

草莓连作障碍综合防治

王军利¹, 王宁堂¹, 赵小宁², 任小西³

(1. 咸阳职业技术学院, 陕西 西咸新区 712046;

2. 富平县农技推广中心, 陕西 渭南 711700; 3. 三原县农技推广中心, 陕西 咸阳 713800)

摘要: 目的: 寻找防治设施草莓连作障碍的简便方法。方法: 以“红颜”(Fragaria × ananassa Duch cv. Benihoppe) 草莓为试材, 通过添加平菇渣及石灰氮来处理土壤, 以未处理的4年连作土壤为对照, 研究其对草莓叶片叶绿素含量、叶片含N量、根系长度、株产量、甜度、大果率及土壤营养等指标的影响。结果: 土壤中添加平菇渣及石灰氮, 通过高温消毒后: 土壤有机质含量随平菇渣添加量的增加而显著增加; 其他土壤养分显著降低; 草莓叶片叶绿素含量、叶片含N量、甜度、株产量及大果率等指标均显著提高。结论: 设施草莓栽培连作土壤中添加平菇渣及石灰氮, 对其进行高温灭菌, 可显著改善土壤生态环境、改善草莓的形态及生理指标、提高产量、改善果实品质。

关键词: 草莓; 连作障碍; 平菇渣; 石灰氮

中图分类号: S 668.406

文献标识码: A

文章编号: 2020-SY035-(2021) 01-005

草莓, 为蔷薇科草莓属多年生草本果树。其果实色泽艳丽, 口感香甜, 维生素含量高, 素有“水果牛奶”及“水果皇后”的美誉^[1], 深受世界人民的喜爱, 在全世界得到广泛栽培。中国是世界上草莓种植面积最大的国家。2009年, 中国的草莓栽培面积已超过 $9.01 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 总产量达 $2.2 \times 10^6 \text{ t}$, 占世界总产量的35.7%^[2]。当前, 草莓种植业已成为许多地区农业生产的支柱产业, 为城乡人民的水果消费、政府的财政收入及广大果农增收发挥了重要的作用。

然而, 草莓为不耐重茬的作物, 在同一地块长时间连续种植, 由于土壤微生物环境恶化、次生盐渍化、植物残体及病原菌的代谢, 使得草莓生长发育受阻, 出现长势变弱、产量下降、品质降低、病虫害加重等连作障碍现象, 严重时甚至会造成绝收, 产生较重的经济损失^[2, 3]。为了防治草莓连作障碍, 人们通过轮作^[4]、间作^[5]、物理方法^[6, 7]、土壤消毒^[8-13]、施用土壤改良剂^[14, 15]、增施有机肥^[16, 17]等方式进行了众多试验, 取得了大量研究成果, 给草莓生产提供了理论和实践上的参考。但很多成果的实际运用因过程复杂、操作繁琐、对操作人员的水平

要求高、材料来源少、费用较高等原因, 在生产应用上造成一定的局限。

为了探索一种理论可靠、防治效果明显、操作简便的实用方法, 在总结前人研究与实践工作的基础上, 项目组进行了该试验。该试验是给连作4年的大棚草莓种植土壤中添加平菇渣及石灰氮, 对其进行高温灭菌, 来寻找一种简单、有效的防治草莓连作障碍的方法。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2019年5月至2020年5月在咸阳市三原县绿源草莓基地进行。供试场地为连续种植草莓4年的大棚, 其土壤营养物质含量及基本理化指标见表1。

1.2 试验材料

1.2.1 草莓苗 供试草莓为日本栽培品种“红颜”, 植株规格为3叶1心整齐一致的健壮苗。

1.2.2 塑料膜 塑料膜为普通市售塑料膜, 黑色, 宽度180 cm, 厚度为0.025 mm。

1.2.3 平菇渣 平菇渣, 依据西安市地方标准进行准备, 即栽培平菇后废弃菌棒经粉碎、堆积发酵灭菌

收稿日期: 2021-01-09

项目基金: 咸阳市2020年科学技术研究发展计划项目“草莓连作障碍综合防治技术研究与应用”(2020K02-74)

作者简介: 王军利(1967—), 男, 陕西蓝田人, 教授, 主要从事农业及生态方面的教学与研究工作。

表1 供试土壤的基本理化性质
Table 1 Basic properties of the soli

试验材料 Test Material	有机质含量 Organic matter content/g · kg ⁻¹	速效磷含量 Available N content/mg · kg ⁻¹	速效钾含量 Available P content/mg · kg ⁻¹	速效氮含量 Available K content/mg · kg ⁻¹	pH 值
连作土壤 Replanting soil	3.69	152.18	173.22	211.35	7.18

表2 平菇渣理化性质
Table 2 Basic properties of mushroom waste

有机质Organic matter content/g · kg ⁻¹	全氮Total N content/g · kg ⁻¹	全磷Total P content/g · kg ⁻¹	全钾Total K content/g · kg ⁻¹	碳氮比C/N	pH值
628.2~942.3	6.6~9.9	6.7~10.0	10.0~15.0	44~65	6.5~8.5

并晒干而成的废渣^[18]。其理化性质见表2。

1.2.4 石灰氮 (Cyanamid) 石灰氮为防治土壤病原菌的一种肥料, 其中的N素经多次水解可变成植物能够吸收的营养, 其含Ga量38%以上, 可满足草莓对Ga的需要, 同时因其不含酸根, 可防止保护地土壤酸化。石灰氮在土壤中水解产生的单氰胺和双氰胺等氮氢化合物, 可杀灭土壤中的病原微生物、线虫、地下害虫及杂草种子, 具有防治土传病害、促进有机物腐熟、改善土壤结构、缓解草莓连作障

碍、降低草莓产品中硝酸盐含量等作用[19]。

1.3 试验方法

试验共设计5个处理, 以不添加石灰氮及平菇渣的大棚连作土壤为空白对照, 具体见表3。每个处理重复3次, 每个重复占地6m², 为1.2 m × 5 m长方形, 各处理的纵向与大棚的纵向一致。其中, 各处理中石灰氮的添加量不变, 只改变平菇渣在土壤中的加入量, 而空白对照 (CK) 中, 既不添加石灰氮, 也不添加平菇渣。

表3 试验设计
Table 3 Test design

石灰氮 Cyanamid/Kg · hm ⁻²	平菇渣 Content of mushroom waste/Kg · m ⁻²				
	处理 1 Treatment 1(I)	处理 2 Treatment 2(II)	处理 3 Treatment 3(III)	处理 4 Treatment 4(IV)	处理 5 Treatment 5(V)
1250	0	0.5	1.0	1.5	2.0

2019年5月, 购买当年平菇栽培后废弃菌棒, 并按《平菇菌渣有机质生产技术规范》^[18]进行预处理。

2019年7月初, 在前茬草莓拉秧后, 清理大棚中杂草及杂物, 然后依据不同处理及重复次数划定地块, 再按照表3的物料添加量处理土壤。具体做法是: 将不同量的平菇渣按试验设计的量, 均匀撒入划定地块, 然后均匀撒入需要添加的石灰氮, 人工用铁锹将各地块均匀深翻, 深度30cm。为使平菇渣及石灰氮与大棚土壤充分混匀, 每个试验地块深翻3~4次。

待将各物料与试验地土壤充分混匀后, 按不同处理的各个重复各自做畦, 畦宽1.2 m, 长5.0 m, 高0.3 m。各畦之间留0.4 m畦沟, 使各畦之间互不干扰。然后在畦沟内灌水, 使各处理土壤保持水分饱和和状态。待畦沟水分渗完之后, 用黑色塑料膜完

全封闭各畦, 并将塑料大棚完全封闭, 利用太阳能使棚内温度迅速升高。保持20 d后, 闷棚结束, 打开大棚塑料薄膜, 揭去各处理覆盖的黑色塑料膜, 人工用铁锹翻耕各畦土壤, 并将每各处理做成宽0.5 m、高0.30 cm的新畦, 持续通风7 d后, 便可开始定植草莓。同时, 将大棚内未进行土壤处理的土壤 (对照), 深翻后也做成与处理后的试验区块同样规格的高畦。

2019年9月20日, 将3叶1心的草莓苗双行定植于大棚内所有高畦上, 行距20 cm, 株距25 cm。定植苗根系用清水洗净, 再用0.2%高锰酸钾浸泡3 min.后定植。定植后, 对大棚草莓进行正常水肥养护。

1.4 指标测定

该试验主要测定的指标数据有: 试验土壤理化性质的测定; 草莓生理、形态学指标的测定; 草莓

株平均产量及大果率等数据的测定。

1.4.1 土壤理化性质的测定 土壤理化性质的测定分3次进行：试验用连作土壤理化性质的测定；土壤消毒、散气结束后，草莓定植前，各处理土壤的理化性质的测定；草莓苗定植90 d后，各处理及对照土壤理化性质的测定。其中：pH值参照GB/T7859-1987测定；有机质含量采用重铬酸钾法测定；铵态氮含量采用靛酚蓝比色法测定；速效钾含量采用火焰光度法测定；速效磷含量采用钼锑抗比色法测定。空白对照测3个空白畦，取其平均值；5各处理的各指标数据，于每个处理的畦上，随机选取3个，测取各指标值，取其平均值。下同。

1.4.2 草莓叶片叶绿素含量及N含量测定 采用浙江托普云农科技股份有限公司生产的植物营养测定仪“TYS-3N”，其中叶绿素含量的精度为±0.3 SPAD，N素含量的精度为±5%。

1.4.3 草莓果实甜度的测定：采用日本ATAGO公司PAL牌 便携式手持数字折射仪 POCKET PEFRACTOMETER PAL-1测取。

1.5 数据分析

实验数据运用Excel 2003软件对数据进行处理，用 SPSS18.0软件进行统计分析和差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同处理对土壤理化性质的影响

2.1.1 处理后、栽植前各处理土壤理化性质对比：草莓种植前，测取各处理土壤的理化性质，结果见表4。由表4可见：其一，在连作土壤中添加石灰氮，对土壤进行高温处理，除铵态氮以外，土壤中的各营养成分均显著下降；其二，随着土壤中添加的平菇渣的增加，土壤中有机物含量显著增加；其三，随着石灰氮和平菇渣的加入，栽培土壤的pH值显著升高，这可能是由于土壤中大量Ga²⁺的出现引起。其四，石灰氮及平菇渣的加入，对铵态氮的影响不显著。这可能是由于平菇渣里面N素营养已经在栽培食用菌的时候被消耗得非常低了，碳氮比很高，使得它的加入对土壤中的有机物含量影响显著，但对铵态氮影响有限所致。

表4 定植前各处理土壤的理化性质
Table 4 Physical and chemical properties of soil treated before planting

处理 Treatment	有机质含量 Organic matter content/g · kg ⁻¹	速效磷含量 Available N content/mg · kg ⁻¹	速效钾含量 Available P content/mg · kg ⁻¹	铵态氮含量 Available K content/mg · kg ⁻¹	pH 值
对照 CK	3.69d	152.18a	173.22a	211.35a	7.18b
I	2.31e	70.20c	84.12c	231.35a	7.79a
II	4.81c	93.12b	91.29b	223.41a	7.77a
III	6.33b	107.13b	104.45b	219.32a	7.62a
IV	7.79a	89.81b	88.10bc	220.58a	7.85a
V	8.32a	94.17b	91.02bc	217.16a	7.69a

注：表中a、b等不同小写字母表示在同列数据对比中差异性显著（P<0.05）。下同。
Note: in the table, different letters such as a and b indicate significant differences in the data in the same column.
The same below.

表5定植90 d后各处理土壤的理化性质
Table 5 Soil physical and chemical properties after 90 days of planting

处理 Treatment	有机质含量 Organic matter content/g · kg ⁻¹	速效磷含量 Available N content/mg · kg ⁻¹	速效钾含量 Available P content/mg · kg ⁻¹	铵态氮含量 Available K content/mg · kg ⁻¹	pH 值
对照 CK	2.32c	130.21a	165.33a	221.09a	7.02b
I	1.71d	81.01c	102.01c	219.81a	7.39ab
II	2.62bc	107.32bc	116.39c	209.16a	7.48a
III	3.14b	119.16b	127.34b	217.34a	7.24b
IV	4.05a	102.29bc	111.96bc	199.56a	7.36ab
V	3.98a	111.02b	108.21bc	213.57a	7.34ab

2.1.2 果期各处理土壤理化性质对比 草莓定植90 d 后，于盛果期对各处理土壤理化性质进行测定、对

比, 结果见表5。由表5可见: 其一, 各处理中, 土壤的营养物质在种植90 d后, 依然显著低于空白对照。可见, 土壤消毒对土壤营养的抑制作用, 有明显的持续性。其二, 随着栽培时间的延续, 土壤中有机物被快速消耗。可见, 土壤中的微生物群落得到恢复, 由于它们的矿化作用, 使得土壤中的有机物被分解。

2.1.3 种植过程中各处理土壤理化性质的变化趋势综合比较表4和表5的各对应指标数据, 可以看出: 其一, 随着种植时间的持续, 土壤中各养分的含量中, 有机物的含量明显减低, 而其他土壤营养均有增加的趋势, 但增加不显著。可见, 随着时间的延续, 有机物在被分解、利用。同时, 土壤中的微生物环境在逐步改变, 一些有利于土壤矿化的微生物群落及土壤酶的活性在得到逐步加强^[6]。其二, 在草莓生长的过程中, 各处理间的铵态氮无明显变化。其三, 各处理的土壤的酸性均有降低的趋势。这可能是由于正常的生产过程中, 追肥中有使土壤酸化的盐分存在所致。

2.2 不同处理对草莓形态、生理及农艺指标的影响

在果期对不同处理的草莓形态及生理指标进行了测定, 同时, 对不同处理的整个生产期生产的果

实进行了统计, 结果见表6。

由表6可见: 其一, 各处理中, 草莓的各项对比指标中, 除根系长度以外, 均以对照最差。可见, 不进行处理连作土壤, 严重影响草莓的生长、产量及产品品质。对照中, 草莓的根系长度显著长于单以石灰氮处理的土壤, 并与处理Ⅱ无差别, 可见, 单以石灰氮消毒处理, 会对根系的生长造成显著的负影响。

其二, 在所有处理中, 处理Ⅲ的草莓的各项对比指标均表现最好。可见, 在石灰氮消毒草莓连作土壤时, 给土壤中添加 $1.0 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 的平菇渣, 有利于草莓的生长及产量、品质的提高。

其三, 由根系长度及大果率对比栏中可以看出, 在平菇渣的添加量在 $0 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-2}$ – $2.0 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 范围内, 草莓根系的长度及大果率(重量>30 g的单果在总商品果中所占的百分率)与平菇渣的添加量之间正相关。这可能是平菇渣的添加, 改善了根系呼吸, 改善了土壤微生物生态环境所致^[20]。

其四, 从果实甜度一列可以看出, 土壤消毒后, 果实的甜度显著增加。这可能是由于草莓的生长及各代谢过程得到增强造成的^[20]。

表6 不同处理对草莓形态、生理及农艺指标的影响

Table 6 Effects of different treatments on morphological, physiological and agronomic indexes of strawberry

处理 Treatment	试验指标 Test Index					
	叶片叶绿素 Chlorophyll content (SPAD)	叶片 N 含量 N Content($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	果实甜度 Brix(%)	根系长度 Root length (cm)	株产量 Plant yield (g)	大果率 Large fruit percentage (%)
对照 CK	21.1c	2.0c	11.4c	18.9b	164.15d	0.98d
I	24.4bc	2.3bc	14.6b	13.3c	213.24a	1.87c
II	27.1b	2.6b	15.9ab	19.2b	235.19bc	2.24b
III	29.8a	2.8a	16.9a	24.9a	252.24a	3.68a
IV	27.2b	2.6b	17.0a	25.2a	244.67b	3.01a
V	26.5b	2.6b	16.4ab	25.1a	248.91a	3.18a

3 讨论及结论

草莓连作障碍的原因非常复杂, 主要有土壤病原菌积累、线虫为害、作物自毒、土壤理化性质恶化及土壤微生物群落结构失衡等方面^[2]。为了防治草莓连作障碍, 科研人员进行了大量的研究。目前, 生产上主要采取的防治方法为土壤的化学消毒^[13,8,10]。

本试验中, 主要采用石灰氮对土壤进行高温消

毒, 同时通过添加平菇渣对土壤理化性质进行改良。土壤消毒对土壤中所有微生物均有杀灭作用, 所以, 本试验中可见, 土壤消毒后, 土壤养分的含量均显著降低, 这是由于消毒后土壤中微生物种类和数量均显著降低, 有机物的矿化及速效养分的形成受阻造成的, 这与王素素的试验结果相互印证^[9]。而随着栽培时间的延长, 土壤中微生物群落及土壤酶的活性均得到恢复, 部分营养供给便稍有提高,

这与田给林的试验结果一致^[16]。

本试验可以看出, 尽管加入石灰氮及平菇渣对土壤进行消毒后, 对土壤养分及土壤酶活性造成抑制, 但其中栽培的草莓的形态、生理及果实的产量、品质均得到大幅大提高。王素素(2019)试验结果表明, 加入石灰氮和植物秸秆高温处理连作土壤, 可使草莓PSⅡ受光抑制程度降低, 且增强了植物光合机构的整体性能, 同时, 净光合速率和蒸腾速率均得以提高, 从而使得草莓的生长及产量得到提高^[9]。这与本研究的结果相互印证。

试验中, 相对于空白对照, 尽管土壤消毒后土壤营养受到显著抑制, 但消毒杀灭了有害微生物和土传地下害虫, 同时, 添加了平菇渣, 改变了土壤构成, 增加了土壤有机物供给, 增加了土壤通气, 增强了根系呼吸继而增强了根系对营养及水分的吸收, 进而使草莓的各项生理活动得到加强^[16、17、20]。由此亦可见, 营养的供给和吸收是两个不同的概念。本试验中, 土壤消毒后养分供应降低, 但根系呼吸和生长均得到加强, 营养的吸收反而加强, 进而使草莓的生长得到加强, 产量提高, 品质优化^[20]。

结论: 添加 $1.0 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 的平菇渣对草莓连作土壤进行石灰氮高温消毒, 有利于草莓的生长及草莓产量和品质的提高, 是一种较为简便、有效的防治草莓连作障碍的方法, 可在生产中推广使用。

参考文献

- [1]谭昌华, 代汉平, 雷家军. 世界草莓生产与贸易现状及发展趋势(上)[J]. 世界农业, 2003, 285(5): 10_12, 40.
- [2]刘小林, 徐胜光, 刘紫英, 李润根, 沈春修, 邓正青, 黄涛. 草莓连作自毒障碍研究综述[J]. 宜春学院学报, 2017, 39(12): 1-5.
- [3]Cao K Q, Wang S T. Autotoxicity and soil sickness of shrawberry (*Fragaria* × *ananassa*). *Allelopathy Journal*, 2000: 103-113.
- [4]高久青. 草莓水稻轮作栽培技术[J]. 现代农业科技, 2006(06): 28.
- [5]王素素, 杜国栋. 草莓连作障碍的有效防治措施[J]. 河北果树, 2019(3): 43, 45.
- [6]Mercado J A, Martín-Pizarro C, Pascual L, de los Santos B, Romero F, Quesada M A, Pliego-Alfaro F, Galvez J, Rey M, de la Vina G, Llobell A, Yubero-Serrano E M, Munoz-Blanco J, Caballero J L. 2007. Evaluation of tolerance of *Colletotrichum* acutatum in strawberry plants transformed with *Trichoderma*-derived genes. *Acta Horti*, 738 (46): 383-388.
- [7]Asaduzzaman M, Kobayashi Y, Isogami K, Tokura M, Tokumasa K, Asao T. 2012. Growth and yield recovery in strawberry plants under autotoxicity through electrodegradation. *Eur J Horti Sci*, 77: 58-67.
- [8]王素素, 杜国栋, 吕德国. 土壤高温处理对连作草莓根系呼吸代谢及植株发育的影响[J]. 果树学报, 2011, 28(2): 234-239.
- [9]王素素, 杨旭, 杜国栋. 连作土壤高温灭菌与施用石灰氮对草莓植株光合及荧光特性的影响[J]. 北方园艺, 2019(13): 30-35.
- [10]李军见, 王培. 棉隆处理土壤克服设施草莓连作障碍效果评价[J]. 陕西农业科学, 2018, 64(10): 64-66.
- [11]范琳娟, 刘奇志, 宋兆欣, 李维华. 温室重茬草莓土壤施用棉隆和氯化苦效果评价. 农药. 2017, 56(04): 293-296.
- [12]张辉明, 姜永平. 石灰氮在草莓重茬生产中的应用[J]. 湖北农业科学. 2011, 50(15): 3159-3160+3166.
- [13]刘奇志, 李星月, 刘艳斌, 白春启, 李贺勤. 国内外草莓连作障碍与综合治理研究进展[J]. 中国果树. 2012, (06): 58-62.
- [14]Chen L, YANG X, Raza W, Li Y, Qiu M, Zhang F, Shen Q. *Trichoderma harzianum* SQR-T037 rapidly degrades allelochemicals in rhizospheres of continuously cropped cucumbers. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2010, 89:1653-1663.
- [15]戴黎, 杜延全, 朱建强. 几种土壤调理剂改良大棚种植草莓土壤的效果[J]. 中国土壤与肥料, (录用定稿) 网络首发时间: 2020-09-07?.
- [16]田给林, 严婷婷, 毕艳孟, 孙振钧, 张潞生. 草莓连作土壤灭菌与施用有机肥对根际土壤酚酸及土壤酶活性的影响[J]. 园艺学报. 2015, 42(10): 2039-2048.
- [17]曹丹, 凤舞剑, 白耀博. 不同施肥处理对连作草莓生长及土壤生物学特性的影响[J]. 北方园艺. 2020, (17): 39-44.
- [18]王峥嵘, 陈智坤, 王军利, 曾桥, 施春阳, 王健, 白雲心. DB 6101/T 166-2020 平菇菌渣有机质生产技术规范. 西安市市场监督管理局, 2020-12-12.
- [19]樊继刚, 方鸿国, 王蓉. 草莓连作障碍综合防治技术[J]. 上海蔬菜, 2016(2): 66-68.
- [20]潘瑞炽. 植物生理学[M]. 高等教育出版社, 北京. 1979.

[责任编辑 王军利]