

化肥减量配施菌肥和黄腐酸肥对辣椒生长与肥料利用率的影响

郑剑超

(新疆生产建设兵团第十二师农业科学研究所 乌鲁木齐 830088)

摘要:为研究减施化肥对辣椒生长发育和肥料利用率的影响,为辣椒提质增效和可持续发展提供一定理论依据,以辣椒品种 602 和金龙一号为试材,采用随机区组试验,设计 12 个处理,2 个品种分别设计 CK0 为常规施肥、CK 为常规施肥+菌肥+黄腐酸肥、JF40%为基肥施用化肥减 40%+菌肥+黄腐酸肥、ZF20%为追施高钾肥减 20%+菌肥+黄腐酸肥、ZF40%为追施高钾肥减 40%+菌肥+黄腐酸肥和 KB 为不施用任何肥料。结果表明,2 个辣椒品种的株高均表现为随着化肥施用量减少呈降低趋势。2 个品种茎粗均表现为 CK 处理大于 CK0 处理。602 ZF20%处理的 SPAD 值最高,金龙一号 CK 处理的 SPAD 值最高。氮肥利用率、磷肥利用率和肥料偏生产力均以 JF40%最高。602 ZF20%处理的产量最高,分别比 CK0、CK、JF40%、ZF40%和 KB 高 5.71%、4.01%、2.05%、7.00%和 18.34%。金龙一号 CK 处理的产量较高,分别比 CK0、JF40%、ZF20%、ZF40%和 KB 高 5.24%、2.61%、1.65%、7.35%和 25.47%。综上所述,在设施辣椒生产中增施生物菌肥和黄腐酸,可减少一定的化肥用量,但综合考虑株高、茎粗、SPAD 值、肥料利用率和产量等指标,以减施追肥 20%表现较优。

关键词:辣椒;菌肥;黄腐酸肥;生长发育;肥料利用率;化肥减施

中图分类号:S606+.2+S641.3

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2022)12-058-06

Impacts of chemical fertilizer reduction combined with bacterial fertilizer and fulvic acid fertilizer on the growth and fertilizer utilization of pepper

ZHENG Jianchao

(Agricultural Science Research Institute of the Twelfth Division of XPCC, Urumqi 830088, Xinjiang, China)

Abstract: The research aimed to study the effect of chemical fertilizer reduction on the growth and fertilizer utilization rate of pepper, so as to provide a theoretical basis for improving the quality, efficiency and sustainable development of facility pepper. Pepper 602 and Jinlongyihao were used as test materials, 12 treatments were designed by randomized block test. CK0 was designed as conventional fertilization in two varieties, CK was bacterial fertilizer under conventional fertilization+microbial fertilizer+fulvic acid fertilizer, JF40% was base fertilizer with chemical fertilizer reduced by 40%+microbial fertilizer+fulvic acid fertilizer, ZF20% was topdressing with water soluble fertilizer reduced by 20%+microbial fertilizer+fulvic acid fertilizer, ZF40% was topdressing with water soluble fertilizer reduced by 40%+microbial fertilizer+fulvic acid fertilizer and KB was no fertilizer. The plant height of pepper varieties 602 and Jinlongyihao showed a downward trend with the decrease of fertilizer. The stem diameter of CK treatment was higher than that of CK0. The SPAD value of pepper 602 was higher in ZF20% treatment, and the SPAD value of pepper Jinlongyihao was higher in CK treatment. The nitrogen use efficiency, phosphorus use efficiency and fertilizer partial productivity of the two varieties were higher in JF40% treatment, and the potassium use efficiency was higher in ZF20% treatment. The yield of pepper 602 was higher in ZF20% treatment than CK0, CK, JF40%, ZF40% and KB by 5.71%, 4.01%, 2.05%, 7.00% and 18.34%, respectively. The yield of Jinlongyihao pepper under CK treatment was higher than that under CK0, JF40%, ZF20%, ZF40% and KB by 5.24%, 2.61%, 1.65%, 7.35% and 25.47%, respectively. In the production of greenhouse pepper, increasing the application of biological fungus fertilizer and fulvic acid could reduce the amount of chemical fertilizer to a certain extent, but considering the plant height, stem diameter, SPAD value, fertilizer utilization rate and yield, it was better to reduce the application of top fertilizer by 20%.

Key words: Pepper; Microbial fertilizer; Fulvic acid fertilizer; Growth and development; Fertilizer utilization rate; Fertilizer reduction

收稿日期:2022-03-30;修回日期:2022-08-08

基金项目:新疆生产建设兵团第十二师科技攻关项目(SR2019010)

作者简介:郑剑超,男,在读硕士研究生,研究方向为作物高产高效栽培生理生态。E-mail:zgxcjzc@126.com

辣椒(*Capsicum annuum* L.)属木兰纲茄科辣椒属一年或有限多年生草本植物。我国辣椒种植面积及产量均呈逐年增长态势,南北方均广泛种植^[1]。2020年我国辣椒种植面积为200万hm²,其中设施栽培辣椒占26%。辣椒富含丰富的维生素C、蛋白质、可溶性糖和辣椒素等,营养价值高,其中辣椒果实维生素C含量位居所有蔬菜之首,比番茄还要高10倍。随着新疆农业种植结构转型升级,设施农业快速发展,日光温室种植已成为农业增效和农民增收的重要产业,辣椒已是新疆日光温室主栽作物之一^[2]。辣椒对氮、磷、钾的需求都较高,对施肥技术也有较高的要求。在生产中,种植农户为了达到增产的目的,过量施入化肥,而且在重施化肥、轻施有机肥的现象^[3]。种植农户不合理的施肥方式不仅造成肥料利用效率低,土壤环境恶化,而且也制约了设施辣椒产业的可持续发展^[4]。

微生物菌肥含有大量的有益微生物,通过有益微生物的活动直接或者间接分解、合成植物生长需要的矿质营养及其他成分,以改善土壤团粒结构和恢复土壤微生态平衡^[5]。施用微生物菌肥可促进农作物生长,增强农作物抗病性与抗逆性,从而改善农作物品质与提高产量^[6]。李涛等^[7]研究认为在不降低产量的基础上配施生物菌肥,能够提高土壤肥力和蔬菜品质。周进^[8]研究发现生物菌肥替代化肥量30%可提高辣椒光合特性和产量,改善品质。张志刚等^[9]研究发现,随着生物菌肥替代化肥量的增加,辣椒株高、株幅、果长、果粗、单果质量和产量呈上升趋势,施用生物菌肥显著地促进了辣椒叶片对矿质元素的利用和积累。黄腐酸为腐殖酸中一种灰褐色、粉末状芳香族类高分子有机化合物,溶解度极高,生物活性强,由于黄腐酸分子量较小易被植物吸收利用,参与调节植物生长过程,从而增加植物抗逆性的功

能^[10]。高原等^[11]研究发现,在减施化肥常规用量的30%下底肥配施黄腐酸肥料可保持辣椒较高的产量和品质,而减施15%的化肥可以大幅提升辣椒植株的生长发育水平和碳代谢酶活性,进而显著提高其产量和品质。谢亚楠等^[12]研究发现,在常规施肥基础上基施黄腐酸微生物菌剂40kg·667m²和追施黄腐酸营养液15kg·667m²,可显著提高辣椒的产量和品质。在化肥减施下施用生物菌肥和黄腐酸肥对辣椒是否仍能保持其增产和改善品质等研究还鲜见报道。因此,笔者通过研究在化肥减施下增施生物菌肥和黄腐酸肥对辣椒生长发育和肥料利用率的影响,以期探明辣椒对增施生物菌肥和黄腐酸肥的响应机制,为设施辣椒的提质增效和可持续发展提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

试验于2020年在新疆建设兵团第十二师农业科学研究所园区设施温室中进行。试验地0~20cm土壤耕层基本理化性状为:EC值0.46,pH值8.27,有机质含量(w,后同)28.7g·kg⁻¹,水解性氮含量192.2mg·kg⁻¹,有效磷含量90.6mg·kg⁻¹,速效钾含量902mg·kg⁻¹。试验辣椒品种为602(购自北京市农林科学院蔬菜研究中心)和金龙一号(购自安徽砀山良禾种业有限公司)。

1.2 试验设计

试验设计12个处理,2个品种分别设计CK0为常规施肥处理(本地种植正常施肥)、CK为常规施肥+菌肥+黄腐酸肥、JF40%为基肥施用化肥减40%处理+菌肥+黄腐酸肥、ZF20%为追施高钾肥减20%处理+菌肥+黄腐酸肥、ZF40%为追施高钾肥减40%处理+菌肥+黄腐酸肥,KB为不施用任何肥料处理,施肥情况见表1。试验在设施

表1 生育期施肥情况

(kg·667m²)

处理	4月12日		5月27日		6月5日		6月15日		6月30日		7月13日		7月26日		合计		
	FHF	JF	GKF	HFS	GKF	HFS	GKF	HFS	GKF	HFS	GKF	HFS	GKF	HFS	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
CK0	40.00	0.00	5.00	0.00	6.00	0.00	6.00	0.00	6.00	0.00	6.00	0.00	5.00	0.00	9.00	8.10	19.60
CK	40.00	80.00	5.00	0.00	6.00	1.00	6.00	1.00	6.00	1.00	6.00	1.00	5.00	0.50	9.00	8.10	19.60
JF40%	24.00	80.00	5.00	0.50	6.00	1.00	6.00	1.00	6.00	1.00	6.00	1.00	5.00	0.50	6.76	5.54	17.20
ZF20%	40.00	80.00	4.00	0.50	4.80	1.00	4.80	1.00	4.80	1.00	4.80	1.00	4.00	0.50	8.32	7.76	16.88
ZF40%	40.00	80.00	3.00	0.50	3.60	1.00	3.60	1.00	3.60	1.00	3.60	1.00	3.00	0.50	7.64	7.42	14.16
KB	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注:FHF为洋丰硫酸钾复合肥,氮、磷、钾质量比为14:16:15;JF为可施可力枯草芽孢杆菌颗粒剂,有效活菌数大于5亿·g⁻¹;GKF为济宁市金益菌生物科技公司高钾肥,氮、磷、钾质量比为10:5:40+TE;HFS为济宁市金益菌生物科技公司的黄腐酸钾菌动力肥,有机质含量(w,下同)68%,氧化钾13%,活性菌2亿·g⁻¹。

温室中进行,采用随机区组设计,各小区面积40 m²。宽行距80 cm、窄行距40 cm,株距为40 cm。

1.3 项目测定

在2020年7月15日,各处理随机取3个点,每点连续选取辣椒植株10株测量其株高和茎粗。各处理随机取3个点,每点连续选取辣椒植株10株用TYS-3N植株养分测定仪测倒三叶的叶绿素含量相对值(SPAD值)和氮素值。在试验后期各处理随机取3个点,每点取5株植株,按根、茎、叶、果实等不同器官分开,在105℃杀青30 min后,80℃烘至恒质量,测定其干质量。烘干的植株样品经粉碎,过0.5 mm筛,用奈氏比色法测定全氮含量,钒钼黄吸光度法测定全磷含量,火焰光度法测定全钾含量^[13]。

肥料利用率/%=(施肥区农作物吸收养分量-无肥区农作物吸收养分量)/(肥料使用量×肥料中的养分含量百分比)×100。

肥料农学利用率/(kg·kg⁻¹)=(施肥区产量-无肥区产量)/施肥量。

肥料偏生产力/(kg·kg⁻¹)=施肥区产量/施肥量。

1.4 数据分析

采用Microsoft Excel 2010和DPS 7.05分析试验数据,采用Duncan's新复极差法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

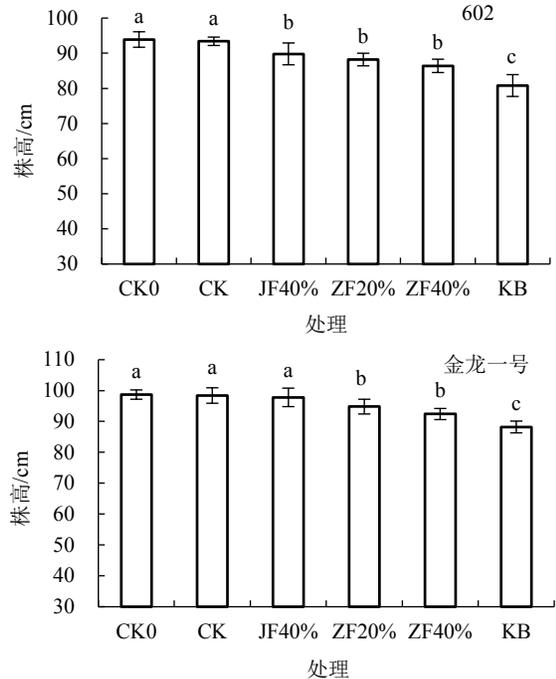
2.1 化肥减施对辣椒株高的影响

由图1可知,602各处理株高以CK0处理为最高,且与CK处理差异不显著,但显著高于其他处理;JF40%、ZF20%和ZF40%处理间差异不显著,但均显著高于KB处理。金龙一号各处理株高也以CK0处理为最高,且与CK和JF40%处理差异不显著,但显著高于其他处理;ZF20%和ZF40%处理间差异不显著,但均显著高于KB处理。研究结果表明辣椒株高随着肥料的减少呈下降趋势。

2.2 化肥减施对辣椒茎粗的影响

由图2可知,品种602各处理茎粗表现为ZF20% > CK > JF40% > CK0 > ZF40% > KB,CK0、CK、JF40%和ZF20%处理间差异不显著,但均显著高于其他处理。金龙一号各处理茎粗表现为CK > CK0 > JF40% > ZF20% > ZF40% > KB,CK0、CK、JF40%和ZF20%处理间差异不显

著,但均显著高于其他处理。2个品种茎粗CK均大于CK0,说明增施生物菌肥可增加植株茎粗。2个品种CK0、CK、JF40%和ZF20%处理间茎粗均差异不显著,说明适当减施化肥,增施生物菌肥对辣椒茎粗影响不大。



注:不同小写字母表示不同处理间在0.05水平差异显著。下同。

图1 化肥减施对辣椒株高的影响

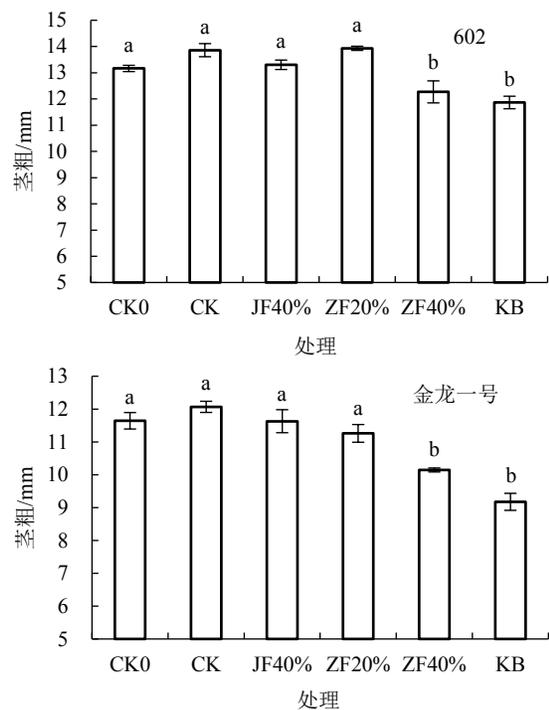


图2 化肥减施对辣椒茎粗的影响

2.3 化肥减施对辣椒叶片 SPAD 值和氮素值的影响

由表 2 可知,品种 602 各处理中 SPAD 值以 ZF20%处理最高,与 JF40%处理差异不显著,但显著高于其他处理。金龙一号各处理中 SPAD 值以 CK 处理最高,与 JF40%和 ZF20%处理差异不显著,但显著高于其他处理。说明在减施化肥条件下增施生物菌肥和黄腐酸可以改善叶片生理活性,增加 SPAD 值,有利于辣椒光合作用。602 各处理氮素值以 ZF20%处理最高,金龙一号各处理氮素值以

表 2 化肥减施对辣椒叶片 SPAD 值和氮素值的影响

处理	602		金龙一号	
	SPAD 值	氮素值/ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	SPAD 值	氮素值/ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)
CK0	55.88±1.95 b	3.79±0.01 a	43.05±2.11 b	2.98±0.02 a
CK	56.98±3.41 b	3.92±0.01 a	45.57±1.40 a	3.21±0.04 a
JF40%	58.21±3.42 a	3.95±0.03 a	44.25±1.58 a	3.04±0.02 a
ZF20%	59.22±2.54 a	4.06±0.02 a	45.12±3.05 a	3.13±0.01 a
ZF40%	54.91±3.41 b	3.51±0.01 b	42.14±2.34 b	2.51±0.01 b
KB	52.01±1.59 c	3.25±0.02 c	40.62±1.98 c	2.27±0.02 c

注:同列数据后不同字母表示不同处理间在 0.05 水平差异显著。下同。

CK 处理最高,2 个品种均表现为 CK0、CK、JF40%和 ZF20%处理间差异不显著,但均显著高于 ZF40%和 KB 处理。

2.4 化肥减施对辣椒肥料利用率的影响

由表 3 可知,2 个品种氮肥利用率均以 JF40%最高,均与 ZF20%和 ZF40%处理差异不显著,显著高于其他处理;CK 处理氮肥利用率显著高于 CK0 处理。2 个品种磷肥利用率均以 JF40%最高,均与 ZF20%和 ZF40%处理差异不显著,显著高于其他处理;CK 与 CK0 处理磷肥利用率差异不显著。2 个品种钾肥利用率以 ZF20%最高,均与 JF40%和 ZF40%处理差异不显著,显著高于其他处理;CK 处理钾肥利用率显著高于 CK0。602 肥料农学利用率以 ZF20%最高,与 JF40%处理差异不显著,但显著高于其他处理;金龙一号肥料农学利用率以 JF40%处理最高,与 CK 和 ZF20%处理差异不显著,显著高于其他处理。2 个品种肥料偏生产力均以 JF40%最高,CK0 最低,JF40%、CK0 与其他处理差异均达显著水平;602 的 ZF20%和 ZF40%处理差异不显著,但均显著高于 CK0 和 CK 处理;金龙一号 CK 和 ZF20%处理差异不显著,但均显著高于 CK0 处理。

表 3 化肥减施对辣椒肥料利用率的影响

品种	处理	氮肥利用率/%	磷肥利用率/%	钾肥利用率/%	肥料农学利用率/ $(\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1})$	肥料偏生产力/ $(\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1})$
602	CK0	25.16±0.35 c	16.34±0.10 b	40.21±1.24 c	11.24±0.02 b	105.26±3.95 d
	CK	28.41±0.41 b	17.62±0.08 b	42.51±2.10 b	12.21±0.05 b	110.84±2.51 c
	JF40%	34.54±0.37 a	20.64±0.24 a	45.62±1.41 a	17.63±0.01 a	128.07±4.28 a
	ZF20%	33.24±0.81 a	19.86±0.34 a	45.85±0.98 a	17.67±0.11 a	114.04±6.14 b
	ZF40%	33.65±0.12 a	20.14±0.51 a	44.82±0.85 a	11.28±0.05 b	117.66±3.21 b
金龙一号	CK0	24.21±0.67 c	15.48±0.21 b	38.96±1.26 c	10.55±0.04 b	65.45±5.67 d
	CK	26.31±0.61 b	16.46±0.33 b	40.85±0.90 b	13.18±0.07 a	67.94±4.51 c
	JF40%	31.28±0.37 a	19.82±0.51 a	43.21±2.31 a	14.37±0.10 a	78.86±5.10 a
	ZF20%	30.62±0.81 a	18.67±0.67 a	43.76±2.04 a	13.19±0.04 a	69.46±2.59 c
	ZF40%	30.92±0.24 a	19.05±0.32 a	43.02±1.09 a	10.48±0.03 b	72.60±3.54 b

2.5 化肥减施对辣椒产量及产量构成因素的影响

由表 4 可知,602 单株结果数以 JF40%和 ZF20%处理较高,显著高于其他处理;单果质量以 CK 处理最高,与 CK0 处理差异不显著,但显著高于其他处理;产量以 ZF20%处理最高,分别比 CK0、CK、JF40%、ZF40%和 KB 高 5.71%、4.01%、2.05%、7.00%和 18.34%。金龙一号单株结果数以 JF40%处理最高,且与 CK 和 ZF20%处理差异不显著,但显著高于其他处理;单果质量以 CK0 处理最高,与 ZF20%和 ZF40%处理差异不显著,但显著高于其他

处理;产量以 CK 处理最高,分别比 CK0、JF40%、ZF20%、ZF40%和 KB 高 5.24%、2.61%、1.65%、7.35%和 25.47%。说明增施生物菌肥和黄腐酸时适当减施化肥对产量影响不大。

3 讨论

化肥是影响辣椒产量和品质的主要因素之一。化肥为农业带来效益的同时,也为农业发展带来了许多问题^[4]。设施辣椒栽培中化肥过量施用现象严重,这不仅增加了种植成本,还降低了作物生

表4 肥减施对辣椒产量及产量构成因素的影响

品种	处理	667 m ² 株数	单株结果数	单果质量/g	667 m ² 产量/kg
602	CK0	3174	39.4±1.54 b	62.28±2.41 a	7 788.99±125.45 b
	CK	3174	40.0±0.98 b	62.35±2.64 a	7 915.96±89.24 a
	JF40%	3174	42.0±2.36 a	60.52±0.73 b	8 068.31±174.35 a
	ZF20%	3174	42.0±1.95 a	61.76±1.94 b	8 233.36±65.42 a
	ZF40%	3174	40.4±1.52 b	60.01±2.67 b	7 695.04±100.21 b
	KB	3174	35.6±2.81 c	61.57±3.10 b	6 957.41±162.89 c
金龙一号	CK0	3174	34.6±0.56 b	44.10±2.16 a	4 843.52±75.23 b
	CK	3174	40.4±1.47 a	39.75±1.34 b	5 097.44±88.41 a
	JF40%	3174	40.6±3.26 a	38.55±1.05 b	4 967.94±121.14 a
	ZF20%	3174	38.8±1.41 a	40.72±3.01 a	5 014.92±145.67 a
	ZF40%	3174	34.2±0.61 b	43.74±2.17 a	4 748.31±138.47 b
	KB	3174	33.0±1.36 b	38.78±1.65 b	4 062.72±168.79 c

产效益和肥料利用率,最终导致土壤次生盐渍化、速效养分(氮、磷等)大量富集、果实和地下水硝酸盐超标等一系列较为严重的问题^[15]。生物菌肥和化肥配施,能够有效改善土壤环境,在保持经济效益不受影响的状况下,减少化肥用量,改善农产品的品质^[16]。黄腐酸是腐殖酸中一种红棕色或灰黑色粉末状芳香族类物质,能促进植物生长,对抗旱有重要作用,能提高植物抗逆能力,增产和改善品质^[17]。笔者的研究结果表明,辣椒品种602和金龙一号株高均表现为随着肥料的减少呈下降趋势。茎粗CK处理均大于CK0处理,说明在施用量一致条件下增施生物菌肥可以增加植株茎粗。2个品种CK0、CK、JF40%和ZF20%处理间茎粗均差异不大,表明在适当减施化肥条件下,增施生物菌肥和黄腐酸肥对辣椒茎粗影响不大。

作物约90%的产量来自于光合作用。光合作用是作物生长发育、产量和品质形成的关键因子^[18]。叶片叶绿素含量是反映叶片生理活性的重要指标之一,与叶片光合作用密切相关^[19]。氮是植物生长发育需求量最大的营养元素是蛋白质和叶绿素的重要组成部分,可直接影响植物的生长发育^[20]。尤升波等^[21]的研究发现,施用微生物制剂显著提高了辣椒叶片叶绿素含量和净光合速率。笔者研究发现,602各处理SPAD值以ZF20%处理最高,与JF40%处理差异不显著;金龙一号各处理SPAD值以CK处理最高,与JF40%和ZF20%处理差异不显著;叶片氮素值2个品种均表现为CK0、CK、JF40%和ZF20%处理间差异不显著,显著高于ZF40%和KB处理。研究结果表明,在减施化肥条件下增施生物菌肥和黄腐酸可以改善叶片生理活

性,增大SPAD值,有利于光合作用。

化肥的使用是蔬菜高产高效的物质基础。但施肥超过了作物吸收需求时,不仅不增加产量,而且还增加了生产成本,且影响品质^[22]。宋以玲等^[23]研究表明,化肥减少20%配施生物有机肥,可显著提高土壤肥力。姚东伟^[24]研究发现,叶面喷施质量浓度为1000 mg·L⁻¹的黄腐酸可以显著提高番茄的产量和品质。庞晓燕^[25]研究发现营养液中添加100 mg·L⁻¹黄腐酸可提高基质栽培黄瓜品种和产量。王其传等^[26]研究发现合理施肥在一定程度上可提高辣椒光合速率和改善辣椒的品质。杨志刚等^[27]研究发现增施微生物菌肥和土壤修复剂可以改善辣椒品质,提高辣椒单果质量和增加产量。笔者研究表明,2个品种氮肥利用率、磷肥利用率和肥料偏生产力均以JF40%为最高,钾肥利用率2个品种以ZF20%为最高,表明在减施化肥条件下增施生物菌肥和黄腐酸可提高辣椒肥料利用率。602产量以ZF20%处理最高,分别比CK0、CK、JF40%、ZF40%和KB高5.71%、4.01%、2.05%、7.00%和18.34%。金龙一号产量以CK处理较高,分别比CK0、JF40%、ZF20%、ZF40%和KB高5.24%、2.61%、1.65%、7.35%和25.47%。因此,与常规施肥相比,增施生物菌肥和黄腐酸时适当减施化肥对产量影响不大。

4 结 论

增施微生物菌肥和黄腐酸以及二者互作对辣椒生长有促进作用,在设施辣椒生产中增施生物菌肥和黄腐酸,可减少一定的化肥用量,但综合考虑株高、茎粗、SPAD值、肥料利用率和产量等指标,以减施追肥20%表现较优。

参考文献

- [1] 邹学校. 辣椒种质资源创新与利用[M]. 北京: 科学出版社, 2016.
- [2] 王立浩, 张宝玺, 张正海, 等. “十三五”我国辣椒育种研究进展、产业现状及展望[J]. 中国蔬菜, 2021(2): 21-29.
- [3] 袁漫漫, 邬刚, 王家宝, 等. 不同铵硝配比对辣椒产量、养分积累和氮肥利用率的影响[J]. 中国瓜菜, 2022, 35(2): 43-48.
- [4] 王赫, 李晓雪, 王亚玲, 等. 化肥减量配施有机肥和菌剂对辣椒产量、品质和养分累积的影响[J]. 北方园艺, 2021(16): 1-7.
- [5] 范鹤龄, 陆建明, 孙雪冰, 等. 酵素堆肥对海南冬季辣椒生长的影响[J]. 中国瓜菜, 2022, 35(3): 70-75.
- [6] 王兴龙, 朱敏, 杨帆, 等. 配施有机肥减氮对川中丘区土壤微生物量与酶活性的影响[J]. 水土保持学报, 2017, 31(3): 271-276.
- [7] 李涛, 张朝辉, 郭雅雯, 等. 国内外微生物肥料研究进展及展望[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(10): 37-41.
- [8] 周进. 生物菌肥施用对温室辣椒光合特性、产量和品质的影响[J]. 北方园艺, 2021(1): 42-47.
- [9] 张志刚, 董春娟, 高苹, 等. 蔬菜残株堆肥及微生物菌剂对设施辣椒栽培土壤的改良作用[J]. 西北植物学报, 2011, 31(6): 1243-1249.
- [10] 张水勤, 袁亮, 林治安, 等. 腐植酸促进植物生长的机理研究进展[J]. 植物营养与肥科学报, 2017, 23(4): 1065-1076.
- [11] 高原, 郭晓青, 李福德, 等. 基施黄腐酸肥料情况下减施化肥提高设施辣椒产量和品质[J]. 植物营养与肥科学报, 2020, 26(3): 594-602.
- [12] 谢亚楠, 顾启玉, 管梦娇, 等. 黄腐酸肥在蒜套辣椒上的应用研究[J]. 山东农业科学, 2020, 52(6): 83-87.
- [13] 李静. 不同施肥处理对辣椒干物质与养分积累分配和产量品质的影响[D]. 海口: 海南大学, 2018.
- [14] 张妮, 程云霞, 张攀, 等. 氮肥减施与氨基酸肥料替代对制干辣椒生长、产量及品质的影响[J]. 中国瓜菜, 2021, 34(11): 89-93.
- [15] 彭宇. 氨基酸液体有机肥替代部分氮素对辣椒生长、品质及土壤质量的影响[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2021.
- [16] 张志刚, 董春娟, 高苹, 等. 蔬菜残株、生物菌肥施用下日光温室辣椒土壤微生物学特征[J]. 植物营养与肥科学报, 2011, 17(3): 710-717.
- [17] 张萌欣, 薛胜平, 王晓环, 等. 黄腐酸应用概述及研究课题展望[J]. 腐植酸, 2020(5): 15-19.
- [18] 吴玉秀. 土壤水肥气热耦合对温室辣椒光合作用和产量的影响分析[J]. 河南农业, 2021(32): 63-64.
- [19] 陈芬, 余高, 陈容, 等. 减磷配施有机肥对辣椒生长及光合荧光特性的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2021, 49(7): 114-125.
- [20] 郑剑超, 王雷. 微咸水灌溉模式对番茄生长和产量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2022(1): 53-55.
- [21] 尤升波, 游银伟, 王翠萍, 等. 复合微生物制剂对辣椒品质及产量的影响[J]. 山东科学, 2006, 19(6): 89-90.
- [22] 郑剑超. 化肥减量配施生物菌肥和黄腐酸钾对番茄生长及肥料利用率的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2022(8): 106-110.
- [23] 宋以玲, 于建, 陈士更, 等. 化肥减量配施生物有机肥对油菜生长及土壤微生物和酶活性影响[J]. 水土保持学报, 2018, 32(1): 352-360.
- [24] 姚东伟. 黄腐酸对番茄生长、产量及光合特性的影响[D]. 太原: 山西农业大学, 2003.
- [25] 庞晓燕. 营养液中添加不同剂量黄腐酸对基质栽培黄瓜生长、品质及产量的影响[D]. 山东泰安: 山东农业大学, 2017.
- [26] 王其传, 孙锦, 束胜, 等. 微生物菌剂对日光温室辣椒生长和光合特性的影响[J]. 南京农业大学学报, 2012, 35(6): 7-12.
- [27] 杨志刚, 叶英杰, 常海文, 等. 微生物菌肥及土壤修复剂对干制辣椒生长、品质及产量的影响[J]. 北方园艺, 2020(19): 1-7.