

doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.23633

## 施 3 种有机肥对衰弱病杨梅生长及土壤养分的影响

包日在<sup>1</sup>, 庄小平<sup>1</sup>, 林育民<sup>1</sup>, 李晓莉<sup>2</sup>, 任海英<sup>3</sup>, 王艳丽<sup>3</sup>, 胡丹<sup>4</sup>, 周慧芬<sup>5\*</sup>

(1. 泰顺县农业农村局, 浙江 泰顺 325500; 2. 泰顺县百丈镇农业农村服务中心, 浙江 泰顺 325502; 3. 浙江省农业科学院园艺研究所 / 植物保护与微生物研究所, 浙江 杭州 310021; 4. 温州市农业技术推广中心, 浙江 温州 325000; 5. 浙江省农业技术推广中心, 浙江 杭州 330010)

**摘要:**以衰弱病东魁杨梅为试验材料, 设置基施鸡粪基质生物有机肥 (BF)、羊粪 (SM)、猪粪 (PM)、复合肥 (CF) 及不施肥 (CK) 5 个处理, 结合主成分分析对各处理的营养生长及土壤肥力进行综合评价, 探究有机肥对衰弱病杨梅营养生长和土壤养分的影响。结果表明, 与 CK 及 CF 处理相比, BF、SM 与 PM 处理均能显著提高土壤有机质、速效钾、交换性钙、交换性镁、有效硼、有效锌含量, 提高土壤 pH, 均显著促进杨梅营养生长, 梢长增加 22.13% ~ 30.74%、梢粗增加 10.40% ~ 11.07%、叶长增加 4.99% ~ 7.26%、叶宽增加 4.35% ~ 5.35%、叶厚增加 4.17% ~ 7.92%, 叶绿素含量 (SPAD) 提高 8.35% ~ 11.29%。经主成分分析 5 个处理肥料效应综合评价排序为 PM>BF>SM>CF>CK。基施有机肥可显著提高土壤肥力及衰弱病杨梅营养生长。建议杨梅产业上轮使用有机肥以恢复衰弱病杨梅树势。

**关键词:**有机肥; 杨梅衰弱病; 土壤养分; 营养生长; 综合评价

杨梅是浙江省最具特色的优势农产品, 栽培历史悠久, 2021 年杨梅种植面积 86950 hm<sup>2</sup><sup>[1]</sup>, 占全省果园面积的 28.03%, 超过柑橘, 为浙江省第一大水果产业。近年来全省杨梅产区普遍发生了一种重大病害—衰弱病, 以盛产期果园发生为主, 发病杨梅树结果过多而品质低劣, 无商品价值, 经过 2 ~ 4 年树体死亡<sup>[2]</sup>。杨梅发病株生长势迅速衰弱, 根系老化, 大多没有毛细根, 根部发生不同程度的腐烂, 枝梢稀疏, 老叶提早脱落, 发病诱因主要是根系伤害 (冻、涝、晒等)、挂果过多、土壤状况不良、常年过量使用多效唑等。全省结果杨梅园都有不同程度发病, 对产业发展的影响比较大, 目前病因尚不明确, 缺乏有效防控措施。

我国有数千年的农耕文明, 地力的持续不衰主要得益于有机肥的施用<sup>[3]</sup>。有机肥具有优化土壤

物理性状、缓解土壤酸化、优化土壤微生物群落结构、增加土壤有效养分和维持土壤养分平衡等作用<sup>[4]</sup>。研究表明, 有机肥配施化肥显著提高作物产量 (7.4%), 且显著提高氮肥偏生产力<sup>[5]</sup>; 有机肥对葡萄<sup>[6]</sup>、苹果<sup>[7]</sup>、梨<sup>[8]</sup>、芒果<sup>[9]</sup>、椪柑<sup>[10]</sup>、香蕉<sup>[11]</sup>、荔枝<sup>[12]</sup>等果树产量和果实品质的提高都有良好的促进作用; 有机肥还能防控土传病害, 如降低香蕉枯萎病<sup>[13]</sup>和黄瓜枯萎病<sup>[14]</sup>的发病率, 减少柑桔木虱和柑桔全爪螨的发生<sup>[15]</sup>。

目前有机肥对衰弱杨梅生长和土壤养分的影响鲜见报道。为此, 本研究以衰弱病东魁杨梅为试验材料, 通过基施 3 种不同基质有机肥料, 分析其对杨梅营养生长和土壤养分的影响, 以期为杨梅衰弱病防控和杨梅科学施肥提供参考。

### 1 材料与方法

#### 1.1 供试材料和试验方法

供试果园位于浙江省泰顺县百丈镇飞云湖村杨梅基地, 该园杨梅衰弱病发生率为 30% ~ 50%, 病情指数在 1 ~ 9 级均有, 选择树冠大小和树叶脱落量占整株树总叶片量的 25% ~ 50% (病情指数为 5 级) 的 12 年生东魁杨梅树作为试验树。试验选择生物有机肥 (鸡粪基质, N 2 g/100 g、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

收稿日期: 2023-10-17; 录用日期: 2024-02-05

基金项目: 浙江省“尖兵”“领雁”研发攻关计划 (2023C04005); 2022—2024 年果品产业技术项目 (2022SF013); 浙江省农业重大技术协同推广计划项目 (2022XTTGPP04)。

作者简介: 包日在 (1971-), 本科, 高级农艺师, 主要从事果树技术推广。E-mail: wztstcz@163.com。

通讯作者: 周慧芬, E-mail: 12355694@qq.com。

4.68 g/100 g、K<sub>2</sub>O 3.63 g/100 g、Zn 738.38 mg/kg、B 108.4 mg/kg、Ca 5905.23 mg/kg、Mg 1043.73 mg/kg、标注有效活菌数 ≥ 2 亿 /g, 山东某生物科技有限公司生产)、羊粪 (N 0.51 g/100 g、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.88 g/100 g、K<sub>2</sub>O 4.5 g/100 g、Zn 141.48 mg/kg、B 49.65 mg/kg、Ca 5500.23 mg/kg、Mg 924.23 mg/kg, 市售袋装)、猪粪 (N 3.39 g/100 g、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 10.59 g/100 g、K<sub>2</sub>O 4.37 g/100 g、Zn 2581.88 mg/kg、B 76.10 mg/kg、Ca 4086.23 mg/kg、Mg 1437.23 mg/kg, 浙江某牧业有限公司生产) 共 3 种有机肥及复合肥 (氮磷钾为 16-5-28, 山东史丹利化肥股份有限公司生产) 作为试验肥料。试验设置基施鸡粪基质生物有机肥 (BF)、羊粪 (SM)、猪粪 (PM)、复合肥 (CF) 及不施肥 (CK) 5 个处理 (表 1), 每个处理 6 株以上, 每株为 1 次重复。于 2021 年 12 月上旬沿树冠滴水线处开沟施入试验肥料作为基肥, 株施有机肥 20 kg 或复合肥 1 kg; 每个处理于 2022 年 3 月中旬和 6 月下旬各株施复合肥 0.5 kg, 其他常规管理措施相同。于 2022 年 6 月下旬对试验树进行营养生长参数测定, 测定春梢的梢长、梢粗、叶片长度、叶片宽度、叶片厚度和叶绿素含量 (SPAD), 2022 年 10 月上旬进行土壤取样和土壤理化性质检测。

表 1 不同施肥处理

处理编号	处理	用量 (kg/株)
CK	不施肥对照	0
CF	复合肥	1
BF	生物有机肥	20
SM	羊粪	20
PM	猪粪	20

### 1.2 样品采集与测定

于 2022 年 9 月中下旬采集土壤和叶片样品并进行测定。在杨梅树冠滴水线位置土钻采集 0 ~ 20

cm 土层样品, 混均后采用四分法采集土壤样品约 2 kg。在各处理植株的东、南、西、北 4 个方位树冠中部各取 3 根春梢, 共 12 根, 用数显游标卡尺测量枝梢长度和粗度, 取平均值, 每根算 1 次重复; 随机选取树冠四周外围中部营养枝顶端以下第 4 ~ 8 片叶进行采样, 每个指标测量 30 片叶, 取平均值, 用 SPAD-502 Plus 叶绿素计测定叶绿素质量分数, 用数显游标卡尺测定叶片长度、宽度和厚度, 叶片厚度测量 10 片的厚度, 重复 3 次, 取其平均值<sup>[16]</sup>。土壤理化性质检测方法参照《土壤农化分析》<sup>[17]</sup>进行测定。

### 1.3 数据分析

采用 Excel 2010 进行数据整理, 用 SPSS 17.0 进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 对营养生长的影响

从试验结果来看, 试验地的衰弱病杨梅生长恢复效果都比较好, 杨梅春梢的梢长、梢粗、叶长、叶宽、叶厚、叶绿素含量都有显著提高。

#### 2.1.1 对梢长和梢粗的影响

从表 2 可以看出, 与 CK 相比, 施用有机肥处理和复合肥处理都能显著促进衰弱病杨梅梢长和梢粗的生长。本试验结果显示, 与 CK 相比, 3 种有机肥处理梢长增加 57.39% ~ 68.49%, CF 处理梢长增加 28.87%, 均为差异显著, 其中有机肥处理与 CF 处理相比较, 梢长增加 22.13% ~ 30.74%, 差异也显著。3 种有机肥处理的梢粗增加 35.95% ~ 36.78%, CF 处理的梢粗增加 23.14%, 均为差异显著, 其中有机肥处理与 CF 处理相比较, 梢粗增加 10.40% ~ 11.07%, 差异也显著。这说明有机肥对衰弱病杨梅营养生长有明显促进作用, 3 种有机肥间对梢长和梢粗的影响效果差异不显著, 猪粪略优。

表 2 不同施肥处理对衰弱病杨梅营养生长的影响

处理	梢长 (cm)	梢粗 (cm)	叶长 (cm)	叶宽 (cm)	叶厚 (10 片) (mm)	叶绿素含量
CK	5.68 ± 0.87d	2.42 ± 0.08c	8.69 ± 0.70c	2.88 ± 0.25c	2.13 ± 0.04c	33.32 ± 1.20d
CF	7.32 ± 0.91c	2.98 ± 0.19b	8.81 ± 0.48c	2.99 ± 0.22b	2.40 ± 0.17b	35.17 ± 1.05c
BF	9.26 ± 1.68ab	3.29 ± 0.29a	9.33 ± 0.79ab	3.14 ± 0.30a	2.57 ± 0.19a	38.21 ± 2.51b
SM	8.94 ± 1.46b	3.29 ± 0.27a	9.25 ± 0.80b	3.12 ± 0.29a	2.59 ± 0.24a	38.11 ± 2.34b
PM	9.57 ± 1.80a	3.31 ± 0.32a	9.45 ± 1.09a	3.15 ± 0.34a	2.50 ± 0.22a	39.14 ± 2.47a

注: 表内数据为平均数 ± 标准误; 同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

### 2.1.2 对叶片生长的影响

从表 2 可以看出, 与 CK 相比, 有机肥的施用对促进衰弱病杨梅叶片生长作用显著, 叶片长度、宽度、厚度都有显著增加。结果显示, 与 CK 相比, 3 种有机肥处理的叶长分别比 CK 增加 6.44% ~ 8.75%, 且差异显著, CF 处理仅增加 1.38%, 差异不显著, 其中有机肥处理与 CF 处理相比, 叶长增加 4.99% ~ 7.26%; 有机肥和 CF 处理的叶宽和叶厚分别比 CK 增加 3.82% ~ 9.38% 和 12.68% ~ 21.60%, 均为差异显著, 其中有机肥处理与 CF 处理相比, 叶宽和叶厚分别增加 4.35% ~ 5.35% 和 4.17% ~ 7.92%, 差异也显著, 3 种有机肥间差异不显著。这说明施用有机肥后叶片变长、变宽和变厚, 叶面积增加显著。

### 2.1.3 对叶片叶绿素含量的影响

从表 2 可以看出, 施用有机肥能提高衰弱病杨梅叶片的叶绿素含量。与 CK 相比, 3 种有机肥处理叶绿素含量提高 14.38% ~ 17.47%, CF 处理叶绿素含量提高 5.55%, 均为差异显著, 其中有机肥与 CF 处理相比, 叶绿素含量提高 8.35% ~ 11.29%, 差异也显著。叶绿素含量高则光合作用强, 本试验结果说明, 施用有机肥对衰弱病杨梅叶片光合作用有明显地促进作用。

## 2.2 对杨梅植株根围土壤 pH 值、有机质及养分含量的影响

从表 3 看出, 与 CK 相比, 施用不同有机肥都能显著改善杨梅植株根围土壤营养状况。试验结

果显示, CF 处理的土壤 pH 值提高 0.22, 3 种有机肥处理的土壤 pH 值提高 0.44 ~ 0.77, 都有改善土壤酸化效果, 与 CK 相比, BF 和 SM 处理差异显著。与 CK 相比, 3 种有机肥处理的杨梅植株根围土壤有机质含量提高 10.45% ~ 31.80%, 差异显著, 而 CF 处理的土壤有机质含量降低 1.27%, 但差异不显著; 有机肥处理的土壤全氮含量提高 12.37% ~ 37.11%, CF 处理的土壤全氮含量提高 36.08%, 均为差异显著; 有机肥处理的土壤有效磷含量提高 40.58% ~ 47.47%, CF 处理的土壤有效磷含量提高 130.30%, 均为差异显著; 有机肥处理的土壤速效钾含量提高 7.74% ~ 29.41%, CF 处理的土壤速效钾含量降低 10.53%, 均为差异显著, 其中 BF 和 SM 处理的土壤速效钾含量显著高于 PM 处理; 有机肥处理的土壤交换性钙含量提高 170.30% ~ 214.88%, 差异显著, CF 处理的土壤交换性钙含量降低 17.16%, 其中 BF 和 PM 处理的土壤交换性钙含量显著高于 SM 处理; 有机肥处理的土壤交换性镁含量提高 37.80% ~ 54.46%, 差异显著, CF 处理的土壤交换性镁含量降低 4.18%, 差异不显著; 有机肥处理的土壤有效硼含量提高 60.53% ~ 78.95%, 差异显著, CF 处理的土壤有效硼含量提高 2.63%, 差异不显著; 有机肥处理的土壤有效锌含量提高 112.82% ~ 121.79%, 差异显著, CF 处理的土壤有效锌含量提高 10.26%, 差异不显著; 其中 3 种有机肥处理间土壤交换性镁、有效硼和有效锌的含量差异不显著。

表 3 肥料对衰弱病杨梅土壤 pH 值、有机质及养分含量的影响

处理	pH	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	交换性钙 (mg/kg)	交换性镁 (mg/kg)	有效硼 (mg/kg)	有效锌 (mg/kg)
CK	4.42 ± 0.09b	28.43 ± 2.25c	0.97 ± 0.07c	12.43 ± 0.93c	107.67 ± 5.51b	202.00 ± 14.11c	39.42 ± 4.32b	0.38 ± 0.02b	0.78 ± 0.09b
CF	4.64 ± 0.13ab	28.07 ± 0.95c	1.32 ± 0.08a	28.63 ± 1.60a	96.33 ± 4.51c	167.33 ± 17.21c	37.77 ± 2.49b	0.39 ± 0.02b	0.86 ± 0.06b
BF	5.19 ± 0.47a	31.40 ± 0.66b	1.15 ± 0.03b	18.33 ± 2.45b	132.67 ± 7.64a	636.07 ± 20.63a	58.38 ± 3.91a	0.63 ± 0.03a	1.73 ± 0.05a
SM	5.16 ± 0.60a	37.47 ± 1.56a	1.09 ± 0.06b	17.47 ± 0.91b	139.33 ± 4.93a	546.01 ± 15.70b	60.89 ± 2.72a	0.61 ± 0.06a	1.68 ± 0.12a
PM	4.86 ± 0.18ab	33.57 ± 0.59b	1.33 ± 0.13a	17.53 ± 0.59b	116.00 ± 6.25b	615.16 ± 43.32a	54.32 ± 7.41a	0.68 ± 0.05a	1.66 ± 0.06a

### 2.3 土壤营养元素含量与营养生长的相关性

从表 4 可以看出, 土壤的交换性钙和有效硼含量与除梢粗、叶厚外的所有其他营养生长指标均呈显著正相关; 有效锌含量与所有营养生长指标均呈显著正相关; 交换性镁含量与叶长和叶宽呈显著正

相关, 与梢长、梢粗和叶绿素含量相关性不显著; 土壤的有机质、全氮、有效磷、速效钾含量与营养生长各参数均相关性不显著, 土壤 pH 与除叶厚外其他营养生长参数均相关性不显著, 其中与有效磷含量的相关性极低。

表 4 土壤营养元素含量与营养生长参数的相关性

项目	pH	有机质	全氮	有效磷	速效钾	交换性钙	交换性镁	有效硼	有效锌
梢长	0.86	0.71	0.50	0.11	0.64	0.91*	0.85	0.94*	0.94*
梢粗	0.87	0.69	0.55	0.28	0.60	0.82	0.80	0.85	0.88*
叶长	0.82	0.74	0.36	-0.13	0.69	0.97**	0.89*	0.99**	0.97**
叶宽	0.88	0.75	0.44	0.06	0.69	0.93*	0.89*	0.95*	0.96**
叶厚	0.94*	0.72	0.42	0.27	0.69	0.80	0.84	0.81	0.88*
叶绿素	0.84	0.76	0.45	0.01	0.67	0.93*	0.88	0.97**	0.96*

注: \* 表示极显著相关 (0.05 水平); \*\* 表示极显著相关 (0.01 水平)。

#### 2.4 不同施肥处理的营养生长效应综合评价

通过对 5 个处理的营养生长指标和 9 个土壤营养指标进行主成分分析, 结果 (表 5) 表明, 第 1 主成分的特征值为 10.69, 贡献率为 76.89%, 第 2 主成分的特征值为 2.40, 贡献率为 16.42%, 前 2 个主成分的累积贡献率达到 93.31%, 且 2 个主成分的特征值均 >1, 因此, 选取前 2 个主成分作为施肥处理的营养生长效应评价分析指标。

表 5 主成分的特征向量、特征值及贡献率

主成份	1	2
pH	0.93	-0.06
有机质	0.82	-0.29
全氮	0.28	0.92
有效磷	-0.07	0.91
速效钾	0.80	-0.53
交换性钙	0.96	-0.17
交换性镁	0.95	-0.29
有效硼	0.97	-0.07
有效锌	0.99	-0.11
梢长	0.97	0.23
梢粗	0.94	0.34
叶长	0.97	0.04
叶宽	0.98	0.17
叶厚	0.93	0.25
叶绿素	0.98	0.15
特征值	10.69	2.40
贡献率 (%)	76.89	16.42
累计贡献率 (%)	76.89	93.31

根据标准化处理后测定指标与因子载荷矩阵 (表 5) 计算各主成分得分, 2 个主成分得分的函数表达式分别为:

$$F_1=0.27X_1+0.24X_2+0.08X_3-0.02X_4+0.24X_5+0.28X_6+0.28X_7+0.28X_8+0.29X_9+0.29X_{10}+0.28X_{11}+0.29X_{12}+0.29X_{13}+0.27X_{14}+0.29X_{15}$$

$$F_2=-0.04X_1-0.18X_2+0.59X_3+0.58X_4-0.34X_5-0.11X_6-0.18X_7-0.04X_8-0.07X_9+0.15X_{10}+0.22X_{11}+0.02X_{12}+0.11X_{13}+0.16X_{14}+0.10X_{15}$$

式中,  $F_1$ 、 $F_2$  分别为各处理主成分 1、主成分 2 的得分值;  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_8$ 、 $X_9$ 、 $X_{10}$ 、 $X_{11}$ 、 $X_{12}$ 、 $X_{13}$ 、 $X_{14}$  和  $X_{15}$  分别为土壤 pH、有机质、全氮、有效磷、速效钾、交换性钙、交换性镁、有效硼、有效锌、梢长、梢粗、叶长、叶宽、叶厚、叶绿素含量等指标的标准化值。通过主成分分析, 计算前 2 个主成分因子得分并以对应方差贡献率为权重, 由相对应的主成分得分和权重加权求和, 得到果实品质评价综合得分 ( $F_c$ ) 的数学模型<sup>[18]</sup>:  $F_c=0.82F_1+0.18F_2$ 。根据前述主成分综合得分数学模型, 计算出 5 个处理的肥料效应综合得分值和排序结果 (表 6), 综合评价排序为  $PM>BF>SM>CF>CK$ 。

表 6 不同施肥处理的生长效应综合得分

处理	$F_1$	$F_2$	$F_c$	排名
CK	-1.34	-1.11	-1.30	5
CF	-0.82	1.45	-0.42	4
BF	0.72	-0.17	0.56	2
SM	0.76	-0.64	0.51	3
PM	0.68	0.47	0.64	1

### 3 讨论

前人研究表明, 在茶园中配施秸秆有机肥和猪粪有机肥后, 土壤 pH、全氮、有机质、有效磷、速效钾含量均显著增加<sup>[19]</sup>; 猕猴桃园施用有机肥显著提高了土壤有效磷和速效钾的含量, 同时增加有机质和全氮含量<sup>[20]</sup>; 凋萎病杨梅树施用生物有机肥提高了土壤有机质和氮、磷、钾、硫、硼、锌、铜等土壤元素含量<sup>[21]</sup>。本研究的前期研究发现, 衰弱病发生后交换性钙和交换镁含量显著降低<sup>[22]</sup>, 使用生物有机肥和腐植酸后交换性钙、交换性镁、有效硼和有效锌含

量显著升高, 营养生长和果实品质得到显著改善<sup>[16, 23-24]</sup>。本研究结果表明, 衰弱病杨梅基施有机肥后显著改善了植株根围土壤营养状况, 土壤 pH 升高, 缓解了土壤酸化, 有机质含量增加, 土壤全氮、有效磷、速效钾、交换性钙、交换性镁、有效硼、有效锌含量均有显著增加, 这与前述研究结果基本一致; 与复合肥处理相比, 土壤全氮和有效磷含量减少, 速效钾含量增加, 这与他人研究结果<sup>[16, 25]</sup>不同。本研究结果显示, 土壤交换性钙、有效硼和有效锌含量与杨梅营养生长呈显著正相关, 这可能与当地土壤普遍存在钙、硼和锌元素缺乏<sup>[26]</sup>有关, 同时也符合“最小养分律”。

本研究结果表明, 基施有机肥可以显著促进杨梅的枝梢和叶片生长, 提高叶绿素含量, 这与他人<sup>[16, 27]</sup>的研究结果一致, 也与有机肥在苹果<sup>[7]</sup>、芒果<sup>[9]</sup>、椴柑<sup>[10]</sup>等果树上的研究结果一致。有机肥施用后显著增加了土壤养分含量, 在本研究中, 有机肥处理后叶片变大、变厚, 叶面积增加, 叶片叶绿素含量增加, 光合作用能力增强, 从而促进了杨梅的营养生长。

#### 4 结论

衰弱病杨梅在常规管理的基础上, 相比于单施复合肥 (CF) 处理, 基施不同有机肥均显著促进杨梅营养生长, 新梢变长、变粗, 叶片变大、变宽、变厚, 叶面积增加, 叶绿素含量提高, 同时显著改善杨梅植株根围土壤营养状况, 树势恢复效果优于 CF 处理。4 种肥料对衰弱病杨梅的营养生长效应综合评价排序为猪粪 > 生物有机肥 > 羊粪 > 复合肥 > 不施肥。生产上建议轮换使用不同有机肥以恢复衰弱病杨梅树势。

#### 参考文献:

- [1] 6-23 水果生产 [M]. 杭州: 浙江统计年鉴, 2021.
- [2] 任海英, 郑锡良, 张淑文, 等. 杨梅衰弱病病症及病树矿物质营养分析 [J]. 浙江农业科学, 2020, 61 (10): 2043-2048.
- [3] 张世贤. 我国有机肥料的资源、利用、问题和对策 [J]. 磷肥与复肥, 2001, 16 (1): 8-11.
- [4] 宁川川, 王建武, 蔡昆争. 有机肥对土壤肥力和土壤环境质量的影响研究进展 [J]. 生态环境学报, 2016, 25 (1): 175-181.
- [5] 魏文良, 刘路, 仇恒浩. 有机无机肥配施对我国主要粮食作物产量和氮肥利用效率的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2020, 26 (8): 1384-1394.
- [6] 蔡洁, 郭帅奇, 徐梓凯, 等. 两种有机肥对宁夏风沙土土壤性状和酿酒葡萄果实品质的影响 [J]. 中国果树, 2023 (5): 35-42.
- [7] 马悦欣, 刘乐彤, 唐锐, 等. 猪粪有机肥对红富士苹果产量及品质的影响 [J]. 果树学报, 2023, 40 (8): 1559-1571.
- [8] 孙万春, 周家昊, 俞巧钢, 等. 豆渣、猪粪有机肥施用水平对梨产量品质及土壤肥力的影响 [J]. 果树学报, 2022, 39 (9): 1628-1638.
- [9] 罗玲, 潘宏兵, 钟奇, 等. 石灰和有机肥对芒果园酸性土壤的改良效果及对芒果品质的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2021 (3): 169-177.
- [10] 万连杰, 何满, 田洋, 等. 有机肥替代化肥比例对椴柑生长发育、产量和土壤生物学特性的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2022, 28 (4): 675-687.
- [11] 李跃森, 吴水金, 张帅, 等. 有机肥氮投入比例对香蕉生长及主要品质影响 [J]. 土壤, 2022, 54 (2): 247-254.
- [12] 安祥瑞, 江尚焘, 李焕苓, 等. 减施化肥配施有机肥对荔枝生长、产量品质及肥料利用率的影响 [J]. 土壤, 2021, 53 (6): 1174-1184.
- [13] 朱志炎, 梁雪雁, 林凤玲, 等. 有机肥对香蕉枯萎病及土壤主要理化性质和微生物群落的影响 [J]. 福建农业学报, 2021, 36 (7): 806-816.
- [14] 赵丽娅, 李文庆, 唐龙翔, 等. 有机肥对黄瓜枯萎病的防治效果及防病机理研究 [J]. 土壤学报, 2015, 52 (6): 1383-1391.
- [15] 徐长宝, 刘喆, 王吉锋, 等. 桔园施用有机肥对主要害虫发生的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2018, 40 (4): 958-962.
- [16] 任海英, 王剑, 郑锡良, 等. 生物有机肥对衰弱病杨梅营养改良及强壮树势的作用 [J]. 中国农学通报, 2021, 37 (16): 127-137.
- [17] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [18] 乌凤章, 张润梅, 尹泽宇, 等. 基于主成分分析的高丛蓝莓品种果实品质综合评价 [J]. 农业工程学报, 2022, 38 (22): 262-269.
- [19] 张宁, 陶荣浩, 刘佩诗, 等. 不同种类有机肥配施化肥对茶叶生长、品质和土壤肥力的影响 [J]. 浙江农业学报, 2023, 35 (8): 1844-1852.
- [20] 吴迪, 李良良, 田奥, 等. 不同有机肥处理对喀斯特山地‘红阳’猕猴桃园土壤养分的影响 [J]. 中国果树, 2020 (5): 77-80.
- [21] 林瑞, 任海英, 安笑笑, 等. 生物有机肥对杨梅凋萎病防控及其树势恢复的影响 [J]. 浙江农业学报, 2019, 31 (7): 1096-1104.
- [22] Ren H Y, Wang H Y, Qi X J, et al. The damage caused by decline disease in bayberry plants through changes in soil properties, rhizosphere microbial community structure and metabolites [J]. Plants (Basel, Switzerland), 2021, 10 (10): 2083.



- [23] Ren H Y, Wang H Y, Yu Z P, et al. Effect of two kinds of fertilizers on growth and rhizosphere soil properties of bayberry with decline disease [J]. *Plants (Basel, Switzerland)*, 2021, 10 (11): 2386.
- [24] Ren H, Islam M S, Wang H, et al. Effect of humic acid on soil physical and chemical properties, microbial community structure, and metabolites of decline diseased bayberry [J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2022, 23 (23): 14707.
- [25] 周喜荣, 张丽萍, 孙权, 等. 有机肥与化肥配施对果园土壤肥力及鲜食葡萄产量与品质的影响 [J]. *河南农业大学学报*, 2019, 53 (6): 861-868.
- [26] 陈建民. 泰顺县耕地质量及其管理 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2014: 146-148.
- [27] 包日在, 俞浙萍, 戚行江, 等. 生物有机肥对杨梅衰弱病树势恢复与果实品质的影响 [J]. *贵州农业科学*, 2022, 50 (8): 70-77.

#### Effects of basic organic fertilizer application on the growth and soil nutrients of decline diseased bayberry

BAO Ri-zai<sup>1</sup>, ZHUANG Xiao-ping<sup>1</sup>, LIN Yu-min<sup>1</sup>, LI Xiao-li<sup>2</sup>, REN Hai-ying<sup>3</sup>, WANG Yan-li<sup>3</sup>, HU Dan<sup>4</sup>, ZHOU Hui-fen<sup>5\*</sup> (1. Taishun County Agriculture and Rural Bureau, Taishun Zhejiang 325500; 2. Agricultural and Rural Service Center in Baizhang Town, Taishun County, Taishun Zhejiang 325502; 3. Institute of Horticulture/Institute of Plant Protection and Microbiology, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou Zhejiang 310021; 4. Wenzhou Agricultural Technology Promotion Center, Wenzhou Zhejiang 325000; 5. Zhejiang Agricultural Technology Promotion Center, Hangzhou Zhejiang 330010)

**Abstract:** Using the decline diseased Dongkui bayberry as the experimental material, five treatments including basal application of chicken manure substrate bio-organic fertilizer (BF), sheep manure (SM), pig manure (PM), compound fertilizer (CF) and no fertilization (CK) were set up. Principal component analysis was used to comprehensively evaluate the vegetative growth and soil fertility of each treatment, and to explore the effect of organic fertilizer on the vegetative growth and soil nutrients of the decline diseased bayberry. The results showed that, compared with CK and CF treatments, BF, SM and PM treatments significantly increased the content of soil organic matter, available potassium, exchangeable calcium, exchangeable magnesium, available boron, and available zinc, increased soil pH, and significantly promoted the nutritional growth of bayberry. The shoot length was increased by 22.13%–30.74%, the shoot diameter was increased by 10.40%–11.07%, the leaf length was increased by 4.99%–7.26%, the leaf width was increased by 4.35%–5.35%, the leaf thickness was increased by 4.17%–7.92%, and the chlorophyll content was increased by 8.35%–11.29%. The comprehensive evaluation of the fertilizer effects of the five treatments was ranked as PM>BF>SM>CF>CK by principal component analysis. Basal application of organic fertilizer significantly improved soil fertility and the vegetative growth of decline diseased bayberry. It is suggested that the application of organic fertilizers should be rotated in the bayberry industry to restore the vigor of decline diseased bayberry trees.

**Key words:** organic fertilizer; bayberry decline disease; soil nutrients; vegetative growth; comprehensive evaluation