

有机肥施用量对草莓种植土壤连作障碍影响的长期定位试验

张碧会 吕金云 李金友
会泽县农业农村局水果工作站
DOI:10.32629/as.v9i3.3774

[摘要] 为破解会泽县夏季草莓连作障碍难题,明确不同有机肥施用量对连作土壤及草莓生长的长期影响,筛选适宜当地冷凉气候的改良施用量,开展为期3年的长期定位试验。以主栽品种蒙特瑞为材料,设4个有机肥施用量处理及空白对照,连续监测土壤理化性质、酶活性、微生物群落及草莓生长、产量和品质。结果显示,有机肥可显著改善连作土壤性状,提升酶活性,优化微生物群落,减轻连作障碍,其中中等施用量效果最优,土壤有机质较对照提升32.6%~41.8%,产量提升28.9%。过高施用量会导致土壤养分失衡,加剧环境压力。本研究为会泽草莓连作土壤改良及产业可持续发展提供理论与技术支撑。

[关键词] 有机肥; 施用量; 草莓; 连作障碍; 长期定位试验; 土壤改良

中图分类号: S963.91 **文献标识码:** A

Long-term Positional Experiment on the Effect of Organic Fertilizer Application Rate on Soil Continuous Cropping Obstacles in Strawberry Cultivation

Bihui Zhang Jinyun Lv Jinyou Li

Fruit Research Station of the Agricultural and Rural Affairs Bureau of Huize County

[Abstract] To address the summer strawberry continuous cropping obstacle in Huize County, clarify the long-term effects of different organic fertilizer application rates on continuous cropping soil and strawberry growth, and screen suitable improved application rates for the local cool climate, a three-year long-term fixed-position experiment was conducted. Using the main cultivar Monterey as the material, four organic fertilizer application treatments and a blank control were established, with continuous monitoring of soil physicochemical properties, enzyme activity, microbial communities, strawberry growth, yield, and quality. The results showed that organic fertilizers significantly improved continuous cropping soil properties, enhanced enzyme activity, optimized microbial communities, and alleviated continuous cropping obstacles, with medium application rates yielding the best results. Soil organic matter increased by 32.6% to 41.8% compared to the control, and yield increased by 28.9%. Excessive application rates led to soil nutrient imbalances and intensified environmental stresses. This study provides theoretical and technical support for the improvement of continuous cropping soil and the sustainable development of the strawberry industry in Huize.

[Key words] Organic fertilizer; Application rate; strawberry; Continuous cropping obstacles; Long-term positioning test; soil improvement

引言

会泽县是全国最大夏季草莓种植基地,种植面积9万亩,占全国市场80%以上,草莓产业是当地乡村振兴支柱产业^[1]。自2012年引进种植后,长期连作引发的土壤肥力下降、土传病害积累等问题日益突出,制约产业发展。有机肥是缓解连作障碍的有效途径,但当地存在施用量不合理、依赖化肥的问题。长期定位试验更具实践指导意义^[2]。因此本试验通过3年研究,探究不同有机肥施用量的影响,明确适宜施用量,为破解连作难题提供支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于会泽县待补镇,该区域为会泽夏季草莓核心产区,属温带高原季风气候,海拔2450米,年均气温12.5℃,年降水量800毫米,土壤类型为壤土,试验前已连续种植草莓4年,存在明显连作障碍,表现为土壤肥力下降、草莓植株长势较弱、土传病害发生率较高。试验地土壤基础理化性质为:有机质12.8g/kg, pH值5.8,容重1.35g/cm³,碱解氮68mg/kg,有效磷22mg/kg,速效钾115mg/kg,土壤盐分含量0.32g/kg。

1.2 供试材料

供试草莓品种为蒙特瑞,为会泽县主栽夏季草莓品种,选用

山喜农业科技开发有限公司生产的优质脱毒穴盘苗, 苗高8~10 cm, 茎粗0.8~1.0 cm, 无病虫害、生长健壮。供试有机肥为当地自主研发的生物有机肥, 主要原料为畜禽粪便、秸秆腐熟物, 添加有益微生物菌剂, 有机质含量 $\geq 45\%$, 氮磷钾总含量 $\geq 5\%$, 符合NY884-2012生物有机肥标准。

1.3 试验设计

试验采用单因素随机区组设计, 以有机肥施用量为唯一变量, 设置4个处理, 3次重复, 小区面积20m², 小区间设置50cm隔离行, 四周设置保护行, 保护行宽度 ≥ 1 m。各处理分别为: 处理1(CK): 不施用有机肥, 仅施用常规化肥(氮肥20kg/亩、磷肥15kg/亩、钾肥25kg/亩); 处理2(T1): 低有机肥施用量, 200kg/亩, 配合常规化肥施用; 处理3(T2): 中有机肥施用量, 400kg/亩, 配合常规化肥施用; 处理4(T3): 高有机肥施用量, 600kg/亩, 配合常规化肥施用。所有处理化肥均作为基肥一次性施入, 有机肥均在草莓移栽前15天均匀撒施于土壤表面, 深耕25~30cm, 使有机肥与土壤充分混匀^[3]。试验连续进行3年, 每年草莓移栽时间为8月中下旬, 定植密度为8000株/亩, 田间管理措施(浇水、病虫害绿色防控、整枝打杈等)均保持一致, 严格遵循会泽夏季草莓绿色高效生产技术规程。

1.4 测定指标与方法

每年草莓成熟期(次年1~2月)进行指标测定, 连续测定3年。土壤理化性质测定: 采用环刀法测定土壤容重; 重铬酸钾容量法测定土壤有机质含量; 电位法测定土壤pH值; 电导法测定土壤盐分含量; 凯氏定氮法测定碱解氮含量; 钼锑抗比色法测定有效磷含量; 火焰光度法测定速效钾含量。土壤酶活性测定: 采用脲酶试剂盒、过氧化氢酶试剂盒测定土壤脲酶、过氧化氢酶活性, 操作严格按照试剂盒说明书进行。土壤微生物群落测定: 采用高通量测序法测定土壤细菌、真菌多样性, 分析有益菌(芽孢杆菌、放线菌)和有害菌(镰刀菌、根结线虫)数量占比。草莓生长及产量品质测定: 每小区随机选取10株草莓, 测定株高、茎粗、单株结果数; 收获期统计小区总产量, 计算亩产; 采用手持折光仪测定果实可溶性固形物含量; 滴定法测定果实可滴定酸含量; 高效液相色谱法测定果实维生素C含量^[4]。

1.5 数据处理

采用Excel进行数据整理, 运用SPSS26.0软件进行统计分析, 采用单因素方差分析(ANOVA)比较各处理间差异, Duncan新复极差法进行多重比较, 显著性水平设置为 $P < 0.05$ 。采用Origin2021软件绘制图表, 所有数据均以3次重复的平均值 \pm 标准差表示。

2 结果与分析

2.1 有机肥施用量对草莓连作土壤理化性质的长期影响

连续3年试验结果表明, 有机肥施用可显著改善草莓连作土壤理化性质, 且随着试验年限的延长, 改良效果逐渐显现, 不同施用量处理间差异显著。土壤容重方面, 各有机肥处理均显著低于对照, 且随着有机肥施用量的增加呈先降低后升高趋势。试验第3年, T2处理土壤容重最低, 为1.12g/cm³, 较CK降低17.0%, 显著低于T1和T3处理; T3处理土壤容重略高于T2处理, 主要因过高

有机肥施用量导致土壤孔隙度异常, 反而影响土壤紧实度^[5]。

土壤有机质含量方面, 有机肥处理均显著高于对照, 且随着施用量增加和试验年限延长而持续提升。试验第3年, T3处理土壤有机质含量最高, 达19.6g/kg, 较CK提升53.1%; T2处理为18.3g/kg, 较CK提升42.9%; T1处理为16.2g/kg, 较CK提升26.6%。土壤pH值方面, CK处理随着连作年限延长呈下降趋势, 而有有机肥处理可有效调节土壤酸碱度, 使土壤pH值维持在适宜草莓生长的5.8~6.5范围内, 其中T2处理调节效果最佳, 试验第3年pH值为6.2, 较CK提升0.7。

土壤盐分含量方面, CK处理土壤盐分含量逐年升高, 试验第3年达0.51g/kg, 出现明显盐渍化现象; 有机肥处理可显著降低土壤盐分积累, 其中T2处理效果最优, 试验第3年盐分含量为0.27g/kg, 较CK降低47.1%; T3处理盐分含量略高于T2处理, 因过高有机肥施用量导致养分过剩, 部分盐分残留。土壤养分方面, 各有机肥处理碱解氮、有效磷、速效钾含量均显著高于对照, T2处理养分含量最均衡, 试验第3年碱解氮、有效磷、速效钾含量分别较CK提升48.5%、59.1%、44.3%, 既满足草莓生长需求, 又避免养分失衡。

2.2 有机肥施用量对草莓连作土壤酶活性的长期影响

土壤脲酶、过氧化氢酶是参与土壤养分转化和物质循环的关键酶, 其活性高低直接反映土壤肥力和生态状况。连续3年测定结果显示, 有机肥施用可显著提升草莓连作土壤酶活性, 且随着试验年限延长, 酶活性提升效果更加显著, 不同施用量处理间差异明显。

土壤脲酶活性方面, 各有机肥处理均显著高于对照, 且呈先升高后稳定的趋势。试验第3年, T2处理脲酶活性最高, 达18.6mg/(g·d), 较CK提升40.9%; T3处理脲酶活性为17.8mg/(g·d), 略低于T2处理; T1处理为15.3mg/(g·d), 较CK提升15.9%。土壤过氧化氢酶活性方面, 变化趋势与脲酶一致, T2处理效果最优, 试验第3年过氧化氢酶活性达22.3ml/(g·h), 较CK提升80.3%; T3处理为20.7ml/(g·h), T1处理为17.9ml/(g·h), 均显著高于CK。

分析表明, 适宜的有机肥施用量可促进土壤微生物活动, 提升土壤酶活性, 加速土壤养分转化, 缓解连作土壤养分失衡问题; 过高有机肥施用量会导致土壤微生物活动异常, 酶活性提升幅度减缓, 甚至出现抑制效应。

2.3 有机肥施用量对草莓连作土壤微生物群落的长期影响

长期连作导致草莓土壤微生物群落失衡, 有害菌大量积累, 有益菌数量减少, 而有有机肥施用可有效优化微生物群落结构。试验结果显示, 连续3年施用有机肥后, 各处理土壤细菌数量、细菌/真菌比值均显著高于对照, 真菌数量显著低于对照, 且T2处理优化效果最佳。

试验第3年, T2处理土壤细菌数量较CK提升98.7%, 真菌数量较CK降低62.3%, 细菌/真菌比值较CK提升423.5%, 显著高于其他处理; 有益菌中芽孢杆菌、放线菌数量占比分别达28.6%、19.3%, 较CK提升121.5%、108.9%; 有害菌中镰刀菌、根结线虫数量占

比分别为3.2%、2.8%,较CK降低65.3%、68.4%。T3处理虽然细菌数量也较高,但真菌数量下降幅度低于T2处理,有害菌占比略高于T2处理,主要因过高有机肥施用量导致土壤养分过剩,为部分有害菌生长提供了条件。T1处理微生物群落优化效果较差,有益菌数量提升有限,难以有效抑制有害菌积累。

2.4 有机肥施用量对草莓生长、产量及品质的长期影响

有机肥施用量对草莓生长、产量及品质的影响与土壤理化性质、微生物群落的变化密切相关,连续3年试验结果显示,适宜的有机肥施用量可显著促进草莓生长,提高产量和品质,缓解连作障碍对草莓生长的抑制作用。

生长指标方面,各有机肥处理草莓株高、茎粗、单株结果数均显著高于对照,且T2处理表现最优。试验第3年,T2处理草莓株高、茎粗分别达28.7cm、1.56cm,较CK提升32.6%、44.0%;单株结果数达12.3个,较CK提升45.3%。T3处理草莓生长指标略低于T2处理,出现徒长现象,主要因过高有机肥施用量导致养分过剩;T1处理生长指标提升有限,难以有效缓解连作障碍。

产量方面,各有机肥处理草莓亩产均显著高于对照,且随着试验年限延长,产量提升幅度逐渐增大。试验第3年,T2处理亩产最高,达2860kg,较CK提升28.9%;T3处理亩产为2680kg,较CK提升21.1%;T1处理亩产为2350kg,较CK提升10.2%。分析表明,适宜的有机肥施用量可通过改善土壤环境,促进草莓生长,提高结果能力,从而提升产量;过高有机肥施用量会导致草莓徒长,坐果率下降,产量提升幅度减缓。

品质方面,有机肥处理可显著提升草莓果实可溶性固形物、维生素C含量,降低可滴定酸含量,改善果实风味,其中T2处理效果最优。试验第3年,T2处理果实可溶性固形物含量达12.8%,较CK提升8.2%;维生素C含量达62.3mg/100g,较CK提升7.6%;可滴定酸含量为0.58%,较CK降低13.4%。T3处理果实品质略低于T2处理,T1处理品质提升有限,表明适宜的有机肥施用量可有效提升草莓果实品质,过高或过低均会影响品质表现。

3 讨论

有机肥对草莓连作土壤理化性质的改善作用,主要源于其富含的有机质和多种养分。有机质可与土壤颗粒结合形成团粒结构,降低土壤容重,提高土壤孔隙度,改善土壤通气透水性,同时可吸附土壤中的盐分离子,缓解土壤盐渍化,调节土壤酸碱度,为草莓生长提供适宜的土壤环境,这与相关研究结果一致。本试验中,中有机肥施用量处理土壤理化性质改善效果最佳,过高施用量导致土壤养分失衡、盐分残留,反而影响土壤环境,这是因为过量有机肥腐熟过程中会产生大量有机酸和盐分,破坏土壤酸碱平衡,导致土壤孔隙度异常。

土壤酶活性是土壤微生物活性和土壤肥力的重要指标,脲酶参与土壤氮素转化,过氧化氢酶参与土壤氧化还原反应,可清除土壤中的有害物质。本试验中,适宜的有机肥施用量可显著提升土壤酶活性,主要因为有机肥为土壤微生物提供了充足的碳

源和氮源,促进微生物繁殖,增强微生物活性,从而提升土壤酶活性,加速土壤养分转化,缓解连作土壤养分匮乏问题。过高有机肥施用量导致土壤微生物活动异常,酶活性提升幅度减缓,这与微生物群落结构的变化密切相关。

土壤微生物群落失衡是草莓连作障碍的核心诱因之一,长期连作导致有害菌大量积累,有益菌数量减少,破坏土壤微生态平衡。本试验中,有机肥施用可显著增加土壤细菌数量,降低真菌数量,提高细菌/真菌比值,促进土壤菌群由真菌型向细菌型转变,同时增加有益菌数量,抑制有害菌积累,这与会泽县草莓连作障碍治理中“生物有机肥覆盖+益生菌补充”的核心策略相契合。

草莓生长、产量及品质的提升,是土壤理化性质改善和微生物群落优化的直接体现。适宜的有机肥施用量可通过改善土壤环境,为草莓根系生长提供充足的养分和适宜的条件,促进草莓生长,提高结果能力和果实品质,缓解连作障碍对草莓生长的抑制作用。本试验中,有机肥施用量处理草莓产量和品质最优,过高施用量导致草莓徒长,坐果率下降,品质提升受限,过低施用量则难以达到改善土壤环境、缓解连作障碍的效果,这与会泽草莓产业中推广的绿色高效生产技术要求相匹配。

4 结论

长期定位试验表明,有机肥施用可有效缓解草莓种植土壤连作障碍,其效果与施用量密切相关。不同有机肥施用量对草莓连作土壤理化性质、微生物群落及草莓生长、产量品质的影响存在显著差异。中有机肥施用量400kg/亩配合常规化肥施用,可显著降低土壤容重,提高土壤有机质含量,调节土壤酸碱度,缓解土壤盐渍化;提升土壤脲酶、过氧化氢酶活性,优化土壤微生物群落结构,增加有益菌数量,抑制有害菌积累;促进草莓生长,提高产量和品质,是适宜会泽县夏季草莓连作土壤改良的有机肥施用量。

[参考文献]

- [1]李进,袁春新,孙正国,等.化肥减量配施生物有机肥对大棚连作草莓的影响[J].中国果树,2022,(11):12-16.
- [2]刘晓莹.短期猪粪堆肥对草莓栽培土壤典型酚酸类物质化感作用影响的研究[D].山东大学,2022.
- [3]杨日盛.设施草莓连作土壤生物熏蒸的效应分析[D].南京农业大学,2022.
- [4]陈林.根际促生菌(PGPR)与有机肥配施缓解作物连作障碍初探及其在有机种植中的应用[D].南京农业大学,2022.
- [5]王剑,张晶.微生物有机肥对连作草莓生长、产量及根际土壤微生物环境的影响[J].林业科技通讯,2021(9):83-86.

作者简介:

张碧会(1975--),女,彝族,云南曲靖人,本科,高级农艺师,研究方向:农业技术推广(主要从事水果、中药材、花卉等育苗、栽培管理等工作)。