

戚智尧,王铁良.膜下滴灌水肥耦合对青椒维生素 C 含量的影响[J].江苏农业科学,2015,43(3):144-146.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.03.046

膜下滴灌水肥耦合对青椒维生素 C 含量的影响

戚智尧,王铁良

(沈阳农业大学水利学院,辽宁沈阳 110161)

摘要:在温室膜下滴灌条件下研究水肥耦合对青椒维生素 C 含量的影响,以探讨温室青椒生产的水肥最优配比。试验设置了氮、磷、钾、灌水量 4 个因素,每个因素设置 5 个水平。通过正交螺旋组合得到不同因素水平的试验处理,采用 SPSS 软件分析了监测数据。结果表明,磷是影响青椒维生素 C 含量的重要因素,钾次之;在一定范围内,水肥协同促进作用明显,当磷肥 292.5 kg/hm^2 、钾肥 150 kg/hm^2 、氮肥 300 kg/hm^2 、灌水量 260 mm 时,青椒的维生素 C 含量最高。

关键词:水肥耦合效应;青椒;维生素 C 含量

中图分类号: S641.307;S641.306

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2015)03-0144-03

自 2003 年以来,我国辣椒年栽培面积基本稳定在 130 万 hm^2 左右^[1]。近年来,对于氮、磷、钾、灌水量 4 个因素对青椒影响的研究日益受到重视。高树涛等进行的磷肥不同用量对辣椒品质的影响研究认为,施磷量的增加可明显提高辣椒果实的长度、肩宽、果肉厚度,从而提高辣椒的产量^[2]。任媛媛等认为,在氮和磷供应充足的情况下增施钾肥,可促进辣椒植株个体发育,增加单株结果数量及单果质量^[3]。贯立茹等认为,采用水肥一体化灌溉施肥方式, 225 kg/hm^2 施氮水平(中等氮肥)日光温室彩椒产量、经济效益及其单位氮素增收均为最高^[4]。董俊霞等认为,氮对辣椒果实中可溶性糖含量的影响较大;钾对果实维生素 C 含量变化的影响较大^[5]。米国全等认为,水肥因子对辣椒和番茄产量影响最大的是施氮量,其次是灌水量和施钾量,并且各因素之间存在交互作用^[6]。

张凤翔等进行的水肥耦合对冬小麦生长和产量的影响试验结果表明,水肥对产量在一定范围内有明显正效应^[7]。徐岩等进行的水肥耦合对日光温室生菜品质和产量影响效应的研究试验结果表明,氮、磷、钾和灌水量对生菜产量的影响存在差异,其中磷肥对产量的贡献率最大,其次是灌水量、氮肥、钾肥^[8]。冯鹏等利用水肥耦合效应对玉米产量及青贮品质的影响研究结果表明,水肥处理对青贮玉米原料水分含量影响较大^[9]。目前对于青椒的研究仍以单一因素或水与单一肥料的研究较多,而关于水肥耦合的研究,主要针对玉米、小麦等作物,对于温室蔬菜氮、磷、钾、灌水量 4 个因素的耦合效应研究较少。本研究在膜下滴灌条件下研究氮、磷、钾、灌水量 4 个因素对温室青椒的耦合效应,寻求温室青椒生产的水肥最优组合,实现水肥相互促进的灌溉模式,以期在生产实践提供理论依据。

收稿日期:2014-10-08

基金项目:辽宁省教育厅一般项目(编号:L2012239)。

作者简介:戚智尧(1989—),男,辽宁鞍山人,从事生态环境及节水灌溉理论和技术研究。E-mail:877048936@qq.com。

通信作者:王铁良,博士,教授,从事生态环境及节水灌溉理论和技术研究。E-mail:tieliangwang@163.com。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验地点位于沈阳农业大学试验基地 43 号温室大棚,海拔 44.7 m ,年平均气温 $6.2 \sim 7.9 \text{ }^{\circ}\text{C}$,全年降水量 $600 \sim 800 \text{ mm}$ 。土壤为壤土,田间持水率为 34.3% 。pH 值为 7.09 ,

[5]林 荣,王秀琴.马蹄莲的组织培养和快速繁殖[J].广西植物,1989,9(2):97-102.

[6]范加勤,张雯雯,张 娜,等.几个彩色马蹄莲品种的离体培养与快速繁殖[J].南京农业大学学报,2005,28(2):28-31.

[7]张军云,杨向红,李 恒,等.彩色马蹄莲试管苗移栽育苗技术研究[J].北方园艺,2009(4):202-204.

[8]徐 琼,彭志云.栽培基质对彩色马蹄莲试管移栽成苗及成球效果的研究[J].农业网络信息,2007(5):215-216,229.

[9]彭 峰,陈嫣嫣,郝日明,等.彩色马蹄莲组培苗壮苗生根及移栽措施研究[J].江苏农业科学,2008(1):126-128.

[10]黄作喜,吴学尉,段辉国,等.彩色马蹄莲种球采收处理技术[J].内江师范学院学报,2004,19(2):35-37.

[11]钱妙芬.马蹄莲花期调控指标探析[J].中国生态农业学报,2003,11(4):32-33.

[12]张璐萍,唐开学,张丽芳.温度、赤霉素、光照对彩色马蹄莲的花

期调控[J].种子,2005,24(10):36-37.

[13]徐 琼,彭志云,徐秉良,等.栽培措施对彩色马蹄莲细菌性软腐病发生的影响[J].植物保护,2008,34(2):87-89.

[14]王 敏,姬广海,修建华,等.云南省马蹄莲细菌性软腐病原鉴定[J].西南大学学报:自然科学版,2007,29(8):79-82.

[15]杨柳燕,张永春,汤庚国,等.彩色马蹄莲 mRNA 差异显示技术体系的建立[J].分子植物育种,2012,11(1):267-272.

[16]刘怀阿,苏建坤,刘 琴,等.白花马蹄莲诱导胡萝卜软腐果胶杆菌 *ubiG* 基因的克隆与功能分析[J].江苏农业学报,2013,29(6):1304-1312.

[17]张永春,汤庚国,褚云霞,等.彩色马蹄莲 ISSR 体系的建立及初步分析[J].分子植物育种,2009,7(4):827-832.

[18]陈 臻,徐秉良,蒲崇建,等. $^{12}\text{C}^{6+}$ 重离子辐射下彩色马蹄莲生理生化和抗病性的变化及 ISSR 多态性分析[J].核农学报,2013,27(5):552-556.

含有机质 26.89 mg/kg、全氮 2.25 g/kg、全磷 2.25 mg/kg、全钾 2.02 mg/kg、速效氮 175 mg/kg、速效磷 378 mg/kg、速效钾 674 mg/kg。供试肥料为尿素(含 46% N)、钙镁磷肥(含 18% P₂O₅)、氯化钾(含 60% K₂O)。供试青椒品种为 35-619。

1.2 试验设计

试验采用 4 因素 5 水平正交通用螺旋组合,共 20 个处理,每个处理有 3 个重复,随机分布在试验区内。水和肥都是 5 个水平。灌水量、氮、磷、钾施用量 0 水平位为基础水平,其他试验水平根据 4 因素 5 水平正交螺旋组合设计理论计算而得,结果见表 1。

表 1 青椒试验因素水平编码

水平编码	x_1 :N (kg/667 m ²)	x_2 :P ₂ O ₅ (kg/667 m ²)	x_3 :K ₂ O (kg/667 m ²)	x_4 :灌水量 (mm)
1.682	30	38	20	420
1	24	30	16	355
0	15	19	10	260
-1	6	8	4	165
-1.682	0	0	0	100

灌水方法为膜下滴灌,以灌水定额为灌水变量(表 2)。

表 2 青椒试验灌水时间

时期	灌水总时间 (月)	灌水次数 (次)	灌水时间间隔 (d)
苗期	1.0	2	15
开花结果	1.5	4	11
结果盛期	1.5	6	7 或 8
结果后期	1.0	4	7 或 8

施肥方式为穴施。氮肥分 2 次施入,第 1 次在苗期,第 2 次在开花期。磷肥和钾肥在青椒苗期一次性施入。每次施肥时,按设计方案,将每小区所需各种肥量准确称出,均匀混合后,一次性穴施。施肥位置距离植株根部 20 cm,埋深 15 cm。小区面积 3.9 m²(1.3 m×3 m),每垄 2 行,行距 50 cm,株距 30 cm。

果实成熟期,适时采摘成熟果实,记录采摘时间、单个产量及小区产量,最终加和各次产量得到小区总产量。

在结果盛期,选择同时期、同位置、果实长势相近的成熟果实进行品质测定。青椒维生素 C 含量用分光光度计测定。

2 结果与分析

2.1 建立回归模型

通过对青椒维生素 C 含量试验结果进行分析,以青椒维生素 C 含量为因变量,氮、磷、钾、灌水量为变量,进行多元回归分析,可以得到水肥与青椒维生素 C 含量之间的数学回归方程

$$y = 40 + 2.70x_1 + 1.09x_2 - 0.90x_3 - x_4 - 25x_2x_3 - 22.50x_2x_4 + 11x_3x_4 - 15x_1^2 - 1.15x_2^2 - 4.33x_3^2 - 16.82x_4^2.$$
 (1)

式中:y 为青椒维生素 C 含量; x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 分别为氮、磷、钾施用量、灌水量。对(1)进行显著性检验: $F = 15.3$, $P = 0.04 < 0.05$,因此,所建立的水肥耦合模型均显著,可用于生产预报,且有较高的可靠性。

用 t 检验方法对(1)式回归模型偏回归系数进行显著性检验,结果见表 3。

表 3 回归模型偏回归系数显著性检验

序号	t 值	P 值	结果
t_1	0.16	0.088	不显著
t_2	0.79	0.045	显著
t_3	-0.03	0.097	不显著
t_4	-0.64	0.054	不显著
t_5	-0.12	0.091	不显著
t_6	-1.10	0.030	显著
t_7	0.49	0.064	不显著
t_8	-0.98	0.036	显著
t_9	-0.75	0.047	显著
t_{10}	-2.83	0.002	极显著
t_{11}	-1.10	0.030	显著

注: $P < 0.01$ 为极显著, $P < 0.05$ 为显著。

2.2 主效应分析

从(1)式一次项和 t 检验结果可以看出,4 个因素对青椒维生素 C 含量影响的大小依次为磷施用量 > 氮施用量 > 钾施用量 > 灌水量,二次项灌水量 > 氮施用量 > 钾施用量 > 磷施用量,说明磷是构成的重要因素,钾对产量也有较大影响。

2.3 单因素效应分析

将回归模型中的氮、磷、钾、灌水量 4 因子中的 3 个固定在 0 水平,求得单因素对产量的偏回归子模型如下:

$$y = 40 + 2.7x_1 - 15x_1^2; \tag{2}$$

$$y = 40 + 1.09x_2 - 1.15x_2^2; \tag{3}$$

$$y = 40 - 0.90x_3 - 4.33x_3^2; \tag{4}$$

$$y = 40 - x_4 - 16.82x_4^2. \tag{5}$$

只考虑氮肥、磷肥、钾肥、灌水量单一因素对青椒维生素 C 含量的影响时,4 个因素均为曲线关系。处理水平 < 0 时,施肥量和灌水量增加,青椒维生素 C 含量随之升高;当处理水平 > 0 时,继续增加施肥量、灌水量,青椒维生素 C 含量却明显呈下降趋势。说明在一定范围内,单一因素的增加有利于青椒维生素 C 含量的积累,超过这个范围,将会有抑制作用,呈负相关关系。

从图 1 中可以看出,4 个因素对青椒维生素 C 含量的影响程度不同。钾肥的施用对青椒维生素 C 含量的影响效果明显,说明在实际生产中,应该重视钾肥的施用。

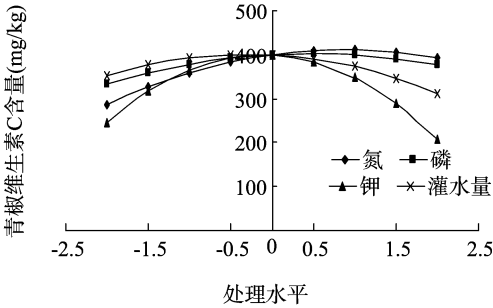


图 1 青椒维生素 C 含量与氮、磷、钾、灌水量单一因素的关系

2.4 互作效应分析

通过 t 检验可以看出,磷因子和水互作对青椒维生素 C 含量的影响效应显著,因此,将氮、钾因子固定为 0,分析磷因子和水的互作效应,得出公式 $y = 40 + 1.09x_2 - x_4 - 22.50x_2x_4 - 1.15x_2^2 - 16.82x_4^2$ 。

由图 2 可以看出,当灌水量水平固定为 0、磷施用量变化

时,青椒维生素 C 含量变化范围较小,说明灌水量 0 水平下,磷肥施用量的增加或减少对青椒维生素 C 含量影响较小。曲线变化趋势先上升后下降,说明磷水平 <0 时与维生素 C 含量为正相关关系,磷水平 >0 时为负相关关系。

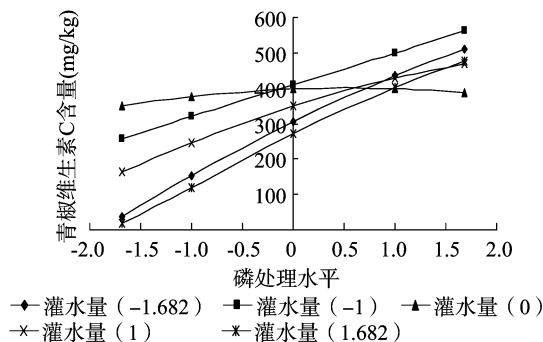


图2 青椒维生素 C 含量与磷、水互作相应的关系 (灌水量固定)

当灌水量为 -1.682 、 1.682 水平时,可以看出,青椒维生素 C 含量变化范围较大,在这 2 个水平下,磷肥施用量的增加或减少对青椒维生素 C 含量的变化影响较大。由曲线变化趋势可以看出,青椒维生素 C 含量与磷肥施用量呈正相关关系,说明在这 2 个灌水量水平下增加磷肥的施用量,可以显著提高青椒维生素 C 含量。同时,2 条曲线趋势相似,数值相似,说明当灌水量过多达到 1.682 水平时,和当灌水量较少达到 -1.682 水平时,磷肥对青椒维生素 C 含量的影响几乎相同。

当灌水量水平为 -1 时,曲线几乎呈直线趋势上升。说明当灌水量水平为 -1 时,磷肥施用量对青椒维生素 C 含量影响较大,且呈正相关线性趋势上升。

当灌水量水平为 1 时,曲线同灌水量水平为 -1 时趋势相同,但对青椒维生素 C 含量影响不同。同样说明,当灌水量水平为 1 时,磷肥施用量对青椒维生素 C 含量影响较大,且呈正相关线性趋势上升。

由图 3 可以看出,当施磷量固定时,分析每条曲线可以发现,在不同施肥水平下,灌水量对青椒维生素 C 含量的影响趋势不同。当磷水平较低时,青椒维生素 C 含量与灌水量呈正相关关系,如磷肥在 -1.682 、 -1 水平时,灌水量增加明显提高了青椒维生素 C 含量。说明当磷肥施用量较少时,可以适当提高灌水量,以促进青椒维生素 C 含量的积累。当磷肥在 0 水平时,随着灌水量增加,青椒维生素 C 含量先增加后降低。而磷肥水平较高时,青椒维生素 C 含量与灌

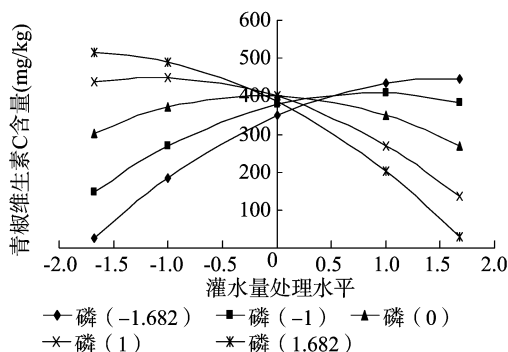


图3 青椒维生素 C 含量与磷、水互作相应的关系 (施肥量固定)

水量呈负相关关系,如磷肥在 1 、 1.682 水平时,当灌水量增加时青椒维生素 C 含量反而下降。说明当磷肥施用量较多时,应该减少灌水量,以促进青椒维生素 C 含量的积累。

3 结论与讨论

分析氮、磷、钾肥、灌水量对青椒维生素 C 含量的影响发现,在一定范围内增加单一量,能促进维生素 C 含量的积累,但是超过这个范围,继续增加单一因素,反而会降低维生素 C 含量。4 个因素对青椒维生素 C 含量的影响程度不同,钾肥的施用对青椒维生素 C 含量的影响效果明显。磷与水的交互作用对青椒品质的影响明显,当磷肥用量较少时宜增加灌水量,当磷肥用量较多时宜减少灌水量。施肥具有明显的调水作用,适量施用肥料可提高水分的利用效率。

综合考虑,得到一个最佳水肥组合:磷肥 292.5 kg/hm^2 ,钾肥 150 kg/hm^2 ,灌水量 260 mm ,氮肥 300 kg/hm^2 。

高艳明等认为,灌水量为影响青椒产量的主要因素^[10];黄科等认为,氮为影响青椒产量的主要因素^[11-12]。本试验可能是由于不同试验的土壤性状、供试品种、天气、田间管理措施等因素不尽相同,因此得到了不完全相同的结论。对于 2 种因素之间的交互作用,不同试验者得到的结论却是相似的,即 2 种因素在一定范围内都是呈正相关关系,而超过这一范围,呈负相关关系。比较分析维生素 C 含量的试验结果也如此。本试验结果是在日光温室内、灌水定额法、膜下滴灌灌水方式、穴施肥料等条件下进行的水肥耦合试验,可能存在一定的特定性,而为了得到更为准确的水肥组合配比,此后的类似试验可以缩小因素水平的范围。

参考文献:

- [1] 张竹青. 辣椒优质高产施肥技术研究进展[J]. 辣椒杂志, 2007, 5(3): 36-39.
- [2] 高树涛, 黄玲, 赵凯, 等. 磷肥不同用量对辣椒品质的影响[J]. 山东农业科学, 2009(1): 82-83.
- [3] 任媛媛, 张恩让, 胡华群, 等. 钾素对辣椒生长及产量的影响[J]. 西南农业学报, 2007, 20(5): 1044-1047.
- [4] 贯立茹, 张成军, 刘佳伟, 等. 氮肥施用量对温室彩椒产量及土壤硝酸盐含量的影响[J]. 中国蔬菜, 2011(22): 104-107.
- [5] 董俊霞, 魏成熙. 氮磷钾施用量对辣椒产量及品质的影响[J]. 山地农业生物学报, 2009, 28(5): 399-403.
- [6] 米国全, 程志芳, 赵肖斌, 等. 水氮耦合对日光温室番茄产量和土壤水、氮利用率的影响[J]. 华北农学报, 2013, 28(4): 174-178.
- [7] 张凤翔, 周明耀, 徐华平, 等. 水肥耦合对冬小麦生长和产量的影响[J]. 水利与建筑工程学报, 2005, 3(2): 22-24.
- [8] 徐岩, 于海业. 水肥耦合对日光温室生菜品质和产量影响效应的研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(8): 162-166.
- [9] 冯鹏, 王晓娜, 王清邴, 等. 水肥耦合效应对玉米产量及青贮品质的影响[J]. 中国农业科学, 2012, 45(2): 376-384.
- [10] 高艳明, 李建设, 田军仓. 日光温室滴灌辣椒水肥耦合效应研究[J]. 宁夏农学院学报, 2000, 21(3): 39-45.
- [11] 黄科, 刘明月, 蔡雁平等. 氮磷钾施用量与辣椒品质的相关性研究[J]. 江西农业大学学报: 自然科学版, 2002, 24(3): 363-367.
- [12] 黄科, 刘明月, 吴秋云, 等. 氮磷钾施用量与辣椒产量的相关性研究[J]. 江西农业大学学报: 自然科学版, 2002, 24(6): 772-776.