

蔬菜秸秆有机肥替代部分化肥对连作 苦瓜产量及土壤理化性质的影响

宋倩¹, 扶京龙¹, 刘奇¹, 李峰², 胡江涛¹, 曾庆福¹, 林长生², 熊春晖¹

(1. 赣州市蔬菜花卉研究所·江西省设施蔬菜技术创新中心 江西赣州 341000;

2. 赣州市农业技术推广中心 江西赣州 341000)

摘要:为探究蔬菜秸秆有机肥替代部分化肥实现化肥减量增效的可行性及不同物料配比有机肥在缓解连作障碍上的作用,以苦瓜为试验材料,共设置5个处理,以100%化肥常用量为对照(CK),在设施条件下以不同有机肥200%常用量+化肥50%常用量为处理,进行连续3年3茬定位施肥试验,分析不同处理对土壤理化性质及苦瓜产量的影响。结果表明,与CK相比,适量的化肥减量配施有机肥能够显著提高土壤有机质、有效磷和速效钾含量,随着连作茬数的增加,可延缓土壤的酸化进程及硝态氮含量的增加,同时减缓因连作对苦瓜产量的影响,且不同物料配比的有机肥影响不同。随着茬数的增加,各处理组单株产量均呈降低趋势,到第3茬CK的单株产量降低了26.37%,而T1、T2、T3和T4处理分别降低21.90%、28.16%、15.46%和17.73%。综合来看,T1处理(蔬菜秸秆、菌渣、蚯蚓粪质量比1:1:1混合发酵腐熟蔬菜秸秆有机肥)可以改善设施环境中苦瓜连续种植土壤理化特性和养分供应,减缓连作对土壤理化性质恶性发展的程度,提高土壤肥力及苦瓜产量,说明以蔬菜秸秆为原料充分腐熟后的有机肥应用于蔬菜栽培上具有一定的可行性。

关键词:苦瓜;有机肥;蔬菜秸秆;减施化肥;连作

中图分类号:S642.5

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2025)12-095-07

Effects of partial substitution of chemical fertilizers with vegetable straw organic fertilizer on bitter melon yield and soil physicochemical properties in continuous cropping systems

SONG Qian¹, FU Jinglong¹, LIU Qi¹, LI Feng², HU Jiangtao¹, ZENG Qingfu¹, LIN Changsheng², XIONG Chunhui¹

(1. Ganzhou Vegetable and Flower Research Institute/Jiangxi Facility Vegetables Technology Innovation Center, Ganzhou 341000, Jiangxi, China; 2. Ganzhou Agricultural Technology Extension Center, Ganzhou 341000, Jiangxi, China)

Abstract: To explore the feasibility of partially replacing chemical fertilizers (CF) with vegetable straw-derived organic fertilizer (OF) for achieving fertilizer reduction and efficiency improvement, and to clarify the role of organic fertilizers with different material ratios in alleviating continuous cropping obstacles, this experiment used bitter melon as the test material, with a total of 5 treatments. The experiment used 100% conventional chemical fertilizer (CF) application as the control (CK) and under protected cultivation conditions, different organic fertilizers at 200% conventional application rate combined with 50% conventional chemical fertilizer application were used as treatments. A consecutive three-year, three-crop localized fertilization experiment was conducted to analyze the effects of different treatments on soil physicochemical properties and bitter melon yield. The results showed that compared with CK, appropriately reducing chemical fertilizers application and combining with organic fertilizer application significantly increased soil organic matter, available phosphorus, and available potassium content. With the increase in cropping cycles, this fertilization model delayed the soil acidification process, inhibited nitrate nitrogen accumulation, and mitigated the negative effects of continuous cropping on bitter melon yield. The effects of organic fertilizer treatments with different material ratios varied. As the num-

收稿日期:2024-07-09; 修回日期:2025-07-03

基金项目:江西省农业领域重点项目(2021060204);赣州市科技计划项目(赣市科发(2022)31号)

作者简介:宋倩,女,高级农艺师,主要从事园艺作物栽培及育种工作。E-mail:289325955@qq.com

通信作者:熊春晖,男,高级农艺师,主要从事园艺作物栽培及育种工作。E-mail:xchh_1020@163.com

林长生,男,高级农艺师,主要从事园艺作物栽培及育种工作。E-mail:linchshe@163.com

ber of continuous cropping cycles increased, the yield per plant of all treatments exhibited a decreasing trend. By the third cropping cycle, the yield per plant in CK decreased by 26.37%, while the T1, T2, T3, and T4 treatments decreased by 21.90%, 28.16%, 15.46%, and 17.73%, respectively. In conclusion, appropriately reducing chemical fertilizer application and combining with organic fertilizer can effectively improve the physicochemical properties and nutrient supply capacity of soils under continuous bitter melon cultivation in facilities, alleviate the deterioration of soil properties caused by continuous cropping, enhance soil fertility, and increase bitter melon yield. These findings demonstrate the feasibility of applying fully decomposed organic fertilizers derived from vegetable straw in vegetable production.

Key words: Bitter melon; Organic fertilizer; Vegetable straw; Chemical fertilizer reduction; Continuous cropping

近年来,江西省大力发展设施农业,设施蔬菜产业高速发展,2020—2022 年新增设施蔬菜面积 6.67 万 hm²,设施蔬菜面积已达 10 万 hm²^[1]。随着设施蔬菜生产的产业化、专业化和规模化发展,设施蔬菜连作障碍、病虫害的发生日益频繁,严重制约江西省蔬菜产业的可持续发展^[1-2]。江西省连作年限在 5 年以下的设施蔬菜基地占比为 49%,连作 5~9 年的占比为 33%,连作 10~19 年的占比为 12%,连作 20 年以上的设施蔬菜基地约占 6%^[1],其中引发蔬菜连作障碍的主要因素较多,主要有土传病害、土壤养分失衡、土壤酸化、次生盐渍化等。土壤是农业生产的基础,肥料是作物的“粮食”,化肥是当前世界粮食产量增长不可缺少的重要因素^[3]。据联合国粮农组织(FAO)的数据统计,化肥的增产作用占农作物产量的 50%,据我国全国化肥试验网统计,施用化肥对我国粮食产量的贡献率为 40.8%^[3]。但连续施用化肥,尤其是氮肥导致土壤耕作层 pH 下降,即土壤酸化^[4-6]。国内外很多学者在有机肥替代部分化肥条件下,对小麦、玉米、水稻、棉花、蔬菜等作物开展大量的科学研究,一致认为有机肥合理地替代部分化肥,能够促进作物生长,增加产量,同时也可提高土壤有机质含量,改善土壤理化特性和养分供应等^[7-18],进而缓解连作对土壤质量和作物产量的影响^[14-15]。截止到目前,蔬菜秸秆有机肥与化肥减量配施对设施环境中苦瓜连续种植条件下土壤理化性质、苦瓜产量的影响尚未见

报道。基于江西省设施蔬菜栽培长期覆盖地膜、高强度连作、化肥过量施用进而出现的次生盐渍化、酸化、养分失调等一系列障碍问题,笔者通过连续 3 茬的苦瓜栽培,研究蔬菜秸秆有机肥替代部分化肥对连作苦瓜大棚土壤理化性质及苦瓜产量的影响,旨在探讨蔬菜秸秆有机肥替代部分化肥实现化肥减量增效的可行性及不同物料配比有机肥在缓解连作障碍的作用,以期为江西赣南设施蔬菜科学施肥提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方法

试验于 2021—2023 年在赣州市蔬菜花卉研究所蔬菜基地 5 号试验大棚内进行。第 1 茬时间为 2021 年 9 月至 2022 年 5 月;第 2 茬时间为 2022 年 8—12 月;第 3 茬时间为 2023 年 3—7 月。该基地位于江西省赣州市南康区龙华镇,属亚热带季风性湿润气候,无霜期短,气候温和。试验大棚为新建大棚,原土块种植梨树,为赣南典型红壤土。

1.1 材料

供试苦瓜品种为翠碧玉,属于中熟、圆粒瘤间短纵瘤型,来源于四川成都好特园艺有限公司。

供试肥料:以蔬菜(辣椒)秸秆为原料复配的有机肥均由赣州惠甫农业发展有限公司生产,普通有机肥为赣州惠甫农业发展有限公司市面销售的有机肥,不同有机肥养分含量见表 1,以干质量的百分比表示。复合肥(17:17:17)购买于当地农资市场。

表 1 不同有机肥养分含量
Table 1 Nutrient content of different organic fertilizers

序号 Number	有机肥类型 Organic fertilizer type	w(有机质) Organic matter content/%	w(C)/%	w(N)/%	w(P)/%	w(K)/%
1	秸秆:菌渣:蚯蚓粪=1:1:1 Straw:Mushroom residue:Earthworm castings=1:1:1	33.00	19.14	1.83	0.81	1.98
2	秸秆:菌渣:烟渣=5:5:1 Straw:Mushroom residue:Tobacco residue=5:5:1	28.55	16.56	1.81	0.45	1.01
3	秸秆:菌渣:油茶枯=5:5:1 Straw:Mushroom residue:Oil tea cake=5:5:1	26.03	15.10	1.62	0.46	1.07
4	普通有机肥 Common organic fertilizer	31.97	18.55	1.74	0.69	1.05

1.2 方法

苦瓜栽培的施肥方式为基肥+后期水溶肥,其中各处理之间的差异在基肥的施用量上,常用量为调查赣南地区具有代表性的20家基地得出的平均值,其中有机肥的施用量为 $15\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$,复合肥(17:17:17)施用量为 $375\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,采用不同有机肥200%常用量+复合肥50%常用量作为处理,详见表2。采用随机区组设计,施肥处理小区3茬固定不变,3次重复,每个小区面积为 36 m^2 ($2\text{ m}\times 18\text{ m}$)。

1.3 田间管理

在定植前30 d采用50孔穴盘进行育苗,大棚试验田单垄定植,定植株距1.5 m,每小区定植株数为12株,垄面覆银灰色地膜,挂网式栽培。除试验设计要求以外,其他均按照统一的措施进行管理。

1.4 指标测定与方法

1.4.1 土壤pH、EC值的测定 每茬苦瓜生产结束后每个小区选5个点取0~20 cm土层土样。EC值和pH测量方法如下:于25 mL去离子水中加入1 g

表2 各处理肥料用量
Table 2 Fertilizer dosage of each treatment

处理 Treatment	基肥施用量 Application amount of base fertilizer	各元素施用量 Each element application amount/($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)		
		N	P	K
T1	1号蔬菜秸秆有机肥 $30\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ +复合肥 $187.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ No. 1 vegetable straw organic fertilizer $30\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ + compound fertilizer $187.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$	169.13	92.63	180.38
T2	2号蔬菜秸秆有机肥 $30\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ +复合肥 $187.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ No. 2 vegetable straw organic fertilizer $30\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ + compound fertilizer $187.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$	167.63	65.63	107.63
T3	3号蔬菜秸秆有机肥 $30\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ +复合肥 $187.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ No. 3 vegetable straw organic fertilizer $30\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ + compound fertilizer $187.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$	153.38	66.38	112.13
T4	4号普通有机肥 $30\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ +复合肥 $187.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ No. 4 vegetable straw organic fertilizer $30\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ + compound fertilizer $187.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$	162.38	83.63	110.63
CK	复合肥 $375\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ Compound fertilizer $375\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$	63.75	63.75	63.75

风干基质,玻璃棒搅拌1 min后,静置30 min,分别采用EC计(恒奥德DDS-307A)和pH仪(美国奥豪斯ST3100/F)测定其EC值和pH。

1.4.2 土壤主要养分含量的测定 采用重铬酸钾容量法测定有机质含量,采用凯氏定氮法测定硝态氮含量,采用碳酸氢钠浸提钼锑抗比色法测定有效磷含量,采用醋酸铵浸提火焰光度法测定速效钾含量^[7-8,16]。

1.4.3 产量和净光合速率测定 在苦瓜各个茬口的采收期,每小区进行单独产量登记,再核算出单株产量。

在最后一茬口的苦瓜采瓜初期采用便携式光合作用系统测定仪LI-6800(LI-COR Lincoln, USA)测定功能叶的净光合速率(P_n)和蒸腾速率(T_r)。

1.5 数据分析

采用Excel 2013软件进行数据处理及作图,采用SPSS16.0软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 有机肥替代部分化肥对0~20 cm土层土壤理化性质的影响

3个茬口不同施肥处理对0~20 cm土壤理化性

质的影响如表3所示。第一茬各处理土壤的pH没有显著差异,在6.26~6.87之间波动,属于植物适宜的生长范围。第二茬CK的pH为5.56,呈弱酸性,显著低于其他施肥处理;T2、T3和T4处理之间无显著差异,均显著高于T1处理。第三茬CK的pH最低,显著低于其他施肥处理;T3处理最高,显著高于除T2处理外的其他处理。

第一茬口各处理的EC值差异显著,由高到低依次为 $T2>T4>T1>T3>CK$,T2处理为 $0.74\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$,显著高于其他处理;CK最低,为 $0.33\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$,显著低于其他处理。第二茬口T1处理最高,为 $0.41\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$,显著高于其他处理;其次为T4处理,为 $0.33\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$,与其他处理呈显著差异;T2、T3、CK之间差异不显著,其中T3处理最低。第三茬口T2和T4处理显著高于其他处理,分别为 0.21 、 $0.20\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$;T1、T3和CK一致,均为 $0.16\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ 。

第一茬口的有机质含量以T4处理最高,T2处理次之,分别为3.80%和3.70%,均显著高于其他处理;T3处理显著高于CK;T1处理最低,仅为2.00%,显著低于其他处理。第二茬口以T1处理最高,T4处理次之,分别为2.19%和2.15%,均显著高

于其他处理;CK 最低,仅为 1.57%,显著低于其他处理。第三茬口各处理之间差异显著,以 T4 处理最高,为 2.13%,其次为 T1、T3 和 T2 处理,CK 最低,为 1.63%。

第一茬口的有效磷含量以 T4 处理最高,显著高于其他处理,为 37.30 mg·kg⁻¹;其次为 T2 处理,CK 和 T1 处理较低,二者差异不显著,但均显著低于其他处理。第二茬口的有效磷含量以 T1 处理最高,显著高于其他处理,为 83.92 mg·kg⁻¹,较 CK 显著提高 202.74%;其次为 T2 处理,有效磷含量为 77.28 mg·kg⁻¹;再次为 T4 和 T3 处理,分别为 72.23、70.63 mg·kg⁻¹;CK 含量最低,仅为 27.72 mg·kg⁻¹,显著低于其他处理。第三茬口的有效磷含量以 T2、T1 和 T3 处理较高,分别为 81.50、78.47 和 77.46 mg·kg⁻¹,三者差异不显著,但均显著高于 CK 和 T4 处理。

第一茬口的速效钾含量以 T2 处理最高,显著高于其他处理,为 644.64 mg·kg⁻¹,较 CK 显著提高 34.19%;其次为 T4 和 T1 处理,分别为 605.12、574.50 mg·kg⁻¹;CK 含量最低,为 480.38 mg·kg⁻¹,显著低于其他处理。第二茬口的速效钾含量以 T1 处理最高,显著高于其他处理,为 407.05 mg·kg⁻¹;其次为 T4 处理,含量为 366.09 mg·kg⁻¹;再次为 T2 和 T3 处理,分别为 332.94、310.94 mg·kg⁻¹;较 CK 分别

显著提高 222.88%、190.39%、164.09%、146.64%。第三茬口的速效钾含量以 T4 处理最高,含量为 345.00 mg·kg⁻¹;其次为 T2 处理,为 270.67 mg·kg⁻¹,二者较 CK 分别显著提高 40.06%、9.88%;T1 处理最低,为 208.00 mg·kg⁻¹,较 CK 显著降低 15.56%。

第一茬口的硝态氮含量以 T2 处理最高,显著高于其他处理,为 8.64 mg·kg⁻¹;其次为 T1 处理,为 6.73 mg·kg⁻¹;再次为 T4 处理,为 5.79 mg·kg⁻¹,三者之间呈显著差异,较 CK 分别显著提高 132.26%、80.91%、55.64%;CK 含量最低,但与 T3 处理差异不显著。第二茬口的硝态氮含量以 T1 处理最高,显著高于其他处理,为 19.20 mg·kg⁻¹;其次为 T2 处理,含量为 16.94 mg·kg⁻¹,二者较 CK 分别显著提高 31.60%、16.11%;T3 处理含量最低,为 11.97 mg·kg⁻¹,较 CK 显著降低 17.96%。第三茬口的硝态氮含量以 T3 处理最高,为 32.48 mg·kg⁻¹,其次为 CK,含量为 32.25 mg·kg⁻¹,二者差异不显著,但均显著高于其他 3 个处理。

2.2 有机肥替代部分化肥对苦瓜产量的影响

3 个茬口不同施肥处理对苦瓜单株产量的影响如表 4 所示,第一茬口不同处理对单株产量的影响存在显著差异,其中 T2 和 T1 处理较高,分别为 8.06 和 7.99 kg,较 CK 分别显著提高 13.04%和 12.06%;T3 处理的产量最低,为 6.92 kg,与 CK 差

表 3 不同处理不同茬口 0~20 cm 土壤理化指标
Table 3 Physical and chemical indexes of 0-20 cm soil with different treatments and different rotations

茬口 Rotation	处理 Treatment	pH	EC/ (mS·cm ⁻¹)	w(有机质) Organic matter content/%	w(有效磷) Available phosphorus content/(mg·kg ⁻¹)	w(速效钾) Available potassium content/(mg·kg ⁻¹)	w(硝态氮) Nitrate nitrogen content/(mg·kg ⁻¹)
第一茬 First-cut	T1	6.26 a	0.53 c	2.00 d	20.82 d	574.50 bc	6.73 b
	T2	6.60 a	0.74 a	3.70 a	32.30 b	644.64 a	8.64 a
	T3	6.80 a	0.40 d	3.50 b	29.21 c	557.70 c	4.36 d
	T4	6.87 a	0.57 b	3.80 a	37.30 a	605.12 b	5.79 c
	CK	6.37 a	0.33 e	2.40 c	21.50 d	480.38 d	3.72 d
第二茬 Second-cut	T1	6.50 b	0.41 a	2.19 a	83.92 a	407.05 a	19.20 a
	T2	6.81 a	0.27 c	2.04 b	77.28 b	332.94 c	16.94 b
	T3	6.84 a	0.25 c	1.90 c	70.63 c	310.94 c	11.97 d
	T4	6.86 a	0.33 b	2.15 a	72.23 c	366.09 b	14.41 c
	CK	5.56 c	0.27 c	1.57 d	27.72 d	126.07 d	14.59 c
第三茬 Third-cut	T1	6.31 b	0.16 b	2.03 b	78.47 a	208.00 d	27.70 b
	T2	6.46 ab	0.21 a	1.82 d	81.50 a	270.67 b	25.76 b
	T3	6.56 a	0.16 b	1.90 c	77.46 a	233.00 c	32.48 a
	T4	5.95 c	0.20 a	2.13 a	63.20 b	345.00 a	25.33 b
	CK	5.14 d	0.16 b	1.63 e	63.63 b	246.33 c	32.25 a

注:同列不同小写字母表示同一茬口的不同处理在 0.05 水平上差异显著。下同。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant difference between different treatments of the same rotation at 0.05 level. The same below.

异不显著。第二茬口的产量以 T1 处理最高,为 6.75 kg,显著高于其他处理,较 CK 显著提高 15.38%;其次为 T4 处理(6.33 kg),较 CK 显著提高 8.20%;T2 和 T3 处理高于 CK,但差异不显著。第三茬口 T1~T4 处理的苦瓜单株产量较 CK 分别显著提高 18.86%、10.29%、11.43%和 17.52%。

不同处理随着茬口的增加,单株产量均呈降低趋势。其中 T1 处理第三茬与第一茬相比,单株产量显著降低 21.90%;T2 处理第三茬与第一茬相比,单株产量显著降低 28.16%;T3 处理第三茬与第一茬相比,单株产量显著降低 15.46%;T4 处理第三茬与第一茬相比,单株产量显著降低 17.73%;CK 第三茬与第一茬相比,单株产量显著降低 26.37%。

表 4 不同处理不同茬口对苦瓜单株产量的影响

Table 4 Effects of different treatments and harvest cuts on the single-plant yield of bitter gourd kg

处理 Treatment	第一茬单株产量 First-cut single-plant yield	第二茬单株产量 Second-cut single-plant yield	第三茬单株产量 Third-cut single- plant yield
T1	7.99±0.16 aA	6.75±0.27 aB	6.24±0.08 aC
T2	8.06±0.21 aA	6.08±0.10 bcB	5.79±0.05 bC
T3	6.92±0.24 cA	6.09±0.27 bcB	5.85±0.06 bB
T4	7.50±0.13 bA	6.33±0.15 bB	6.17±0.28 aB
CK	7.13±0.23 cA	5.85±0.05 cB	5.25±0.12 cC

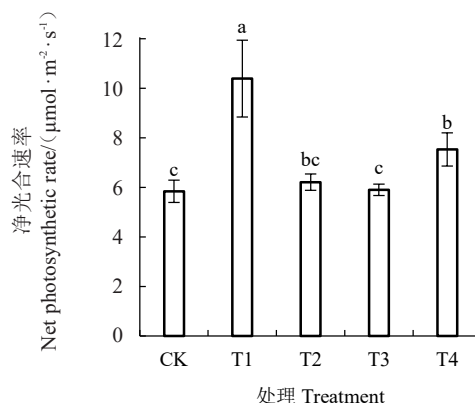
注:同行不同大写字母表示同一处理的不同茬口在 0.05 水平差异显著。

Note: Different capital letters in the same row indicate significant difference between different harvest cuts of the same treatment at 0.05 level.

2.3 不同配方有机肥对苦瓜光合特性的影响

植物有机物的积累来自光合作用,光合作用越强,植物表现为生长越旺盛,果实产量也越高。由图 1 可知,不同施肥处理对净光合速率的影响存在显著差异。T1 处理显著高于其他处理,净光合速率为 $10.39 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;其次为 T4 处理,净光合速率为 $7.53 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,二者较 CK 分别显著提高 77.91%、28.94%;T2 和 T3 处理均高于 CK,但差异不显著。

植物的蒸腾作用是植物水分散失的主要方式,而蒸腾作用产生的蒸腾拉力对矿物质营养元素和水分的吸收具有重要意义。由图 2 可知,不同施肥处理对蒸腾速率的影响存在显著差异。其中 T2 处理的蒸腾速率最高,为 $3.05 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,显著高于其他处理,较 CK 显著提高 34.36%;T4 处理与 CK 差异不显著;T1 和 T3 处理较 CK 分别显著降低 32.60%和 47.14%。



注:不同小写字母表示不同处理在 0.05 水平上差异显著。下同。

Note: Different small letters indicate significant difference between different treatments at 0.05 level. The same below.

图 1 不同处理对苦瓜净光合速率的影响

Fig. 1 Effects of different treatments on net photosynthetic rate of bitter gourd

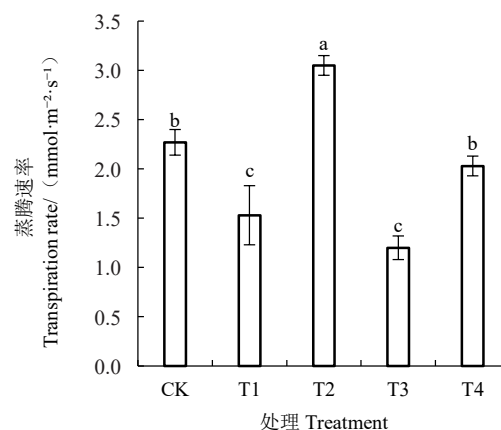


图 2 不同处理对苦瓜蒸腾速率的影响

Fig. 2 Effects of different treatments on transpiration rate of bitter gourd

3 讨论与结论

3.1 不同有机肥替代部分化肥对设施条件下连作苦瓜棚内土壤理化性质的影响

在作物生产过程中,普遍存在重施化肥,轻施或不施有机肥的现象,从而导致土壤质量下降。因此改进施肥方式,适当减少化肥用量,保护农业生态环境刻不容缓。近几年来,减施化肥与增施有机肥对土壤肥力的影响成为研究的热点。前人研究表明,增施有机肥可以提高土壤的有机质含量^[7-17],且在连续种植定位试验中这一优势更加明显^[10,18],温延臣等^[10]通过定位试验发现,与单施化肥相比,商品有机肥替代部分化肥 3 年后,土壤有机碳含量增

加了19.5%。徐明岗等^[18]研究表明,化肥与有机肥配合施用,5年后土壤有机质含量提高了18.5%,均显著高于单施化肥处理。本试验结果表明,有机肥替代化肥能在不同程度上提高土壤的有机质含量,且不同有机肥在提高有机质含量方面的能力不同,第二茬口数据显示,各处理的有机质含量较CK显著提高21.02%~39.50%,第三茬口数据显示,各处理较CK显著提高11.66%~30.67%。土壤酸化是土壤退化的主要形式,容易导致土壤环境质量和健康质量的降低,同时也是连作障碍中的主要因素之一。前人研究表明,外源氮肥的施用与土壤酸化有着密不可分的关系,长期施用有机肥有助于缓解土壤的酸化进程^[19-21]。本试验结果表明,随着茬口的增加,CK的pH呈下降趋势,从第一茬口的6.37到第三茬口的5.14;而T1、T2、T3处理没有持续的下降趋势;T4处理的第一茬口和第二茬口差异较小,分别为6.87、6.86,在第三茬口的时候下降到5.95。有机肥替代部分化肥对土壤pH的影响较为明显,能有效地延缓土壤酸化的过程。有机肥替代部分化肥后,增加土壤养分含量,同时可提高土壤的碱解氮、有效磷、速效钾含量^[7,10,14,17],降低土壤硝态氮含量^[8,22]。本试验结果表明,与常规单施化肥(CK)相比,化肥减量配施有机肥能够显著提高土壤有效磷和速效钾含量;同时随着复种茬数的增加,硝态氮含量整体呈现增加趋势。第3茬口数据显示,与单施化肥相比,有机肥替代部分化肥可以降低土壤硝态氮含量,且不同种类有机肥效果不同。进一步说明,适量减施化肥与有机肥配施,能够提高土壤有机质含量,改善土壤理化特性和养分供应,减缓连作对土壤理化性质恶性发展的程度,提高土壤肥力。

3.2 不同有机肥替代部分化肥对设施条件下连作苦瓜产量的影响

施肥是作物增产的有效措施,作物产量是评价施肥效果的重要指标之一。相关研究表明,有机肥在提供土壤养分的同时,还可以提高土壤的有机质含量,改善土壤结构,利用有机肥替代部分化肥能有效协调有机与无机养分的供应,满足作物生长对养分的需求,并能获得高产^[16-20]。本试验结果表明,在连续3年定位试验中,各处理组单株产量均呈降低的趋势,这与连续种植有很大关系,其中CK显著降低26.37%,T1~T4各处理组分别显著降低21.90%、28.16%、15.46%和17.73%,T1、T3和T4处理与CK相比,均能在一定程度上减缓连作对产量

的影响。不同种类的有机肥对苦瓜产量的影响不同,其中T1处理在不同的茬口,在对苦瓜产量的影响方面与其他处理相比更加有优势,这与基肥总养分含量高相关,其他处理对苦瓜产量的影响与基肥养分含量也呈正相关。各处理中T3处理的产量降低的幅度最小,为15.46%,且T3和T4处理的第二茬口与第三茬口的单株产量无显著降低,说明不同有机肥作为基肥处理在缓解连作引起的产量降低幅度方面存在差异。分析原因可能是试验连作的后期,土壤根结线虫发病情况严重,而T3处理的有机肥中添加的油茶枯,具有一定杀灭线虫的效果。因此,在利用蔬菜秸秆开发有机肥时总养分含量是考量有机肥质量的重要指标,而具有一定特殊杀菌、杀虫物料的添加可以提高有机肥的附加效果。

3.3 不同有机肥替代部分化肥对设施条件下连作苦瓜净光合速率和蒸腾速率的影响

净光合速率和蒸腾速率影响作物干物质积累和产量形成,可以作为一种植物生产状态的指标,光合作用是干物质积累的基础,光合能力的提高能够促进干物质的积累^[15,23]。植物的蒸腾作用是植物水分散失的主要方式,而蒸腾作用产生的蒸腾拉力对植物吸收矿物质营养元素、水分具有重要意义。不同的施肥方式对叶面积动态和光合能力的影响也不尽相同。本试验结果表明,不同处理对净光合速率影响不同,其中T1、T4处理的苦瓜叶片净光合速率显著高于CK,其他处理组与CK无显著差异,而CK的蒸腾速率显著高于T1和T3处理,适量减施化肥与有机肥配施可以提高植物的光合作用效率,降低蒸腾速率,且这一影响与有机肥的种类有关。

综上所述,与单施化肥相比,适量减施化肥与有机肥配施,能够提高土壤有机质、有效磷和速效钾含量,随着连作茬数的增加,可延缓土壤的酸化进程及硝态氮含量的增加速度。不同物料配比的有机肥影响不同,蔬菜秸秆有机肥与普通有机肥相比,在肥力供应上具有一定的优势,其中蔬菜秸秆、菌渣、蚯蚓粪质量比1:1:1混合发酵腐熟蔬菜秸秆有机肥(T1),在肥力供应、减缓连作对土壤的恶性发展及对产量的影响方面表现较好,说明以蔬菜秸秆为原料充分腐熟后的有机肥在蔬菜栽培上具有一定的可行性。

参考文献

- [1] 吴茵,马承和,明家琪,等.江西省设施蔬菜生产现状调查与分析[J].中国蔬菜,2024(4):8-14.

- [2] 李庆,徐光耀,魏建美,等.江西蔬菜产业发展现状、问题与对策研究[J].江西农业学报,2020,32(2):125-130.
- [3] 石元亮,王玲莉,刘世彬,等.中国化学肥料发展及其对农业的作用[J].土壤学报,2008,45(5):852-864.
- [4] SCHRODER J L, ZHANG H, GIRMA K, et al. Soil acidification from long-term use of nitrogen fertilizers on winter wheat[J]. Soil Science Society of America Journal, 2011, 75(3):957-964.
- [5] 孟红旗,刘景,徐明岗,等.长期施肥下我国典型农田耕层土壤的pH演变[J].土壤学报,2013,50(6):1109-1116.
- [6] 张永春,汪吉东,沈明星,等.长期不同施肥对太湖地区典型土壤酸化的影响[J].土壤学报,2010,47(3):465-472.
- [7] 殷琳毅,李进,袁春新,等.生物有机肥替代化肥对土壤及芥菜产量、品质的影响[J].中国瓜菜,2023,36(1):85-89.
- [8] 付丽军,王永存,闫红波,等.化肥减量配施生物有机肥对生姜产量和品质的影响[J].中国瓜菜,2022,35(3):86-91.
- [9] 何浩,危常州,李俊华,等.商品有机肥替代部分化肥对玉米生长、产量及土壤肥力的影响[J].新疆农业科学,2019,56(2):325-332.
- [10] 温延臣,张曰东,袁亮,等.商品有机肥替代化肥对作物产量和土壤肥力的影响[J].中国农业科学,2018,51(11):2136-2142.
- [11] 陈志龙,陈杰,许建平,等.有机肥氮替代部分化肥氮对小麦产量及氮肥利用率的影响[J].江苏农业科学,2013,41(7):55-57.
- [12] 马贵,杨彩玲,买自珍,等.有机肥替代化肥减量配施对甘蓝养分利用及产量的影响[J].中国瓜菜,2023,36(7):95-103.
- [13] 刘增兵,束爱萍,刘光荣,等.有机肥替代化肥对双季稻产量和土壤养分的影响[J].江西农业学报,2018,30(11):35-39.
- [14] 卢合全,唐薇,罗振,等.商品有机肥替代部分化肥对连作棉田土壤养分、棉花生长发育及产量的影响[J].作物学报,2021,47(12):2511-2521.
- [15] 郭晓霞,田露,营彩媛,等.化肥减施下生物有机肥对连作甜菜光合特性、干物质积累转运和产量形成的影响[J].中国农学通报,2023,39(22):1-10.
- [16] 蒋强,刘子凡,王燕武,等.生物有机肥替代化肥对樱桃番茄产量、品质及土壤理化性质的影响[J].中国瓜菜,2023,36(10):71-77.
- [17] 娄菲,左梓平,李萌,等.有机肥替代部分化肥氮对糯玉米产量、品质及氮素利用的影响[J].作物学报,2024,50(4):1053-1064.
- [18] 徐明岗,于荣,孙小凤,等.长期施肥对我国典型土壤活性有机质及碳库管理指数的影响[J].植物营养与肥料学报,2006,12(4):459-465.
- [19] RUTKOWSKA B, SZULC W, SOSULSKI T, et al. Soil micro-nutrient availability to crops as affected by long-term inorganic and organic fertilizer applications[J]. Plant Soil Environment, 2014, 60(5):198-203.
- [20] 曲成闯.施用生物有机肥对设施黄瓜连作土壤理化性质、生物学特征和有机碳矿化的持续效应[D].南京:南京农业大学,2019.
- [21] 胡天睿,蔡泽江,王伯仁,等.长期不同施肥下红壤酸碱缓冲性能变化[J].中国土壤与肥料,2022(6):48-54.
- [22] 郑福丽,李国生,李燕,等.不同有机-无机肥配施模式对设施辣椒产量及养分利用的影响[J].山东农业科学,2020,52(11):105-110.
- [23] FURBANK R T, QUICK W P, SIRALUT X. Improving photosynthesis and yield potential in cereal crops by targeted genetic manipulation: Prospects, progress and challenges[J]. Field Crops Research, 2015, 10(182):19-29.