

钾肥施用量对设施辣椒生长的影响及生产效益分析

王 丽¹, 孙丽芳²

(1. 银川市农业技术推广服务中心, 宁夏 银川 750011; 2. 中国林业科学研究院 华北林业实验中心, 北京 102300)

摘 要:以设施辣椒为试材, 采用钾肥不同梯度施用量的方法, 研究了钾肥施用量对设施辣椒的生长指标、产量及施用效益的影响, 以期为宁夏设施辣椒高效生产提供理论依据。结果表明: 当氧化钾施用量低于 $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时, 钾肥对设施辣椒的生长有一定促进作用, 增施钾肥增产效果明显; 钾肥用量与辣椒产量之间呈现抛物线分布, 当氧化钾施用量低于 $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时, 辣椒产量随钾肥用量的增加而增加。该地区最高产量氧化钾施用量为 $315.4 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 综合分析钾肥价格及辣椒价格, 得出最大经济效益氧化钾施用量为 $177.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

关键词:设施辣椒; 钾肥用量; 生产效益

中图分类号:S 641.326.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)14-0047-04

辣椒是主要的蔬菜和调味品之一, 属喜钾作物, 在整个生育期中对钾的需求都很大。作物施用钾肥可促进光合产物运转、根系发育, 增强作物抗倒伏、抗旱和抗病能力。辣椒若想获得高产, 必须加大肥料投入量, 尤其钾肥能显著促进辣椒产量的形成。但目前设施内多以化学氮肥为主, 造成土壤中养分比例不协调、肥效降低, 环境污染的同时还会引起辣椒产量的降低^[1-3]。

长期的设施种植会导致土壤中钾素贮量处于过度消耗状态, 但过量肥料投入又会引起土壤养分比例失调, 增加盐分累积, 降低肥料利用率^[4-5]。钾素的丰缺与植物叶片结构、水分等状况密切相关, 钾还能提高作物对氮、磷的吸收和利用^[6], 合理增施钾肥可显著提高作物产量、改善品质, 增强抗病能力^[7]。但长期以来, 农民施肥多以经验施肥为主, 肥料品种、用量、施用时期均不清晰, 导致肥料用量过高、比例不合适, 肥料利用率较低, 极大的加重了辣椒生产成本^[8-10]。孙权等^[11]研究认为单独施用钾肥对辣椒产量的贡献较低, 但当有机肥与

钾肥配合条件下增产效果明显。研究表明辣椒追施钾肥有明显增产效应, 硫酸钾施用量为 $75 \sim 375 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 均能促进增产, 但净增产值以追 $262.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 最高, 肥料利润率以 $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 最高^[10,12-13], 宁夏南部丘陵区辣椒施钾量以 $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 最适宜^[14]。

为了达到宁夏设施辣椒高产高效栽培的目标, 现通过研究钾肥用量对设施辣椒生长发育和产量以及经济效益的影响, 以肥效方程为基础, 提供设施辣椒高产高效栽培的钾肥最佳施用量, 以期为保障宁夏设施辣椒可持续发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于宁夏银川市兴庆区昆仑设施园区日光温室内, 试验地年均气温 8.5°C , 年均降水量 200 mm , 年均日照时数 $2\,880 \text{ h}$, 无霜期 185 d 。土壤类型为灌淤土, 质地为中壤。土壤基本化学性质见表 1。

表 1

供试土壤基本化学性质

Table 1

The basic chemical property of the tested soil

深度 Depth /cm	pH	全盐 Total salt /($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	有机质 Organic matter /($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	全氮 Total N /($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	全磷 Total P /($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	碱解氮 Available N /($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	有效磷 Available P /($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	速效钾 Available K /($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
0~20	8.15	0.62	10.02	0.22	1.05	40.31	38.51	111.04
20~40	8.33	0.66	8.14	0.16	0.81	32.05	27.87	85.20

1.2 试验材料

供试辣椒品种为“长剑 1 号”。

1.3 试验方法

辣椒于 2015 年 3 月中旬定植, 株距 45 cm , 行距 50 cm , 垄沟 0.6 m , 垄面 0.8 m , 垄长 6.5 m 。采用单因

第一作者简介:王丽(1980-), 女, 硕士, 农艺师, 现主要从事设施蔬菜高效栽培等研究工作。E-mail: 547256716@qq.com.

基金项目:宁夏农业综合开发资助项目(YCKJ1408, YCKJ1405)。

收稿日期:2016-02-14

素 6 水平(NPK₀、NPK₁、NPK₂、NPK₃、NPK₄、NPK₅)随机区组设计,小区面积 45.5 m²,重复 5 次。全生育期氧化钾用量为 0、75、150、225、300、375 kg·hm⁻²,磷钾肥全部基施,氮肥 1/3 基施,2/3 分 8 次追施,氮磷施用量分别为 N 600 kg·hm⁻²,P₂O₅ 300 kg·hm⁻²,其中氮肥品种为尿素、磷肥品种为重过磷酸钙、钾肥品种为硫酸钾。

1.4 项目测定

用钢卷尺测定从辣椒基部到顶端的垂直高度,用游标卡尺测定辣椒离地 5 cm 处的茎粗,用直尺测定辣椒垂直投影范围,用 SPAD-502 叶绿素仪器测定辣椒叶片 SPAD 值,各小区单次记产后累加,折合公顷产量。

1.5 数据分析

利用 SAS 8.1 软件对设施辣椒长势及产量进行显著性检验,显著性水平为($P < 0.05$, $n=5$)。

2 结果与分析

2.1 钾肥施用量对设施辣椒株高的影响

钾与氮、磷不同,它不是植物体内有机化合物的成分。迄今为止,尚未在植物体内发现含钾的有机化合物,钾呈离子状态溶于植物汁液之中,其主要功能与植物的新陈代谢有关。由于钾离子能较多地累积在作物细胞之中,使细胞渗透压增加并使水分从低浓度的土壤溶液中向高浓度的根细胞中移动。钾素是活跃的阳离子,向新生部位运输较快,且作为光合作用及蛋白质等物质运输的促进剂,随同化物质从营养器官向生殖器官运输。钾肥施用量对设施辣椒关键生育期株高的影响详见图 1。

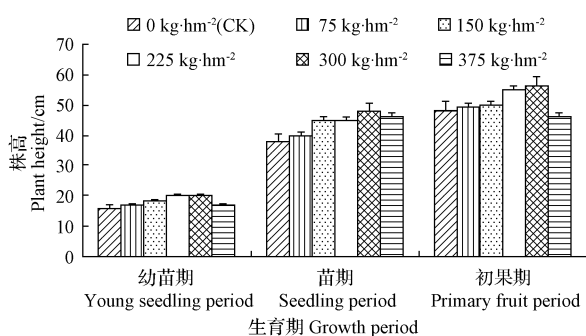


图 1 钾肥施用量对辣椒株高的影响

Fig. 1 Effect of potassium application dosage on plant height of greenhouse pepper

由图 1 可知,幼苗期辣椒很难利用土壤养分,钾肥施用量辣椒的株高与对照间的差异不显著。进入苗期以后,辣椒幼根萌发,对钾肥反应明显,辣椒株高迅速增加,随着钾肥施用量的增加,辣椒株高比对照显著增加。然而,高用量的钾处理对辣椒株高增加的影响不大。随着辣椒营养生长向生殖生长的转移,钾的吸收量不断增加,辣椒株高迅速增加,随施钾量增加株高差异显著。

2.2 钾肥施用量对设施辣椒茎粗的影响

根茎是植物的输导器官,它能够把根吸收的水分及各种营养元素输送给植物的各个器官,供给植物进行营养生长和生殖生长。而根茎的粗细体现出传导能力的强弱,反映了植物抗倒伏能力及植物的生长状况。由图 2 可知,钾肥施用量对辣椒茎粗增加影响不显著,而高量施钾(>300 kg·hm⁻²)茎粗受抑制且有下降趋势。

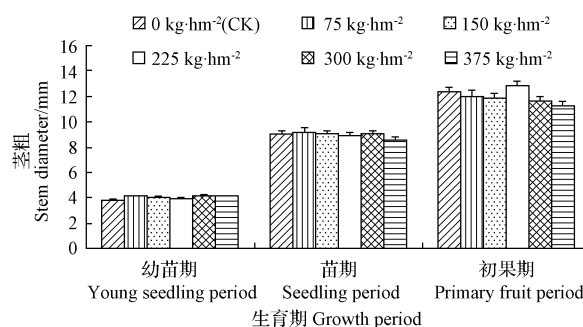


图 2 钾肥施用量对辣椒茎粗的影响

Fig. 2 Effect of potassium application dosage on stem diameter of greenhouse pepper

2.3 钾肥施用量对设施辣椒冠幅的影响

冠幅是辣椒由营养生长进入生殖生长后的一个重要指标。在辣椒开始分叉时,冠幅开始形成,这是构成产量的重要因素之一。协调的冠幅可以使辣椒光合利用率增加,为辣椒果实提供适宜的附着位点。图 3 表明,冠幅大小与施钾量高低有密切关系。从幼苗期开始辣椒吸收钾对冠幅影响明显,随施钾量增加辣椒冠幅增大。75~300 kg·hm⁻² 钾浓度显著促进冠幅增加,更高的钾则产生反作用。初果期各钾肥处理与对照处理间差异极显著,冠幅随着施钾量的增加而增加,处理间达到 5% 显著水平。当施钾量达到 300 kg·hm⁻² 时冠幅最大,施钾量大于 300 kg·hm⁻² 时,冠幅显著减小。这可能是由于初果期辣椒生长旺盛,当冠幅增大到一定程度时,由于群体效应使辣椒在高施钾量条件下延长了其营养生长期。

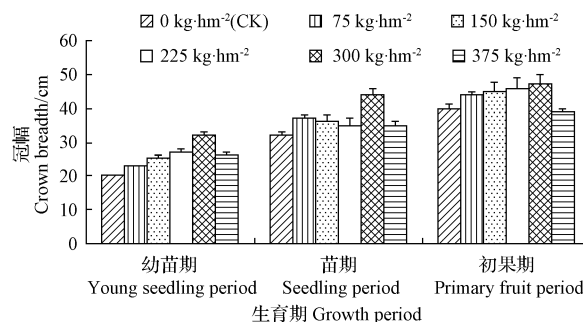


图 3 钾肥施用量对辣椒冠幅的影响

Fig. 3 Effect of potassium application dosage on crown breadth of greenhouse pepper

2.4 钾肥施用量对设施辣椒叶绿素含量的影响

叶绿素含量反映了蔬菜营养情况和健康状况,是植物生理研究中的一重要指标。钾多存在于作物幼嫩的富有原生质的组织和细胞里,是多种酶的活化剂,能有效提高光合作用的强度,调节气孔的开闭,还能提高作物对氮磷的吸收利用,并很快转化为蛋白质。从图4可以看出,在辣椒生长过程中,钾肥施用量处理对叶绿素 SPAD 值有很大的影响。从幼苗期到初果期叶绿素含量逐渐增加,低施钾处理叶绿素含量均显著高于对照;高钾量 $375 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的叶绿素 SPAD 值显著减小,苗期随着钾肥量的增加,叶绿素含量也逐渐增加。当施钾量在 $75 \sim 300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 范围时,叶绿素含量极显著增加,但施钾量超过 $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时叶绿素含量下降,而且处理间差异不显著。

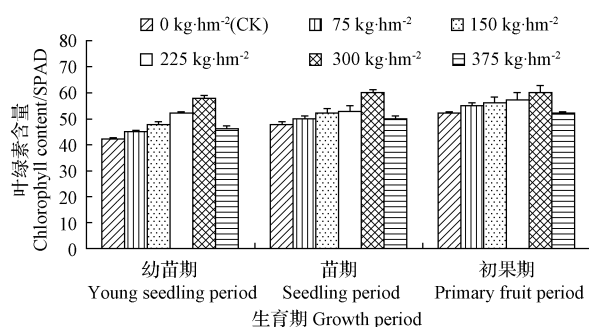


图4 钾肥施用量对辣椒叶绿素含量的影响

Fig. 4 Effect of potassium application dosage on chlorophyll content of greenhouse pepper

2.5 钾肥施用量对设施辣椒产量的影响

钾是植物的主要营养元素,同时也是土壤中常因供应不足而影响作物产量的三要素之一。钾能促进辣椒株高、冠幅和叶绿素相对含量的增长,对增加辣椒茎粗影响不显著,高量施钾($>300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)茎粗受抑制表现为下降趋势。钾素能够有效提高光合作用的强度,促进碳水化合物的形成与运转,还能促进叶片中的糖向果实转运,促进氮的吸收与代谢,并调节碳氮代谢平衡,在一定程度上消除氮过剩的不良影响,降低植株体内硝酸盐含量,并提高作物产量等。施钾肥水平不同对辣椒产量有较大影响。

由图5可以看出,施钾量与辣椒产量表现为近似的抛物线式,即当施钾量低于 $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,随施钾量的增加,辣椒产量增加,但施钾量再增加会导致产量下降。当施钾量为 $75, 150, 225, 300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,辣椒产量比不施钾肥的对照处理分别增产 $22.0\%, 46.7\%, 67.4\%$ 和 78.9% 。这说明设施辣椒生产中合理的钾肥用量是获得高产的关键因素之一。

2.6 设施辣椒钾肥合理施用量及经济效益分析

钾素能够有效提高光合作用的强度,从而提高作物

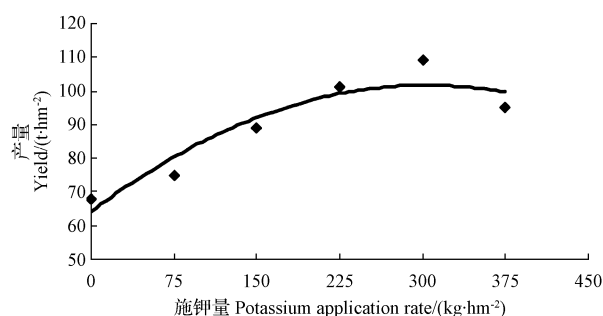


图5 钾肥施用量对设施辣椒产量的影响

Fig. 5 Effect of potassium application dosage on yield of greenhouse pepper

产量。但钾素更多的被称为品质元素,是作物需要的基本物质之一,增施钾肥常常能促进作物产量和品质的提高。然而,过量施钾肥会导致作物产量的下降。国内外较多的钾肥试验结果表明,钾肥用量(x)与产量(Y)之间的关系可以用一元二次方程 $Y=c+bx+ax^2$ ($a>0$) 表示。对不同试验条件下的施钾量与辣椒产量之间的关系进行了模拟,得到二者之间的相关关系为 $y=63.857+0.2523x-0.0004x^2$, $R^2=0.9019$ 。钾肥的一次项系数为正,而二次项系数为负,表明了典型的抛物线性关系,符合肥料效应的报酬递减规律,而决定系数则表明辣椒产量 90% 依存于施钾量。

合理的养分管理是以作物的生长和元素吸收规律为中心,保证作物生长必要的耕层土壤钾素水平,实现土壤-作物体系钾素的输出输入过程的平衡,让农民在减少投入的情况下,保证作物的产量和品质不受到影响,从而达到经济效益和环境效益增加。已有的研究表明,当施钾量最高时,经济效益和产投比均大幅度下降。从经济效益与成本投入角度来考虑,在单位面积上取得相同净产值的情况下(仅以肥料为唯一成本核算),低投入的肥料组合为较理想方案。根据边际分析原理,当 $\partial y/\partial x=0$ 时,辣椒产量最高,并可计算最高产量施钾量 $K_{2Omax}=315.4 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$;而当 $\partial y/\partial x=p_x/p_y$ 时,经济效益最大,并可以计算最大经济效益施钾量。当季钾素单价为 $P_x=8400 \text{ 元} \cdot \text{t}^{-1}$,而辣椒单价仅 $P_y=2000 \text{ 元} \cdot \text{t}^{-1}$,从而得到最大经济效益施钾量 K_2O 的 $opt=177.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

施肥是促进作物增产的主要手段,而施肥成本占农业生产成本的 50% 左右,提高肥料的经济效益就能够提高种植业的经济效益。该试验中肥料的成本为, $N 3.9 \text{ 元} \cdot \text{kg}^{-1}$, $P_2O_5 6.2 \text{ 元} \cdot \text{kg}^{-1}$, $K_2O 8.4 \text{ 元} \cdot \text{kg}^{-1}$,辣椒平均售价 $2.0 \text{ 元} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。由表2可以看出,单施有机肥及氮磷低肥时,设施辣椒当季的产投比也较高,但总收益最低。产投比大于对照的施钾量为 $75 \sim 375 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,总收益最高为施钾 $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,此时

表 2

钾肥施用量对设施辣椒经济效益的影响

Table 2

Effect of potassium application dosage on profits of greenhouse pepper

施钾量 Potassium application rate /(kg·hm ⁻²)	产量 Yield /(t·hm ⁻²)	增产率 Increase yield rate /%	肥料成本 Fertilizer cost /(元·hm ⁻²)	产值 Output value /(元·hm ⁻²)	经济效益 Economic profits /(元·hm ⁻²)	产投比 Production-devotion ratio
0	61.16	0	11 805	122 317	110 512	10.36
75	74.60	21.98	12 435	149 200	136 765	12.00
150	89.70	46.67	13 065	179 400	166 335	13.73
225	102.40	67.43	13 695	204 800	191 105	14.95
300	109.40	78.88	14 325	218 800	204 475	15.27
375	96.80	58.28	14 955	193 600	178 645	12.95

进一步增加施钾量,总收益会降低,至 375 kg·hm⁻² 高量施钾,辣椒开始减产,经济效益和产投比均呈下降趋势。

3 结论

在满足辣椒对氮、磷肥需求的前提下,施用钾肥对辣椒生长有一定促进作用,氧化钾施用量 300 kg·hm⁻² 范围内增产效果明显。该地区设施辣椒最高产量氧化钾施用量为 315.4 kg·hm⁻²,从经济效益与成本投入角度来考虑,通过边际分析原理可以确定最大经济效益氧化钾施用量为 177.5 kg·hm⁻²。

参考文献

- [1] 马文娟,同延安,高义民,等.平衡施肥对线辣椒产量、品质及养分累积的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2010(1):161-166.
- [2] 韩德强.不同肥力下钾肥施用量对循环地膜线辣椒产量及品质影响[J].北方园艺,2014(17):169-171.
- [3] 汤宏,张杨珠,侯金权,等.不同施肥条件下夏季辣椒的生长发育与养分吸收规律研究[J].土壤通报,2012,43(4):890-895.
- [4] 周博,陈竹君,周建斌.水肥调控对日光温室番茄产量、品质及土壤养分含量的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2006,34(4):

58-62.

- [5] 赵贞祥,杨永岗,张二喜,等.旱地辣椒栽培中密度,氮,磷及钾肥因子的优化[J].土壤,2013,45(4):628-632.
- [6] 陈宪军.钾肥的作用[J].吉林农业,2007(8):33.
- [7] 马乔玲,张炎,李青军,等.钾肥施用对加工番茄产量及效益的影响[J].新疆农业科学,2013,50(11):2046-2053.
- [8] 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.
- [9] 周开芳,杨淑涯.磷,钾肥不同施用量对辣椒生长及产量的影响[J].长江蔬菜,2015(6):16.
- [10] 赵美令.不同肥料配比对辣椒生长产量的影响[J].现代园艺,2008(12):43-45.
- [11] 孙权,郭鑫年,李建设,等.宁夏引黄灌区日光温室辣椒高产施肥量及配比研究[J].西北农业学报,2010,19(4):110-114.
- [12] 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].西南大学学报(自然科学版),2002,24(3):349-352.
- [13] 张诗莹,李正丽,朱文超,等.氮磷钾配施对辣椒产量和效益的影响[J].耕作与栽培,2015(5):33-34.
- [14] 吴晓丽,马婷慧,郝永祯.宁南山区肥料施用量对设施辣椒产量的影响[J].北方园艺,2013(2):43-45.

Effect of Potassium Dosage on Greenhouse Pepper and Production Efficiency

WANG Li¹, SUN Lifang²

(1. Yinchuan Agricultural and Technical Extension and Service Center, Yinchuan, Ningxia 750011; 2. Experimental Center of Forestry in North China, Chinese Academy of Forestry, Beijing 102300)

Abstract: Taking greenhouse pepper as the experimental material, using the method for different gradient of potassium application dosage, the effect of potassium application dosage on growth index, yield and economic profits of greenhouse pepper was studied to provide basis for efficient production of pepper in Ningxia. The results showed that when the content of potassium oxide below 300 kg·hm⁻², potassium fertilizer had a certain effect on the growth of pepper, as well as increasing production obviously. The relationship between potassium dosage and hot pepper production showed a parabolic distribution, the yield of pepper increased with the increase of the amount of potassium when the content of potassium oxide below 300 kg·hm⁻², the highest yield of potassium fertilizer in the area was 315.4 kg·hm⁻², the maximum economic profits of potassium dosage was 177.5 kg·hm⁻² by potash and hot pepper prices was comprehensive analysed.

Keywords: greenhouse pepper; potassium dosage; production efficiency