

设施黄瓜产量、品质及养分利用对不同土壤调理措施的响应

王亚玲^{1,2}, 王 赫^{1,3}, 彭正萍^{1,2}, 刘 赞¹, 庞建军⁴, 杨 扬¹, 付 鑫^{1,2}, 门明新^{1,2}

(1.河北农业大学资源与环境科学学院,河北省农田生态环境重点实验室,

河北 保定 071000;2.国家华北作物改良与调控重点实验室,河北 保定 071001;

3.古冶区农业农村局,河北 唐山 063100;4.涿鹿县农业农村局,河北 张家口 075600)

摘要:针对设施菜地施肥量大、肥料利用率低、果实品质变差、土壤环境劣质等问题,采用田间试验法,研究了无机肥配施不同土壤调理措施对设施黄瓜产量、品质、养分利用及土壤改良的影响,为实现蔬菜安全生产和保护土壤环境质量提供科学依据。结果表明:与农民习惯施肥相比,推荐无机肥配施生物菌肥、中微量养分、沸石处理的氮磷钾无机肥用量均减少40%左右,黄瓜产量却提高6.3%~8.7%,纯收入增加18 663~19 958元/hm²,其中推荐无机肥配施生物菌肥的整株植物氮、钾积累量分别增加13.3%和22.7%,土壤细菌、放线菌数量和细菌/真菌比值分别增加3.2,1.7,7.7倍;推荐无机肥配施沸石的整株磷积累量增加31.7%,表层土壤NH₄⁺—N提升31.6%;配施生物菌肥和中微量养分处理的VC、可溶性蛋白和可溶性糖含量分别增加14.0%~18.6%,22.2%~34.6%,7.8%~10.0%,硝酸盐降低15.8%~21.7%。与推荐施肥比较,3种土壤调理措施氮磷钾肥生产效率提高6.2%~8.5%,氮磷钾肥农学效率增加26.1%~35.9%。说明3种土壤调理剂均促进黄瓜养分吸收,增加产量,改善其果实品质,降低土壤氮素残留,增加土壤有益微生物数量,其中以推荐无机肥配施生物菌肥既稳产提质,生物和土壤环境效益又较佳,值得在生产中推荐应用。

关键词:设施黄瓜;土壤调理剂;减肥增效;稳产提质;土壤质量

中图分类号:S158.3;S642.2

文献标识码:A

文章编号:1009-2242(2020)06-0275-06

DOI:10.13870/j.cnki.stbxb.2020.06.038

Responses of Yield, Quality and Nutrient Utilization in Facility Cucumber to Different Soil Conditioning Measures

WANG Yaling^{1,2}, WANG He^{1,3}, PENG Zhengping^{1,2}, LIU Zan¹,

PANG Jianjun⁴, YANG Yang¹, FU Xin^{1,2}, MEN Mingxin^{1,2}

(1.College of Resources and Environmental Science, Hebei Province Key Laboratory for Farmland

Eco-Environment, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000; 2. State Key Laboratory of North

China Crop Improvement and Regulation, Baoding, Hebei 071001; 3.Agricultural and Rural Bureau of Guye

District, Tangshan, Hebei 063100; 4.Agriculture and Rural Bureau of Zhuolu County, Zhangjiakou, Hebei 075600)

Abstract: In view of the problems of large fertilizer application rate, low fertilizer utilization rate, poor fruit quality soil environment in facility vegetable fields, a field experiment was conducted to study the yield, quality, nutrient utilization, and soil of facility cucumber under different soil conditioning measures. The impact of the improvement would provide a scientific basis for the realization of safe vegetable production and protection of soil environmental quality. The results showed that compared with the conventional fertilization of local farmers, the recommended inorganic fertilizer combined with biological bacterial fertilizer, medium and micronutrients, and zeolite-treated N, P and K inorganic fertilizers were all reduced by about 40%, but cucumber yield was increased from 6.3% to 8.7%, and net income increase from 18 663 to 19 958 yuan/hm². The nitrogen and potassium accumulation in the whole plant treated by inorganic fertilizer and biological bacterial fertilizer were increased by 13.3% and 22.7%, respectively. And the population of soil bacteria and actinomycetes and the ratio of bacteria/fungi were increased by 3.2, 1.7 and 7.7 times. The phosphorus accumulation in the whole plant treated by inorganic fertilizer and zeolite was increased by 31.7%. The surface soil NH₄⁺—N content was increased by 31.6%. The contents of VC, soluble protein and soluble sugar under the

收稿日期:2020-04-23

资助项目:河北省重点研发计划项目“设施黄瓜施肥调控与耕层土壤调理技术研究与示范”(19226912D);河北省人才工程培养项目(A201910003)

第一作者:王亚玲(1993—),女,内蒙古太仆寺旗人,在读硕士研究生,主要从事植物营养与生态环境研究。E-mail:1102237379@qq.com
通信作者:门明新(1974—),男,河北南皮人,博士,教授,主要从事土壤生态与改良技术研究。E-mail:menmingxin@sina.com

application of biological bacterial fertilizer and medium and micronutrient treatment increased from 14.0% to 18.6%, 22.2% to 34.6%, 7.8% to 10.0%, and nitrate decreased by 15.8% to 21.7%. Compared with the recommended fertilization, the three soil conditioning measures increased the production efficiency of N, P and K fertilizers by 6.2% to 8.5%, and increased the agronomic efficiency of N, P and K fertilizers by 26.1% to 35.9%. All the three soil conditioners promoted cucumber nutrient absorption, increased yield, improved the fruit quality, reduced soil nitrogen residues, and increased the population of beneficial microorganisms in the soil. Among them, the recommended inorganic fertilizer combined with biological bacterial fertilizer were used to stabilize production and improve the quality of organisms and soil. With the better environmental benefit, it was recommended in facility cucumber production.

Keywords: facility cucumber; soil conditioner; weight loss and efficiency increase; stable production and quality improvement; soil quality

近年来,我国设施蔬菜类型多、规模大、集约化程度高,河北省人口密集,人均土地面积少,发展设施农业是提高土地利用效率,缓解农民就业压力的有效措施^[1],到2020年河北省设施蔬菜占蔬菜总种植面积的60%左右^[2]。肥料是蔬菜生产中影响产量和品质的重要因素之一。在经济利益驱动下,目前农民盲目“大水大肥”的施肥管理习惯造成水肥利用效率低,蔬菜产量和品质下降,菜田土壤性状变劣等一系列问题^[3-4]。

黄瓜是设施蔬菜中主要作物,其产量和经济效益均较高,生产中过量施肥现象普遍存在。目前关于设施黄瓜不同区域和土壤类型下合理施肥技术研究较多。北京温室黄瓜基肥施用22.5 t/hm²干鸡粪结合后期追氮肥540 kg/hm²,黄瓜产量和品质均较好^[5]。杨治平等^[6]研究发现,山西推荐施氮900 kg/hm²较施氮2100 kg/hm²促进黄瓜养分利用,提升果实VC,改善瓜条口感;赵婉伊等^[7]表明,2种含有脲酶硝化双抑制剂缓释肥显著提高西南地区黄瓜产量和氮磷钾利用率;徐福利等^[8]证明,在黄土高原及相近地区,种植温室黄瓜应以有机肥(41.3~148.9 t/hm²)为主,氮(N 807.5~1309.3 kg/hm²)、磷(P₂O₅ 576.6~991.6 kg/hm²)配施,黄瓜产量达80 t/hm²以上;王秀娟等^[9]指出,增施中微量元素的肥料显著增加蔬菜植株干物质积累量,促进植株对养分吸收,增加蔬菜产量,提高经济效益;宋秀华等^[10]表明,沸石可培育黄瓜、西红柿壮苗,提前开花、座果,增强植株抗逆性,增加苗期存活率,实现高产,还可促进果实中可溶性蛋白和可溶性糖含量。生物菌肥与化肥配施对黄瓜产量、单株总果重和生长性状有显著增长作用^[11-12]。通过调查问卷实际走访调查分析,河北省设施黄瓜的农民习惯施N、P₂O₅、K₂O分别为1269.0,1609.5,610.5 kg/hm²,而黄瓜3种养分的需肥比例N:P₂O₅:K₂O为1:0.63:1.36^[13-14]。我省肥料施用和黄瓜养分需求之间存在较大矛盾,设施黄瓜的适宜施肥模式在不同区域、品种、土壤等基础条件下存在较大差异。

针对目前河北省设施菜地施肥量大、肥料利用率低、果实品质变差、土壤环境劣质等问题,本文在农民习惯施肥的基础上,研究合理减施化肥并配施各种土壤调理措施对设施黄瓜产量、品质、养分利用、土壤性状的影响。试图在充分发挥土壤本身养分供给的同时,达到培育改良土壤,提高养分利用,稳定蔬菜产量和提升其品质的目的,实现设施蔬菜高产、高效、优质和安全生产。

1 材料与方法

1.1 供试材料

本试验于河北省保定市清苑区立中蒙养农场设施大棚进行。试验地位于38°42'N,115°26'E,海拔19 m左右,年均气温12℃,年均降水量500 mm。供试土壤为潮褐土,0—20 cm基本理化性状为:pH 7.8,有机质20.5 g/kg,铵态氮5.5 mg/kg,硝态氮17.1 mg/kg,有效磷60.3 mg/kg,速效钾308.3 mg/kg,电导率229.0 μS/cm。供试黄瓜为“硕源先锋517”。供试肥料为:尿素(含46% N)、过磷酸钙(含16% P₂O₅)、硫酸钾(含50% K₂O)、生物菌肥(主要成分是酒红土褐链霉菌和解磷解钾菌,有机质>40%,活菌>0.02 亿/g)、含中微量养分的水溶肥(含钙12%,镁3%,硝态氮13%)和沸石。棚内设有温度计与湿度计,黄瓜生长期间棚内温度与湿度动态变化见图1,除施肥外的其他管理技术措施均按照当地生产水平统一管理。

1.2 试验设计

本试验设6个处理,分别为:不施肥(T1)、农民习惯施肥(T2)、推荐无机肥(T3)、推荐无机肥+生物菌肥(T4)、推荐无机肥+中微量养分(T5)、推荐无机肥+沸石(T6)。经入户调查当地农民习惯施肥量为:900 kg/hm² N,450 kg/hm² P₂O₅,1200 kg/hm² K₂O;根据黄瓜目标产量和土壤养分供应状况确定推荐无机肥各种养分实际施用量分别为:525 kg/hm² 纯N,225 kg/hm² P₂O₅,600 kg/hm² K₂O。除了T1和T2处理养分不同外,T3~T6的处理总纯N,

P₂O₅和 K₂O 施用量相同。各处理总施肥量中氮肥的 20%、全部磷肥和钾肥的 20%、生物菌肥、中微量养分和沸石均在底肥一次性施入,其余的 80%氮肥和钾肥均分 4 次追施。每次追施 N、K₂O 各占总量的 20%。T5 处理的底肥纯氮用量 105 kg/hm²,由 750 kg/hm²中微量养分的水溶肥提供纯氮 97.5 kg/hm²,剩余 7.5 kg/hm²纯氮由尿素 16.3 kg/hm²提

供,总纯 N、P₂O₅、K₂O 用量分别为 525,225,600 kg/hm²。具体各处理的纯 N、P₂O₅和 K₂O 养分量及 3 种调理措施的肥料实物量见表 1。

黄瓜于 2017 年 4 月 27 日定植,8 月 10 日拉秧,采用垄沟种植模式,其中垄宽 90 cm,沟 60 cm,双行栽植,小区面积 67.2 m²,每个处理 3 次重复,随机排列。每个小区 4 垄,8 行,30 株/垄,种植密度 3.5 万株/hm²。

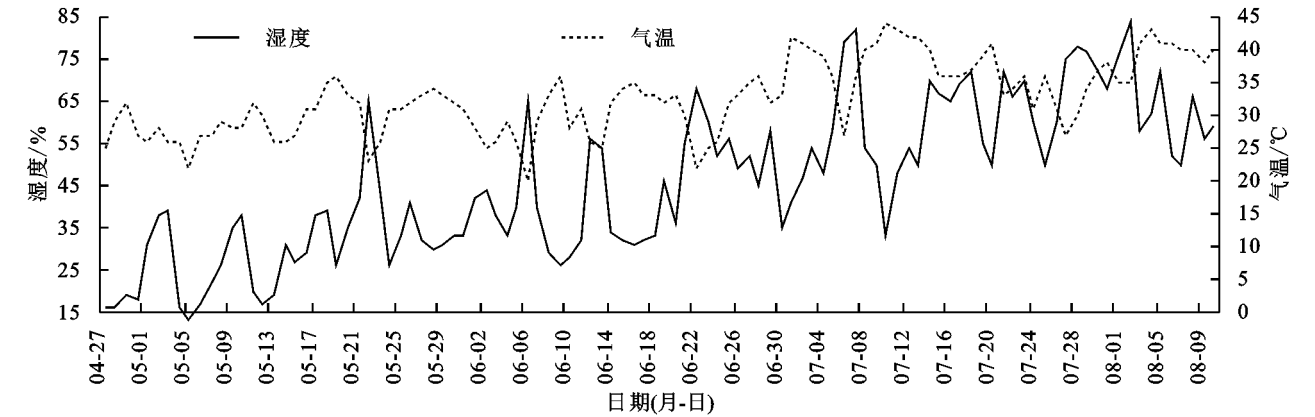


图 1 黄瓜生长期间棚室内温度与湿度动态变化

表 1 各处理无机肥纯养分量及 3 种调理措施的实物用量 单位:kg/hm²

处理	总纯养分量			无机肥纯养分量			生物菌肥	中微量养分肥料	沸石
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O			
T1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
T2	900	450	1200	900	450	1200	—	—	—
T3	525	225	600	525	225	600	—	—	—
T4	525	225	600	525	225	600	1800	—	—
T5	525	225	600	427.5	225	600	—	750	—
T6	525	225	600	525	225	600	—	—	2250

1.3 测定项目与方法

1.3.1 植物样品 从黄瓜第 1 次果实采收时开始直到拉秧,标记每个小区 2 株代表性植株,详细记录每个小区各次收获果实的鲜重,每个小区分别称量计产。结果盛期(7 月 10 日)在每个小区选取生长一致、代表性较好的 2 根,一部分截取瓜条中段测定果实品质指标,包括 VC、可溶性糖、可溶性蛋白和硝酸盐,另一部分瓜条 105 ℃杀青 30 min,75 ℃烘至恒量并称重,拉秧期(8 月 3 日)每小区取 2 株地上部瓜秧,105 ℃杀青 30 min,75 ℃烘至恒量并称重,采用常规农化分析方法测定植株中全 N、P、K 含量^[15]。

1.3.2 土壤样品 黄瓜拉秧期,用土钻在 2 个植株之间采集 0—80 cm 土壤,每 20 cm 为 1 层,随机选 3 个点,混匀后用四分法留取 1 kg 左右,去除杂质,装入密封塑料袋中。一部分 0—20 cm 新鲜土样测定细菌、放线菌和真菌^[16];其余土样直接用 2 mol/L KCl 浸提,(Smartchem200,法国 Alliance 公司生产)流动分析仪测定其中的硝态氮和铵态氮含量^[15]。

1.3.3 肥料效率和经济效益计算 肥料生产效率(kg/kg)=施肥区果实产量/纯养分施用量

肥料农学效率(kg/kg)=(施肥区果实产量—无肥区果实产量)/纯养分施用量

经济效益=产量×单价—成本

计算黄瓜经济效益,其中产品和各种农资的当年市场价格分别为:黄瓜 2.4 元/kg,尿素 2.0 元/kg,过磷酸钙 2.4 元/kg,硫酸钾 6.0 元/kg,生物菌肥 1.7 元/kg,中微量肥料 3.6 元/kg,沸石 1.5 元/kg。

1.4 数据处理

采用 Microsoft Excel 2010 处理数据,SPSS 17.0 统计分析软件进行方差分析,Duncan 法进行多重比较(P<0.05)。

2 结果与分析

2.1 不同调理措施下的黄瓜植株地上部干重及其养分吸收量

由表 2 可知,与 T1 相比,T2~T6 处理的地上部干重显著提高 29.1%,23.7%,43.5%,29.1%,39.1%,氮、磷、钾的积累量分别提高 18.5%~38.7%,27.6%~76.9%,31.5%~78.1%。与 T2 相比,推荐无机肥 T4 处理的地上部干重显著增加 11.2%,氮、钾的积累量分别增

加 13.3%,22.7%,T6 处理的地上部干重及整株磷的积累量分别提高 7.7%,31.7%,其余处理变化不显著。与 T3 相比,T4,T6 的地上部干重及整株氮、磷、钾吸收量均有所增加,分别显著升高 12.4~16.0%,11.4%~17.1%,26.8%~38.7%,17.1%~35.4%。说明生物菌肥(T4)、沸石(T6)地上部干重及整株氮、磷、钾的积累量提升幅度较大,其中增加最明显的为推荐无机肥+生物菌肥(T4)处理。

表 2 黄瓜地上部干重及养分

处理	整株干重	整株养分积累量		
		N	P	K
T1	2764c	100.8d	22.1d	148.0d
T2	3569b	123.5bc	29.7bc	214.8bc
T3	3420b	119.8c	28.2cd	194.6c
T4	3967a	139.9a	35.7ab	263.6a
T5	3567b	123.9bc	30.0bc	201.7c
T6	3844a	133.1ab	39.1a	228.0b

注:同列数值后不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。下同。

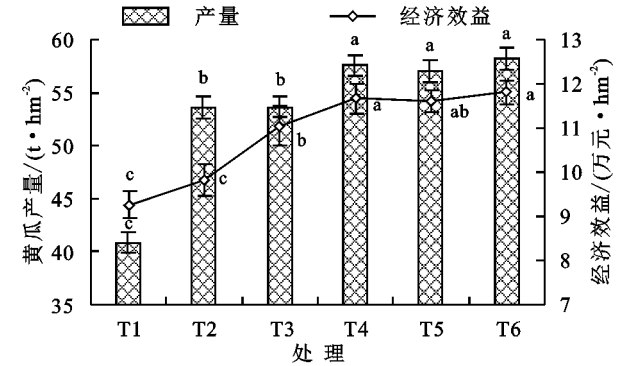
2.2 不同调理措施下的黄瓜产量及其经济效益

从图 2 可以看出,黄瓜产量表现出 T4、T5、T6 处理显著高于其他处理。与 T1 比,各施肥的 T2~T6 处理产量提高 31.1%~42.5%,纯收益增加 5 487~25 448 元/hm²。与 T2 相比,T3 产量变化不大,肥料成本减少 48.70%,经济效益提高了 12 330 元/hm²;但添加调控措施的 T4~T6 处理的黄瓜产量分别提升 7.4%,6.3%,8.7%,纯收入分别增加 18 663,18 069,19 958 元/hm²。与等量推荐无机肥 T3 相比,添加生物菌肥(T4)、中微量元素养分(T5)、沸石(T6)处理的黄瓜产量分别增长 7.3%,6.2%,8.5%,其中 T6 经济效益增加最多为 7 628 元/hm²。T4、T5、T6 的产量和经济效益间差异不显著。说明生物菌肥、中微量元素和沸石不仅提高黄瓜产量,还增加农民收入,以添加沸石的 T6 处理黄瓜产量和纯收益均较高。经计算,所有处理每生产 1 000 kg 黄瓜平均需要吸收 N、P、K 分别为 3.0,0.9,5.1kg,三者之间的比例为 1.5 : 0.4 : 2.6。

2.3 不同调理措施下的肥料效率

由表 3 可知,与 T2 相比,T3~T6 处理的氮、磷、钾肥生产效率均提升,T3~T6 分别显著提高 71.6%~86.3%,100.2%~117.3%,100.2%~117.3%;农学效率与生产效率趋势一致,T3~T6 处理的氮、磷、钾肥农学效率较 T2 提升 72.2%~133.9%,100.8%~172.9%,100.8%~172.8%;T4~T6 较 T3 的氮磷钾肥生产效率平均提高 6.2%~8.5%,氮、磷、钾肥的农学效率平均提升 26.1%~35.9%。说明合理减施肥料的配方肥可提高肥料效率,添加生物菌肥(T4)、中

微量元素(T5)、沸石(T6)等均有较好增加肥料效率的效果,T6 最好,T4 次之。



注:图中不同小写字母表示不同施肥处理间差异显著(P<0.05)。

图 2 不同处理对黄瓜产量及经济效益的影响

表 3 肥料生产效率和农学效率

处理	肥料生产效率			肥料农学效率		
	N	P	K	N	P	K
T1	—	—	—	—	—	—
T2	59.6c	119.1c	44.7c	14.1c	28.3c	10.6c
T3	102.2b	238.5b	89.4b	24.4b	56.8b	21.3b
T4	109.7a	255.9a	95.9a	31.8a	74.2a	27.8a
T5	108.6a	253.3a	95.0a	30.7a	71.7a	26.9a
T6	110.9a	258.8a	97.1a	33.1a	77.2a	28.9a

2.4 不同调理措施下的黄瓜品质

由表 4 可知,与 T1 比,T3~T6 的黄瓜 VC、可溶性蛋白和可溶性糖显著提高 12.4%~30.0%,23.9%~62.7%,21.8%~31.1%,T2~T6 的硝酸盐含量显著提升 14.2%~55.8%。与 T2 比,T4 和 T5 的 VC、可溶性蛋白、可溶性糖分别增加 14.0%~18.6%,22.2%~34.6%,7.8%~10.0%,T3 和 T6 变化不大,而 T3~T6 的硝酸盐显著降低 15.8%~26.7%。与等量推荐无机肥相比,添加生物菌肥(T4)、中微量元素(T5)处理的可溶性蛋白和可溶性糖分别增加 19.3%~31.3%,4.6%~6.8%;VC 和硝酸盐变化不大。说明添加生物菌肥、中微量元素改善黄瓜品质效果较好。

表 4 黄瓜品质指标

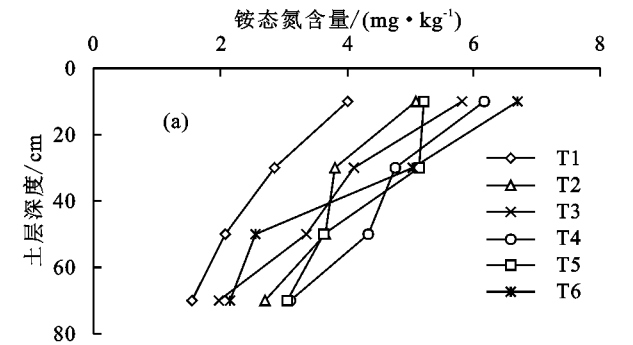
处理	VC/ (mg·kg ⁻¹)	可溶性蛋白/ (mg·g ⁻¹)	可溶 糖/%	硝酸盐/ (mg·L ⁻¹)
T1	98.3c	0.7d	1.9c	80.0c
T2	107.7bc	0.8cd	2.3b	124.7a
T3	118.9ab	0.8c	2.4b	96.3b
T4	127.8a	1.0 ab	2.5a	97.7b
T5	122.8a	1.1a	2.5a	105.0b
T6	110.5b	0.9bc	2.4b	91.3bc

2.5 不同调理措施下的土壤 NH₄⁺—N、NO₃⁻—N 含量和微生物数量

2.5.1 不同调理措施下的土壤 NH₄⁺—N 和 NO₃⁻—N 含量 由图 3a 可知,不同施肥处理土壤 NH₄⁺—N 含量随土层深度增加而降低。各处理 0—

80 cm 土层 NH_4^+-N 变幅为 1.6~6.7 mg/kg, 0—20 cm 土层 NH_4^+-N 变化较大, T1~T6 的表层 NH_4^+-N 为 4.0~6.7 mg/kg, 比底层高 1.7~3.1 倍。与 T1 比, T2~T6 处理 0—80 cm 土层 NH_4^+-N 升高 45.0%~74.8%。0—20 cm, T6 处理较 T2~T5 处理 NH_4^+-N 分别升高 8.6%~31.6, 其余土层无显著变化, T6 的土壤表层 NH_4^+-N 含量较多。

不同处理的土壤 NO_3^--N 含量空间分布不同, 所



有施肥处理的含量均高于 T1(图 3b)。T2~T6 处理土壤 NO_3^--N 呈先降后升趋势, 变幅为 9.6~23.0 mg/kg, T2 处理整个剖面 NO_3^--N 最高。0—20, 60—80 cm 土层 T2 较 4 种推荐施肥处理分别增加 8.9%~30.3%, 12.7%~73.2%。说明根层土壤的养分除被植物吸收, 其余一部分养分由蒸发作用随水分移动至表层产生积累, 而另一部分随灌溉淋洗到根层以下, 造成土体下层 NO_3^--N 富集。

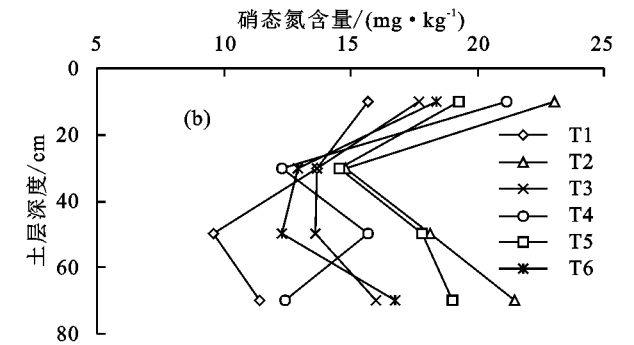


图3 不同处理对土壤剖面铵态氮和硝态氮的影响

2.5.2 不同调理措施下的土壤微生物数量 细菌、真菌和放线菌作为土壤三大类微生物, 是维持农田可持续发展 and 生态系统平衡的关键指标。由表 5 可知, 不同处理土壤微生物中细菌最多, 放线菌次之, 真菌最少。与添加生物菌肥 T4 比, 其他处理土壤细菌和放线菌数量分别显著减少 30.4%~68.9%, 29.2%~55.2%。然而与农民习惯施肥的 T2 比, 其他处理土壤中真菌数量减少 38.6%~56.4%。细菌/真菌比值是土壤微生物群落变化的重要指标, 各处理比值大小顺序为 T4>T6>T3>T1>T5>T2, 说明在推荐无机肥基础上添加生物菌肥, 有利于土壤生态系统的健康和稳定性提高, 过量施肥则增加了真菌数量, 使土壤微生物环境遭到破坏。

表5 土壤微生物数量

处理	细菌/ (10 ⁷ cfu · g ⁻¹)	真菌/ (10 ⁴ cfu · g ⁻¹)	放线菌/ (10 ⁶ cfu · g ⁻¹)	细菌/真菌
T1	1.6bc	4.4bc	4.3c	361.1
T2	1.0c	8.6a	5.7bc	110.7
T3	1.9bc	5.1b	6.8b	376.3
T4	3.1a	3.8c	9.7a	849.2
T5	1.5bc	4.5bc	5.8bc	327.1
T6	2.2b	5.3b	6.8b	404.7

3 讨论

本试验在合理减施化肥进行平衡推荐施肥基础上, 生物菌肥、中微量养分和沸石配施均稳定或提高黄瓜产量, 增加其经济效益(图 2), 其中配施沸石的黄瓜产量最高为 58 237 kg/hm², 经济效益为 118 036 元/hm², 此结果与卢星辰等^[17]研究相似, 沸石具有较强

离子交换能力, 可使作物所需的矿质养分缓慢释放, 进而增加植株生物量, 同时沸石也可作为土壤改良剂, 打破土壤板结、疏松土壤, 促进土壤团聚体形成, 降低土壤容重, 提高土壤透气性, 增强土壤肥水渗透力, 促进土壤微生物及各种酶活性, 提高黄瓜抗病能力^[18], 从而提升黄瓜产量, 增加经济效益。

推荐无机肥基础上配施生物菌肥、沸石处理的整株植物养分积累较高, 其以添加生物菌肥表现最好。与农民习惯施肥比, 配施生物菌肥处理整株植物氮、钾的积累量分别增加 13.3%, 22.7%(表 2), 原因是生物菌肥可通过微生物的生命活动及其代谢产物, 改善土壤团粒结构, 调节根系微生物区系, 活化土壤养分, 增强植物抗逆性, 提高作物对养分的吸收^[19]。本文也表明, 配施生物菌肥(T2)处理细菌和放线菌数量显著增加, 真菌数量显著降低(表 5)。张迎春等^[20]指出, 部分生物有机肥替代化肥不仅有效提高莴笋的干物质及其积累量, 且化肥减量配施微生物有机肥有利于提高土壤细菌数和放线菌数, 降低致病真菌数量, 提高土壤质量。

本试验研究表明, 与农民习惯施肥相比, 推荐施肥基础上配施生物菌肥和中微量养分的处理 VC、可溶性蛋白、可溶性糖分别增加 18.6%~14.0%, 22.2%~34.6%, 7.8%~10.0%, 单施沸石处理变化不大, 而单施 3 种土壤调控措施处理的硝酸盐显著降低 15.8%~26.7%(表 4)。李丹^[21]指出, 不同配比的有机微生物菌肥对黄瓜品质产生显著影响, 菌肥施入后黄瓜品质增强, 干物质、VC 和可溶性固形物含量均增大。而中微量元素大多是作为植物体内的酶、辅酶的组成成分参与

黄瓜体内的代谢过程^[22]。配施沸石处理的果实 VC、可溶性蛋白、可溶性糖变化不显著,可能是因为沸石中不含植物直接吸收的营养或参与代谢的酶,沸石是通过改良土壤性状和环境,间接为植物生长提供所需养分。果实中硝酸盐含量的高低与施肥量有一定关系,在一定范围内减少化肥施用降低蔬菜中的硝酸盐含量,达到食品安全的标准^[23]。

本试验证实,在合理减施化肥基础上,进行沸石调控增加土壤 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量(图 3a),并提高了肥料效率(表 3)。这与沸石具有吸附能力,使得土壤供肥时间延长,导致土壤 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 损失减少,提高肥料利用率(图 3)。

4 结 论

推荐无机肥基础上配施沸石有利于增加产量和经济收入,而且容易固持 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$,不易挥发或淋失,提高肥料利用率。配施生物菌肥有利于维持土壤微生物环境平衡。配施生物菌肥或中微量养分可有效改善黄瓜品质。因此,生物菌肥、中微量养分和沸石均能促进黄瓜养分吸收,增加产量,改善其果实品质,降低土壤氮素残留,增加土壤有益微生物数量,综合比较以推荐无机肥配施生物菌肥既稳产提质,生物和土壤环境效益又较佳,值得在生产中推荐应用。但是也建议农民在减施化肥基础上合理选择土壤调控物质配施生物菌肥、中微量元素和沸石等,以达到高产、优质、高效和高收入的不同目的。

参考文献:

[1] 喻景权,周杰.“十二五”我国设施蔬菜生产和科技进展及其展望[J].中国蔬菜,2016,9:18-30.

[2] 康振宁,宋建新,范凤翠,等.河北省设施蔬菜重点区域及主要栽培品种[J].中国蔬菜,2016(2):5-10.

[3] Marie S T, Alicia S, Frederic B, et al. Crop residue management and soil health: A systems analysis[J].Agricultural Systems,2015,1134:6-16.

[4] Vishal S, Prasad V M, Saurabh K, et al. Influence of different organic and inorganic fertilizer combinations on growth, yield and quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.) under protected cultivation[J].Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry,2017,6(4):1079-1082.

[5] 王柳,张福漫,魏秀菊.不同氮肥水平对日光温室黄瓜品质和产量的影响[J].农业工程学报,2007,23(12):225-229.

[6] 杨治平,陈明昌,张强,等.不同施氮措施对保护地黄瓜养分利用效率及土壤氮素淋失影响[J].水土保持学报,2007,21(2):57-60.

[7] 赵婉伊,徐卫红,王崇力,等.脲酶—硝化抑制剂缓释肥对不同土壤氮素释放特性及黄瓜 NPK 吸收利用的影响[J].水土保持学报,2017,31(3):250-257.

[8] 徐福利,王振,徐慧敏,等.日光温室滴灌条件下黄瓜氮、磷、有机肥肥效与施肥模式研究[J].植物营养与肥料学报,2009,15(1):177-182.

[9] 王秀娟,娄春荣,解占军,等.中微量元素对辣椒养分吸收和产量的影响[J].北方园艺,2011(1):174-176.

[10] 宋秀华,王秀峰,魏珉,等.沸石添加对 NaCl 胁迫下黄瓜幼苗生长及离子含量的影响[J].植物营养与肥料学报,2005,11(2):259-263.

[11] Kamil S S, Sarkawt A A, Ismael A H, et al. Effect of bio-fertilizer and chemical fertilizer on growth and yield in cucumber (*Cucumis sativus* L.) in green house condition[J].Pakistan Journal of Biological Sciences,2015,18(3):129-134.

[12] Mukesh K, Kuldeep K. Role of bio-fertilizers in vegetables productiona review[J].Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry,2019,8(1):328-334.

[13] 张彦才,李巧云,翟彩霞,等.河北省大棚蔬菜施肥状况分析与评价[J].河北农业科学,2005,9(3):61-67.

[14] 刘军,曹之富,黄延楠,等.日光温室黄瓜冬春茬栽培氮磷钾吸收特性研究[J].中国农业科学,2007,40(9):2109-2113.

[15] 鲍士旦.土壤农化分析.[M].3 版.北京:中国农业出版社,2000.

[16] 林先贵.土壤微生物研究原理与方法[M].北京:高等教育出版社,2010.

[17] 卢星辰,张济世,苗琪,等.不同改良物料及其配施组合对黄河三角洲滨海盐碱土的改良效果[J].水土保持学报,2017,31(6):326-332.

[18] 宋计平,殷和勤,杨延杰,等.不同土壤调理剂对黄瓜生长、品质及产量的影响[J].北方园艺,2016(23):19-23.

[19] 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.

[20] 张迎春,颜建明,李静,等.生物有机肥部分替代化肥对莴笋及土壤理化性质和微生物的影响[J].水土保持学报,2019,33(4):196-205.

[21] 李丹.有机微生物菌肥对黄瓜生长发育、产量和品质的影响[J].现代园艺,2017(3):18.

[22] 袁玉信.微量元素在植物生活中的作用[J].生物学通报,1996,31(4):4-8.

[23] 汪峰,李国安,王丽丽,等.减量施氮对大棚黄瓜产量和品质的影响[J].应用生态学报,2017,28(11):3627-3633.