

微生物菌肥对玫瑰防病促生作用及土壤微环境的影响

董万鹏, 吴楠, 龙婷, 吴洪娥, 周洪英*

(贵州省植物园, 贵州 贵阳 550001)

摘要: 为筛选生态绿色肥料, 研究微生物菌肥施用效果并优化施用方法, 试验以微生物菌肥及常规化肥按照不同组合配施, 研究了玫瑰的生长性状、病害情况、花量产量、土壤理化性质以及土壤微生物数量状况。结果表明: 施用复合肥+微生物菌肥(NPK+B)对玫瑰株高、分枝数有显著影响, 较对照分别增加33.3%、31.8%, 微生物菌肥+有机肥(B+M)可促进分枝, 但对茎粗无显著影响。施用复合肥+微生物菌肥+有机肥(NPK+B+M)与B+M处理土壤物理粘粒含量在34%~41%之间, 土壤质地得到了一定程度改善, 各处理中增加B、M及B+M可以调节pH降到适宜的弱酸性范围, 较好地改善土壤酸碱性质。各施肥处理均对玫瑰花量及产量产生增益作用, 而增加微生物菌肥可有效降低黑斑病的发生, 病情指数由对照的13.23降低至7.17, 并提高了玫瑰对有机肥和复合肥的利用率, 提高株高、茎粗与发新枝数量, 从而起到增产的作用, 其中NPK+B+M增幅最高, 达67.8%, 其次为NPK+M、NPK、B+M。通过连续施用微生物菌肥, 玫瑰种植地土壤中的细菌、真菌及放线菌数量较CK均显著增加, 其中“真菌/(细菌×10)”达到1.042, 相关性分析表明, 真菌和放线菌数量与玫瑰生长指标具有显著正相关性, 与病情指数呈显著负相关。通过施用生物菌肥改善土壤微环境, 不仅对玫瑰起到防病促生的调节作用, 在实际生产中还可替代或降低农药与化肥使用, 有效降低管理难度与生产成本, 改善生态环境。

关键词: 玫瑰; 生物菌肥; 土壤; 防病促生

玫瑰泛指用于食用、药用、日化保健的蔷薇科(Rosaceae)蔷薇属(*Rosa* L.)玫瑰(*Rosa rugosa*)、月季(*Rosa chinensis*)、蔷薇(*Rosa* sp.)及其杂交种, 属于经济林花卉, 花香浓烈且色泽鲜艳, 富含类黄酮化合物、花色苷等抗氧化生物活性物质, 具有极高的食、药用价值, 提取的精油被誉为“液体软黄金”, 主要用于烘干花茶、制作蜜饯与提取纯露^[1]。玫瑰田间种植易感病害, 杀菌剂可以短期见效, 但长期应用产生耐药性, 对环境不友好, 且采收期是严禁使用的, 病害管理难度大, 因此探寻一种防病促生又绿色环保的种植技术很有必要。近年来, 研究发现土壤微生物不仅驱动着土壤物质转化和养分循环, 还可作为土壤有效养分的储备库^[2]。如枯草芽孢杆菌通过在植物根际定殖, 分泌抗菌物质如枯草菌素、多粘菌素等, 同时诱导植

物防御系统抵御病原菌入侵, 与病原菌形成竞争关系^[3]。生物菌肥不仅能显著增加土壤肥力, 而且能够调节土壤中微生物区系组成, 使土壤向着健康方向发展^[4]。除氮磷钾等肥力指标外, 土壤有机质是维持土壤肥力和食用玫瑰生产力的重要指标, 为提高土壤有机质含量, 施用有机肥是最有效的方法^[5], 其对土壤质地、聚集稳定性也有重要影响^[6], 土壤质地、团聚体可直接影响土壤酶活性, 从而作用于土壤微生物。目前针对食用玫瑰开展微生物菌肥试验的研究很少, 为了筛选生态绿色肥料, 研究微生物菌肥施用效果, 优化施用方法, 本试验通过施用不同微生物菌肥, 改善玫瑰种植土壤及微生物变化状况, 对玫瑰起到防病促生的作用, 并改善了生态环境。在实际生产中可替代或降低农药与化肥使用, 为病害绿色防控提供了技术手段。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验在2017年10月至2021年10月期间进行, 试验地点设在贵州惠水县好花红玫瑰种植试验基地(106°34'E, 26°1'N, 海拔961 m)。试验地土壤类型为黄壤, 土壤肥力均匀, 有机质含量17.52 g/kg,

收稿日期: 2022-07-12; 录用日期: 2022-10-06

基金项目: 贵州省科技计划项目(黔科合服企2019-4016); 贵州省林业优秀青年人才培养专项(黔林科合J2018-08)。

作者简介: 董万鹏(1990-), 助理研究员, 硕士, 主要研究方向为蔷薇属植物资源开发与利用研究。E-mail: chinadwp@sina.cn。

通讯作者: 周洪英, E-mail: 625180634@qq.com。

pH 6.58, 碱解氮 80.12 mg/kg, 有效磷 124.54 mg/kg, 速效钾 151.73 mg/kg。

1.2 试验材料

供试玫瑰品种为墨红 [*Rosa chinensis* ‘Crimson Glory’ (RCG)]、紫枝 [*Rosa rugosa* ‘Purple branch’ (RPB)] 1 年生地栽植株, 各个品种株行距一致。供试肥料共 3 种类型: 复合肥 (尿素与开磷牌复合肥按 1:4 混匀, 氮、磷、钾含量比例 15:15:15); 有机肥 (鸡粪、羊粪混合米糠、稻壳、秸秆等充分发酵后高温灭菌制成); 微生物菌肥 (泥碳、椰糠等基质添加枯草芽孢杆菌 ≥ 2000 万 /g、有机质 $\geq 40\%$)。

1.3 试验设计

试验共设 5 个施肥处理组合, 1 个对照组 (CK), 共 6 个处理, 如表 1, 每个处理随机设置 3 个独立地块重复进行。墨红品种施用方法: 复合肥施用量 225 ~ 375 kg/hm², 即 20 g/株, 3 次/年 (于 1、4—5、8 月进行); 有机肥施用量 2250 ~ 3000 kg/hm², 即 175 g/株, 2 次/年 (于 1、8 月进行); 微生物菌肥施用量 600 ~ 900 kg/hm², 即 50 g/株, 2 次/年 (与有机肥同时)。

表 1 各处理的施肥组合

分组	施肥组合
处理 1	复合肥, 即 NPK
处理 2	复合肥 + 有机肥, 即 NPK+M
处理 3	复合肥 + 微生物菌肥, 即 NPK+B
处理 4	复合肥 + 微生物菌肥 + 有机肥, 即 NPK+B+M
处理 5	微生物菌肥 + 有机肥, 即 B+M
处理 6	空白对照组, 即 CK

其中紫枝品种仅设对照 (CK) 和 1 个施肥处理 (NPK+B+M), 施用方法: 复合肥施用量约 125 kg/hm², 25 g/株; 有机肥施用量约 2498 kg/hm², 500 g/株; 微生物菌肥施用量约 450 kg/hm², 90 g/株。种植环节上选择在花后修剪、冬季修剪后进行施用。

1.4 测定项目与方法

以调查黑斑病为主, 每年调查病害 3 次。第 1 次调查时间为田间观察到空白对照发病, 之后每隔 15 d 进行 2 次调查。以株为单位分级, 在晴天中午以后调查。处理植株均调查发病率, 病害严重度分级标准见表 2^[7]。

发病率 = (发病株数 / 调查总株数) × 100%

病情指数 = $\sum$ (各级病株或叶数 × 该病级值) / (调查总株或叶数 × 最高级值) × 100

表 2 病害严重度分级标准

病级	发病程度
0 级	全株无病
1 级	病斑面积占整片叶面积 1/10 以下
2 级	病斑面积占整片叶面积的 1/10 ~ 1/4
3 级	病斑面积占整片叶面积的 1/4 ~ 1/2
4 级	病斑面积占整片叶面积的 1/2 ~ 3/4
5 级	病斑面积占整片叶面积的 3/4 以上, 病叶脱落严重, 植株死亡

每小区随机选择并定株调查株高、茎粗、分枝数等生长性状。采收结束后调查经济性状, 按小区统计平均花量、株产量、单季产量和年产量。

盛花期后采集各小区 10 ~ 20 cm 层土壤, 清除地被物后按 “S” 形布点法取土, 剔除杂物, 混合均匀后迅速装入灭菌的采样袋中, 带回实验室后一部分样品立即进行土壤微生物数量测定; 另一部分样品自然风干后研磨过筛, 用于土壤养分的测定。土壤有机质含量采用重铬酸钾容量法测定, 碱解氮含量采用碱解扩散法测定, 有效磷含量采用碳酸氢钠浸提 - 钼锑抗比色法测定, 速效钾含量采用乙酸铵浸提 - 火焰光度法测定, 土壤质地与 pH 采用常规方面测定^[8]。

土壤微生物测定: 盛花期结束后, 采集根系附着的土壤, 制成土壤悬浮液, 把悬浮液逐级稀释至 10⁻⁴ ~ 10⁻⁷。用平板培养法、分离计数法测定土壤微生物数量^[9]。细菌分离用 LB 培养基, 真菌采用 PDA 培养基, 放线菌采用改良高氏一号培养基。每个培养皿加稀释液 0.25 mL, 每个处理 3 次重复。于 25℃ 恒温箱中培养, 依据各菌落生长情况于 2 ~ 7 d 后调查单菌落数, 土壤微生物菌落数单位为 cfu/g。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对玫瑰生长性状及产量的影响

如图 1 可以看出 NPK+B+M 处理对玫瑰株高具有明显促进作用, 较其他处理差异均显著 ($P<0.05$), 2019 与 2021 年分别较 CK 增加 71%、89.8%, 同比增加 26.5%。NPK+B 处理对玫瑰株高相对 CK 组具有显著影响 ($P<0.05$), 两年分别较

CK 增加 33.3%、40.7%，同比增加 22.2%，NPK+M 与 B+M 处理之间对株高影响差异不显著，但较 CK 具有显著差异 ($P<0.05$)，分别增加 13% ~ 16% 和 19% ~ 22%，NPK 处理组对株高影响仅高于 CK 组，分别增加 9.7%、16.1%。

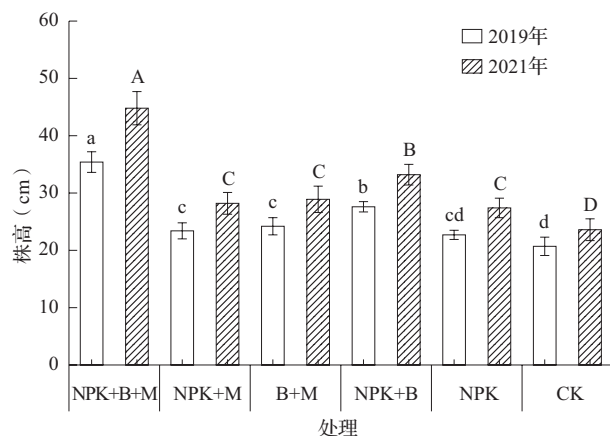


图1 不同施肥处理对玫瑰株高的影响

注：柱上不同小写、大写字母分别代表 2019、2021 年处理间在 0.05 水平差异显著。下同。

图 2 可以看出 NPK+B+M 处理对玫瑰茎粗具有明显促进作用，较其他处理差异显著 ($P<0.05$)，2019 与 2021 年分别较 CK 增加 78.7%、99.6%，同比增加 26.6%。综合两年数据来看 NPK+B 与 NPK+M 处理对茎粗影响差异不显著，NPK 处理 2019 年与 NPK+B 有显著差异，但 2021 年差异不显著，以上 3 个处理组合较 CK 均具有显著差异，NPK+B、NPK+M 和 NPK 两年分别较 CK 增加 24.1% ~ 30.3%、29.2% ~ 33.3% 和 17.9% ~ 26.6%，B+M 处理对茎粗两年间的生长量虽有一定影响，但与 CK 差异不显著。

图 3 可以看出 NPK+B+M 处理组对玫瑰分枝数具有明显促进作用，较其他处理组差异均显著 ($P<0.05$)，2019 与 2021 年分别较 CK 增加 68.2%、100%，同比增加 46.6%，NPK+B 与 B+M 处理对分枝数量的影响差异不显著，但与 CK 差异显著，两年分别较 CK 增加 31.8% 和 41.7% ~ 50.0%，NPK+M 与 NPK 处理之间差异不显著，但对分枝数量具有一定影响，与 CK 差异显著，较 CK 分别增加 13.6% ~ 16.7% 和 12.5% ~ 13.6%。

表 3 从 2019 与 2021 两年间数据可以看出 NPK+B+M 处理对墨红玫瑰花朵数量具有明显促

进作用，较其他处理组差异均显著 ($P<0.05$)，2019 与 2021 年分别较 CK 增加 67.8%、96.3%，同比增加 42%。2019 年 NPK+B 和 B+M 处理对花量具有一定影响，NPK+B 与 CK 比较为显著差异 ($P<0.05$)，两年间较 CK 分别增加 19.4% ~ 22.2%、14.2% ~ 24.1%，同比增加 14.4%、69.7%。2021 年可以看出 NPK+M、B+M、NPK+B、NPK 施肥处理对玫瑰花朵数量均产生了明显促进作用，与 CK 两两比较均为显著差异 ($P<0.05$)。表中产量数据可以看出，不同施肥处理玫瑰花株产量、单季与年产量指标差异很大。其中墨红品种 NPK+B+M 处理显著高于其他处理，次年同比增幅较大，而 NPK+B、B+M 处理间差异不显著，包括 NPK+M 等所有处理均显著高于 CK；对比紫枝品种，NPK+B+M 处理的产量亦显著高于 CK，

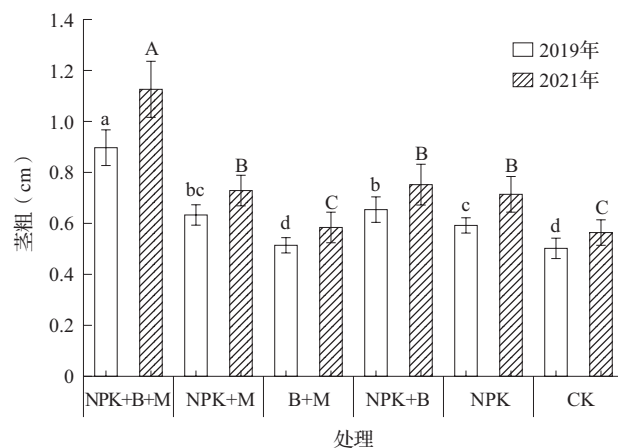


图2 不同施肥处理对玫瑰茎粗的影响

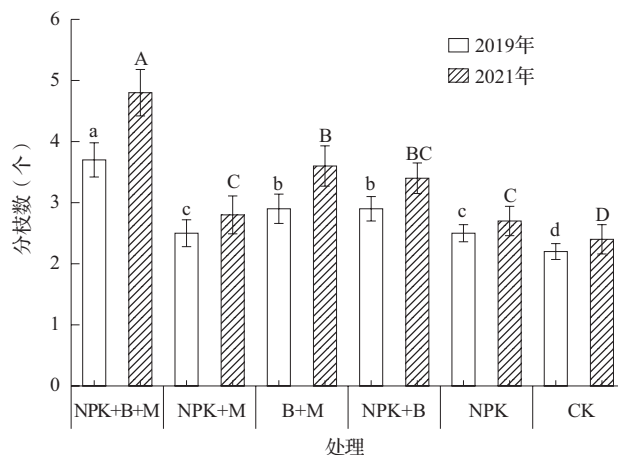


图3 不同施肥处理对玫瑰分枝数的影响

表 3 不同施肥处理对玫瑰产量的影响

品种	处理	2019 年				2021 年				同比增幅 (%)
		平均花量 (个)	株产量 (kg)	单季产量 (kg/hm ²)	年产量 (kg/hm ²)	平均花量 (个)	株产量 (kg)	单季产量 (kg/hm ²)	年产量 (kg/hm ²)	
RPB	NPK+B+M	15.67 ± 1.74a	0.150	2707.80	8676.00	21.20 ± 1.97a	0.203	3663.30	11778.00	35.76
RPB	NPK+M	9.68 ± 1.12c	0.093	1672.65	5347.05	12.82 ± 1.40b	0.123	2211.90	7133.25	33.40
RPB	B+M	10.67 ± 0.90bc	0.102	1843.80	5894.55	13.39 ± 1.26b	0.129	2315.55	7464.90	26.64
RPB	NPK+B	11.15 ± 1.07b	0.107	1926.75	6171.00	13.19 ± 1.44b	0.127	2280.90	7354.35	19.18
RPB	NPK	9.51 ± 1.26c	0.091	1643.25	5258.70	12.30 ± 1.12bc	0.118	2125.35	6795.90	29.23
RPB	CK	9.34 ± 1.33c	0.089	1613.85	5164.65	10.81 ± 0.97d	0.104	1866.30	5977.50	14.68
RCG	NPK+B+M	330.3 ± 24.5A	0.925	4618.88	6466.50	457.5 ± 31.6A	1.281	6397.95	8957.10	38.52
RCG	CK	204.2 ± 18.9B	0.572	2856.08	3998.55	260.4 ± 23.5B	0.729	3641.85	5098.50	27.51

注：不同小写（大写）字母表示品种 RPB（RCG）在 0.05 水平差异显著，下同。

次年同比增幅最大。不同处理均对花量及产量产生增益作用，从产量的增幅来看 NPK+B+M 处理影响最大，其次分别为 NPK+M、NPK、B+M，对比各处理可以看出除 CK 外 NPK+B 处理同比增幅最小，增产效益最小。

2.2 不同施肥处理对玫瑰土壤理化性质的影响

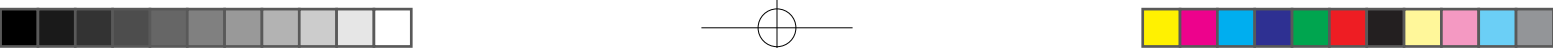
通过 4 年不同施肥处理，对比表 4 中墨红品种的各处理组合有机质含量，可以看出 NPK+B+M 处理是最高的，且显著高于其他处理（ $P<0.05$ ），平均 29.82 g/kg，比 CK 增加了 83.1%，有机质含量从高到低为 NPK+B+M>B+M>NPK+B>NPK+M>NPK>CK。NPK+B+M 与 NPK+B 碱解氮含量显著高于其他处理（ $P<0.05$ ），分别为 127.01、128.43 mg/kg，比 CK 增加了 66.4%、68.2%，NPK+M、B+M 与 NPK 碱解氮含量居中，但显著高于 CK（ $P<0.05$ ）。有效磷含量最高为 NPK+B+M 处理，显著高于其他各处理（ $P<0.05$ ），比 CK 增加

了 309.2%，NPK+M、NPK+B 与 NPK 处理有效磷含量居中，显著高于 B+M 与 CK 处理（ $P<0.05$ ），B+M 处理有效磷含量显著高于 CK（ $P<0.05$ ）。速效钾含量 NPK+B+M 处理最高，且显著高于其他各处理（ $P<0.05$ ），比 CK 增加了 264.9%，其他处理速效钾含量从高到低为 NPK>NPK+B>NPK+M>B+M>CK。

NPK+B+M 与 B+M 处理土壤物理粘粒（<0.01 mm）含量在 34% ~ 41% 之间（<45%），系中壤土范围，相对其他处理土壤质地得到了明显改善。另外对比紫枝品种亦可以看出，NPK+B+M 处理较 CK 有机质、碱解氮、有效磷与速效钾的含量均有显著增加（ $P<0.05$ ）。从各处理 pH 的均值可以看出，相对 CK 与仅施用 NPK 处理，施用了 B、M 或 B+M 的处理可以较好地调节 pH 到更适宜的范围（弱酸性 5.5 ~ 6.5）。

表 4 不同施肥处理对玫瑰田间土壤理化性质的影响

品种	处理	pH	有机质 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	物理粘粒含量 (<0.01 mm) (%)	质地
RPB	NPK+B+M	6.33 ± 0.13b	29.82 ± 1.13a	127.01 ± 6.37a	481.4 ± 18.5a	472.6 ± 12.4a	34.8 ± 2.4	中壤土
RPB	NPK+M	6.23 ± 0.11b	25.40 ± 2.56c	103.49 ± 4.25b	376.7 ± 21.6b	323.5 ± 15.1c	48.5 ± 1.4	重壤土
RPB	NPK+B	6.32 ± 0.13b	26.12 ± 2.15c	128.43 ± 3.79a	391.3 ± 15.9b	355.8 ± 20.4bc	46.3 ± 1.9	重壤土
RPB	CK	6.63 ± 0.17a	16.29 ± 1.49e	76.35 ± 3.64d	117.7 ± 9.8d	129.5 ± 15.5e	50.7 ± 2.5	重壤土
RPB	NPK	6.76 ± 0.18a	18.46 ± 1.74d	97.58 ± 2.52bc	363.6 ± 17.4b	385.3 ± 14.9b	49.2 ± 1.7	重壤土
RPB	B+M	6.29 ± 0.23b	27.88 ± 2.92b	106.49 ± 7.69b	167.7 ± 20.1cd	184.4 ± 19.2d	37.7 ± 2.2	中壤土
RCG	NPK+B+M	5.42 ± 0.14A	39.23 ± 3.47A	114.80 ± 9.21A	397.1 ± 24.5A	379.2 ± 23.7A	41.3 ± 1.5	中壤土
RCG	CK	5.23 ± 0.10B	20.70 ± 2.16B	83.23 ± 4.87B	152.9 ± 18.4B	210.5 ± 10.6B	49.5 ± 2.6	重壤土



2.3 不同施肥处理对玫瑰病害及根际土壤微生物的影响

由表 5 可知, 墨红的各处理根际土壤细菌数量显著高于 CK, 从高到低呈 NPK+B+M>NPK+M>B+M>NPK+B>CK 顺序, 各处理组根际土壤真菌数量显著高于 CK, 从高到低呈 NPK+B+M>B+M>NPK+B>NPK+M>CK 顺序。在有机肥与生物菌剂混合施用下 (NPK+B+M) 黑斑病发病率

与病情指数最低, 土壤细菌与真菌数量较 CK 均显著增加 ($P<0.05$), 其中“真菌/(细菌 $\times 10$)”达到 1.042, 显著高于其他各处理组合 ($P<0.05$), 其他各处理组合的真菌数量均明显小于细菌数量, NPK+M 处理组合的“真菌/(细菌 $\times 10$)”值最低。同时有机肥与生物菌剂混合施用, 较 CK 也显著提高了土壤根际放线菌的数量 ($P<0.05$), 从高到低呈 NPK+B+M>B+M>NPK+M>NPK+B>CK 顺序。

表 5 不同施肥处理对玫瑰病害及根际土壤微生物的影响

品种	处理	发病率 (%)	病情指数	细菌 ($\times 10^5$ cfu/g)	真菌 ($\times 10^4$ cfu/g)	放线菌 ($\times 10^5$ cfu/g)	真菌 / (细菌 $\times 10$)
RPB	NPK+B+M	64	7.17	3.456 $\pm$ 0.284a	3.603 $\pm$ 0.340a	1.146 $\pm$ 0.127a	1.042 $\pm$ 0.21a
RPB	NPK+M	81	10.90	3.378 $\pm$ 0.312a	2.476 $\pm$ 0.297c	0.652 $\pm$ 0.070c	0.733 $\pm$ 0.16c
RPB	NPK+B	72	8.32	3.076 $\pm$ 0.270b	2.521 $\pm$ 0.213c	0.606 $\pm$ 0.026c	0.820 $\pm$ 0.15b
RPB	CK	91	13.23	2.397 $\pm$ 0.128c	2.005 $\pm$ 0.171d	0.597 $\pm$ 0.064c	0.837 $\pm$ 0.13b
RPB	B+M	89	11.60	3.315 $\pm$ 0.266a	2.792 $\pm$ 0.212b	0.739 $\pm$ 0.082b	0.842 $\pm$ 0.16b

从表 6 可以看出, pH 在 (5 ~ 7) 区间随 pH 升高, 生长性状指标均下降, 呈负相关, 说明土壤呈弱酸性时有利于玫瑰生长。真菌与放线菌数量与玫瑰生长指标具有显著正相关性, 与病情指数呈现显著负相关。其中真菌数量、有机质含量、有效磷含量、碱解氮含量与玫瑰花量呈显著正相关。土壤

理化指标中碱解氮、有效磷、速效钾含量与分枝数具有显著正相关性, 且均与病情指数呈极显著负相关, 其中速效钾与株高、茎粗具有极显著正相关性。土壤物理性粘粒含量与株高、分枝数呈极显著负相关, 而与病情指数呈显著正相关。

表 6 玫瑰生长性状、病情指数与土壤理化指标的 Spearman 相关分析

指标	株高	分枝数	病情指数	茎粗	花量
真菌	0.599*	0.696**	-0.718**	0.625*	0.554*
放线菌	0.615*	0.552*	-0.550*	0.585*	0.172
细菌	0.354	0.059	0.221	0.501	-0.300
pH (5 ~ 7)	-0.483*	-0.583**	0.474*	-0.632**	-0.477*
有机质	-0.327	0.075	-0.416*	-0.332	0.621**
碱解氮	0.415	0.680**	-0.843**	0.24	0.582*
有效磷	0.327	0.580*	-0.789**	0.378	0.589*
速效钾	0.781**	0.907**	-0.860**	0.653**	0.486
物理性粘粒含量	-0.796**	-0.830**	0.583*	-0.358	-0.268

注: * 表示 $P<0.05$ 相关显著, ** 表示 $P<0.01$ 相关极显著 (双向)。

3 讨论

3.1 生物菌肥对玫瑰促生增产的作用

本试验研究了田间条件下, 生物菌肥及常规化肥按照不同组合配施, 对玫瑰的生长性状、病害情况、经济性状、土壤理化以及根际微生物数量的影响。仅施用 B+M 对玫瑰分枝数影响较大, 对比未

施用微生物菌肥 B 处理, 可见施用 B 对促进发新枝数、对增加花产量具有显著影响, 结合常规施肥 NPK 与有机肥 M 的混合施用, 可以显著提高株高、茎粗、分枝数量等生长性状指标。逐年连续施用 NPK+B+M 可显著促进玫瑰生长, 在次年具有明显的叠增效益。其中施用 B+M 并不会明显增加玫瑰茎粗, 而施用常规化肥可增加玫瑰茎粗、株高

等生长指标。通过4年的生物菌肥施用,墨红玫瑰产量具有明显提高,NPK+B+M组合显著优于传统施肥,2019和2021年产量较CK分别增加67.8%、96.3%,同比增加42%。在紫枝品种上具有同样结果,但由于品种特性,墨红属于矮灌木,株形较小,而紫枝属于灌木株形较大,生长年限对于产量有较大影响,因此紫枝产量两年间同比增幅较大^[1]。不同处理均对花量及产量产生增益作用,NPK+B+M增产效益最大,NPK+M增产效益最小,可能归因于微生物菌剂的复合增效作用,土壤微生物中具有益生作用的种类丰富多样,可以通过固氮、溶磷、解钾等作用直接为植物提供养分^[10],还可以产生对植物有益的代谢产物,从而发挥调节植物生长的作用^[11],其中枯草芽孢杆菌可合成淀粉酶、蛋白酶等,具有显著的促生作用。生物菌肥配施NPK化肥提高了玫瑰对有机肥和复合肥的利用效率,可增进株高、茎粗,增加发新枝数量,从而起到增产的作用。

3.2 生物菌肥改良玫瑰地土壤的作用

通过4年的各处理数据可以看出,NPK+B+M显著地提高玫瑰地土壤有机质、有效磷、速效钾含量,其中有机质含量较CK增加了83.1%,NPK+B+M与NPK+B碱解氮含量显著高于其他处理,这可能得益于微生物菌群的改变,有研究表明含枯草芽孢杆菌的有机肥有利于改良土壤质量,而对土壤养分含量中氮素提升最为显著^[12]。本研究施用NPK+B+M与B+M的处理的玫瑰地土壤质地得到了明显改善,为中壤土范围。pH与生长性状指标的相关性分析,说明土壤呈弱酸性时有利于玫瑰生长。从各处理组pH的均值可以看出,施用了B、M或B+M的处理组可以较好地调节pH,降到适宜的弱酸性范围(5.5~6.5),改善土壤酸碱性质,这可能也得益于枯草芽孢杆菌的调节作用^[13]。对比紫枝品种亦可看出,施用微生物菌肥、有机肥不仅增加了土壤碱解氮、有效磷、速效钾及有机质含量,还改善了土壤pH,有效降低了土壤容重,起到了疏松土壤的作用。土壤中还存在着丰富的有益微生物菌群,可以固氮、溶磷、解钾从而改良土壤,有待继续开展研究。相关性分析表明,土壤碱解氮、有效磷、速效钾对玫瑰分枝数影响最大,且含量增加可降低病情指数,其中速效钾对株高、茎粗影响最大。土壤物理性粘粒含量相关性分析表明,土壤质地对株高、分枝数及病情指数影响较大。

3.3 生物菌肥对玫瑰抗病性及土壤微生物的影响

通过连续施用NPK+B+M的玫瑰地土壤无论细菌、真菌还是放线菌,微生物数量较CK均显著增加,其中“真菌/(细菌×10)”达到1.042,各处理的真菌数量均明显小于细菌数量,NPK+M处理的“真菌/(细菌×10)”值最低,研究发现施用复合菌肥后土壤中微生物优势菌群的数量大幅度增加^[14],而一些研究表明采用微生物菌肥进行拌种处理会显著降低土壤中真菌数量^[15],除了与外源微生物的施用方法或施用周期长短不同有关外,其深层次的原因尚需研究。相关性分析表明真菌、放线菌数量与玫瑰生长指标具有显著正相关性,与病情指数呈现显著负相关。其中真菌数量、有机质含量、有效磷含量、碱解氮含量与玫瑰花量呈显著正相关。施入大量功能菌增加了菌体与植物的互作,同时,施入的有机肥也会促进土壤微生物和原生动物的繁殖,增加其与植物根系的互作,导致植物应激反应如植保素等次生代谢物的合成与积累^[16-17],诱导植株产生抗病性,从而使植物体抵御有害病原菌^[13],特别是在抵御腐生性病原菌中起着非常重要的作用^[18]。研究表明枯草芽孢杆菌对植物多种真菌性病原有很强的抑制作用,本研究在施肥处理中增加微生物菌剂可有效降低黑斑病的发病率与病情指数,后续试验也证实了施用含有枯草芽孢杆菌的有机肥,可显著降低墨红黑斑病的致病菌链格孢属(*Alternaria*)数量。

4 结语

土壤微生物是土壤生态系统的重要组成部分,优质肥沃的土壤可减少病害的发生,其产生有益植株生长的物质,还有助于提升玫瑰产品品质,从而达到一个良性的生态循环。玫瑰栽培过程中使用传统化肥出现的病害发生率高、管理难度大和人工成本高等问题,通过施用生物菌肥改良土壤可以得到解决,不仅可提高优质抗病种苗的质量,还可提升花卉产品的品质,为产品贴上绿色标签。

参考文献:

- [1] 董万鹏,吴楠,吴洪娥,等.不同食用玫瑰生长特性、花品质及生理变化特征[J].热带农业科学,2020,40(8):6-11.
- [2] 王琦.有机替代对双季稻田土壤氮素淋失的影响及作用机理[D].咸阳:西北农林科技大学,2021.



- [3] 王晓彤, 金黎明, 宫小明, 等. 枯草芽孢杆菌产生的抗菌物质的研究进展 [J]. 轻工科技, 2018, 34 (11): 14-15.
- [4] 洪珊, 尉虹伶, 阮云泽, 等. 茄子与香蕉轮作配施生物有机肥对连作蕉园土壤微生物区系的影响 [J]. 中国生态农业学报, 2017, 25 (1): 78-85.
- [5] Liang Q, Chen H, Gong Y, et al. Effects of 15 years of manure and mineral fertilizers on enzyme activities in particle-size fractions in a North China Plain soil [J]. European Journal of Soil Biology, 2014, 60: 112-119.
- [6] Wang Y, Hu N, Ge T, et al. Soil aggregation regulates distributions of carbon, microbial community and enzyme activities after 23-year manure amendment [J]. Applied Soil Ecology, 2017, 111: 65-72.
- [7] 杨晓蕾, 钱国良, 范加勤, 等. 梨黑斑病菌拮抗细菌的筛选鉴定及其拮抗活性的研究 [J]. 南京农业大学学报, 2014, 37 (1): 68-74.
- [8] 乔胜英. 土壤理化性质实验指导书 [M]. 北京: 中国地质大学出版社, 2012.
- [9] 梁晨, 吕国忠. 土壤真菌分离和计数方法的探讨 [J]. 沈阳农业大学学报, 2000, 31 (5): 515-518.
- [10] 黄文茂, 易伦, 彭思云, 等. PGPR 复合菌剂对辣椒生长及根际土壤微生物结构的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2020 (1): 195-201.
- [11] 刘畅, 黄文茂, 韩丽珍. PGPR 复合菌系对花生生长及根际土壤微生物的影响 [J]. 西南农业学报, 2019, 32 (10): 2367-2372.
- [12] 胡亚杰, 韦建玉, 张纪利, 等. 枯草芽孢杆菌对植烟土壤养分含量与酶活性的影响 [J]. 作物研究, 2019, 33 (6): 561-566.
- [13] 胡亚杰, 韦建玉, 卢健, 等. 枯草芽孢杆菌在农作物生产上的应用研究进展 [J]. 作物研究, 2019, 33 (2): 167-172.
- [14] 叶荣华, 涂晓嵘, 阮彩彪, 等. 多功能微生物复合菌肥在晚稻上的应用研究 [J]. 江西农业学报, 2010, 22 (11): 109-111.
- [15] 段淇斌, 赵冬青, 姚拓, 等. 施用生物菌肥对饲用玉米生长和土壤微生物数量的影响 [J]. 草原与草坪, 2015, 35 (2): 54-58.
- [16] Cai F, Chen W, Wei Z, et al. Colonization of *Trichoderma harzianum* strain SQR-T037 on tomato roots and its relationship to plant growth, nutrient availability and soil microflora [J]. Plant Soil, 2015, 388: 337-350.
- [17] 魏晓兰, 吴彩姣, 孙玮, 等. 减量施肥条件下生物有机肥对土壤养分供应及小白菜吸收的影响 [J]. 水土保持通报, 2017, 37 (1): 40-44.
- [18] 吴劲松. 植物对病原微生物的“化学防御”: 植保素的生物合成及其分子调控机制 [J]. 应用生态学报, 2020, 31 (7): 2161-2167.

Effects of microbial fertilizer on disease control and growth of rose and its effect on soil microenvironment

DONG Wan-peng, WU Nan, LONG Ting, WU Hong-e, ZHOU Hong-ying* (Guizhou Botanical Garden, Guiyang Guizhou 550001)

Abstract: In order to screen eco-green fertilizer, study the application effect of microbial fertilizer (B) and optimize the application method, the effects of different combinations of microbial fertilizer and conventional chemical fertilizer (NPK) were compared in this experiment on the growth traits, disease conditions and flower yield of rose, as well as the soil physical and chemical properties and soil microbial quantity. The results showed that NPK+B had significant effects on plant height and branch number of rose, which increased by 33.3% and 31.8%, compared with the control. B+M (M=Marure) promoted branch but had no effect on stem diameter. The content of soil physical clay in NPK+B+M and B+M treatment groups ranged from 34%-41%, and soil texture was significantly improved. The increase of B, M and B+M in each treatment could adjust the pH to a suitable range of weak acidity, and improved the soil pH properties. All fertilization treatments increased the amount and yield of roses, and the increase of microbial fertilizer could effectively reduce the occurrence of black spot disease, improve the utilization rate of organic fertilizer and compound fertilizer, and increase the plant height, stem diameter and the number of new branches, thereby increasing the yield. The disease index decreased from 13.23 to 7.17 compared with CK. The NPK+B+M showed the highest yield increase, reaching 67.8%, followed by NPK+M, NPK and B+M. Through continuous application of microbial fertilizer, the number of bacteria, fungi and actinomycetes in the soil of rose planting area was significantly increased compared with CK, and “fungi/ (bacteria $\times 10$)” reached 1.042. The correlation analysis showed that the number of fungi and actinomycetes had a significant positive correlation with the growth index of rose, and had a significant negative correlation with the disease index. In conclusion, the application of microbial fertilizer for improving soil microenvironment not only plays a regulatory role in preventing diseases and promoting growth of roses, but also can replace or reduce the use of chemical pesticides and chemical fertilizers in actual production, effectively reduce management difficulties and production costs, and improve the ecological environment.

Key words: rose; microbial fertilizer; soil; preventing diseases and promoting growth