

水培条件下钾对大蒜幼苗生长及根系活力的影响

陈 昆, 刘世琦, 张自坤

(山东农业大学 园艺科学与工程学院, 作物生物学国家重点实验室 山东 泰安 271018)

摘 要:以‘金乡白皮蒜’为试材, 采用设施水培探讨了不同 K^+ 浓度对大蒜幼苗生长及根系活力的影响。结果表明: 钾可显著增加大蒜幼苗生长量及根系活力; 当营养液 K^+ 浓度为 6.0 mmol/L 时, 大蒜幼苗叶长、叶宽、假茎高、假茎粗、根长及根系活力最大, 绿叶数及根系数最多, 大蒜幼苗叶片、假茎、鳞茎及根系干、鲜重也最大, 较不施钾处理干重分别增加 133.91%、167.22%、146.31% 和 116.74%, 鲜重分别提高 168.34%、243.18%、153.24% 和 128.78%。

关键词:大蒜; 钾; 生长; 鲜重; 根系活力

中图分类号: S 633.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2011)01-0020-04

钾在植物生长发育过程中起着独特的生理生化作用。它是多种酶的活化剂, 目前已知有 60 多种酶需要钾离子作为活化剂^[1]。此外, 钾能促进叶绿素、蛋白质的合成, 促进光合产物的合成与转运^[2-3], 改善叶绿体结构, 提高光合速率^[4], 提高植物抗逆性, 加速植物生长发育^[5]。缺钾时植物茎秆柔弱, 易倒伏, 抗旱、抗寒性降低, 叶片失水, 蛋白质、叶绿素破坏等^[6]。有关钾对棉花^[7-8]、玉米^[9-10] 等作物影响的报道较多。钾在大蒜方面的研究虽也有报道, 但主要采用土壤试验探讨不同钾肥种类^[11]、钾肥用量^[11-12] 和氮、磷和钾肥的配比^[13-14] 及钾硫配施^[15] 对大蒜生长及品质的影响。现以水培方式, 系统探讨营养液不同浓度 K^+ 对大蒜幼苗生长发育、干重、鲜重及根系活力的影响, 以期为大蒜苗期科学施肥提供量化指标, 为大蒜无土高效栽培提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验以‘金乡白皮蒜’为试材, 于 2009 年 10 月至 2010 年 3 月在山东农业大学科技创新园进行。

1.2 试验方法

试材于 2009 年 10 月 10 日在覆盖聚乙烯无滴膜的中棚内播种, 采用深液流技术(DFT)水培, 以 Hoagland

和 Arnon 营养液^[16] 为基础, 微量元素参照其通用配方。营养液用纯水配制, 每 7 d 更换 1 次, pH 控制在 5.8~6.2。用等量的 NH_4NO_3 代替配方中由 KNO_3 提供的氮素, 并去除配方原有钾素, 即在所有处理去除配方所含钾素基础上, 通过单独供钾进行试验。供钾方式为: 钾由 K_2SO_4 提供, K_2SO_4 设 5 个水平, 分别为 0、1.5、3.0、4.5 和 6.0 mmol/L, 每水平种植 10 盆。为去除 K_2SO_4 造成的各处理 SO_4^{2-} 含量的不一致, 在 $T_1 \sim T_5$ 处理增加 Na_2SO_4 , 浓度分别为 6.0、4.5、3.0、1.5、0 mmol/L 而钠对大蒜影响较小可忽略不计。5 个处理营养液 K^+ 浓度依次为 0.3、0.6、0.9、0.12、0 mmol/L (分别以 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 和 T_5 表示)。试验用盆为 65 cm(L)×50 cm(W)×35 cm(H) 的硬质塑料大盆, 每盆定植大蒜 12 株。各处理大量元素的化合物和 N、P、K、S、Ca 及 Mg 元素浓度见表 1。

1.3 分析测定方法

播种后 161 d(3 月 20 日)对水培大蒜绿叶数、叶长、叶宽、叶片干鲜重、假茎高、假茎粗、假茎干鲜重、初始鳞茎干鲜重、根数、根长、根活及根系干鲜重进行测定, 每次取样 5 株, 3 次重复。

用直尺测量叶长(植株最长叶的基部到叶尖的距离)、叶宽(植株最长叶基部的叶片宽)、假茎高(初始鳞茎上部至上端叶片与叶梢明显分界处的距离); 用游标卡尺测定假茎粗(初始鳞茎向上 2 cm 处最大直径)。在 85℃下杀酶 10 min, 降至 65℃将样品烘干至恒重后称重。用 MP200B 电子天平称叶片、假茎、鳞茎干、鲜重。根活测定采用氯化三苯基四氮唑(TTC)法^[17]。

1.4 数据分析

试验数据采用 DPS 6.55 和 Microsoft Excel 2003 进行统计分析。

第一作者简介: 陈昆(1985-), 男, 河南商丘人, 在读硕士, 现主要从事蔬菜栽培生物学研究工作。

通讯作者: 刘世琦(1959-), 男, 山东临沂人, 教授, 研究方向为蔬菜生物学。E-mail: liusq99@sdaa.edu.cn。

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2006BAD13B06-4-9); 山东省农业重大创新资助项目。

收稿日期: 2010-10-26

表 1 营养液中大量元素及其化合物浓度

Table 1 The concentrations of macro-element and the compounds in the nutrient solution

大量元素及其化合物浓度		处理 Treatment/ mmol · L ⁻¹				
Concentrations of macro-element and the compounds		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
质量浓度 Mass concentration/ mg · L ⁻¹	Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	945	945	945	945	945
	NH ₄ H ₂ PO ₄	115	115	115	115	115
	NH ₄ NO ₃	240	240	240	240	240
	MgSO ₄ · 7H ₂ O	493	493	493	493	493
	Na ₂ SO ₄	852. 2	639. 2	426. 1	213. 1	0
物质的量浓度 Molar ratio/ mmol · L ⁻¹	K ₂ SO ₄	0	261. 4	522. 8	784. 2	1 045. 6
	N	15. 0	15. 0	15. 0	15. 0	15. 0
	P	1. 0	1. 0	1. 0	1. 0	1. 0
	S	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0
	Ca	4. 0	4. 0	4. 0	4. 0	4. 0
	Mg	2. 0	2. 0	2. 0	2. 0	2. 0
	K	0	3. 0	6. 0	9. 0	12. 0

2 结果与分析

2.1 钾对水培大蒜幼苗叶片生长及干、鲜重的影响

从表 2 可看出, 随着营养液 K⁺ 浓度的升高, 大蒜叶片绿叶数、叶长、叶宽及干、鲜重均增加, 至 K⁺ 浓度 6.0 mmol/ L 时达最大, 较不施钾处理分别提高 57. 98%、

46. 54%、33. 65%、133. 91% 及 168. 34%, 差异显著。说明 6. 0 mmol/ L 的 K⁺ 浓度有利于大蒜幼苗叶片生长健壮, 有利于叶片光合面积的增大, 为大蒜后期高产奠定了物质基础。

表 2 钾对水培大蒜幼苗叶片生长及干、鲜重的影响

Table 2 Effect of potassium in nutrient solution on growth dry and fresh weight of garlic leaf at seedling state

处理 Treatment	叶数 Leaves/ 片	叶长 Leaf length/ cm	叶宽 Leaf width/ cm	叶片鲜重 Fesh leaf weight/ g	叶片干重 Dry leaf weight/ g
T ₁	6. 33cC	47. 70cC	3. 15dC	27. 10dC	2. 78cC
T ₂	6. 67b cBC	61. 50bB	3. 73cB	46. 49cBC	5. 51bB
T ₃	10. 00aA	69. 90aA	4. 21aA	63. 39aA	7. 46aA
T ₄	8. 67abAB	67. 23aA	4. 07bA	55. 53bAB	6. 83aA
T ₅	7. 67b cBC	57. 50bB	3. 76cB	42. 35cC	5. 51bB

注: 同列数据后不同小写或大写字母表示 5% 或 1% 显著水平。下同
Note: Different lowercase or uppercase letters in the same column mean significant difference at 5% and 1% level. The same below.

2.2 钾对水培大蒜幼苗假茎生长及干、鲜重的影响

由表 3 可知, 在 K⁺ 浓度 0~6. 0 mmol/ L 范围内, 大蒜幼苗假茎高、假茎粗及干、鲜重随 K⁺ 浓度的升高而增加, 至 K⁺ 浓度 6. 0 mmol/ L 时达最大, 较不施钾处理假茎高及假茎粗分别提高 56. 82% 和 54. 49%, 差异显著, 干、

鲜重分别提高 167. 22% 及 243. 18%, 成倍数增加, 差异极显著; 当 K⁺ 浓度继续升高达 9. 0 mmol/ L 时, 上述指标则呈降低趋势。施钾能显著增加大蒜幼苗假茎生长量及干、鲜重, 但当 K⁺ 浓度达 9. 0 mmol/ L 时, 大蒜幼苗假茎的生长量则下降。

表 3 钾对水培大蒜幼苗假茎生长及干、鲜重的影响

Table 3 Effect of potassium in nutrient solution on growth dry and fresh weight of garlic pseudostem at seedling state

处理 Treatment	假茎高 Pseudostem height/ cm	假茎粗 Pseudo stem diameter/ cm	假茎鲜重 Pseudostem fresh weight/ g	假茎干重 Pseudostem dry weight/ g
T ₁	17. 95dD	1. 67dD	22. 33dC	1. 76dD
T ₂	22. 00dC	2. 33bB	49. 41bCB	4. 88bB
T ₃	28. 15aA	2. 58aA	59. 67aA	6. 04aA
T ₄	24. 84bB	2. 42bB	52. 38bAB	5. 08bB
T ₅	22. 80cC	1. 89cC	44. 20dB	3. 80cC

2.3 钾对水培大蒜幼苗根系生长及干、鲜重的影响

由表 4 可知, 施钾处理根系数量、根长及干、鲜重均高于不施钾处理, 增幅分别为 24. 59%~41. 96%、36. 34%~56. 06%、45. 83%~116. 74% 及 46. 76%~

128. 78%, 说明在一定 K⁺ 浓度范围内, 施钾可显著提高大蒜幼苗根系生长量及干、鲜重。当 K⁺ 浓度 6. 0 mmol/ L 时最有利于大蒜幼苗根系生长, 有利于对营养液矿质元素的吸收, 为大蒜健壮生长奠定基础; 在 K⁺ 浓度达 9. 0 mmol/ L 时, 上述指标则降低。

表 4

钾对水培大蒜幼苗根系生长及干、鲜重的影响

Table 4

Effect of potassium in nutrient solution on growth dry and fresh weight of garlic root at seedling state

处理 Treatment	根数 Root number	根长 Root length/ cm	根鲜重 Fresh root weight/ g	根干重 Dry root weight/ g
T ₁	91.50cB	17.75cB	17.98cC	1.39cC
T ₂	117.50bA	24.20bA	26.22bB	2.07bB
T ₃	135.00aA	27.70abA	41.75aA	3.18aA
T ₄	127.50abA	28.10aA	38.97aA	2.92aA
T ₅	114.00bAB	24.75abA	26.36bB	2.04bB

2.4 钾对水培大蒜幼苗鳞茎干、鲜重及根活的影响

由图 1 可知, 营养液 K^+ 浓度 6.0 mmol/L 时, 大蒜初始鳞茎干、鲜重最大, 较不施钾处理分别提高 146.31% 和 253.24%。在此浓度之前初始鳞茎干、鲜重随 K^+ 浓度的升高而增加, 超过这一浓度达 9.0 mmol/L 时则呈降低趋势。由图 2 可知, 施钾可显著增加大蒜幼苗根系活力, 与不施钾处理相比, 施钾处理 T₂、T₃、T₄ 及 T₅ 分别增加 83.88%、195.34%、109.90% 和 83.88%。从图 2 还可以看出, 为提高水培大蒜幼苗根系活力, 以 6.0 mmol/L K^+ 浓度效果最佳。

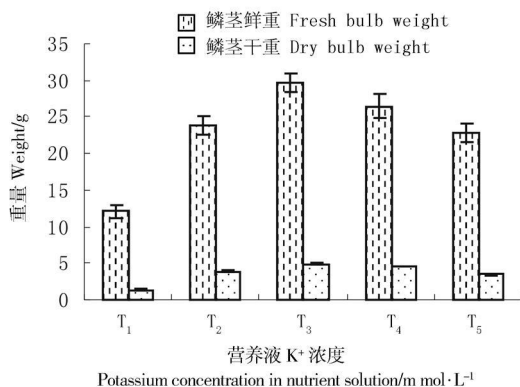
图 1 营养液 K^+ 浓度对鳞茎干、鲜重的影响

Fig. 1 Effect of potassium in nutrient solution on fresh and dry weight of bulb

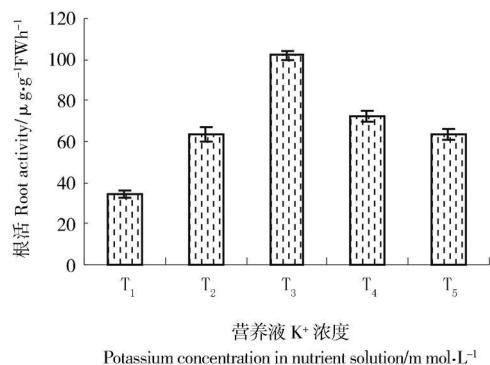
图 2 营养液 K^+ 浓度对大蒜幼苗根活的影响

Fig. 2 Effect of potassium in nutrient solution on root activity of seedling garlic

3 讨论与结论

该研究结果表明, 在一定 K^+ 浓度范围内, 钾能显著促进大蒜幼苗生长, 增加幼苗叶片生长量、增加叶片干、鲜重, 并以 K^+ 浓度 6.0 mmol/L 时上述指标最佳。朱建忠等^[12] 在钾肥对大蒜植株生长的研究结果中指出, 增施钾肥大蒜株高、假茎粗、绿叶数均有所提高, 且在一定范围内随钾肥用量的增加而增加。这与其他学者类似研究的结果基本一致^[18-20]。

已有研究证明钾能促进植株高度及叶面积的增加, 在棉花^[21]、番茄^[22] 等作物上均有报道。在试验中, 6.0 mmol/L 的 K^+ 浓度能较好的促进大蒜幼苗假茎生长, 增加假茎粗度、干重及鲜重, 超过该浓度达到 9.0 mmol/L 时则呈降低趋势, 这是因为过高的 K^+ 浓度可能影响各种离子(特别是钙离子和镁离子)间的平衡, 影响其它矿物质的吸收。不施钾处理大蒜营养失调, 严重影响大蒜生长发育, 限制假茎高度、粗度、干重及鲜重的提高。

有关研究表明, 大蒜对钾素营养敏感^[23,24], 增施钾肥对大蒜品级、植株生育性状及抗病性有明显影响^[25], 能较好地改观大蒜的商品价值, 增加经济效益。刘世琦等^[26] 在优化施肥对大蒜的产量效应进行分析时表明, 氮素对大蒜产量影响最大, 钾次之, 磷最小。李录久等^[27] 在研究钾氮配施对大蒜生长的影响时指出, 施钾对大蒜的生长发育有明显的促进作用, 蒜苗及鳞茎产量较不施钾处理分别提高了 29.8%~53.7% 和 19.8%~28.2%。该试验结果表明, 大蒜幼苗初始鳞茎干、鲜重在营养液 K^+ 浓度 6.0 mmol/L 时最大, 较不施钾处理分别增加了 146.31% 和 253.24%, 差异极显著, 说明适量浓度的钾有利于光合产物向大蒜鳞茎的转运, 增加鳞茎鲜重, 促进干物质积累。

该研究还表明, 钾可促进根系生长, 增加干重、鲜重, 提高根系活力, 并以 K^+ 浓度 6.0 mmol/L 时最佳, 不施钾和高钾处理结果与之相反。熊明彪等^[28] 在小麦生长期土壤养分与根系活力变化及其相关性研究时, 认为小麦根系活力与土壤碱解氮、速效钾、非交换性钾含量呈显著或极显著正相关, 土壤 N、K 养分有效性的高低是影响小麦根系活力的重要因素, 该试验结果与之一致。试验中

营养液 K^+ 浓度为 6.0 mmol/L 时, 较有利于大蒜幼苗根、茎、叶及初始鳞茎生长健壮, 有利于根系活力的增加。

参考文献

- [1] 吴礼树. 土壤肥科学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 226.
- [2] 谢建昌, 周建民, Hardter R. 钾与中国农业[M]. 南京: 河海大学出版社, 2000: 26-36, 185-220.
- [3] 刘燕燕, 何萍, 金继运. 钾在植物抗病性中的作用及机理的研究进展[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(3): 445-450.
- [4] 饶立华, 薛建明, 蒋德安. 钾营养对番茄光合作用和产量形成的效应[J]. 浙江农业大学学报, 1989, 15(4): 341.
- [5] 梁德印, 徐美德, 王晓琪. 钾营养对棉花养分吸收和干物质积累的影响[J]. 中国农业科学, 1992, 25(2): 69-74.
- [6] 李德全, 高辉远, 孟庆伟. 植物生理学[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 1999: 40.
- [7] 房英. 钾肥对棉花产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(2): 196-197.
- [8] 范希峰, 王汉霞, 田晓莉, 等. 钾肥对棉花产量的影响及最佳施用量研究[J]. 棉花学报, 2006, 18(3): 175-179.
- [9] 何萍, 金继运, 李文娟, 等. 施钾对高油玉米和普通玉米吸钾特性及子粒产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(5): 620-626.
- [10] 谭德水, 金继运, 黄绍文. 长期施钾对东北春玉米产量和土壤钾素状况的影响[J]. 中国农业科学, 2007, 40(10): 2234-2240.
- [11] 朱建忠, 吴震, 程秋华, 等. 苗期追肥种类和追肥量对嘉定白蒜生长发育及产量与质量的影响[J]. 上海农业学报, 2005, 21(1): 37-40.
- [12] 朱建忠, 吴震, 徐兰, 等. 钾肥施用量对嘉定白蒜植株生长和蒜头产量及商品性的影响[J]. 上海农业学报, 2005, 21(3): 29-31.
- [13] 张琳, 郭熙盛, 李录久, 等. 氮钾配施对大蒜增产效应的研究[J]. 土壤通报, 2003, 34(6): 539-542.
- [14] 王彩萍. 磷钾肥在高寒地区大蒜上的施用效果[J]. 安徽农业科学,

2007, 35(17): 5215-5277.

- [15] 姜丽娜, 詹长庚, 符建荣, 等. 钾硫对大蒜头优质高产的效应及相互关系初探[J]. 土壤肥料, 1997(1): 28-31.
- [16] Hoagland D R. The water culture method for growing plants without soil[J]. Calif Agr Exp Stat Circ, 1950, 347: 1-32.
- [17] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2006: 118-119.
- [18] 史春余, 王振林, 赵秉强, 等. 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.
- [19] Geiger D R, Conti T R. Relation of increasing potassium nutrient of photosynthesis and translocation of carbo[J]. Plant Physiol, 1983, 71: 141-144.
- [20] 刘冬碧, 熊桂云, 陈防, 等. 钾素营养对莲藕生长和干物质积累的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2009(5): 34-37.
- [21] 陈波浪, 盛建东, 蒋平安, 等. 钾营养对水培棉花生长发育的影响[J]. 中国农学通报, 2008, 24(11): 267-271.
- [22] 孙红梅, 李天来, 须晖, 等. 钾营养对保护地番茄氮钾吸收及植株生育的影响[J]. 中国蔬菜, 2001(4): 14-16.
- [23] 田霄鸿, 聂刚, 李生秀. 不同土壤层次供应水分和养分对玉米幼苗生长和吸收养分的影响[J]. 土壤学报, 2002, 33(4): 263-267.
- [24] 李录久, 郭熙盛, 高杰军, 等. 钾氮配施对生姜产量和吸收养分的影响[J]. 土壤通报, 2004, 35(2): 263-267.
- [25] 严根元. 大蒜栽培技术及综合利用[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1988: 1-95.
- [26] 刘世琦. 优化施肥对大蒜产量效应分析[M]. 山东自然科学研究进展(上). 济南: 山东科技出版社, 1993: 312.
- [27] 李录久, 郭熙盛, 张青松, 等. 钾氮配施对大蒜生长和养分吸收的影响[J]. 土壤通报, 2007, 38(3): 500-503.
- [28] 熊明彪, 罗茂盛, 田应兵, 等. 小麦生长期土壤养分与根系活力变化及其相关性研究[J]. 土壤通报, 2005(3): 431-434.

Effects of Potassium in Nutrient Solution on *Allium sativum* Seedling Growth as well as Root Activity of Garlic

CHEN Kun, LIU Shi-qí, ZHANG Zi-kun

(College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Key Laboratory of Crop Biology State Tai'an, Shandong 271018)

Abstract: In this study, 'Jinxiang White Garlic' was cultivated with solution culture to investigate the effects of five different K^+ concentrations on *Allium sativum* seedling growth as well as root activity of garlic. The results showed that potassium could remarkably improve the *Allium sativum* seedling increment and activity of root system. The leaf length, leaf width, pseudostem height, pseudostem diameter, root activity, green leaf numbers and root numbers were largest, when K^+ concentration was 6.0 mmol/L. And compared with 0 mmol/L K^+ , the treatment of 6.0 mmol/L K^+ increased the dry weight of green leaves, pseudostem, bulb and root by 133.91%, 167.22%, 146.31% and 116.74%, respectively, while fresh weight of green leaves, pseudostem, bulb and root enhanced by 168.34%, 243.18%, 153.24% and 128.78%, respectively.

Key words: garlic; potassium; growth; fresh weight; root activity.