长转入生殖生长,同化物主要分配到花芽,主茎伸长生长已基本停止,所以只在定植后 21 d 和 35 d 测定了株高,5 种处理百日草的株高均随种植时间的延长而增加,主茎高度增加最快的时期,即为定植后 21 d 到 35 d,在定植后 35 d 处理 K0、K100、K200、

K300、K400 的株高分别比 21 d 增加了 75.26%、86.63%、91.03%、86.73%和 120.64%。

表 1 不同钾处理对百日草株高 (cm) 的影响
Table 1 Effects of different potassium treatments on plant height (cm) of *Z. elegans*.

处理 Treatment	定植后 21 d 21 d after planting	定植后 35 d 35 d after planting
K0	6.83±1.24 c	11.97±2.31 e
K100	7.63±1.15 c	14.24±2.00 d
K200	8.58±1.04 b	16.39±2.32 c
K300	11.23±1.34 a	20.97±2.19 a
K400	8.72±1.09 b	19.24±1.94 b

注:同列数据后不同字母表示不同钾处理间在 $P<0.05$ 水平差异显著。
Note: Different small letters indicate significant difference at $P<0.05$ level.

2.2 不同钾处理对百日草地上和根干重的影响

不同钾水平处理的百日草地上和根干重结果见图 1,可知,在测定的 4 个时期,施钾处理的百日草地上干重和根干重大都高于对照,且均是钾水平为 300 mg/kg 处理最高,400 mg/kg 处理又有所下降,但仍显著高于对照。因此 300 mg/kg 为

最佳施钾水平,可显著促进百日草地上部分和根的干重积累。

百日草地上部干重和根干重均随定植后时间的延长而增加,均为定植后 60~85 d 增加最快,300 mg/kg 钾水平处理在此期间平均单株地上部干重和根干重分别增加了 38.11 g 和 1.38 g,是对照在此期间干重增加值(地上部 14.87 g,根 0.94 g)的 2.56 倍和 1.47 倍,说明定植 60 d 时钾肥对干重的增加效果最好,且对地上部干物质积累的促进作用大于地下部。

2.3 不同钾处理对百日草根冠比的影响

不同钾水平处理的百日草根冠比结果见表 2,可知,在测定的 4 个时期中,所有处理的百日草根冠比均随定植后天数的增加呈下降趋势,说明在本试验范围内,随生育期的延长,百日草地上部分的生长快于地下部分。定植后 21 d,施钾处理的百日草根冠比均高于对照,但差异不显著。定植后 35 d、60 d 和 85 d,施钾处理的根冠比大多低于对照,其中 300 mg/kg 钾水平处理显著低于对照,其它处理与对照相比差异不显著。说明在定植后 35 d 到 85 d 内,施钾对百日草地上部的促进作用大于地下部分。

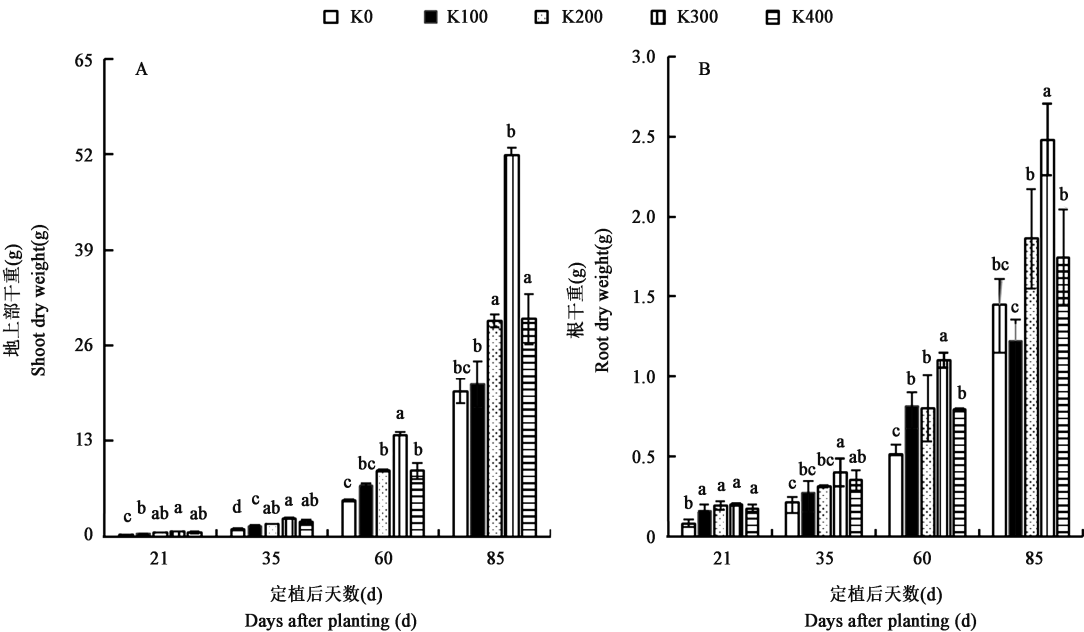


图 1 不同钾处理对百日草地上部 (A) 和根 (B) 干重的影响

Fig.1 Effects of different potassium treatments on shoot (A) and root (B) dry weight of *Z. elegans*.

注:不同小写字母表示同一时期不同处理间在 $P<0.05$ 水平差异显著。
Note: Different small letters mean significant difference at $P<0.05$ level in the same period among different treatments.

表 2 不同钾处理对百日草根冠比的影响
Table 2 Effects of different potassium treatments on root/shoot ratio of *Z. elegans*.

处理 Treatment	定植后 21 d 21 d after planting	定植后 35 d 35 d after planting	定植后 60 d 60 d after planting	定植后 85 d 85 d after planting
K0	0.683±0.238 a	0.380±0.073 a	0.127±0.066 ab	0.048±0.009 a
K100	0.838±0.076 a	0.269±0.078 ab	0.150±0.036 a	0.039±0.004 ab
K200	0.837±0.142 a	0.281±0.055 ab	0.093±0.023 bc	0.040±0.003 ab
K300	0.770±0.069 a	0.244±0.063 b	0.080±0.007 c	0.031±0.005 b
K400	0.753±0.059 a	0.269±0.061 ab	0.084±0.013 bc	0.040±0.002 ab

注:同列数据后不同字母表示不同钾处理间在 $P<0.05$ 水平差异显著。
Note: Different small letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level.

2.4 不同钾处理对百日草叶片数目的影响

不同钾处理对百日草叶片数目统计结果(表 3)显示,所有处理的百日草叶片数目均随定植后天数的增加而增加,其中增加速度最快的时期是定植后 21~35 d,增加速度最慢的时期是定植后 60~85 d。说明在早期阶段(定植后 21 d 和 35 d),主要进行营养生长,后期转变为生殖生长

导致叶片数目增加速度变慢。在早期阶段(定植后 21 d 和 35 d),施用钾肥可显著地增加百日草叶片数目,300 mg/kg 钾水平处理的叶片数目最多,在后期(定植后 60 d 和 85 d),即开花阶段,施钾处理的叶片数目与对照相比没有显著差异,可见钾素对百日草叶片数的促进作用,仅仅表现在营养生长阶段,300 mg/kg 施钾水平最佳。

表 3 不同钾处理对百日草叶片数目的影响
Table 3 Effects of different potassium treatments on leaf number of *Z. elegans*.

处理 Treatment	定植后 21 d 21 d after planting	定植后 35 d 35 d after planting	定植后 60 d 60 d after planting	定植后 85 d 85 d after planting
K0	8.54±1.40 d	24.14±8.28 c	70.54±25.34 ab	81.06±22.14 a
K100	10.26±1.48 c	36.26±6.88 b	68.18±30.42 ab	80.00±25.23 a
K200	11.74±1.28 b	42.94±9.72 ab	63.50±19.16 b	85.34±27.02 a
K300	12.80±1.26 a	43.34±15.76 a	77.04±24.82 a	95.06±26.07 a
K400	11.06±1.02 bc	43.64±13.23 a	69.10±20.84 ab	93.46±27.14 a

注:同列数据后不同字母表示不同钾处理间在 $P<0.05$ 水平差异显著。
Note: Different small letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level.

2.5 不同钾水平对百日草开花的影响

由图 2 可知,定植后 60 d,300 mg/kg 和 400 mg/kg 钾水平处理的百日草开花数显著高于对照;定植后 85 d,除钾水平 100 mg/kg 外,其它钾水平处理的百日草开花数均显著高于对照,钾水平为 300 mg/kg 时,开花数最多。定植后 60 d 5 个不同钾水平处理的百日草花直径之间差异不显著;定植后 85 d,与对照相比,除 100 mg/kg 外,其他 3 个施钾处理的百日草花直径显著增大,其中 300 mg/kg 钾水平处理最大。结果表明施钾不仅提高百日草开花数量,还有利于增加花直径,300 mg/kg 效果最好。因此,适宜的施钾水平有利于提高百日草的观赏价值。

3 讨论

适宜水平的施钾通过增加植物根系总根长、总表面积,特别是细根的根长和表面积,提高根系对氮和磷的吸收^[4],促进含氮化合物向蛋白质合成场所运输,促进氨基酸合成蛋白质和稳定蛋白质的结构,同时促进光合产物的合成与运输,从而促进植物的生长。本试验结果表明,施钾处理均可显著提高百日草的株高,促进地上和地下部干物质的积累。一定范围内,钾水平越高,提高幅度越大,当钾水平达到 300 mg/kg 时,增加幅度最高,钾水平过高(400 mg/kg),增加幅度又有所下

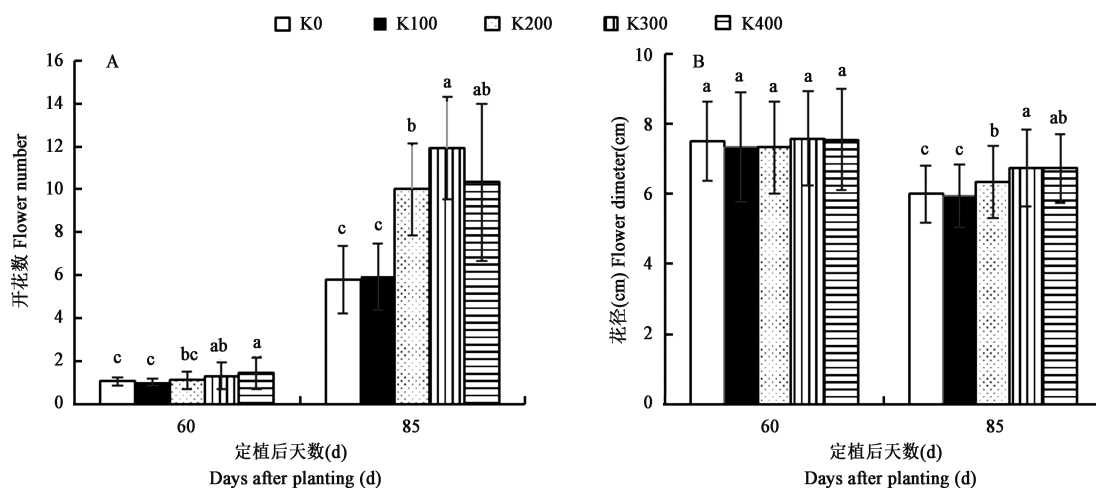


图2 不同钾处理对百日草开花数(A)和花径(B)的影响

Fig.2 Effects of different potassium treatments on flower number (A) and flower diameter (B) of *Z. elegans*.

注:不同小写字母表示同一时期不同处理间在 $P < 0.05$ 水平差异显著。

Note: Different small letters above the bars mean significant difference at $P < 0.05$ level in the same period among different treatments.

降(表1、图1),这与潘艳花等^[14]和徐云等^[15]的研究结果类似。一般认为,施钾过多抑制幼苗生长的原因可能是,过高的钾离子浓度影响各种离子(特别是 Ca^{2+} 和 Mg^{2+}) 间的平衡,抑制植物对其他矿物质和水分的吸收^[16],或是使膜脂发生过氧化,质膜透性加大,导致代谢紊乱。本试验条件内,300 mg/kg 为百日草最佳施钾水平,与最适水平相比,低钾对百日草生长的抑制作用较大,高钾的抑制作用较小,说明百日草生长对缺钾比较敏感,对高钾不太敏感,这与常丽新^[17]在金盏菊上的研究结果相似。

在生长早期阶段(定植后 21 d 和 35 d),施用钾肥可增强百日草根系对养分的吸收,加强光合作用,促进同化物的合成与转运^[2],促使百日草叶片数量不断增多,这与钾肥有利于水仙叶片数目的增加是一致的^[10];在开花阶段,叶片增加速度下降,钾肥并不能显著增加叶片数目,主要是因为同化物被分配到花的比例增加。

有研究表明,供钾水平升高,小白菜根冠比下降^[18]。本试验在定植后期,施钾也降低了百日草的根冠比,原因是施钾增加了百日草的开花数目,势必增大同化物在地上部的分配比例。各个处理的百日草根冠比随定植天数的增加均呈下降趋势,这可能与生长阶段密切相关^[18],百日草前期主要进行营养生长,定植后 21~35 d 叶片数目增加速度最快,地上部鲜重的增加速度高于根系的增加速度,所以根冠比有所下降;随着向生殖生长阶段的

转变,虽然叶片增加速度下降,但花作为新生的生殖器官,对同化物的竞争能力强,所以同化物更多分配到花,表现为花朵数目增加,花径增大。因此生殖生长阶段仍然是地上部鲜重的增加速度高于根系的增加速度,导致根冠比继续下降(表2)。

增施钾肥可使春石斛花期提前,单株开花数增加^[9],适宜浓度的钾素促进水仙的花芽分化,增加花朵数目^[10]。在本试验中,始花期(定植后 60 d)百日草开花数随钾水平的升高而增加;盛花期(定植后 85 d),百日草的花朵数随施钾水平的提高呈先上升后下降趋势,除钾水平 100 mg/kg 外,其他钾水平处理的百日草开花数均显著高于对照,钾水平为 300 mg/kg 时,开花数最多,这主要是因为适宜浓度的钾对百日草花芽诱导和正常开花有促进作用,低钾和高钾则会抑制百日草花芽诱导和正常开花。说明适宜的钾水平有利于增加百日草的开花数。钾肥对盛花期百日草的花直径有增高作用,300 mg/kg 钾水平处理的花径最大。可见适宜的钾水平也有利于增大百日草的花直径(图2)。

施钾有利于百日草幼苗的生长,有利于增加百日草的开花数和花直径,百日草对缺钾比较敏感,对高钾不太敏感。本试验条件下,300 mg/kg 是百日草的最适施钾水平。

参 考 文 献

- [1] 孙小花,谢亚萍,牛俊义,等.不同施钾水平对胡麻钾素营养

- 转运分配及产量的影响[J].草业学报, 2015, 24(4): 30-38.
- Sun X H, Xie Y P, Niu J J, *et al.* Effects of different potassium levels on the distribution and yield of potassium hump [J]. Acta Agrestia. Sin., 2015, 24(4): 30-38.
- [2] 赵永平, 钟娇娇, 朱亚, 等. 不同供钾水平对金盏花光合特性和根系形态形成的影响[J]. 西南农业学报, 2017, 30(6): 1304-1308.
- Zhao Y P, Zhong J J, Zhu Y, *et al.* Effects of different potassium levels on photosynthetic characteristics and root morphology of calendula [J]. Southwest China J. Agric. Sci., 2017, 30(6): 1304-1308.
- [3] 陆志峰, 任涛, 鲁剑巍, 等. 缺钾油菜叶片光合速率下降的主导因子及其机理[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(1): 122-131.
- Lu Z F, Ren T, Lu J W, *et al.* The leading factor and mechanism of photosynthetic rate decrease in the leaves of potassium rape seed [J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2016, 22(1): 122-131.
- [4] 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.
- Zhang Z Y, Wang Q L, Li Z H, *et al.* Effect of potassium deficiency on root growth of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seedling and its physiological mechanisms involved [J]. Acta Agron. Sin., 2009, 35(4): 718-723.
- [5] 李波, 张吉旺, 靳立斌, 等. 施钾量对高产夏玉米产量和钾素利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(4): 832-838.
- Li B, Zhang J W, Jin L B, *et al.* Effects of K fertilization on yield, K use efficiency of summer maize under high yield conditions [J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2012, 18(4): 832-838.
- [6] 张凡, 睢宁, 余超然, 等. 小麦秸秆还田和施钾对棉花产量与养分吸收的效应[J]. 作物学报, 2014, 40(12): 2169-2175.
- Zhang F, Sui N, Yu C R, *et al.* Effects of wheat straw mulching and potassium applied on cotton yield and nutrient absorption [J]. Acta Agron. Sin., 2014, 40(12): 2169-2175.
- [7] 张永清, 毕润成, 庞春花, 等. 不同品种春小麦根系对低钾胁迫的生物学响应[J]. 西北植物学报, 2006, 26(6): 1190-1194.
- Zhang Y Q, Bi R C, Pang C H, *et al.* Biological response of root system of different species of spring wheat to low potassium stress [J]. Acta Bot. Bor.-Occid. Sin., 2006, 26(6): 1190-1194.
- [8] 马强, 宇万太, 周桦, 等. 不同水肥条件对大豆产量的影响[J]. 土壤通报, 2009(6): 1311-1315.
- Ma Q, Yu W T, Zhou H, *et al.* Effects of different water and fertilizer condition on soybean yield [J]. China J. Soil Sci., 2009(6): 1311-1315.
- [9] 王再花, 朱根发, 操君喜, 等. 不同 N、P、K 水平施肥对春石斛营养生长和开花的影响[J]. 中国农学通报, 2011, 27(16): 248-254.
- Wang Z H, Zhu Y F, Cao J X, *et al.* Effects of different N P K levels on nutrition growth and flowering of *Dendrobium* [J]. China Agric. Sci. Bull., 2011, 27(16): 248-254.
- [10] 韦海忠, 潘丽芹, 杜梦青, 等. 不同浓度钾素和光照时数对水仙生长的影响[J]. 北方园艺, 2014(8): 71-73.
- Wei H Z, Pan L Q, Du M Q, *et al.* Effects of different concentrations of potassium and light on the growth of *Narcissus* [J]. Nor. Horticult., 2014(8): 71-73.
- [11] 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(04): 103-107.
- Luan T, Yang X Z, Li H, *et al.* Effects of potassium levels on growth and nutrient absorption of *Cymbidium* seedling [J]. J. China Agric. U., 2014, 19(04): 103-107.
- [12] 胡妙, 秦美姣, 李娟, 等. 百日草属 EST-SSR 信息分析及其雄性不育两用系鉴别引物筛选[J]. 江西农业大学学报, 2017, 39(5): 976-982.
- Hu M, Qin M J, Li J, *et al.* *Zinnia elegans* is EST-SSR information analysis and male sterile line identification [J]. Acta Agric. Univ. Jiangxiensis, 2017, 39(5): 976-982.
- [13] 徐小玉, 张凤银, 张铃铃, 等. 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.
- Xu X Y, Zhang F Y, Zhang L L, *et al.* The effect of penicillin on seed germination and seedling growth [J]. Nor. Horticult., 2015(5): 86-88.
- [14] 潘艳花, 马忠明, 吕晓东, 等. 不同供钾水平对西瓜幼苗生长和根系形态的影响[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(5): 536-541.
- Pan Y H, Ma Z M, Lu X D, *et al.* Effects of different potassium levels on growth and root morphology of watermelon seedlings [J]. China J. Eco.-Agric., 2012, 20(5): 536-541.
- [15] 徐云, 陈仲英, 杜光辉, 等. 钾营养对大麻生长及钾肥吸收与利用效率的影响[J]. 中国农学通报, 2015, 31(27): 132-136.
- Xu Y, Chen Z Y, Du G H, *et al.* Effects of potassium nutrition growth and potassium uptake and utilization efficiency of hemp [J]. Chin. Agric. Sci. Bull., 2015, 31(27): 132-136.
- [16] 陈际型. 钾素营养对水稻根系生长和养分吸收的影响[J]. 土壤学报, 1997, 34(2): 182-188.
- Chen J X. Effects of potassium nutrition on root growth and nutrient uptake in rice [J]. Acta Pedol. Sin., 1997, 34(2): 182-188.
- [17] 常丽新. 不同浓度钾对金盏菊生长发育的影响[J]. 河北林果研究, 2000, 15(1): 75-78.
- Chang L X. The effect of different potassium concentration on *Calendula officinalis* plants growth and development [J]. Hebei J. Forest. Orchard Res., 2000, 15(1): 75-78.
- [18] 苗琪, 丁园园, 江杰, 等. 供钾水平对小白菜同化物及钾素分配的影响[J]. 北方园艺, 2017(16): 121-127.
- Miao Q, Ding Y Y, Jiang J, *et al.* The effect of potassium level on the distribution of Chinese cabbage with compound and potassium [J]. North. Horticult., 2017(16): 121-127.

(责任编辑:李爱花,温小杰)