

王亮亮,高志山,宋伟杰,等.滴灌施肥下钾肥对番茄生长及产质量的影响[J].江苏农业科学,2018,46(21):132-134.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.21.032

滴灌施肥下钾肥对番茄生长及产质量的影响

王亮亮^{1,2},高志山^{1,3},宋伟杰¹,宋涛^{1,2,3}

(1.金正大生态工程集团股份有限公司,山东临沭 276700; 2.养分资源高效开发与综合利用国家重点实验室,山东临沭 276700;
3.农业部植物营养与新型肥料创制重点实验室,山东临沭 276700)

摘要:水、肥是限制作物增产的两大因子,不合理的灌溉与增施钾肥不仅难以增加产量,还会破坏土壤的营养结构和平衡。针对设施蔬菜灌水和施肥存在的问题,通过设置不同水、肥管理措施对比试验,探讨传统施肥和滴灌施肥条件下不同水平钾肥对设施番茄生长、产量及品质的影响。结果表明,相同施肥水平下,NPK 滴灌施肥比 NPK 传统施肥番茄产量增加 7.35%,糖酸比增加 10.70%,单果质量及叶片叶绿素含量也表现出增加趋势。NP + 4/5K 滴灌施肥与 NPK 传统施肥相比,钾肥用量减少 20%,但二者的产量和品质均没有显著差异。滴灌施肥在提高番茄产量、改善品质及提高钾肥利用率方面效果显著。

关键词:漫灌施肥;滴灌施肥;番茄;钾肥;产量;品质

中图分类号:S641.206 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)21-0132-03

目前水资源的紧缺与蔬菜生产用水的矛盾日益突出,一方面缺水形势严峻,另一方面,蔬菜用水浪费现象又很普遍^[1]。近年来,菜农普遍重视化肥投入,以期获得高产,但是

仍旧沿袭大水大肥的传统施肥模式,这不仅造成水资源的严重浪费,同时也导致肥料有效成分的大量流失^[2],而且长期过量使用肥料还会引起土壤环境恶化、农产品产量及品质下降等一系列问题。

滴灌施肥又称水肥一体化^[3],是 20 世纪 70 年代以来发展起来的一项先进灌溉施肥技术,该技术可使肥料与灌溉水直接进入作物根部,可定量供给农作物水分和养分^[4],实现水分和养分的时空匹配,能及时满足作物对养分的需求从而提高肥料的利用效率^[5]。目前,我国针对番茄等蔬菜作物滴灌施肥技术开展了一系列研究,但多数集中在水分利用效率与氮素、磷素的有效性方面,有关钾素对番茄等作物影响方面的报道较少,因此,本研究以大水漫灌施肥模式为对照,研究

收稿日期:2017-09-19

基金项目:山东-以色列国际科技合作专项(编号:2014GJHZ1009);
山东省重点研发计划(编号:2016ZDJQ0701)。

作者简介:王亮亮(1988—),男,山东泰安人,硕士,研发工程师,主要从事功能性肥料研发及其施肥研究。E-mail:linxungreat@163.com。

通信作者:宋涛,博士,工程师,主要从事新型肥料研发及其施肥研究。E-mail:songtao@kingenta.com。

1781-1787.

[20]张彦妮,雷蕾,夏斌.干旱胁迫及复水对黄莲花幼苗生长和生理特性的影响[J].草业科学,2016,33(9):1681-1689.

[21]刘建新,王鑫,王凤琴.水分胁迫对苜蓿幼苗渗透调节物质积累和保护酶活性的影响[J].草业科学,2005,22(3):18-21.

[22]王东清,李国旗,苏德喜.干旱胁迫对两种罗布麻渗透调节物质积累和保护酶活性的影响[J].干旱区资源与环境,2012,26(12):177-181.

[23]李强.获和芒对干旱胁迫的生理响应和适应性[D].哈尔滨:东北林业大学,2013.

[24]Scandalios J G. Oxygen stress and superoxide dismutases [J]. Plant Physiology,1993,101(1):7-12.

[25]王茅雁,邵世勤,张建华,等.水分胁迫下对玉米保护酶活力及膜系统结构的影响[J].华北农学报,1995,10(2):43-49.

[26]王俊刚,陈国仓,张承烈.水分胁迫对 2 种生态型芦苇(*Phragmites communis*)的可溶性蛋白含量、SOD、POD、CAT 活性的影响[J].西北植物学报,2002,22(3):561-565.

[27]Patel P K, Hemantaran A. Salicylic acid induced alteration in dry matter partitioning antioxidant defence system and yield in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress[J]. Asian Journal of Crop Science,2012,4(3):86-102.

[28]Asada K. Production and action of active oxygen in photosynthetic tissue[M]. Boca Raton: CRC Press,1994:77-104.

[29]Selote D S, Khanna - Chopra R. Drought acclimation confers oxidative stress tolerance by inducing co-ordinated antioxidant defense at cellular and subcellular level in leaves of wheat seedlings [J]. Physiologia Plantarum,2006,127(3):494-506.

[30]Sofa A, Tuzio A C, Dichio B, et al. Influence of water deficit and rewatering on the components of the ascorbate - glutathione cycle in four interspecific *Prunus hybrids* [J]. Plant Science,2005,169(2):403-412.

[31]马玉华,马锋旺,马小卫,等.干旱胁迫对苹果叶片抗坏血酸含量及其代谢相关酶活性的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2008,36(3):150-154.

[32]蒋明义,郭绍川.水分亏缺诱导的氧化胁迫和植物的抗氧化作用[J].植物生理学通讯,1996,32(2):144-150.

[33]Sgherri C L, Maffei M, Navari - Izzo F. Antioxidative enzymes in wheat subjected to increasing water deficit and rewatering [J]. Journal of Plant Physiology,2000,157(3):273-279.

[34]李州,王晓娟,彭丹,等. Na⁺ 对水分胁迫下白三叶抗氧化防御和有机渗透调节物质的影响[J].草业学报,2014,23(5):175-183.

滴灌施肥条件下钾肥对番茄生长、产量及品质的影响,旨在为解决番茄生长后期钾肥利用效率低、用量大等问题提供理论依据和可行的技术途径。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试番茄品种为金粉 168。

试验基地概况:试验地位于山东省临沂市临沭县蛟龙镇。土壤理化性质:有机质含量为 340 mg/kg、碱解氮含量为 74.49 mg/kg、有效磷含量为 37.39 mg/kg、速效钾含量为 36.80 mg/kg、pH 值为 5.88。

试验期间所用肥料均由金正大生态工程集团股份有限公司提供。

滴灌施肥设备:施肥器为文丘里施肥器,设备主要由水源、水泵、旋翼式水表、可调式文丘里施肥器、施肥罐、输水管道等组成。滴灌管为内镶式圆柱滴头滴灌管,流量为 2 L/h,其滴头间距为 10 cm。

1.2 试验设计

于 2016 年 9 月 25 日将番茄定植试验棚内,棚总面积为 0.067 hm²,整棚在定植前农户统一施用底肥,底肥用量为有机肥 2 t、50 kg 51% 硫酸钾型复合肥(氮、磷、钾含量均为 17%)、40 kg 磷酸二铵,番茄定苗 15 d 后均随水冲施 1 次(2 L)金正大含腐殖酸液体肥。试验于 2016 年 11 月 10 日番茄花期开始处理,本试验共设 4 个处理,每个处理约 0.017 hm²,各处理施肥方案详见表 1,其中 NPK1 采用随水冲施方式,即每次施肥前先将肥料溶于水,然后随水漫灌形式施入土壤,NPK2、NP+4/5K、NP+3/5K 均采用滴灌施肥方式,即每次施肥前先将肥料溶于水,然后缓慢滴入番茄根系四周土壤,NPK2 处理肥料用量根据当地习惯施肥用量确定。所用肥料均由磷酸一铵、硝酸钾、尿素复配。2016 年 11 月 10 日开始处理后,各处理番茄均每隔 15 d 施肥 1 次,共施肥 6 次,其他所有管理模式均相同。

表 1 不同处理施肥方案

处理	施肥量(kg/0.067 hm ²)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
NPK1	1.28	0.64	2.72
NPK2	1.28	0.64	2.72
NP+4/5K	1.28	0.64	2.18
NP+3/5K	1.28	0.64	1.64

1.3 测定项目及方法

分别于 2016 年 12 月 8 日、2017 年 1 月 8 日、2017 年 2 月 8 日随机连续取 6 株测定 1 次叶绿素相对含量(soil and plant analyzer development,简称 SPAD)、株高及茎粗,共测定 3 次。试验期间共采摘 6 次,每次采摘均记录质量,最后统计总产量。随机选择某次采摘后成熟度一致、有代表性的果实,测定其可溶性糖含量、有机酸含量及维生素 C 含量,并计算糖酸比。可溶性糖含量采用手持糖度计测定,有机酸含量测定采用 NaOH 滴定法^[6],维生素 C 含量测定采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法^[7]。

1.4 数据处理

试验数据采用 Excel 2010 软件进行统计与分析,用 SPSS

19.0 软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥方式对番茄 SPAD 值的影响

SPAD 值在一定程度上代表了植株的光合作用^[8]。从表 2 可以看出,在 3 个调查时期,NPK2 处理番茄 SPAD 值均显著高于 NPK1 处理,说明在相同施肥量条件下,滴灌施肥与漫灌施肥相比能显著提高植株的光合作用。不同时期 NPK2 处理均比 NP+4/5K 及 NP+3/5K 处理的 SPAD 值高,说明钾素营养对番茄叶片的光合作用影响较大;在 3 个时期番茄叶片的 SPAD 值 NP+4/5K 处理均高于 NPK1,且在后 2 个时期达显著水平,说明滴灌施肥较漫灌施肥能提高钾肥促进番茄光合作用方面的效率。

表 2 不同处理对番茄 SPAD 值的影响

处理	SPAD 值		
	2016 年 12 月 8 日	2017 年 1 月 8 日	2017 年 2 月 8 日
NPK1	43.13 ± 0.51b	37.97 ± 0.60c	37.33 ± 1.08c
NPK2	46.25 ± 0.64a	45.62 ± 1.60a	45.67 ± 1.32a
NP+4/5K	43.50 ± 0.79b	43.27 ± 0.65b	43.25 ± 1.19b
NP+3/5K	40.47 ± 1.19c	42.32 ± 0.94b	42.98 ± 0.71b

注:表中值为平均值 ± 标准差;同列数据后不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$)。下表同。

2.2 不同施肥方式对番茄株高、茎粗的影响

由表 3 可知,在株高方面,3 个不同时期测定结果显示 NPK2 处理均高于 NPK1 处理,但差异并未达显著水平,说明滴灌施肥较漫灌施肥在促进番茄株高生长方面优势不明显;不同时期 NPK2 处理的株高均较 NP+4/5K 及 NP+3/5K 处理高,且 NPK2 处理与 NP+3/5K 处理在各阶段差异均达显著水平,而 NPK2 处理与 NP+4/5K 处理在各阶段差异不大,说明钾素达到一定浓度后即可促进番茄植株的生长,但浓度太低时不利于植株的生长。在茎粗方面,第 1 次测定结果显示,NPK2 与 NPK1 处理无显著差异,而后 2 次测定结果均差异显著,说明滴灌施肥较漫灌施肥有助于促进番茄茎粗的增大;通过比较后 2 次测定结果可知,NPK2 处理的茎粗均较 NP+4/5K 及 NP+3/5K 处理大,且 3 个处理间差异均达显著水平,说明随着施肥次数的增多,钾素在促进番茄茎粗增大方面的影响越大。

在各阶段 NPK1 与 NP+4/5K 处理的番茄株高及茎粗均无明显差异,说明滴灌施肥较漫灌施肥提高了钾素在促进番茄株高及茎粗增大方面的效率。

2.3 不同施肥方式对番茄产量的影响

果实单果质量是衡量番茄品质的重要指标之一^[5]。由表 4 可知,与漫灌施肥 NPK1 相比,滴灌施肥 NPK2 可显著提高番茄的单果质量,增幅为 4.62%;NP+4/5K 与 NPK1 处理差异不明显;通过比较 NPK2、NP+4/5K 及 NP+3/5K 处理可知,果实单果质量随着钾肥用量的增加而增大。前 4 次产量以及总产量方面,均表现为 NPK2 > NP+4/5K > NPK1 > NP+3/5K,说明滴灌施肥较漫灌施肥以及高钾施肥较低钾施肥更有利于促进番茄早熟、提早上市和总产量的增加,同时进一步说明在保证产量的同时,滴灌施肥较漫灌施肥可减少钾肥的施用量。

表 3 不同处理对番茄株高与茎粗的影响

处理	2016 年 12 月 8 日		2017 年 1 月 8 日		2017 年 2 月 8 日	
	株高 (cm)	茎粗 (cm)	株高 (cm)	茎粗 (cm)	株高 (cm)	茎粗 (cm)
NPK1	66.82 ± 1.17a	0.88 ± 0.11ab	136.22 ± 6.85ab	1.11 ± 0.09b	154.88 ± 6.56ab	1.26 ± 0.07b
NPK2	66.92 ± 1.29a	0.99 ± 0.12a	144.03 ± 6.63a	1.31 ± 0.07a	159.30 ± 6.63a	1.43 ± 0.08a
NP + 4/5K	66.83 ± 1.41a	0.89 ± 0.12ab	136.28 ± 4.49ab	1.14 ± 0.12b	154.55 ± 7.22ab	1.27 ± 0.07b
NP + 3/5K	58.07 ± 1.22b	0.79 ± 0.10b	132.02 ± 6.81b	1.00 ± 0.08c	150.65 ± 6.59b	1.15 ± 0.07c

表 4 不同处理对番茄产量的影响

处理	单果质量 (g)	较 NPK1 增长 (%)	产量 (kg)			总产量 (kg)	较 NPK1 增长 (%)
			第 1 ~ 2 次采摘	第 3 ~ 4 次采摘	第 5 ~ 6 次采摘		
NPK1	176.83 ± 7.08b		178.00	189.00	177.00	544.00	
NPK2	185.00 ± 7.95a	4.62	192.00	201.00	191.00	584.00	7.35
NP + 4/5K	179.17 ± 4.79ab	1.32	179.00	190.00	176.00	545.00	0.18
NP + 3/5K	169.17 ± 4.26c	-4.33	169.00	178.00	177.00	524.00	-3.68

2.4 不同施肥方式对番茄品质的影响

果实糖酸比和维生素 C 含量是评价果实内在品质的重要指标,其中糖酸比是衡量果实糖、酸含量的综合指标,直接影响果实的口感风味。由表 5 可知,在等量施肥条件下,滴灌施肥与漫灌施肥在果实维生素 C 含量、有机酸含量方面均无显著差异,但显著提高了果实的可溶性糖含量和糖酸比,说明

滴灌施肥更有助于番茄品质的提升;滴灌施肥条件下,各处理间维生素 C 含量差异不大,但是可溶性糖及糖酸比均随钾肥用量的增大而增大,表明钾素的供应对果实品质的意义重大。通过比较 NPK1 及 NP + 4/5K 可知,滴灌施肥对钾肥利用率的提高较大,可在保证果实品质的前提下降低钾肥用量。

表 5 不同施肥方式对番茄内在品质的影响

处理	维生素 C 含量 (mg/kg)	可溶性糖含量 (%)	有机酸含量 (%)	糖酸比
NPK1	192.7 ± 4.9a	2.26 ± 0.06b	0.44 ± 0.02b	5.14 ± 0.21b
NPK2	194.1 ± 2.8a	2.38 ± 0.03a	0.42 ± 0.02b	5.69 ± 0.29a
NP + 4/5K	192.7 ± 3.3a	2.25 ± 0.03b	0.45 ± 0.04ab	5.03 ± 0.48b
NP + 3/5K	191.8 ± 1.2a	2.15 ± 0.08c	0.49 ± 0.04a	4.40 ± 0.28c

3 结论与讨论

钾素参与植物生长发育中许多重要的生理生化过程,如光合作用、调节细胞渗透压以及参与蛋白质和淀粉的形成等^[9]。前人研究结果表明,增施钾肥能够提高番茄茎粗^[10]、促进番茄光合速率^[11]、改善果实品质及提高果实产量^[12-13]等。本研究结果表明,滴灌施肥条件下,适当增施钾肥可以提高番茄的产量、可溶性糖含量及糖酸比,同时提高了番茄叶片的 SPAD 值,在施肥后期也增大了番茄植株的茎粗,这与前人研究结论^[10-13]相吻合。

水分和养分是影响设施蔬菜产量和品质的重要因素,只有水分和养分协同供应才能表现其耦合效应。滴灌施肥可直接将养分施入作物根系,施肥更精确,相比漫灌施肥,降低了肥料损失率。本研究结果表明,无论番茄单果质量、总产量还是糖酸比,同等施肥量条件下,滴灌施肥处理番茄均显著高于漫灌处理,其中 6 次测产总量增加 7.35%,糖酸比增加 10.70%。本研究结果还发现,NP + 4/5K 滴灌施肥较 NPK1 漫灌施肥钾肥用量减少 20%,但二者产量及果实维生素 C 含量、可溶性糖含量和糖酸比均无显著差异。综合上述结果表明,滴灌施肥在增加番茄产量、改善品质和提高钾素等养分吸收效率等方面具有显著效果。

参考文献:

[1]刘明池,刘向莉.不同灌溉方式对番茄生长和产量的影响[J].

华北农学报,2005,20(1):93-95.
[2]李俊良,朱建华,张晓晟,等.保护地番茄养分利用及土壤氮素流失[J].应用与环境生物学报,2001,7(2):126-129.
[3]李伏生,陆申年.灌溉施肥的研究和应用[J].植物营养与肥料学报,2000,6(2):233-240.
[4]隋方功,王运华,长友诚,等.滴灌施肥技术对大棚甜椒产量与土壤硝酸盐的影响[J].华中农业大学学报,2001,20(4):358-362.
[5]路永莉,高义民,同延安,等.滴灌施肥对渭北旱塬红富士苹果产量与品质的影响[J].中国土壤与肥料,2013(1):48-52.
[6]万群,阳淑,熊丙全.有机肥和化肥不同配比对番茄产量、品质及土壤养分和微生物的影响[J].安徽农业科学,2015,43(14):158-161.
[7]赵晓梅,江英,吴玉鹏,等.果蔬中维生素 C 含量测定方法的研究[J].食品科学,2006,27(3):197-199.
[8]刘辉,宋涛,曹奇领,等.不同叶面肥在黄瓜盆栽上的应用研究[J].农学学报,2015,5(10):70-74.
[9]宁秀娟,余宏军,蒋卫杰,等.不同钾水平对温室番茄生长、产量和品质的影响[J].中国土壤与肥料,2011(6):35-38.
[10]张恩平,张淑红,李天来.无土栽培条件下钾营养对番茄生长发育与 N、P、K 吸收动态的影响[J].北方园艺,2007(4):53-55.
[11]赵国锦,于明礼,李京冈.根外施钾对日光温室番茄光合速率的影响[J].安徽农业科学,2006,34(7):1402-1404.
[12]陈连发,邹志荣,李建明.不同氮钾肥水平对温室番茄生长发育和产量的影响[J].西北农学报,2010,19(1):121-125.
[13]秦文利,李春杰.增施钾肥对日光温室番茄产量和品质的影响[J].中国土壤与肥料,2007(1):44-47.