



西北农牧交错区种养废弃物堆肥对西葫芦产量及品质的影响

铁建中¹, 刘亚昱¹, 魏百弘¹, 高雪琴¹, 徐之奇¹, 刘泽慈¹, 胡琳莉^{1, 2*}, 郁继华^{1, 2*}

(1. 甘肃农业大学园艺学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 省部共建干旱生境作物学国家重点实验室, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 针对西北农牧交错地区种养废弃物产生量大且有机肥化消纳率低的问题, 以种养废弃物(羊粪、尾菜、牛粪、菇渣、玉米秸秆)为原料, 不施肥(CK1)和当地商品有机肥(CK2)为对照, 设计8个配方进行堆肥发酵, 研究种养废弃物堆肥对日光温室西葫芦产量及品质的影响。结果表明, T4(羊粪:尾菜:秸秆=6:3:1)处理单株产量最高, 与CK2相比提高了26.1%, 且T4处理单株畸形率最低。T4处理维生素C含量最高, 较CK2提高了5.5%, 硝酸盐含量最低, 较CK2显著降低了10.5%, 且T4处理的可溶性蛋白含量较CK2提高了3.6%。T7(羊粪:尾菜:菇渣:秸秆=6:2:1:1)处理的可溶性固形物含量最高, 较CK2显著提高了9.9%。各堆肥处理的Ca、Mg、Cu、Fe、Mn、Zn含量无显著差异, T4处理的必需氨基酸含量较CK2显著提高了28.3%, 设计配方堆肥处理较CK2显著增加了赖氨酸、异亮氨酸、丙氨酸含量, 降低了谷氨酸含量。综合产量和品质指标分析表明, 相比商品有机肥, T4处理增产提质效果最好, 所以可选择T4配方用于优化当地种养废弃物有机肥化处理体系和日光温室西葫芦栽培。

关键词: 种养废弃物; 堆肥; 西葫芦; 产量; 品质

在西北高原地区, 良好的气候条件造就了高原夏菜产业, 但尾菜废弃处理不当、资源化利用效率低制约着该产业的发展^[1]。同样, 随着西北地区畜禽养殖业的专业化、规模化、集约化发展, 畜禽粪污产生量日益增加^[2]。加快和推动农业废弃物综合治理, 探索与推广适合西北地区节本降耗、绿色增产、循环利用等技术模式, 建立农牧结合、循环发展的综合利用机制迫在眉睫^[3]。种养废弃物还田不仅能促进废弃物的资源化利用, 还能提高土壤质量, 促进作物增产和提高品质, 对农业可持续发展具有重要意义^[4]。

近年来, 国内外对农业废弃物还田的研究主要集中在废弃物直接还田或堆肥后还田对作物生长、品质、产量及改善土壤特性等方面^[5-6]。孔涛等^[7]研究表明, 蔬菜废弃物堆肥能够提高土壤质量, 增

加蔬菜产量和品质。钱晓雍等^[8]发现, 在日光温室菜地次生盐渍化土壤中添加畜禽粪便和秸秆, 对日光温室菜地次生盐渍化土壤具有良好的修复效果, 并不同程度地提高作物产量。张凯歌等^[9]研究表明, 春茬柠条堆肥结合深翻(35 cm)和秋茬柠条堆肥结合浅耕(15 cm)有利于维持较好的植株生长、果实品质和产量形成。目前, 虽然对农业废弃物还田进行了大量研究, 但仍面临不同种养废弃物种类多、难以完全覆盖的问题, 按地区特点和经济发展状况因地制宜确定废弃物综合利用模式、废弃物还田养分管理技术等依然缺乏^[10]。

西北地区农业废弃物肥料化率逐年升高, 但肥料化主要途径为农家肥, 有机肥消纳率低且农家肥缺少统一加工标准^[11-12]。在西北农牧交错地区主要的种养废弃物为羊粪和尾菜, 其有机肥化利用方式为羊粪和高原夏菜尾菜按6.5:3.5的重量比混合后好氧发酵为有机肥, 这种肥料化循环利用模式并不能有效处理其他种养废弃物。因此, 本试验以日光温室西葫芦(*Cucurbita pepo* L.)为试材, 在当地商品有机肥配方基础上, 添加其他种养废弃物(牛粪、菇渣和玉米秸秆)组成8种堆肥配方进行好氧发酵, 研究种养废弃物堆肥对日光温室西葫芦产量和品质的影响, 旨在优化当地商品有机肥配方和种养废弃物堆肥化处理体系, 消纳一部分其他种养

收稿日期: 2022-09-30; 录用日期: 2022-11-06

基金项目: 甘肃省教育厅“双一流”科研重点项目(GSSYLXM-02); 国家大宗蔬菜产业技术体系(CARS-23-C-07); 甘肃省拔尖领军人才培养计划(GSBJLJ-2021-14); 现代丝路寒旱农业科技支撑项目(GSLK-2021-6)。

作者简介: 铁建中(1999-), 在读硕士, 主要从事蔬菜栽培生理生态的研究。E-mail: 282716038@qq.com。

通讯作者: 胡琳莉, E-mail: hull@gsau.edu.cn; 郁继华, E-mail: yujihua@gsau.edu.cn。



废弃物，将堆肥产品应用于作物提产增质，实现“产－用”结合，以期为西北地区循环农业可持续发展提供理论和技术依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在甘肃省兰州市榆中县李家庄田园综合体六区5号日光温室内进行。试验用日光温室栽培年限3年，前茬作物为番茄。供试土壤为黄绵土，富含碳酸钙，0～20 cm耕层土壤中，全氮 0.547 g·kg⁻¹，全磷 6.655 g·kg⁻¹，全钾 53.6 g·kg⁻¹，碱解氮 79 mg·kg⁻¹，有效磷 131 mg·kg⁻¹，速效钾 376 mg·kg⁻¹，有机质 5.31 g·kg⁻¹，电导率 296 μS·cm⁻¹，pH 值 8.15。

1.2 供试材料

供试西葫芦品种为“冬丰5号”，由榆中县农技站提供。供试种养废弃物原料为羊粪、尾菜（采

用娃娃菜和甘蓝尾菜，均为高原夏菜主栽蔬菜）、牛粪、菇渣、玉米秸秆，原料基本理化性质见表1。供试化肥为尿素（N 46%）、过磷酸钙（P₂O₅ 16%）、硫酸钾（K₂O 52%），当地商品有机肥由兰州大帝长城肥料有限公司生产，生物发酵菌剂（有效活菌数 ≥ 500.0 × 10⁸ CFU·g⁻¹、纤维素酶活性 ≥ 60.0 U·μg⁻¹、蛋白酶活性 ≥ 70.0 U·μg⁻¹、水分 ≤ 20.0%）由鹤壁市人元生物科技发展有限公司生产。供试种养废弃物原料按照设计配方混合，按 15 t 原料添加 1 kg 发酵菌剂为标准添加菌剂，堆体含水量调节至 60%～65%，堆置成高 1 m、底宽 2 m、顶宽 1 m、长度不限的台形堆（即切面为梯形），监测堆体顶端 25 cm 深处温度，温度超过 70℃时，进行第一次翻堆，后每隔 7 d 翻混一次，堆体温度接近环境温度、颜色变褐、有轻微草香味时发酵完成，共需 38～40 d。

表 1 种养废弃物原料基本理化性质

原料	全氮 (g·kg ⁻¹)	全磷 (g·kg ⁻¹)	全钾 (g·kg ⁻¹)	碱解氮 (mg·kg ⁻¹)	有效磷 (mg·kg ⁻¹)	速效钾 (mg·kg ⁻¹)	有机质 (mg·kg ⁻¹)
菇渣	9.1	6.65	11.4	630.58	284.33	9253.33	470.31
牛粪	9.0	5.71	13.3	686.58	383.29	6786.67	510.76
羊粪	8.99	6.61	11.8	658.58	304.87	9320.00	945.67
秸秆	10.04	7.79	15.1	546.58	385.61	8246.67	998.77
尾菜	11.09	5.41	139.6	971.25	391.25	13886.67	614.43

1.3 田间试验设计

试验采用随机区组设计，共设 10 个处理（表 2），两个对照分别为不施肥（化肥、有机肥均不施）对照 CK1 和当地商品有机肥对照 CK2，化肥作为追肥施用，全田生育期每公顷化肥用量 N 168.22 kg，P₂O₅ 135.83 kg，K₂O 166.27 kg 且各施肥处理保持一致。不同配方种养废弃物堆肥及当地商品有机肥基本理化性质见表 3。

定植前结合整地，堆肥按当地有机肥 6000 kg·hm⁻² 的施用量为标准作为基肥施入，基肥撒施后深翻 25～30 cm 整平、起垄，定植后及时浇水。采用一垄双行栽培模式，垄宽 80 cm，垄面宽 60 cm，沟宽 40 cm，栽培密度为 18890 株·hm⁻²，株距 100 cm，行距 20 cm。西葫芦于 2021 年 9 月 30 日播种，2022 年 3 月 20 日收获结束，全田间生育期 172 d。西葫芦生长期间，根瓜在 250～300 g 及时采收，其他瓜不宜超过 400 g，灌水、植株

调整和病虫害防治均按当地种植习惯进行一致管理。

表 2 试验设计

处理	组分	重量比
CK1	不施肥	—
CK2	羊粪：尾菜	6.5：3.5
T1	羊粪：尾菜	5.5：4.5
T2	羊粪：尾菜：牛粪	6：3：1
T3	羊粪：尾菜：菇渣	6：3：1
T4	羊粪：尾菜：秸秆	6：3：1
T5	羊粪：尾菜：牛粪：菇渣	6：2：1：1
T6	羊粪：尾菜：牛粪：秸秆	6：2：1：1
T7	羊粪：尾菜：菇渣：秸秆	6：2：1：1
T8	羊粪：尾菜：牛粪：菇渣：秸秆	5：2：1：1：1

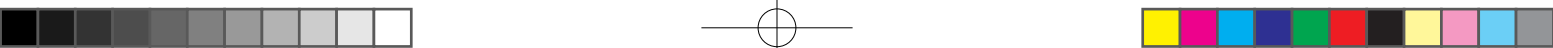


表 3 种养废弃物堆肥基本理化性质

处理	全氮 (g·kg ⁻¹)	全磷 (g·kg ⁻¹)	全钾 (g·kg ⁻¹)	碱解氮 (mg·kg ⁻¹)	有效磷 (mg·kg ⁻¹)	速效钾 (mg·kg ⁻¹)	有机质 (g·kg ⁻¹)	pH 值	EC 值 (mS·cm ⁻¹)
CK2	9.19	4.27	14.60	434.58	122.11	7596.67	227.57	8.14	4.81
T1	8.09	3.40	15.35	429.92	143.29	8123.33	195.33	7.95	4.92
T2	9.37	4.12	13.76	415.92	100.87	7013.33	132.75	8.07	5.33
T3	9.19	4.38	11.68	476.58	93.33	6856.67	176.37	8.03	5.63
T4	10.13	4.54	14.99	504.58	165.40	8860.00	394.45	8.25	6.35
T5	10.17	4.27	10.11	411.25	96.54	7453.33	195.33	8.08	5.32
T6	10.49	4.50	14.28	415.92	166.01	8240.00	244.64	8.13	5.91
T7	11.34	4.86	13.77	555.92	161.93	9746.67	384.97	8.18	6.19
T8	10.90	4.64	14.00	448.58	173.55	8530.00	252.22	8.24	6.65

1.4 测定指标及方法

1.4.1 产量指标测定

每垄“S”形标记 5 株植株，自根瓜摘除后进入结果期起，收获并记录各标记植株的单株结瓜数、单瓜重、单株畸形率等产量指标，按张黎杰等^[13]的公式计算平均单瓜重和单株畸形率：

畸形率 (%) = (畸形单瓜数 / 总瓜数) × 100

平均单瓜重 (g) = (总瓜重 - 畸形瓜重) / (总瓜数 - 畸形瓜数)

1.4.2 品质指标测定

在西葫芦盛果期，挑选代表性商品瓜，除去非可食部分，用四分法分取可食部分，鲜果磨样机均质磨浆后，参照高俊凤^[14]的方法，测定西葫芦可食部分的硝酸盐、可溶性蛋白、可溶性糖、维生素 C 含量。可溶性固形物含量采用 PAL-1 手持式折光仪测定。果实 105℃ 杀青 30 min 后 80℃ 干燥至恒重，将干燥后的果实样品研磨后过 0.25 mm 筛。矿质元素前处理采用湿式消解法 (H₂SO₄-H₂O₂) 进行处理，金属元素 Ca、Mg、Cu、Fe、Mn、Zn 的测定参考蔡艳荣等^[15]的方法，使用 ZEE nit 700P 原子吸收光谱仪 (Analytik Jena, Germany) 进行测定。

氨基酸组分的测定：采用马戎等^[16]的方法，样品前处理为准确称取 0.5 g 西葫芦烘干样于三角瓶中，加入 20 mL 0.1% 的盐酸溶液超声萃取 15 min (25℃)，将萃取液转移到 10 mL 离心管中，在 10000 r·min⁻¹ 离心 5 min，用注射器取上清液过 0.22 μm 水相滤膜，采用液相色谱串联质谱法测定。

1.5 数据处理

采用 Excel 2016、SPSS 25.0、Origin 2022 对数据进行统计分析并作图，采用 Duncan's 法在 P<0.05 水平上进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 种养废弃物堆肥对日光温室西葫芦产量构成因素的影响

表 4 反映了种养废弃物堆肥对日光温室西葫芦产量及其构成因素的影响，单株瓜数、单果重、单株产量及单株畸形率是产量构成的重要因素。相比 CK2 处理，T4 处理单株瓜数和单株产量最高，比 CK2 处理显著提高了 23.7%、26.1%。除 T5 处理外，其他 7 种配方堆肥处理的单果重与 CK2 处理无明显差异，T5 较 CK2 处理降低了 12.9%。在同样的授粉条件下，CK1 处理单株畸形率最高，为 26.42%，不同施肥处理均有效降低了单株畸形率，以 CK2、T3、T4 和 T7 处理相对较低，其中 T4 处理畸形率最低，为 5.17%，说明合理的施肥可有效促进日光温室西葫芦果实畸形率的降低。单株产量表明 T3、T4、T6 和 T7 较 CK2 处理有利于增加日光温室西葫芦产量。

2.2 种养废弃物堆肥对日光温室西葫芦品质的影响

由表 5 可知，T4 处理的维生素 C 含量最高，较 CK2 处理提高了 5.5%，T6 处理的可溶性蛋白含量较 CK2 处理显著提高了 26.9%。8 种堆肥配方处理的可溶性糖含量均显著低于 CK2 处理，其中 T5、T6、T7、T8 较 CK2 处理降幅最明显，但这些处理之



表 4 种养废弃物堆肥对西葫芦产量构成因素的影响

处理	单株瓜数 (个)	单果重 (kg)	单株产量 (kg)	单株畸形率 (%)
CK1	15.0 ± 0.45e	0.26 ± 0.026c	2.89 ± 0.33e	26.42 ± 5.02a
CK2	18.6 ± 0.40d	0.31 ± 0.007a	5.32 ± 0.17bcd	7.39 ± 1.90bc
T1	21.1 ± 1.10abcd	0.28 ± 0.008abc	5.14 ± 0.47cd	12.70 ± 1.71bc
T2	18.6 ± 0.51d	0.29 ± 0.009abc	4.60 ± 0.20d	15.00 ± 0.85bc
T3	21.2 ± 0.80abc	0.31 ± 0.010a	6.16 ± 0.26ab	7.70 ± 2.06bc
T4	23.0 ± 0.84a	0.31 ± 0.007ab	6.71 ± 0.21a	5.17 ± 0.72c
T5	20.2 ± 0.37bcd	0.27 ± 0.008bc	4.74 ± 0.24d	12.91 ± 2.54bc
T6	21.4 ± 1.33ab	0.31 ± 0.008ab	5.83 ± 0.34abc	11.75 ± 3.00bc
T7	21.4 ± 0.93ab	0.32 ± 0.013a	6.20 ± 0.36ab	8.38 ± 1.59bc
T8	18.8 ± 0.58cd	0.30 ± 0.011abc	4.80 ± 0.26d	13.69 ± 4.06bc

注：同列数据后不同小写字母表示不同处理间在 0.05 水平差异显著 ($P<0.05$)。下同。

表 5 种养废弃物堆肥对日光温室西葫芦品质的影响

处理	维生素 C (mg · 100 g ⁻¹)	可溶性蛋白 (mg · g ⁻¹)	可溶性糖 (%)	硝酸盐 (μg · g ⁻¹)	可溶性固形物 (%)
CK1	61.82 ± 0.13h	1.59 ± 0.01e	0.65 ± 0.07f	185.64 ± 0.63a	2.50 ± 0.06f
CK2	68.15 ± 0.09f	1.67 ± 0.01cd	2.07 ± 0.15a	146.53 ± 0.97b	3.03 ± 0.07cd
T1	67.47 ± 0.09g	1.76 ± 0.02b	1.89 ± 0.12c	136.66 ± 1.83d	3.17 ± 0.03bc
T2	70.08 ± 0.07d	1.36 ± 0.02g	1.46 ± 0.13e	133.74 ± 0.97de	2.80 ± 0.06e
T3	69.27 ± 0.07e	1.37 ± 0.01g	2.01 ± 0.14b	144.70 ± 0.97bc	2.73 ± 0.03e
T4	71.90 ± 0.03a	1.73 ± 0.02bc	1.75 ± 0.12d	131.18 ± 0.37e	3.20 ± 0.06ab
T5	70.76 ± 0.09c	1.66 ± 0.04d	1.46 ± 0.14f	135.20 ± 1.10d	3.00 ± 0.00d
T6	70.69 ± 0.05c	2.12 ± 0.03a	1.45 ± 0.08f	136.29 ± 1.10d	3.17 ± 0.03bc
T7	71.52 ± 0.05b	1.47 ± 0.01f	1.42 ± 0.13f	137.02 ± 0.97d	3.33 ± 0.03a
T8	69.06 ± 0.03e	1.61 ± 0.03de	1.52 ± 0.12f	142.51 ± 0.97c	3.23 ± 0.03ab

间无显著差异。堆肥配方处理果实中的硝酸盐含量均低于 CK2 处理，其中 T4 处理硝酸盐含量最低，较 CK2 显著降低了 10.5%。T4、T7、T8 处理的可溶性固形物较 CK2 分别显著升高 5.6%、9.9% 和 6.6%。以上结果表明，与商品有机肥相比，试验所设计种养废弃物堆肥配方显著提升了日光温室西葫芦果实的维生素 C 和可溶性固形物含量，显著降低了可溶性糖和硝酸盐含量。

2.3 种养废弃物堆肥对日光温室西葫芦矿质元素的影响

种养废弃物堆肥对日光温室西葫芦矿质元素的影响如表 6 所示。与 CK2 处理相比，T4 处理的 Ca 含量最高，提高了 1.34%。Mg 含量最高的为 T8

处理，达 5.39 g · kg⁻¹，较 CK2 提高了 13.24%。施肥处理的 Cu 含量整体差异不明显，表明种养废弃物堆肥对西葫芦 Cu 积累无明显作用。Fe 含量最高的为 T6 处理，含量达 196.13 mg · kg⁻¹，较 CK2 处理显著提升了 14.12%，其次为 T7 处理，提升了 5.88%。与 CK2 处理相比，T2 处理的 Mn 含量显著降低了 24.43%。Zn 含量在 T3 处理最高，达 79.81 mg · kg⁻¹，较 CK2 处理提高了 10.4%。

2.4 种养废弃物堆肥对日光温室西葫芦氨基酸组分的影响

西葫芦果实中的游离氨基酸 (FAA) 检测结果见表 7，表中显示共检测出 21 种 FAA，其中包含 4 种半必需氨基酸 (cEAAs)、8 种必需氨基酸



表 6 种养废弃物堆肥对日光温室西葫芦矿质元素的影响

处理	Ca ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Mg ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Cu ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Fe ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Mn ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Zn ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
CK1	4.18 ± 0.07c	3.44 ± 0.06e	9.27 ± 0.27e	136.93 ± 1.07d	15.38 ± 0.22c	50.97 ± 0.48f
CK2	6.77 ± 0.05a	4.76 ± 0.06bc	14.06 ± 0.12abc	171.87 ± 4.90bc	23.75 ± 0.64ab	72.29 ± 1.09bc
T1	6.73 ± 0.02a	4.52 ± 0.05c	12.24 ± 0.12cd	161.87 ± 4.12c	21.31 ± 0.87b	61.18 ± 0.78de
T2	6.02 ± 0.07b	4.06 ± 0.01d	11.93 ± 0.23cd	178.37 ± 5.89b	17.51 ± 0.21c	60.00 ± 0.84e
T3	6.54 ± 0.04a	4.94 ± 0.06b	15.93 ± 0.17a	175.70 ± 3.06bc	24.97 ± 0.25a	79.81 ± 1.65a
T4	6.86 ± 0.07a	5.01 ± 0.10b	13.23 ± 0.34bcd	167.37 ± 1.07bc	23.56 ± 1.18ab	64.16 ± 2.16cde
T5	6.13 ± 0.26b	4.21 ± 0.19d	14.69 ± 1.80ab	160.73 ± 2.95c	21.27 ± 2.72b	69.94 ± 7.67bcd
T6	6.00 ± 0.10b	4.52 ± 0.06c	13.89 ± 0.39abcd	196.13 ± 6.52a	20.90 ± 0.45b	70.15 ± 2.76bcd
T7	6.73 ± 0.11a	5.03 ± 0.15b	14.47 ± 0.65ab	181.97 ± 6.00ab	22.83 ± 0.91ab	67.89 ± 1.85bcd
T8	6.77 ± 0.11a	5.39 ± 0.13a	14.25 ± 0.36abc	179.40 ± 7.65b	24.43 ± 1.03ab	74.12 ± 1.51ab

表 7 种养废弃物堆肥对西葫芦氨基酸组分的影响

($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)

氨基酸	处理				
	CK1	CK2	T1	T2	T3
苏氨酸	0.10 ± 0.001g	0.29 ± 0.006c	0.13 ± 0.006ef	0.12 ± 0.002f	0.41 ± 0.009a
异亮氨酸	0.13 ± 0.003h	0.35 ± 0.011e	0.20 ± 0.005g	0.11 ± 0.003h	0.49 ± 0.001c
色氨酸	0.015 ± 0.0006h	0.041 ± 0.0017d	0.022 ± 0.0009f	0.019 ± 0.0009g	0.053 ± 0.0002a
缬氨酸	0.19 ± 0.003i	0.52 ± 0.016d	0.32 ± 0.004g	0.27 ± 0.005h	0.64 ± 0.004c
苯丙氨酸	0.09 ± 0.002g	0.25 ± 0.006c	0.11 ± 0.005f	0.12 ± 0.001f	0.36 ± 0.003a
亮氨酸	0.08 ± 0.001f	0.17 ± 0.005d	0.10 ± 0.003e	0.29 ± 0.004a	0.24 ± 0.003b
蛋氨酸	0.015 ± 0.0005f	0.051 ± 0.0007c	0.018 ± 0.0018f	0.019 ± 0.0008f	0.083 ± 0.0019a
赖氨酸	1.77 ± 0.11h	2.78 ± 0.03f	1.63 ± 0.06h	3.12 ± 0.01e	4.45 ± 0.05b
精氨酸	0.084 ± 0.004d	0.15 ± 0.009b	0.097 ± 0.003d	0.09 ± 0.002d	0.17 ± 0.014ab
酪氨酸	0.34 ± 0.012d	0.44 ± 0.011c	0.33 ± 0.005d	0.24 ± 0.004e	0.55 ± 0.005a
组氨酸	0.053 ± 0.0050e	0.079 ± 0.0058ab	0.063 ± 0.0013cde	0.067 ± 0.0003bcd	0.067 ± 0.0017bcd
半胱氨酸	0.0012 ± 0.000b	0.0013 ± 0.000ab	0.0012 ± 0.000ab	0.0012 ± 0.000b	0.0012 ± 0.000b
甘氨酸	0.22 ± 0.003c	0.22 ± 0.012c	0.14 ± 0.002de	0.13 ± 0.002e	0.30 ± 0.010b
谷氨酸	1.81 ± 0.008i	6.61 ± 0.100a	2.66 ± 0.079f	2.08 ± 0.039g	5.97 ± 0.074b
天冬酰胺	0.12 ± 0.001g	0.26 ± 0.003d	0.17 ± 0.001f	0.11 ± 0.002g	0.34 ± 0.003c
脯氨酸	0.25 ± 0.005h	0.39 ± 0.008d	0.31 ± 0.001g	0.31 ± 0.003g	0.46 ± 0.003c
天冬氨酸	0.34 ± 0.03f	0.74 ± 0.07cd	0.43 ± 0.00f	1.15 ± 0.14b	1.13 ± 0.02b
丙氨酸	0.87 ± 0.01h	2.47 ± 0.06e	2.13 ± 0.02f	3.62 ± 0.05b	3.08 ± 0.03c
丝氨酸	0.07 ± 0.001f	0.17 ± 0.002c	0.11 ± 0.005d	0.11 ± 0.003d	0.17 ± 0.006c
谷氨酰胺	0.10 ± 0.005i	0.26 ± 0.003f	0.20 ± 0.005g	0.35 ± 0.005d	0.42 ± 0.005b
胱氨酸	0.010 ± 0.0006e	0.022 ± 0.0004ab	0.025 ± 0.0003a	0.015 ± 0.0002d	0.024 ± 0.0003a
总游离氨基酸	6.67 ± 0.14h	16.27 ± 0.08c	9.19 ± 0.08g	12.33 ± 0.15f	19.42 ± 0.11b
必需氨基酸	2.38 ± 0.107h	4.45 ± 0.042d	2.53 ± 0.043gh	4.07 ± 0.010e	6.74 ± 0.065b
非必需氨基酸	3.80 ± 0.03h	11.15 ± 0.06c	6.17 ± 0.09g	7.86 ± 0.16f	11.90 ± 0.08b



续表

氨基酸	处理				
	T4	T5	T6	T7	T8
苏氨酸	0.35 ± 0.002b	0.35 ± 0.004b	0.14 ± 0.002e	0.20 ± 0.005d	0.34 ± 0.008b
异亮氨酸	0.58 ± 0.007b	0.68 ± 0.009a	0.22 ± 0.005g	0.26 ± 0.003f	0.41 ± 0.009d
色氨酸	0.049 ± 0.0006b	0.044 ± 0.0000c	0.023 ± 0.0006f	0.031 ± 0.0009e	0.041 ± 0.0003d
缬氨酸	0.76 ± 0.011b	0.87 ± 0.005a	0.37 ± 0.006f	0.43 ± 0.005e	0.56 ± 0.008d
苯丙氨酸	0.31 ± 0.001b	0.30 ± 0.002b	0.13 ± 0.002e	0.18 ± 0.006d	0.30 ± 0.004b
亮氨酸	0.18 ± 0.002c	0.25 ± 0.005b	0.11 ± 0.002e	0.13 ± 0.002d	0.20 ± 0.004c
蛋氨酸	0.046 ± 0.0012d	0.045 ± 0.0010d	0.016 ± 0.0004f	0.035 ± 0.0020e	0.062 ± 0.0004b
赖氨酸	3.44 ± 0.01d	4.75 ± 0.04a	1.64 ± 0.02h	2.02 ± 0.12g	3.90 ± 0.09c
精氨酸	0.13 ± 0.002c	0.18 ± 0.003a	0.09 ± 0.004d	0.103 ± 0.011d	0.105 ± 0.001d
酪氨酸	0.56 ± 0.006a	0.56 ± 0.003a	0.23 ± 0.004e	0.57 ± 0.009a	0.47 ± 0.009b
组氨酸	0.088 ± 0.0010a	0.055 ± 0.0063de	0.065 ± 0.0009cd	0.074 ± 0.0055bc	0.074 ± 0.0017bc
半胱氨酸	0.0013 ± 0.000ab	0.0013 ± 0.000ab	0.0012 ± 0.000b	0.0013 ± 0.000ab	0.0012 ± 0.000b
甘氨酸	0.21 ± 0.003c	0.45 ± 0.021a	0.17 ± 0.006d	0.17 ± 0.003d	0.22 ± 0.013c
谷氨酸	1.99 ± 0.029gh	4.10 ± 0.039de	4.46 ± 0.083c	4.20 ± 0.153d	3.88 ± 0.063e
天冬酰胺	0.37 ± 0.003b	0.19 ± 0.005e	0.17 ± 0.005f	0.43 ± 0.004a	0.25 ± 0.009d
脯氨酸	0.55 ± 0.008b	0.62 ± 0.004a	0.32 ± 0.004g	0.35 ± 0.003f	0.38 ± 0.002e
天冬氨酸	0.53 ± 0.05ef	1.45 ± 0.09a	0.76 ± 0.03cd	0.63 ± 0.04de	0.85 ± 0.02c
丙氨酸	2.18 ± 0.06f	5.96 ± 0.06a	2.76 ± 0.04d	2.15 ± 0.02f	1.90 ± 0.05g
丝氨酸	0.21 ± 0.011a	0.19 ± 0.009b	0.09 ± 0.003e	0.12 ± 0.002d	0.11 ± 0.004d
谷氨酰胺	0.30 ± 0.001e	0.45 ± 0.004a	0.16 ± 0.002h	0.19 ± 0.012g	0.37 ± 0.009c
胱氨酸	0.022 ± 0.0007ab	0.019 ± 0.0001bc	0.016 ± 0.0004cd	0.013 ± 0.0033de	0.025 ± 0.0000a
总游离氨基酸	12.87 ± 0.16e	21.53 ± 0.07a	11.92 ± 0.14f	12.29 ± 0.18f	14.45 ± 0.21d
必需氨基酸	5.71 ± 0.021c	7.29 ± 0.029a	2.64 ± 0.039g	3.29 ± 0.112f	5.82 ± 0.121c
非必需氨基酸	6.37 ± 0.14g	13.44 ± 0.05a	8.90 ± 0.10d	8.25 ± 0.17e	7.98 ± 0.09ef

(EAA)和9种非必需氨基酸(NEAA),其中4种cEAA为精氨酸、组氨酸、半胱氨酸和酪氨酸,8种EAA为缬氨酸、苏氨酸、苯丙氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、赖氨酸、异亮氨酸和色氨酸,9种NEAA为天冬酰胺、脯氨酸、丙氨酸、甘氨酸、丝氨酸、谷氨酸、天冬氨酸、胱氨酸和谷氨酰胺。由表7可见,施用种养废弃物堆肥可以显著提升西葫芦的总游离氨基酸(TFAA)含量,各处理TFAA含量在6.67~21.53 g·kg⁻¹,EAA含量在2.38~7.29 g·kg⁻¹,NEAA含量在3.80~13.44 g·kg⁻¹,均在T5处理最高,分别较CK2显著提高了32.33%、63.82%、20.54%。EAA中含量最高的为赖氨酸,其次为缬氨酸、异亮氨酸,均在T5处理最高,分别较CK2增加70.86%、70.86%和94.28%。T3处理的苏氨酸、

苯丙氨酸、色氨酸、蛋氨酸含量最高,其中苏氨酸、苯丙氨酸较CK2分别增加70.86%和44%,色氨酸、蛋氨酸在EAA中含量较低且水平基本一致。半必需氨基酸中,酪氨酸含量最高,其中T3、T4、T5、T7处理最显著,较CK2提升了25%~27.27%,半胱氨酸含量极低且处理间无明显差异。9种NEAA中,谷氨酸的含量最高,在1.81~6.61 g·kg⁻¹,各处理含量均低于CK2处理。T5处理的甘氨酸、脯氨酸、天冬氨酸、谷氨酰胺含量均最高。胱氨酸含量最低且施肥处理间无显著差异。

2.5 种养废弃物堆肥对日光温室西葫芦产量和品质的主成分分析

对10个处理的产量和品质指标进行主成分分析(PCA),其中产量为折合后的每公顷产量,氮

氨酸取总游离氨基酸含量和必需、半必需、非必需氨基酸中含量最高的赖氨酸、酪氨酸、谷氨酸含量,结果如图1所示。两个主成分的累计贡献率达到73.8%,PC1的贡献率为59.6%,PC2的贡献率为14.6%。PCA得分图(图1A)中各处理明显分离,T4和T7处理、CK2和T8处理的得分相似,综合来看,在两个主成分上的得分依次为T4>T7>CK2>T8>T3>T6>T5>T1>T2>CK1。在载荷图(图1B)中硝酸盐含量和单株畸形率负载于PC1

上,这两个指标使CK1与其余处理发生了明显分离。Zn、Cu、Mn、可溶性糖、Mg、Ca、平均单瓜重、维生素C、单株产量、产量、单株结果数具有较强的第一主成分载荷,赖氨酸、总游离氨基酸、酪氨酸、谷氨酸、可溶性蛋白含量具有较强的第二主成分载荷,其中平均单瓜重、单株产量、产量、单株结果数、矿质元素和维生素C含量可以用作代表性因素,反映种养废弃物堆肥对日光温室西葫芦产量和品质的影响。

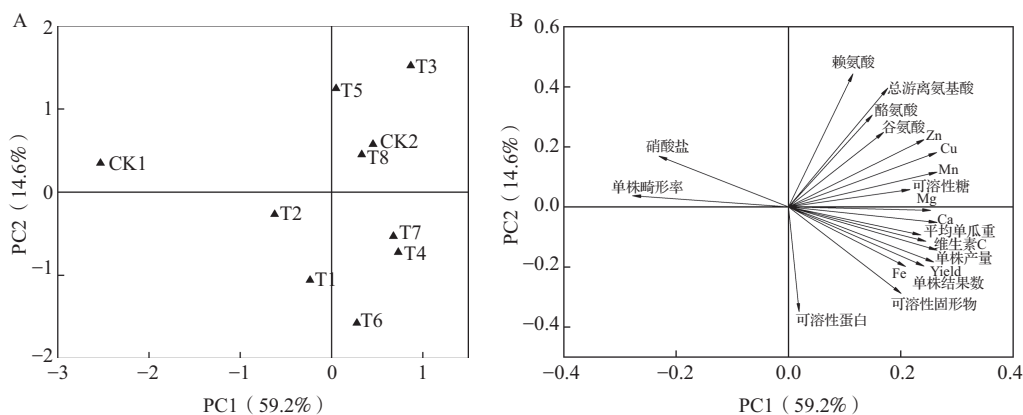


图1 种养废弃物堆肥对日光温室西葫芦产量和品质的主成分分析

注: A 为 PCA 得分图; B 为 PCA 载荷图。

2.6 日光温室西葫芦产量与种养废弃物堆肥基础养分的相关性分析

相关性分析(图2)显示,西葫芦产量与堆肥有机质、碱解氮含量呈显著正相关,全氮、全磷互相

呈显著正相关且都与全钾呈负相关,碱解氮、有效磷都与有机质和速效钾呈显著正相关,pH值与EC值呈显著正相关。

3 讨论

同化肥相比,种养废弃物堆肥利用不仅可以改善土壤结构和化学性质,而且能够明显提高作物产量和品质,同时也是解决目前农业生产化肥滥用、有机肥投入少、废弃物资源浪费和环境污染等问题的有效途径^[6]。种养废弃物肥料化可以缓解化肥过量施用带来的土壤质量退化,还能满足作物在各生育期对养分的需求、改善作物品质^[17-18]。

3.1 种养废弃物堆肥对日光温室西葫芦产量的影响

本试验发现,施用种养废弃物堆肥后不同程度地增加了日光温室西葫芦的产量,同时施肥处理较不施肥处理显著降低了西葫芦的畸形率,增加了单株产量,这与张红梅等^[19]的研究结果一致。其中羊粪:尾菜:秸秆=6:3:1配方较当地商品有机肥增产23.1%,增产效果显著,Wei等^[20]的研究结果与此相似。相关性分析表明,西葫芦产

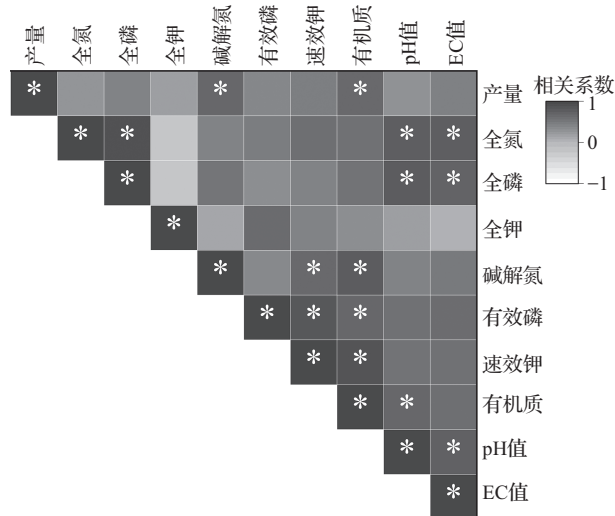


图2 日光温室西葫芦产量与种养废弃物堆肥基础养分的相关性分析

注: * 表示指标间相关性达 $P < 0.05$ 显著水平; 黑色越深, 越接近 1, 说明正相关性越大; 白色越深, 越接近 -1, 说明负相关性越大。



量与堆肥有机质、碱解氮含量呈显著正相关, T4、T7 配方较 CK2 配方提高了有机质、碱解氮含量, 其他养分无显著变化, 说明添加秸秆或秸秆、菇渣有利于堆肥养分提升进而提高产量。从 T2、T3、T4 配方来看, 在羊粪: 尾菜 = 6: 3 的基础上, 添加秸秆或菇渣有利于提升碱解氮和有机质含量, 其中秸秆效果最显著, 而添加牛粪后碱解氮、有机质、有效磷、速效钾、全钾含量都出现了不同程度的下降。在 T4 (羊粪: 尾菜: 秸秆 = 6: 3: 1) 的基础上将 10% 尾菜换为菇渣后, 增加了全氮、碱解氮、速效钾含量, 降低了全钾含量, 而在 T3 (羊粪: 尾菜: 菇渣 = 6: 3: 1) 上将 10% 尾菜换为秸秆后, 除全钾外显著提升了其他养分含量, 这进一步说明在相同质量下对产量的影响依次为秸秆 > 菇渣 > 牛粪。宋春等^[21]研究也发现, 羊粪堆肥时适量添加玉米秸秆可补充碳源, 有效降低氮素的损失。本试验中还发现, 羊粪加种植废弃物配方的西葫芦产量, 普遍高于添加牛粪的配方, 原因可能是添加牛粪后降低了有机质和速效养分含量, 这与石晓晓等^[22]的研究结果相同。本试验还发现, T1 处理 (羊粪: 尾菜 = 5.5: 4.5) 较当地商品有机肥处理减少了羊粪, 增加了尾菜比例, 使产量得到了提升, 说明尾菜有机肥有利于提升日光温室西葫芦产量, 这与张新建等^[23]的研究结果一致。

李小英等^[24]发现, 施用 $20 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的羊粪有机肥可增强紫甘蓝的净光合速率、蒸腾速率、气孔导度和胞间 CO_2 浓度, 进而提高紫甘蓝的光合作用。蔬菜尾菜中含有纤维素、蛋白质、氮、磷、钾、钙、镁等多种成分, 其有机质含量较高, 是其他农肥的 1.70 ~ 7.43 倍, 可有效提高土壤有机质的含量, 增强土壤肥力, 为作物提供多种营养^[25]。种养废弃物堆肥显著提升产量的原因可能是堆肥配方中的主要成分 (羊粪和尾菜) 提供了作物需要的主要养分, 而从堆肥养分含量上来看, 本试验各处理中以 T4 和 T7 处理效果较显著, 其堆肥结束后的有机质和碱解氮相比 CK2 处理分别提高了 49.29% 和 32.14%, 这可能就是增产的主要原因。

3.2 种养废弃物堆肥对日光温室西葫芦品质的影响

杜中平等^[26]研究得出, 施用腐熟羊粪可以显著提高番茄果实的可溶性蛋白质、维生素 C、可溶性糖含量, 同时能显著降低番茄果实亚硝酸盐含量。庞敏晖等^[27]在研究快菜有机种植中发现, 按比例施用适量蔬菜废弃物发酵液能够增加植株的养

分吸收, 促进作物生长, 显著提高快菜产量, 还能有效降低植株中的硝酸盐含量。本试验结果也表明, 施用以羊粪和尾菜为主的种养废弃物堆肥, 较不施肥处理可提升西葫芦维生素 C、可溶性蛋白、可溶性糖和可溶性固形物含量并且降低硝酸盐含量, 设计堆肥配方处理较当地商品有机肥处理, 维生素 C 和可溶性固形物也有不同程度的提升。本试验还发现, 在羊粪和尾菜的基础上增加其他废弃物 (每种 10% 重量比) 后, 提升了维生素 C 含量, 降低了硝酸盐含量, 其中添加秸秆的效果最好, 其次是牛粪, 最后是菇渣, 但在秸秆或菇渣上加入牛粪后发现, 提升维生素 C、降低硝酸盐含量的效果为秸秆 > 秸秆 + 牛粪 $\geq$ 菇渣 + 牛粪 > 菇渣, 综合来看, 添加秸秆的效果最好, 这与前人研究结果类似^[28-29]。姚玉敏^[30]研究发现, 施钾能够提高厚皮甜瓜可溶性固形物。Asri 等^[31]通过无土栽培试验发现, 一定范围内增施钾肥可以持续提高甜瓜果实可溶性固形物含量。本试验结果中, 堆肥速效钾含量高于 CK2 (当地商品有机肥) 处理, 可溶性固形物均有不同程度的提高, 说明一定程度上增加钾肥, 可以提高西葫芦的可溶性固形物含量, 原因可能是适量增施钾素能促进根系对氮素的吸收、提高光合速率。

T2、T5、T6 处理的 Ca、Mg 含量较低, 原因可能是牛粪和其他原料产生了拮抗作用, 或者是牛粪养分较低, 这与陈贵等^[32]的研究结果一致。T8 处理中增加了种植废弃物的组分和比例后提升了 Ca、Mg 的积累能力, 但整体无显著影响, 这与刘红明等^[33]的研究结果类似。施有机肥对土壤金属形态的影响与施肥时间有关, 随时间延长, 有机肥的施用对土壤重金属也可起到形态钝化的作用, 一定量的有机肥可以使重金属可交换态向其他有效性低的形态转化^[34-35]。商和平等^[36]发现, 施用鸡粪 6 个月时, 石灰性土壤中交换态 Cu、Zn 含量降低, 有机结合态 Cu、Zn 含量增加, 重金属由交换态向有机结合态转化。本试验也发现, 施用种养废弃物堆肥 172 d 后, 对 Cu、Zn 的转化效果为牛粪 > 秸秆 > 菇渣, 对 Fe、Mn 的转化效果为秸秆 > 菇渣 > 牛粪。本研究发现, 在 CK2 基础上添加菇渣或牛粪、菇渣后, 显著提高了总游离氨基酸和必需氨基酸含量。原因可能是在食用菌菌丝生长过程中, 对培养料中所含木质素、纤维素等进行了分解, 其中一部分营养被菌丝吸收, 但仍残留了大量可供园艺



作物直接吸收的有机质和碳氮化合物。同时,菇渣中富含氨基酸和维生素,也可被植物吸收和利用^[37]。西葫芦果实中谷氨酸和赖氨酸含量显著高于其他氨基酸,是主要氨基酸,谷氨酸是呈鲜味氨基酸,说明西葫芦果实鲜味形成中谷氨酸起着重要作用^[38]。赖氨酸是重要的必需氨基酸和药用氨基酸,说明高含量的赖氨酸是西葫芦具有高营养、药用和保健价值的原因^[39]。本试验还发现,在CK2基础上增加尾菜比例或增加其他种养废弃物原料,都降低了谷氨酸的含量。而在CK2基础上添加菇渣或牛粪、菇渣,显著提高赖氨酸含量,且以添加菇渣的效果最好,说明菇渣含有丰富的氨基酸,这与刘鸣达等^[40]的研究结果一致。

4 结论

本试验研究结果表明,相比当地商品有机肥配方(CK2),添加10%质量比玉米秸秆的种养废弃物堆肥配方T4(羊粪:尾菜:秸秆=6:3:1)提高日光温室西葫芦产量的同时改善了西葫芦的营养品质,该配方较当地有机肥配方改动小且原材料成本低,便于推广,可作为当地有机肥的优化配方。该研究结果可为农牧交错地区种养废弃物综合治理和设施西葫芦高产优质栽培提供理论依据和技术参考。种养废弃物堆肥配方的进一步优化及长期定位将在后续试验中开展研究。

参考文献:

[1] 徐长春,郑戈,聂善明. 高原夏菜产业发展现状、存在问题及对策建议——基于甘肃省榆中县的调研[J]. 中国农业资源与区划, 2016, 37(2): 52-56.

[2] 王颖,王月,吴昌永,等. 西北生态脆弱区畜禽粪污处理技术综合评价[J]. 环境工程技术学报, 2023, 13(2): 654-662.

[3] 王自科. 探索西北地区农牧交错地带种养结合农牧循环新路子——甘肃省畜禽养殖循环发展方式之探析[J]. 畜牧业环境, 2019(4): 15-18.

[4] 虞铁俊,马军伟,陆若辉,等. 有机肥对土壤特性及农产品产量和品质影响研究进展[J]. 中国农学通报, 2020, 36(35): 64-71.

[5] Lin C, Cheruiyot N K, Bui X, et al. Composting and its application in bioremediation of organic contaminants[J]. Bioengineered. 2022, 13(1): 1073-1089.

[6] 田慎重,郭洪海,姚利,等. 中国种养业废弃物肥料化利用发展分析[J]. 农业工程学报, 2018, 34(S1): 123-131.

[7] 孔涛,李勃,柯杨,等. 蔬菜废弃物堆肥对设施蔬菜产量和土壤生物特性的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2017(5): 157-160.

[8] 钱晓雍,沈根祥,郭春霞,等. 不同废弃物对设施菜地次生

盐渍化土壤的修复效果[J]. 农业环境科学学报, 2014, 33(4): 737-743.

[9] 张凯歌,王晓东,马永杰,等. 柠条堆肥与翻耕深度对设施黄瓜生长、品质及产量的协同影响[J]. 西南农业学报, 2022, 35(1): 33-42.

[10] 郑露露,闫晓明,陶敬,等. 农业固体废弃物循环利用现状及循环利用方式[J]. 浙江农业科学, 2016, 57(7): 1112-1114.

[11] 甘肃年鉴[M]. 兰州: 甘肃民族出版社, 2021.

[12] 张红丽,李洁艳. 西部地区农业废弃物可利用潜力及环境效益研究[J]. 生态经济, 2022, 38(10): 111-118.

[13] 张黎杰,周玲玲,田福发. 生长调节剂对西葫芦商品瓜外观性状、产量及品质的影响[J]. 北方农业学报, 2021, 49(2): 124-128.

[14] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 140-204.

[15] 蔡艳荣,刘媛,李玲玲,等. 原子吸收光谱法测定水果中10种元素含量及分布[J]. 卫生研究, 2011, 40(3): 361-364.

[16] 马戎,鲍峰伟,冯文宁,等. 液相色谱串联质谱法测定烟草中的游离氨基酸[J]. 中国测试, 2013, 39(2): 34-37.

[17] Li T T, Zhang Y L, Bei S K, et al. Contrasting impacts of manure and inorganic fertilizer applications for nine years on soil organic carbon and its labile fractions in b(3): ulk soil and soil aggregates[J]. Catena, 2020, 194: 104739.

[18] 李小萌,陈效民,曲成闯,等. 生物有机肥与减量配施化肥对连作黄瓜养分利用率及产量的影响[J]. 水土保持学报, 2020, 34(2): 309-317.

[19] 张红梅,金海军,丁小涛,等. 有机肥无机肥配施对温室黄瓜生长、产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(1): 247-253.

[20] Wei W L, Yan Y, Cao J, et al. Effects of combined application of organic amendments and fertilizers on crop yield and soil organic matter: an integrated analysis of long-term experiments[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2016(225): 86-92.

[21] 宋春,徐锋,赵伟,等. 羊粪-玉米秸秆高温堆肥优化配比研究[J]. 四川农业大学学报, 2018, 36(2): 138-144.

[22] 石晓晓,郑国砥,高定,等. 中国畜禽粪便养分资源总量及替代化肥潜力[J]. 资源科学, 2021, 43(2): 403-411.

[23] 张新建,高贤彪,宁晓光,等. 尾菜有机肥对土壤肥力及圆白菜和小茴香产量和品质的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(6): 2345-2350.

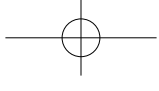
[24] 李小英,陈丽美,李俊龙,等. 两种有机肥对云南元谋紫甘蓝光合特性及其产量和品质的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2022, 40(3): 145-153.

[25] 陈思奇,牛明芬,黄斌. 尾菜发酵液对日光温室土壤硝氮积累和蔬菜生长的调控研究[J]. 农业环境科学学报, 2018, 37(11): 2467-2474.

[26] 杜中平,聂书明. 不同羊粪使用量对番茄品质及产量的影响[J]. 北方园艺, 2016(2): 36-38.

[27] 庞敏晖,左强,邹国元,等. 蔬菜废弃物发酵液对快菜生长及品质的影响[J]. 华北农学报, 2020, 35(S1): 299-305.

[28] 韩剑宏,王旭平,张连科,等. 发酵玉米秸秆对盐碱地土



- 壤肥力指标的影响[J]. 灌溉排水学报, 2017, 36(12): 56-61.
- [29] Zhang F, Wei Z, Wang J J. Integrated application effects of biochar and plant residue on ammonia loss, heavy metal immobilization, and estrogen dissipation during the composting of poultry manure [J]. Waste Management, 2021, 131: 117-125.
- [30] 姚玉敏. 不同栽培基质和磷钾水平对甜瓜生长发育、品质和风味物质的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2009.
- [31] Asri F O, Sonmez S. Reflection of different applications of potassium and iron fertilization on tomato yield and fruit quality in soilless medium [J]. Journal of Food Agriculture and Environment, 2010, 8(3/4): 426-429.
- [32] 陈贵, 张红梅, 沈亚强, 等. 猪粪与牛粪有机肥对水稻产量、养分利用和土壤肥力的影响[J]. 土壤, 2018, 50(1): 59-65.
- [33] 刘红明, 张晓梅, 李进学, 等. 化肥羊粪配施对火龙果果实品质动态及矿质营养元素的影响[J]. 云南农业大学学报(自然科学版), 2017, 32(6): 1079-1084.
- [34] Curiel T J, Coukos G, Zou L H, et al. Specific recruitment of regulatory T cells in ovarian carcinoma fosters immune privilege and predicts reduced survival [J]. Nature Medicine, 2004, 10(9): 942-949.
- [35] 原梦云, 商和平, 李洋, 等. 畜禽粪便有机肥中 Cu、Zn 在水稻土中的有效性动态变化和形态归趋[J]. 环境科学学报, 2016, 36(7): 2613-2623.
- [36] 商和平, 李洋, 张涛, 等. 畜禽粪便有机肥中 Cu、Zn 在不同农田土壤中的形态归趋和有效性动态变化[J]. 环境科学, 2015, 36(1): 314-324.
- [37] 尹翠翠, 卜崇兴, 张艳玲, 等. 菇渣废弃物利用概述[J]. 现代园艺, 2013(7): 14-16.
- [38] 耿瑞蝶, 王金水. 呈味氨基酸和肽对发酵食品中风味的作用[J]. 中国调味品, 2019, 44(7): 176-178.
- [39] 赵方杰, 廉喜红, 胡小平, 等. 不同产地西洋参氨基酸种类及含量分析[J]. 西北农业学报, 2020, 29(7): 1051-1058.
- [40] 刘鸣达, 王秋凝, 魏佳伦, 等. 羊粪-菇渣蚓粪与化肥配施对油菜产量及品质的影响[J]. 生态学杂志, 2019, 38(6): 1760-1766.

Effects of planting and breeding waste composts on the quality and yield of zucchini in northwest agro-pastoral zone of China

TIE Jian-zhong¹, LIU Ya-yu¹, WEI Bai-hong¹, GAO Xue-qin¹, XU Zhi-qi¹, LIU Ze-ci¹, HU Lin-li^{1, 2*}, YU Ji-hua^{1, 2*}
(1. College of Horticulture, Gansu Agricultural University, Lanzhou Gansu 730070; 2. State Key Laboratory of Aridland Crop Science, Lanzhou Gancu 730070)

Abstract : This study addressed the problem of high production of planting and breeding waste and low organic fertilization rate in the northwest agro-pastoral zone of China. Planting and breeding waste, including sheep manure, vegetable waste, cow manure, mushroom residue, and corn straw, were used as raw materials, and two controls were set up, i.e. no fertilization treatment (CK1) and a local commercial organic fertilizer (CK2). 8 formulas were designed for composting and fermentation, and the effects of the planting and breeding waste composts on quality and yield of zucchini in greenhouse were studied. The results showed that T4 (sheep manure : vegetable waste : straw = 6 : 3 : 1) treatment had the highest yield per plant, which increased by 26.1%, compared to CK2, and T4 treatment had the lowest malformation rate per plant. T4 treatment had the highest vitamin C content, which increased by 5.5%, compared to CK2, and the lowest nitrate content, which significantly decreased by 10.5%, compared to CK2, and the soluble protein content of T4 treatment increased by 3.6% compared to CK2. The T7 (sheep manure : vegetable waste : mushroom residue : straw = 6 : 2 : 1 : 1) treatment had the highest content of soluble solids, which significantly increased by 9.9%, compared with CK2. There were no significant differences in the contents of Ca, Mg, Cu, Fe, Mn and Zn among the treatments. The essential amino acid content of T4 treatment was significantly increased by 28.3%, compared to CK2. Compared with CK2, the designed formula compost treatment significantly increased the contents of lysine, isoleucine and alanine, and reduced the content of glutamic acid. The comprehensive yield and quality index analysis showed that T4 treatment had the best effect in increasing yield and improving quality compared with commercial organic fertilizer, so the T4 formulation could be selected for optimizing the local planting and breeding waste in organic fertilization treatment system and sunshine greenhouse zucchini cultivation.

Key words: planting and breeding waste; compost; zucchini; yield; quality