

高伟勤,刘春艳,吴强盛. 钾胁迫对枳生长及根系激素和信号物质水平的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(8):139-141.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.08.025

钾胁迫对枳生长及根系激素和信号物质水平的影响

高伟勤,刘春艳,吴强盛

(长江大学园艺园林学院,湖北荆州 434025)

摘要:以枳为材料,研究在沙培条件下其生长、内源激素和信号物质对不同浓度 K 胁迫的响应。结果显示,与适钾(6 mmol/L)处理相比,无钾(0 mmol/L)、低钾(2 mmol/L)和高钾(12 mmol/L)处理都抑制了植株株高、茎粗、叶片数以及叶、茎和根生物量,也显著降低了根系吲哚乙酸(IAA)、赤霉素(GAs)、油菜素内酯(BR)、玉米素核苷(ZR)含量,但显著增加了根系脱落酸(ABA)含量以及根系信号物质钙调素(CaM)、水杨酸(SA)、一氧化氮(NO)、茉莉酸(JA)水平。K 诱导的内源激素和信号物质水平变化表明枳实生苗能对 K 胁迫快速响应。

关键词:柑橘砧木枳;生长;根系内源激素;信号物质;钾胁迫;酶联免疫吸附检测法

中图分类号: S666.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)08-0139-03

钾元素(K)参与了植物光合作用、同化物运输、碳水化合物代谢、蛋白质合成和酶系统等过程,对植物生长发育呈现重要的作用^[1]。当土壤 K 含量过低时,老叶叶尖和叶缘会产生褐斑,根系短而少,严重时还会出现老叶叶尖灼烧状和根系腐烂等现象。若 K 肥使用过多,也易导致土壤和作物营养元素失调,影响作物增产,并造成环境污染^[2]。因此,适当的 K 水平对植物的生长发育显得尤为重要。

植物应对非生物胁迫时,通过调节相关信号分子的水平以适应环境条件的改变^[3]。信号分子是在细胞间和细胞内传递信息的物质,它们唯一的功是与细胞受体结合并传递信息。植物激素类如生长素(IAA)、赤霉素(GAs)、脱落酸(ABA)以及小分子信号物质如钙调素(CaM)、水杨酸(SA)、一氧化氮(NO)、茉莉酸(JA)等均属于信号分子的范畴。陈虞超等已证实,信号分子的水平可反映植物的生理状态,且与营养胁迫密切相关^[4]。因此,研究植物信号分子水平在 K 胁迫下的变化,对于了解植物的营养胁迫响应至关重要。

柑橘作为我国重要的果树之一,对 K 的需求量

较大,如果土壤 K 缺乏时,柑橘生长受到抑制,果实产量和品质下降^[5]。但是,柑橘的内源激素和信号物质对 K 胁迫的响应,目前尚不清楚。本研究以柑橘砧木枳(*Poncirus trifoliata* Raf.)为试验材料,探究不同浓度 K 胁迫对枳生长、根系内源激素和信号分子水平的影响,旨在为今后柑橘的施肥管理提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

枳种经 70% 乙醇表面消毒 5 min,蒸馏水冲洗后,置于灭菌的河沙中,于昼/夜温度 28 ℃/20 ℃、相对湿度 68% 的培养箱中发芽。随后选取 5 叶龄的 2 株枳实生苗移栽于塑料盆(15.5 cm × 11.0 cm × 13.0 cm)中,盆栽河沙(河沙直径 $\Phi \leq 4$ mm)预先经 0.11 MPa、121 ℃ 高压蒸汽灭菌 30 min。

1.2 试验设计

试验为单因素设计,设无钾(0 mmol/L K)、低钾(2 mmol/L K)、适钾(6 mmol/L K)、高钾(12 mmol/L K)4 个处理,每个处理重复 5 次,每盆 2 株枳实生苗,共 20 盆,随机排列。其中,适钾水平参照曹秀等的研究^[6]进行设计。幼苗移栽 14 d 内,每天浇 ddH₂O 100 mL/盆。之后,每 2 d 浇施设计的不同 K 浓度 Hoagland 营养液 100 mL/盆。K 的控制是对营养液中 KNO₃ 进行设置,为保证 N 浓度一致,通过额外添加 NH₄NO₃ 来完成。为避免 K 在基质中积累,每次 K 处理后的 1 d 内,ddH₂O 100 mL/盆

收稿日期:2019-10-14

基金项目:湖北省高等学校优秀中青年科技创新团队计划(编号:T201604);湖北省农业科技创新行动项目(编号:鄂农发[2018]1号)。

作者简介:高伟勤(1994—),男,河南南阳人,硕士研究生,主要从事果树生理研究。E-mail:weiqin925148@163.com。

通信作者:吴强盛,博士,教授,主要从事果树菌根生物技术研究。E-mail:wuqiangsh@163.com。

用于除去基质残留的 K 养分。试验于 2018 年 3—5 月在长江大学园艺园林学院玻璃温室内进行,每周随机调整各盆位置。

1.3 测定方法

K 处理 10 周后结束试验,测定其株高、茎粗、叶片数以及叶片、茎和根系鲜质量。根系内源激素(ABA、IAA、GAs、油菜素内酯 BR 和玉米素核苷 ZR)的提取参照 Chen 等的方法^[7]进行,随后采用酶联免疫吸附检测法(ELISA)分析,试剂盒由中国农业大学作物化学控制研究中心提供。根系 CaM、NO、SA、JA 含量也采用 ELISA 进行测定,试剂盒均购于上海酶联生物科技有限公司,测定的所有操作均依照说明书进行。

表 1 枳实生苗生长对不同浓度 K 胁迫的响应

K 浓度 (mmol/L)	株高 (cm)	茎粗 (cm)	叶片数 (张)	鲜质量(g)		
				叶片	茎	根系
0	21.60 ± 1.88c	0.29 ± 0.02c	25.38 ± 1.92b	0.80 ± 0.07d	1.11 ± 0.11c	1.20 ± 0.10c
2	24.69 ± 2.26b	0.34 ± 0.02b	27.13 ± 2.23ab	0.95 ± 0.08c	1.20 ± 0.09c	1.26 ± 0.12c
6	27.49 ± 0.87a	0.39 ± 0.02a	28.25 ± 2.76a	1.14 ± 0.07a	1.73 ± 0.14a	1.54 ± 0.10a
12	25.53 ± 2.16b	0.34 ± 0.02b	27.63 ± 2.33ab	1.04 ± 0.10b	1.51 ± 0.12b	1.43 ± 0.09b

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。下表同。

2.2 枳根系激素对不同浓度 K 胁迫的响应

由图 1 可知,与适钾(6 mmol/L)处理相比,无钾、低钾和高钾处理都显著降低了枳根系 BR、GAs、IAA、ZR 含量,但是显著增加了根系 ABA 含量。与适钾处理相比,根系 BR、GAs、IAA 和 ZR 含量在无钾(0 mmol/L)处理下分别降低 38.2%、43.3%、

1.4 统计分析

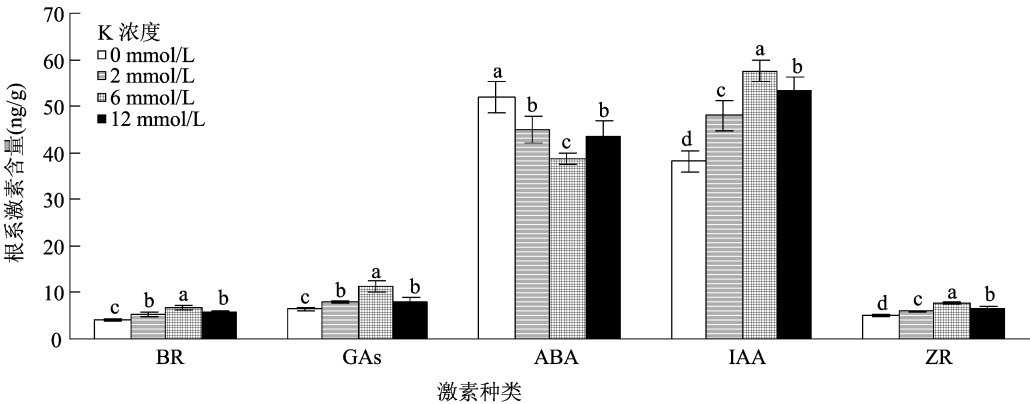
运用 SAS 8.1 软件的 ANOVA 过程对处理间作差异性测验,采用邓肯氏新复极差法进行多重比较分析(P<0.05)。

2 结果与分析

2.1 枳实生苗生长对不同浓度 K 胁迫的响应

由表 1 可知,无钾、低钾和高钾处理都能显著抑制枳生长。与 6 mmol/L K 处理相比,不同浓度的 K 处理均显著降低了株高、茎粗以及叶片、茎和根系鲜质量,尤其以无钾处理降低效果最为明显,表明 K 浓度过高或过低都不利于枳生长,在 K 浓度为 6 mmol/L 时枳生长状况最佳。

33.6%、34.2%;在低钾(2 mmol/L)处理下分别降低 19.7%、30.4%、16.5%、21.9%;在高钾(12 mmol/L)处理下分别降低 13.9%、29.5%、7.3%、15.1%。此外,枳根系 ABA 含量在无钾、低钾和高钾处理下分别升高 34.6%、16.4%、12.7%。



同一指标不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著

图 1 枳根系各种激素对不同浓度 K 胁迫的响应

2.3 枳根系信号物质对不同浓度 K 胁迫的响应

由表 2 可知,无钾、低钾或高钾能显著促进枳根系信号物质的合成,表现为 CaM、NO、SA、JA 含量比适钾处理高,且 CaM 含量的变化趋势是高钾

(12 mmol/L) > 无钾(0 mmol/L) > 低钾(2 mmol/L) > 适钾(6 mmol/L),而 NO 含量的变化趋势为低钾(2 mmol/L) > 高钾(12 mmol/L) > 无钾(0 mmol/L) > 适钾(6 mmol/L)。与适钾相比,根系

CaM 含量在无钾、低钾和高钾处理下分别增加 53.8%、29.2%、71.3%，根系 NO 含量则分别增加 96.6%、156.5%、123.8%。无钾、低钾和高钾处理

根系的 SA、JA 含量均显著高于适钾处理的植株。这表明无论是低钾、高钾还是无钾处理都能刺激根系信号物质含量的增加,以帮助植物抵御营养胁迫。

表 2 枳根系信号物质对不同浓度 K 胁迫的响应

K 浓度 (mmol/L)	CaM 含量 (μg/g)	NO 含量 (μg/g)	SA 含量 (μg/g)	JA 含量 (μg/g)
0	191.36 ± 16.32b	377.44 ± 33.28c	1.75 ± 0.12a	1.82 ± 0.15ab
2	160.72 ± 15.32c	492.49 ± 45.97a	1.81 ± 0.14a	1.78 ± 0.16b
6	124.44 ± 7.08d	192.02 ± 17.73d	1.04 ± 0.06b	1.39 ± 0.11c
12	213.21 ± 12.56a	429.73 ± 26.66b	1.88 ± 0.16a	1.97 ± 0.15a

3 结论与讨论

本研究结果显示,与适钾处理相比较,无钾和低钾处理显著降低了枳生长状况,这可能是因为缺钾推迟了侧根原基的发育进程^[8],进而抑制了枳实生苗根系的生长,同时阻碍了光合产物的合成以及运输,导致其生物量下降^[9]。此外,高钾处理也轻微地降低了枳实生苗的生长,这可能是较高的钾水平扰乱了植物体内离子平衡,不利于叶绿素的合成,造成光合速率下降,糖代谢失调^[10]。尽管如此,因为 K⁺ 参与植物体内的代谢机制复杂,其对植物生长的调控机制有待深入研究。

与适钾处理相比较,无钾、低钾和高钾处理显著降低了枳根系 BR、GAs、IAA 和 ZR 含量,但提高了根系 ABA 含量,这与库文珍等在大田作物上的研究结果^[11]一致。植物体内 BR、GAs、IAA 和 ZR 能促进植物生长,延缓衰老,诱导植物体内物质运输^[11]。这些结果表明,K 胁迫抑制植物生长与内源激素的改变密切相关。此外,根系的一些信号物质在 K 胁迫下也发生了强烈的变化,即与适钾相比,无钾、低钾和高钾处理均显著提高枳实生苗根系 CaM、JA、SA、NO 含量。由此推测,当植物处于 K 胁迫时,根系信号物质通过提高自身含量,从而激活下游产物的表达^[12],促进多酚类物质和 ABA 的合成^[13],从而帮助植物抵御营养胁迫。

参考文献:

[1]郭秀珠,姜武,黄品湖,等. 钾镁肥配施对杨梅品质和矿质营养

的影响[J]. 中国南方果树,2017,46(3):72-75.
[2]孙先良. 盲目过量施肥的危害及新型肥料的开发[J]. 中氮肥, 2005(6):1-4.
[3]王冰,程宪国. 干旱、高盐及低温胁迫下植物生理及转录因子的应答调控[J]. 植物营养与肥料学报,2017,23(6):1565-1574.
[4]陈虞超,李苗,石磊,等. 外源信号物质对肉苁蓉种子萌发与吸器形成内源激素水平变化的影响[J]. 植物生理学报,2012,48(9):917-921.
[5]孔佑涵,苑平,吴娟娟. 柑橘的钾营养研究进展[J]. 湖南师范大学自然科学学报,2017,40(3):37-41.
[6]曹秀,夏仁学,杨环宇,等. 沙培条件下磷、钾、钙亏缺对枳 (*Poncirus trifoliata*) 幼苗根系形态及营养吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2014,20(4):981-988.
[7]Chen Q, Qi W B, Reiter R J, et al. Exogenously applied melatonin stimulates root growth and raises endogenous indoleacetic acid in roots of etiolated seedlings of *Brassica juncea* [J]. Journal of Plant Physiology, 2009, 166(3):324-328.
[8]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.
[9]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.
[10]郭晓瑞,唐中华,孙艳斐,等. 自然干旱胁迫下长春花叶片和根部的激素和可溶性糖代谢变化[J]. 植物研究,2008,28(4):422-425.
[11]库文珍,彭克勤,张雪芹,等. 低钾胁迫对水稻苗期矿质营养吸收和植物激素含量的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2009,15(1):69-75.
[12]Kim M C, Chung W S, Yun D J, et al. Calcium and calmodulin-mediated regulation of gene expression in plants[J]. Molecular Plant, 2009, 2(1):13-21.
[13]李丽,董银卯,姚霞,等. 茉莉酸甲酯对植物酚类成分代谢影响研究进展[J]. 中药材,2014,37(11):2109-2112.