网络出版时间:2025-07-18 DOI:10.13207/j.jnwafu.2026.01.003

不同根系功能修复剂对‘阳光玫瑰’葡萄果实品质的影响

钟其岭,田淑芬,王荣,王超霞,马闯,姜建福
(天津农学院 园艺园林学院,天津 300384)

[摘 要] 【目的】探讨不同根系修复剂对‘阳光玫瑰’葡萄果实品质和香气成分及含量的影响,为生产中科学合理施用根系修复剂提供理论依据和技术支持。【方法】以 3 年生‘阳光玫瑰’葡萄为试材,采用 6 种常见的根系修复剂分别在葡萄花后 45 d 和 55 d 进行滴灌处理,果实成熟期测定果实大小、质构特性以及固酸、类黄酮、总酚和香气等品质指标含量。【结果】试验地土壤养分呈过量状态,P、K、S、Fe、Mn、B 等含量严重超标。葡萄果实大小在中农绿康微生物菌剂(ZN)、比奥农科藻菌加(BA)和自制菌 3 号(ZZJ)处理下显著增加。各处理对果实可溶性固形物积累产生不同程度抑制,除 BA 外,其他处理均显著提高可滴定酸含量,而显著降低固酸比;BA 和碧护+碧护海藻多维素(BH)处理显著提高果实硬度,BH 和 ZZJ 处理提高果实类黄酮含量,但各处理对总酚含量均无显著影响。果实中共检测到 43 种香气成分,BH 处理果实香气种类最多(36 种),醛类物质为果实中主要香气成分,BA 处理促进了果实总挥发性香气物质积累,并显著高于对照。【结论】各根系修复剂均能改善‘阳光玫瑰’葡萄果实品质,但 BA 和 BH 处理更具优势。

[关键词] 葡萄;根系修复剂;阳光玫瑰;果实品质
[中图分类号] S663.1 [文献标志码] A [文章编号] 1671-9387(2026)01-0024-12

Effects of root functional repair agents on the berry quality of ‘Shine Muscat’ grape

ZHONG Qiling, TIAN Shufen, WANG Rong,
WANG Chaoxia, MA Chuang, JIANG Jianfu
(*College of Horticulture and Landscape Architecture, Tianjin Agricultural University, Tianjin* 300384, *China*)

Abstract: 【Objective】 The study aims to investigate the influence of diverse root repair agents on the berry quality, aroma components, and their contents of ‘Shine Muscat’ grape, thereby providing theoretical basis and technical support for the application of root repair agents in grape production. 【Method】 Three-year-old ‘Shine Muscat’ grapes were employed as the experimental materials. Six common root repair agents were administered through drip irrigation at 45 and 55 days after flowering. Berry size, textural properties, and contents of soluble solids, titratable acids, flavonoids, total phenols, and aroma components were determined during berry mature stage. 【Result】 Soil nutrients in the experimental plots were in an excessive state, with P, K, S, Fe, Mn, and B exceeding the standard. The berry size of ‘Shine Muscat’ grape was increased under the treatment of ZN (Zhongnong Lvkang Microbial Agent), BA (Bio-Nongke algae fungus), and ZZJ (Self-made Bacteria No. 3). Different treatments inhibited the accumulation of soluble

[收稿日期] 2025-01-03 [修回日期] 2025-03-13
[基金项目] 财政部和农业农村部:国家现代农业产业技术体系项目(CARS-29-zp-1)
[作者简介] 钟其岭(1998—),男,四川资中人,硕士,主要从事葡萄栽培与生理研究。E-mail:865343556@qq.com
[通信作者] 姜建福(1982—),男,河北黄骅人,研究员,博士,主要从事葡萄栽培生理与遗传育种研究。E-mail:jianfu501@163.com

solids to varying degrees. With the exception of BA, all treatments elevated the titratable acid content and reduced the solid-acid ratio. BA and BH (Bihu+Bihu Seaweed Multivitamin) enhanced the berry firmness. BH and ZZJ increased the flavonoid content of the berry, but did not affect the total phenol content. A total of 43 aroma components were detected in the berry. BH treatment had the greatest number of berry aroma components (36 kinds). Aldehyde substances were the main aroma components in the berry. BA treatment facilitated the accumulation of total volatile aroma substances in the berry, which was higher than the control.【Conclusion】All root repair agents tested can improve berry quality of ‘Shine Muscat’ grape, with BA and BH exhibiting more advantages.

Key words: grape; root repair agent; Shine Muscat; berry quality

‘阳光玫瑰’葡萄由日本果树试验基地通过‘安芸津 21 号’与‘白南’杂交选育而成，属二倍体[1]。该品种因其栽培简便、抗病性强、耐裂果、耐运输、玫瑰香味浓郁以及优美的外观等特性[2-3]，深受种植者与消费者的青睐。自 2016 年起，国内‘阳光玫瑰’葡萄的栽培面积迅速增长，目前已超过 8 万 hm^2，成为国内主要的鲜食葡萄栽培品种之一。近年来，随着‘阳光玫瑰’葡萄种植面积迅速扩张，随之而来的是植物生长调节剂过度使用、病虫害防治不当、肥水管理不合理以及土壤障碍等问题，其中的根系问题尤为突出，并容易被忽视[4-5]。由于葡萄种植者过分追求产量，施用大量化肥，以无机肥代替有机肥，导致土壤养分严重过量，土壤中部分元素含量超过正常值的数倍，土壤障碍问题逐年加剧[6]。种植者通常采取大水漫灌的方式降低施肥所带来土壤污染对植物根系的影响，虽短期能稀释污染物，但无法周年化使用，且有扩大污染范围的风险。根系修复剂是一类专门用于促进植物根系健康和恢复受损根系功能的一类产品，其能够增加土壤中的有机质含量，促进团粒结构形成，改善土壤保水性和通气性[7]，产生植物激素，固定氮素，促进植株根系生长，进而提高果实品质。例如，微生物菌剂和微生物菌肥处理可以改良土壤，提高‘夏黑’葡萄果实品质[8-9]；‘碧护’对‘克瑞森无核’葡萄果实的产量和品质也有促进作用[10]；有机水溶肥能够提高‘泽香’葡萄的果实品质[11]。本研究通过对‘阳光玫瑰’葡萄施用国内 6 种常见的根系修复剂，探讨根系修复剂对葡萄果实大小、质构特性和香气物质等果实品质指标的影响，旨在为根系修复剂在‘阳光玫瑰’葡萄生产中科学合理施用提供理论依据和技术支持。

1　材料与方法

1.1　试验材料

试验于 2024 年 2 月至 8 月在云南省红河哈尼族自治州建水县阻塘子村一超葡萄基地(102°96′E，23°78′N)进行。当地属北亚热带季风气候区，区域内土壤主要为红壤，年平均气温 17.7 ℃，年平均日照时数 2 322 h，年平均降雨量 800.1 mm，年平均蒸发量 1 152.6 mm。试验树为三年生‘阳光玫瑰’葡萄，属以‘夏黑’为砧木的嫁接苗，株距 1 m，行距 2.6 m，棚架，简易避雨连栋大棚。采用促早栽培模式生产，2023 年 12 月中旬点芽，2024 年 6 月底至 7 月中旬成熟收获。

参试根系修复剂包括：中农绿康微生物菌剂，中农绿康(北京)生物技术有限公司生产，属微生物菌剂，有效活菌数≥350.0 亿/g；碧护，德国阿格福莱农林环境生物技术股份有限公司生产，植物生长调节剂，含 0.135% 赤霉酸，0.000 52% 吲哚乙酸，0.000 31% 芸苔素内酯；碧护海藻多维素，上海钙源生物科技有限公司生产，有机水溶肥料，有机质≥50 g/L，Ca+Mg≥30 g/L；比奥农科藻菌加，黑龙江豆护农业科技有限公司生产，有机水溶肥料，有机质≥100 g/L，水不溶物≤50 g/L；中捷四方土壤修复菌剂(缓释颗粒)，金元糖耕保新材料(西安)股份有限公司生产，微生物肥，有效活菌数≥5.0 亿/g，胞外多糖≥1.0 mg/g，有机质≥20.0%；中捷四方维大力健，杨凌翔林农业生物科技有限公司生产，有机水溶肥料，VDAL≥0.05 g/L，有机质≥60 g/L，$N+K_2O$≥100 g/L，水不溶物≤50 g/L；自制菌，本课题组研制，微生物菌剂；中霖高科菌剂，中霖高科生物科技集团股份有限公司生产，微生物菌剂。

1.2　试验处理

分别于花后 45 d 和 55 d 对‘阳光玫瑰’葡萄根系进行根系修复剂滴灌处理，每株树每次滴灌 27.8 L 根系修复剂稀释液，其中缓释颗粒于花后 45 d 埋于距地表 5 cm 处的土壤中。试验选取生长状态一致的植株，共设置 6 个处理和 CK，每个处理 3 个生物学重复，每个生物学重复 6 株。CK，花后 45 d 施

用清水,花后 55 d 重复施用;ZN,花后 45 d 施用 710 倍中农绿康微生物菌剂稀释液,花后 55 d 重复施用;BH,花后 45 d 施用 14 000 倍碧护+1 800 倍碧护海藻多维素混合稀释液,花后 55 d 重复施用;BA,花后 45 d 施用 800 倍比奥农科藻菌加稀释液,花后 55 d 重复施用;ZJ,花后 45 d 埋入中捷四方土壤修复菌剂(缓释颗粒),施用 1 400 倍中捷四方维大力健稀释液,花后 55 d 施用 1 400 倍中捷四方维大力健稀释液;ZZJ,花后 45 d 施用 500 倍'自制菌 3 号'稀释液,花后 55 d 重复施用;ZL,花后 45 d 施用 1 000 倍中霖高科菌剂稀释液,花后 55 d 重复施用。试验于 2024 年 7 月 2 日采收已达到商品果采收标准(可溶性固形物达到 16%以上)的成熟葡萄果实。样品采集选择在温度、湿度适宜的上午 10:00 前进行,采收后立即送到实验室测定果实各项指标。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 土壤理化性质 土壤酸碱度(pH)采用水浸提-电位法测定。土壤电导率(EC)采用电极法测定。采用连续流动分析仪(San^{++},Skalar)对土壤中的 NO_3^--N 和 NH_4^+-N 含量进行测定。(1)NO_3^--N 含量测定。样品经 0.45 μm 滤膜过滤后,通过镉柱还原模块,在 pH 为 8.5 缓冲液中将 NO_3^- 还原为 NO_2^-,随后与磺胺及萘乙二胺(NED)反应生成红色偶氮化合物,于 540 nm 波长处比色定量,通道泵速 0.5～1.0 mL/min,反应温度 30～40 ℃。(2)NH_4^+-N 含量测定。取土壤 KCl 浸提液,在碱性介质中与水杨酸钠、次氯酸盐及硝普钠反应生成蓝色靛酚络合物,于 660 nm 波长处比色检测,通道泵速 0.8～1.2 mL/min,37 ℃恒温显色[12-13]。

采用电感耦合等离子体光谱仪(ICP-OES 5110,Agilent)测定土壤中矿质元素(P、K、Ca、Mg、S、Fe、Mn、B、Cu、Zn、Mo、Na、Al、Cl)含量。取烘干土壤 0.20 g 过孔径 0.15 mm 筛,加入 8 mL HNO_3、2 mL HF 和 1 mL H_2O_2,经微波消解,消解液定容至 50 mL 并过 0.45 μm 滤膜。RF 功率 1 350 W,双向观测模式,泵速 15 r/min,积分时间 1～5 s。以多元素混合标准液建立校准曲线,添加 1 mg/L Sc 为内标校正基体效应[14-15]。

1.3.2 果实大小 每个生物学重复随机取 3 穗果实,从每穗果实上、中、下各部分分别各取 3,4,3 粒果实,用 1/1 000 电子天平(5003,衡际)称质量并计算平均值,然后用游标卡尺(ARZ-1332,爱瑞泽)测量果粒纵、横径,精确到 0.01 mm。

1.3.3 果实可溶性固形物和可滴定酸含量 每个生物学重复取 3 穗果实,并从每穗果实的上、中、下各部位分别随机取 3,4,3 粒果实,挤出果汁,使用便携式数显折光仪测定葡萄果实可溶性固形物含量。采用酸碱滴定法测定葡萄果实可滴定酸含量。每个处理随机取 3 穗果实,随机从上、中、下部位选取果实,将果实去皮、去果核后称取 10 g,用 NaOH 滴定酚酞指示剂,至微红色观察 30 s 不褪色后计数,并用酒石酸含量表示可滴定酸含量,重复 3 次。

1.3.4 果实质构特性 采用果蔬品质测试仪(EZ-SX,岛津)进行果柄脱落测试,测定指标包括果柄最大拉伸强度、拉伸形变和拉伸能量,同时进行常规全质构分析(TPA)测试,测定指标包括果实硬度、弹性、内聚性和咀嚼度,每个处理 5 次重复。果柄脱落测试时使用果蔬夹探头,区域 1 上行程速度为 30.00 mm/min(位移为 15 mm);全质构分析测试时使用 100 mm 探头,区域 1 下行程速度为 30.00 mm/min (位移 2 mm),区域 2 上行程速度为 30.00 mm/min(位移 2 mm),区域 3 保持行程(持续时间 5 s),区域 4 下行程速度为 30.00 mm/min (位移 2 mm),区域 5 上行程速度为 30.00 mm/min (位移 3 mm)。

1.3.5 果实类黄酮和总酚含量 使用盐酸甲醇法并稍作修改。每个处理取 10 粒果实的果皮混合样品 3 g,液氮冷冻后研磨成粉末;取 0.1 g 粉末样品,用 1%的盐酸-甲醇溶液定容至 10 mL,涡旋混匀后浸提 24 h,测定 280 nm 和 325 nm 处的吸光度值 A_{280} 和 A_{325},以每克鲜组织在波长 280 nm 处吸光度值表示总酚含量(OD_{280}/g),以每克鲜组织在波长 325 nm 处吸光度值表示类黄酮物质含量(OD_{325}/g),每个处理 3 个重复。

1.3.6 果实游离态香气成分及含量 采用气相色谱质谱联用仪(GCMS-5977A,Agilent)测定葡萄果实香气成分及含量。样品置于室温下解冻,去除梗后破碎榨汁,用纱布过滤,取滤液 8 mL 加入顶空瓶中,然后加入 2.4 g NaCl 和 8 μL 内标物 2-辛醇(180 mg/L,无水乙醇稀释),顶空瓶加盖密封后待测。载气为高纯度的氦气,纯度≥99.999%,流速 1.0 mL/min,分流比为 5∶1;升温程序为 35 ℃保持 2 min,以 4 ℃/min 升至 200 ℃,以 30 ℃/min 升至 250 ℃,保持 5 min;进样口温度 250 ℃;离子源温度 230 ℃;传输线温度 250 ℃;电子轰击源 70 eV;扫描范围 30～300 amu。数据采集采用 CTC 自动进样装置,45 ℃预热 5 min,磁力搅拌子转速为 250 r/min(搅拌间歇式运行,转 5 s,停留 2 s),45 ℃萃

取 50 min，然后 GC 进样，250 ℃解吸 2 min，采集数据。定性分析利用未知物分析软件（美国 Agilent 公司），将未知挥发性成分的质谱图与 NIST 11. L 谱库（美国 Agilent 公司）中的标准谱图进行匹配，匹配因子高于 85（最高 100）时，通过相同 GCMS 条件下标准品的保留时间和质谱图进一步比对确认[16]。

1.4　数据分析

采用 Excel 2016 软件对试验数据进行整理，数据采用 SPSS 26 进行方差分析和主成分分析，采用 Origin 2025 作图。

2　结果与分析

2.1　处理前试验地土壤养分分析

土壤化学性质直接决定了植物能否获得充足的养分。由表 1 可知，试验地土壤中 NH_4^+-N 和 Mo 含量分别低于最低标准值 98.8%和 95%；P、K、Ca、S、Fe、Mn、B、Al 含量都高于最高标准值，特别是 P、K、S、Fe、Mn、B 含量分别都高于最高标准值 1 007.3%，131.4%，162.4%，379.8%，116.2%和 300%；pH、EC 值及 NO_3^--N、Mg、Cu、Zn 和 Cl 含量在标准范围内。可见，试验地土壤检测的 18 个指标中，2 个指标低于标准范围，8 个指标高于标准范围，表明试验地土壤养分已经失衡。

2.2　不同根系修复剂对葡萄果实外观形态的影响

由表 2 可知，葡萄果实的果形指数在各根系修复剂处理下均与 CK 差异不显著；葡萄果实单粒质量在 ZN 和 ZZJ 处理下分别较 CK 显著增加了 32.1%和 10.2%，在 BH、BA 和 ZL 处理下与 CK 差异不显著，在 ZJ 处理下却较 CK 显著降低 10.9%；葡萄果实纵、横径在 ZN 处理下分别都较 CK 显著增加 11.6%和 9.2%，在 BH、ZJ、ZZJ 和 ZL 处理下均与 CK 差异不显著，而 BA 处理果实纵径较 CK 显著提高 5.3%，横径与 CK 无显著差异。可见，各根系修复剂对葡萄果实形状均无显著影响，ZN、BA 和 ZZJ 处理对葡萄果实大小有显著促进作用，BH 和 ZL 处理对果实大小无显著促进作用，ZJ 处理反而对果实大小有显著抑制作用。

表 1　试验地土壤化学性质

Table 1　Soil chemical properties at the experimental site

统计值 Statistic value	pH	土壤电导率/(mS·cm^{-1}) EC	常量营养元素含量/(mg·kg^{-1}) Macro nutrient element content						
			NO_3^--N	NH_4^+-N	P	K	Ca	Mg	S
平均值 Average	6.37	1.65	65.90	0.06	1 107.29	995.10	5 820.09	200.79	629.75
标准范围 Standard range	5.5～6.5	0.5～2.5	8～180	5～35	30～100	150～430	800～4 000	160～500	＜240

统计值 Statistic value	微量营养元素含量/(mg·kg^{-1}) Micro nutrient element content								
	Fe	Mn	B	Cu	Zn	Mo	Na	Al	Cl
平均值 Average	239.89	108.09	4.00	4.31	14.19	0.01	33.24	1 613.32	23.38
标准范围 Standard range	5～50	8～50	0.5～1.0	1～12	3～20	0.2～5	≤60	≤1 350	＜100

表 2　不同根系修复剂处理下葡萄果实大小和形状

Table 2　Berry size and shape of grape fruit under treatment of different root repair agents

处理 Treatment	单粒质量/g Berry mass	纵径/mm Longitudinal diameter	横径/mm Transverse diameter	果形指数 Fruit shape index
CK	13.82±0.43 cd	28.09±0.34 cd	26.16±0.38 bcd	1.08±0.01 a
ZN	18.25±0.38 a	31.34±0.41 a	28.56±0.35 a	1.10±0.02 a
BH	13.65±0.54 cd	27.90±0.44 d	25.71±0.38 d	1.09±0.01 a
BA	14.64±0.40 bc	29.59±0.48 b	26.80±0.29 bc	1.11±0.02 a
ZJ	12.32±0.41 e	26.93±0.39 d	25.23±0.36 d	1.07±0.01 a
ZZJ	15.23±0.37 b	29.27±0.34 bc	27.10±0.26 b	1.08±0.01 a
ZL	13.20±0.56 de	28.18±0.47 cd	25.82±0.44 cd	1.10±0.01 a

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

Note: Lowercase letters after data in the same column indicate significant difference between treatments at 0.05 level ($P<0.05$). The same below.

2.3 不同根系修复剂对葡萄果实品质的影响

2.3.1 可溶性固形物和可滴定酸含量 果实可溶性固形物和可滴定酸含量不仅影响口感和风味,还与市场接受度密切相关。表3表明,葡萄果实可溶性固形物含量在ZN、BA、ZJ和ZZJ处理下与CK无显著差异,在BH和ZL处理下分别较CK显著降低了6.5%和11.2%,表明根系修复剂对果实可溶性固形物的积累无显著促进作用,甚至BH和ZL处理还显著抑制了果实可溶性固形物的积累。葡萄果实可滴定酸含量在BA处理下较CK显著降低了9.1%,而在其他处理下都显著高于CK。葡萄果实固酸比(可溶性固形物/可滴定酸)只有在BA处理下比CK显著提高了6.4%,而在其他处理下都显著低于CK。说明除了BA处理对葡萄果实退酸增甜有显著促进作用,其他处理都显著抑制了果实退酸增甜作用。

2.3.2 类黄酮和总酚含量 类黄酮和总酚是果实中两类重要的次生代谢产物,有较高的营养价值[17]。由表3可知,各根系修复剂处理葡萄果实总酚含量均与CK无显著差异,果实类黄酮含量在BH和ZZJ处理下分别较CK显著提高51.5%和52.6%,在ZN、BA、ZJ和ZL处理下均与CK无显著差异。可见,BH和ZZJ处理对葡萄果实类黄酮积累有显著促进作用,但对果实总酚积累无显著促进作用,而ZN、BA、ZJ和ZL处理对果实类黄酮和总酚积累均无显著促进作用。

2.3.3 果实质构特性 果实质构特性可以直接描述果实的口感、咀嚼感和整体食用体验。由表4可见,BH、BA和ZZJ处理葡萄果实硬度分别较CK显著提高了28.2%(1.03 g)、31.8%(1.16 g)和20.5%(0.75 g),ZN、ZJ和ZL处理果实硬度则与CK无显著差异;BH和BA处理果实弹性分别较CK显著降低了7.0%和5.0%,ZN、ZJ、ZZJ和ZL处理果实弹性则与CK无显著差异;BH处理果实内聚性较CK显著降低了9.9%,其余处理果实内聚性均与CK无显著性差异;BA处理果实咀嚼度较CK显著增加20.4%,其余处理果实咀嚼度均与CK无显著差异。

表3 不同根系修复剂处理对葡萄果实内在品质的影响

Table 3 Effects of different root repair agents on berry internal quality

处理 Treatment	可溶性固形物含量/% Soluble solid content	可滴定酸含量/% Titratable acid content	固酸比 Solid-acid ratio	类黄酮含量/(OD_{325}·g^{-1}) Flavonoid content	总酚含量/(OD_{280}·g^{-1}) Total phenol content
CK	18.05±0.24 a	0.11±0.00 c	160.57±3.46 b	0.97±0.21 b	4.29±0.81 a
ZN	17.43±0.27 ab	0.13±0.00 b	132.61±3.23 cd	1.14±0.06 ab	3.46±0.80 a
BH	16.87±0.49 b	0.14±0.00 a	118.14±2.26 e	1.47±0.03 a	3.00±0.77 a
BA	17.85±0.24 a	0.10±0.00 d	170.83±3.61 a	1.11±0.21 ab	2.60±0.48 a
ZJ	17.82±0.21 a	0.13±0.00 b	140.06±1.69 c	1.24±0.10 ab	2.81±0.92 a
ZZJ	18.02±0.27 a	0.14±0.00 a	128.95±2.88 d	1.48±0.10 a	3.33±1.32 a
ZL	16.03±0.23 c	0.14±0.00 a	113.74±2.50 e	1.35±0.15 ab	2.11±0.37 a

表4 不同根系修复剂处理对葡萄果实质构特性的影响

Table 4 Effects of different root repair agents on the textural properties of berry

处理 Treatment	果实硬度/N Hardness	弹性/% Adhesiveness	内聚性/% Cohesiveness	咀嚼度/% Chewiness
CK	3.65±0.15 c	93.01±0.89 a	79.43±0.90 a	2.69±0.09 b
ZN	3.72±0.19 bc	89.87±1.23 abc	78.19±1.43 a	2.62±0.16 b
BH	4.68±0.18 a	86.47±0.93 c	71.57±1.01 b	2.90±0.12 ab
BA	4.81±0.11 a	88.40±1.07 bc	76.19±1.12 a	3.24±0.12 a
ZJ	4.09±0.23 abc	89.71±0.64 abc	78.84±0.38 a	2.89±0.16 ab
ZZJ	4.40±0.45 ab	89.04±2.16 abc	75.95±1.75 a	2.92±0.20 ab
ZL	3.86±0.14 bc	92.31±1.62 ab	77.29±1.14 a	2.76±0.13 b

2.4 不同根系修复剂处理对葡萄果柄脱落特性的影响

测试果柄脱落可了解采后处理和运输过程对果实脱落的影响。由表5可见,BH处理葡萄果柄最大拉伸强度较CK显著提高17.6%(1.32 N),而ZN处理果柄最大拉伸强度较CK显著降低16.3%(1.22 N);葡萄果柄拉伸形变和拉伸能量在各根系修复剂处理下均与CK无显著差异。说明根系修复剂对果柄脱落特性无显著影响。

2.5 不同根系修复剂处理对葡萄果实香气种类及含量的影响

果实香气是由多种挥发性化合物组成的复杂混

合物，不仅赋予果实独特的风味，还具有重要的经济价值[18]。由表 6 可见，在不同根系修复剂处理和对照组‘阳光玫瑰’葡萄的果实中共检测到 43 种香气物质，包括 13 种醛类、7 种酯类、3 种萜烯类、10 种醇类和 10 种其他类。

由图 1 可以看出，‘阳光玫瑰’葡萄果实香气种类在不同根系修复剂处理下为 21～36 种。BH 处理果实香气种类最多，为 36 种；BA、ZJ、ZZJ 处理果实香气种类较多，分别为 32 种、31 种和 33 种；ZN 和 ZL 处理果实香气种类较少，分别为 29 种和 27 种，对照组果实香气种类最少，为 21 种。进一步分析发现，醇类物质种类在每个处理组中较稳定，均在 7～9 种；醛类物质种类在各处理组之间的变化较大，为 6～13 种，其中 BH 处理果实中醛类物质种类最多（13 种），其次为 BA 处理（11 种），对照组（6 种）最少；其他类香气物质种类在各处理组之间变化也较大，为 1～7 种，BH、ZJ、ZZJ 和 ZL 处理果实中其他类物质种类最多（7 种），ZN 处理其次（6 种），BA 处理果实中其他类物质较少（5 种），对照组仅为 1 种；各处理组果实中萜烯类物质种类较少（2～3 种），酯类物质种类也较少（2～5 种）。

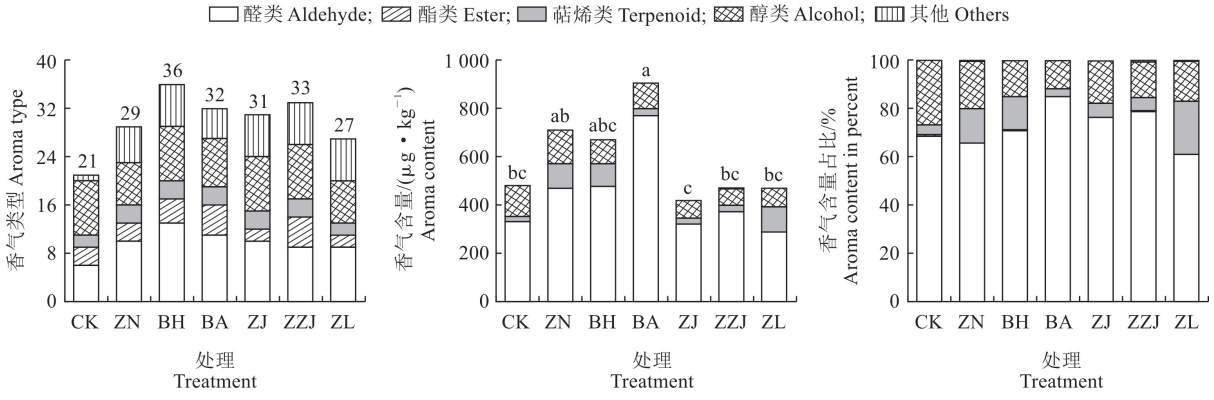
‘阳光玫瑰’葡萄果实香气成分总含量以 BA 处理最高，ZN、BH 处理次之，其余处理相对较低。其中，BA 处理促进了果实总挥发性香气的积累，其香气物质总含量显著高于对照 88.2%，而其他处理果实香气物质总含量与对照均无显著差异（图 1）。醛类物质为各根系修复剂处理组‘阳光玫瑰’葡萄果实中的主要香气成分，在各处理组中含量均占各组香气物质总含量的 60%以上；醇类物质含量占比次之，为 11%～32%；萜烯类物质含量占比在 3%～22%，酯类和其他类物质在各处理香气物质总含量中的占比均在 1%以下（图 1）。

不同根系修复剂对‘阳光玫瑰’葡萄果实中各类香气物质积累的影响程度具有明显差别。分析不同处理组果实中酯类、醛类、萜烯类和醇类含量发现：果实中酯类含量在各根系修复剂处理下均不同程度低于 CK 组，其中 BH 处理与对照组无显著差异，BA、ZJ、ZZJ 和 ZL 处理分别较 CK 显著降低 50.0%，76.9%，37.9%和 84.6%；果实中醛类含量在 BA 处理下较 CK 显著增加 133.1%，在 ZN、BH、ZJ、ZZJ 和 ZL 处理下与 CK 均无显著差异；果实中萜烯类含量在 ZN、BH 和 ZL 处理下分别较 CK 显著提高 422.6%，377.7%和 439.9%，在 BA、ZJ 和 ZZJ 处理下与 CK 均无显著差异；果实中醇类含量在 ZJ、ZZJ 和 ZL 处理下分别较 CK 显著降低了 42.5%，46.3%和 39.1%，在 ZN、BH 和 BA 处理下与 CK 均无显著差异（图 2）。

表 5　不同根系修复剂处理对葡萄果柄脱落特性的影响

Table 5　The impact of different root repair agents on berry pedicel abscission

处理 Treatment	最大拉伸强度/N Maximum tensile strength	拉伸形变/mm Peduncle elongation	拉伸能量/mJ Tensile energy
CK	7.50±0.15 bc	5.43±0.37 a	24.68±1.05 abc
ZN	6.28±0.20 d	4.55±0.30 a	23.65±1.51 abc
BH	6.81±0.27 cd	4.23±0.90 a	24.67±3.46 abc
BA	8.82±0.31 a	4.29±0.68 a	27.65±3.50 ab
ZJ	7.24±0.26 bcd	4.36±0.36 a	20.81±2.31 bc
ZZJ	6.56±0.55 cd	4.08±0.52 a	19.16±2.14 c
ZL	7.98±0.62 ab	5.22±0.35 a	30.42±3.21 a



图柱上标不同小写字母表示处理间差异显著（$P<0.05$）。下同。

Lowercase letters after data in the same column indicate significant difference among treatments ($P<0.05$). The same below.

图 1　不同处理葡萄果实香气总含量及各成分占比

Fig. 1　Aroma content and proportion of each constituent of berry under different treatment groups

表6 不同处理葡萄果实香气成分的比较

Table 6 Comparison of berry aroma in different treatment groups

类型 Type	化合物 Compound	化合物含量/(μg·L^{-1}) Compound content							阈值[19-22] Threshold	香气描述分类 Fragrance description
		CK	ZN	BH	BA	ZJ	ZZJ	ZL		
醛类 Aldehydes	(*E*)-2-已烯醛 (*E*)-2-hexenal	220.89±35.51 b	311.78±98.36 ab	281.79±38.09 b	495.70±66.25 a	207.82±70.76 b	225.44±63.83 b	181.09±23.97 b	50	青草味,绿叶味 Grassy odor, green leaf odor
	己醛 Hexanal	102.57±7.43 b	152.64±34.39 b	185.41±5.69 b	265.79±24.63 a	108.75±43.18 b	142.21±29.59 b	158.88±12.29 b	5	青草味,绿叶味 Grassy odor, green leaf odor
	(*Z*)-2-庚烯醛 (*Z*)-2-heptenal	ND	1.16±0.17 a	1.07±0.12 a	1.13±0.10 a	0.70±0.15 b	1.25±0.10 a	0.37±0.09 b	13	青草味,绿叶味 Grassy odor, green leaf odor
	苯甲醛 Benzaldehyde	ND	0.26±0.04 b	0.84±0.08 a	0.35±0.00 b	0.34±0.11 b	0.28±0.03 b	ND	3	苦杏仁味,水果味 Bitter almond odor, fruity odor
	庚醛 Heptanal	ND	0.33±0.01 ab	0.44±0.07 ab	0.62±0.13 a	0.29±0.10 b	0.44±0.15 ab	0.27±0.10 b	3	青草味,绿叶味 Grassy odor, green leaf odor
	3-甲基丁醛 3-methyl-butanal	0.39±0.01 a	0.27±0.05 a	0.58±0.02 a	0.51±0.06 a	0.68±0.49 a	0.68±0.21 a	0.44±0.03 a	0.2	水果味,酒香味 Fruity odor, wine-like odor
	戊醛 Pentanal	ND	ND	0.23±0.01 a	ND	ND	0.19±0.06 a	ND	20	青草味,绿叶味 Grassy odor, green leaf odor
	2-甲基丁醛 2-methyl-butanal	ND	0.10±0.02 b	0.20±0.01 ab	0.18±0.02 ab	0.34±0.13 a	0.21±0.04 ab	0.20±0.06 ab	1	水果味,酒香味 Fruity odor, wine-like odor
	(*E*,*E*)-2,4-己二烯醛 (*E*,*E*)-2,4-hexadienal	ND	0.49±0.02 a	0.58±0.10 a	ND	ND	ND	ND	1	青草味,绿叶味 Grassy odor, green leaf odor
	柠檬醛 Citral	1.82±0.24 a	ND	0.71±0.20 b	1.17±0.04 b	0.77±0.26 b	ND	0.66±0.16 b	100	柠檬味,柑橘味 Lemon-like odor, citrus odor
	(*E*,*E*)-2,4-庚二烯醛 (*E*,*E*)-2,4-heptadienal	ND	0.41±0.01 a	0.42±0.05 a	0.73±0.06 a	0.60±0.31 a	ND	0.38±0.04 a	10	青草味,绿叶味 Grassy odor, green leaf odor
	癸醛 Decanal	0.87±0.13 a	0.42±0.28 ab	0.45±0.09 ab	0.55±0.18 ab	0.35±0.09 b	0.28±0.02 b	0.28±0.06 b	1	柑橘味,果香味 Citrus odor, fruity aroma
	壬醛 Nonanal	3.33±0.39 a	ND	2.96±0.00 ab	2.27±0.45 b	ND	ND	ND	23	柑橘味,花香味,青草味 Citrus odor, floral odor, grassy odor
酯类 Esters	乙酸乙酯 Ethyl acetate	1.84±0.62 b	1.39±0.52 a	1.17±0.23 bc	0.57±0.11 bc	0.68±0.13 c	0.39±0.08 bc	0.24±0.07 bc	7 500	水果味 Fruity odor
	乙酸丁酯 Acetic acid, butyl ester	ND	ND	ND	0.11±0.00 b	0.10±0.02 b	0.25±0.04 a	ND	66	水果味 Fruity odor
	苯甲酸乙酯 Benzoic acid, ethyl ester	0.17±0.03 a	ND	ND	ND	ND	0.13±0.03 a	ND	73	水果味 Fruity odor
	邻苯二甲酸二甲酯 Dimethyl phthalate	ND	0.43±0.12 b	1.02±0.07 a	ND	ND	ND	ND	4 000	果香味 Fruity aroma
	邻苯二甲酸二丁酯 Dibutyl phthalate	ND	ND	0.41±0.03 b	0.73±0.19 a	ND	ND	ND	4 000	果香味 Fruity aroma
	甲基水杨酸酯 Methyl salicylate	1.38±0.16 a	0.55±0.02 b	0.29±0.00 c	0.24±0.02 c	ND	1.26±0.14 a	0.28±0.05 c	40	冬青味,药香味 Wintergreen odor, medicinal odor
	(*E*)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯酸甲酯 (*E*)-3,7-dimethyl-2,6-octadienoic acid methyl ester	ND	ND	ND	0.03±0.02 b	ND	0.07±0.01 a	ND		柑橘味,花香味,果香味 Citrus odor, floral odor, fruity aroma

表 6(续)　Table 6(continued)

类型 Type	化合物 Compound	化合物含量/(μg·L^{-1}) Compound content							阈值[19-22] Threshold	香气描述分类 Fragrance description
		CK	ZN	BH	BA	ZJ	ZZJ	ZL		
萜烯类 Terpenoid	里哪醇 3,7-dimethyl-1,6-octadien-3-ol	17.65±4.16 c	98.21±9.64 ab	83.55±2.48 b	26.36±2.54 c	22.80±0.05 c	23.76±4.52 c	102.32±5.00 a	15	花香味,柑橘味 Floral odor,citrus odor
	α-萜品醇 Alpha.-terpineol	ND	2.06±0.37 b	2.86±0.22 a	0.73±0.15 d	0.97±0.17 cd	1.05±0.09 cd	1.43±0.19 c	1 000	花香味 Floral odor
	D-柠檬烯 *D*-limonene	1.57±0.25 b	0.18±0.03 c	5.41±0.61 a	0.97±0.11 bc	0.25±0.01 c	0.62±0.05 c	ND	10	柑橘味 Citrus odor
醇类 Alcohols	1-己醇 1-hexanol	78.10±21.80 b	111.84±5.93 a	50.11±5.53 bc	63.68±1.42 bc	43.99±5.96 c	52.48±2.51 bc	49.15±9.39 bc	8	绿叶味 Green leaf odor
	(Z)-3-己烯-1-醇 (Z)-3-hexen-1-ol	4.05±0.24 b	6.19±2.08 b	4.44±0.04 b	11.18±1.54 a	10.98±2.80 a	4.96±1.20 b	6.00±0.67 b		青草味,绿叶味 Grassyodor,green leaf odor
	2-乙基-1-己醇 2-ethyl-1-hexanol	1.56±0.15 b	1.16±0.23 b	5.76±0.95 a	0.85±0.02 b	1.53±0.06 b	1.38±0.35 b	0.51±0.06 b	270 000	果香味 Fruity aroma
	(Z)-2-己烯-1-醇 (Z)-2-hexen-1-ol	25.97±5.77 a	17.51±6.37 ab	16.48±3.02 ab	18.21±2.61 ab	11.86±1.33 bc	0.62±0.10 c	14.66±3.47 ab	2	青草味,绿叶味 Grassy odor,green leaf odor
	1-辛烯-3-醇 1-octen-3-ol	0.61±0.22 ab	0.36±0.12 b	0.61±0.16 ab	0.50±0.05 ab	0.30±0.07 b	0.90±0.14 a	0.28±0.11 b	1	蘑菇味,青草味 Mushroom-like odor,grassy odor
	柠檬醇 Citronellol	ND	ND	8.62±1.08 a	ND	0.52±0.14 c	3.68±1.89 b	ND		柑橘味,花香味 Citrus odor,floral odor
	1-庚醇 1-heptanol	0.37±0.04 ab	0.34±0.05 ab	0.60±0.04 ab	0.35±0.06 ab	0.57±0.30 ab	0.64±0.14 a	0.18±0.04 b	1	蜡质味 Waxy odor
	1-辛醇 1-octanol	1.09±0.05 b	ND	1.65±0.17 a	0.70±0.21 c	0.62±0.11 c	ND	ND	40	蜡质味 Waxy odor
	(Z)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯-1-醇 (Z)-3,7-dimethyl-2,6-octadien-1-ol	17.11±1.70 a	3.45±0.04 e	13.06±0.77 b	11.93±1.25 bc	4.05±2.26 de	4.56±1.24 de	8.00±0.25 cd		柑橘味,花香味 Citrus odor,floral odor
	1-壬醇 1-Nonanol	0.56±0.25 a	ND	ND	ND	ND	0.20±0.02 b	ND	50	蜡质味 Waxy odor
其他类 Others	乙酸 Acetic acid	ND	ND	0.21±0.05 a	ND	0.33±0.11 a	ND	ND	22 000	酸味,发酵味 Sour odor,fermented odor
	6-甲基-5-庚烯-2-酮 6-methyl-5-hepten-2-one	ND	0.40±0.16 a	ND	0.69±0.17 a	0.20±0.06 a	0.56±0.04 a	0.23±0.10 a	50	果香味 Fruity aroma
	十四烷 Tetradecane	0.01±0.01 b	0.02±0.01 b	0.03±0.00 b	0.04±0.00 b	0.03±0.00 b	0.39±0.21 a	0.02±0.00 b	401	石油味 Petroleum-like odor
	2-辛酮 2-octanone	ND	1.50±0.13 b	ND	ND	ND	2.25±0.08 a	ND	50	果香味 Fruity aroma
	十五烷 Pentadecane	ND	0.49±0.48 a	0.02±0.00 a	0.09±0.06 a	0.03±0.00 a	0.18±0.16 a	0.16±0.07 a		石油味 Petroleum-like odor
	2,2,3-三甲基环丁酮 2,2,3-trimethyl-cyclobutanone	ND	0.06±0.02 a	0.04±0.00 a	ND	0.07±0.02 a	ND	ND		果香味 Fruity aroma
	十六烷 Hexadecane	ND	ND	0.23±0.13 ab	0.07±0.07 bc	0.01±0.00 c	0.30±0.03 a	0.24±0.05 ab		石油味 Petroleum-like odor
	2,2-二甲基丁烷 2,2-dimethyl-butane	ND	ND	0.05±0.00 a	ND	ND	0.03±0.01 b	0.03±0.00 b		石油味 Petroleum-like odor
	2,5-二甲基-3-己酮 2,5-dimethyl-3-hexanone	ND	ND	ND	0.06±0.01 a	ND	ND	0.07±0.03 a		果香味 Fruity aroma
	苯乙烯 Styrene	ND	0.49±0.02 b	0.29±0.05 b	ND	0.34±0.02 b	0.27±0.05 b	1.24±0.24 a	730	甜味,芳香味 Sweet odor,aromatic odor

注：ND 表示未检出。

Note: ND indicates not detected.

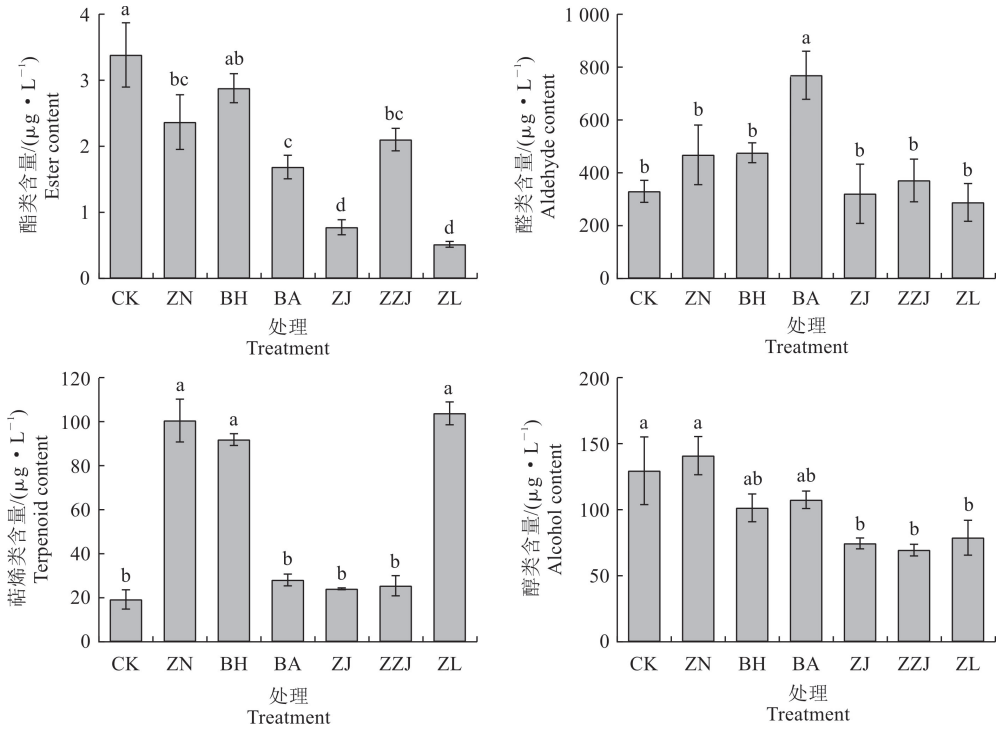


图 2 不同处理葡萄果实各类香气物质含量

Fig. 2 Content of various types of aroma substances in berry under different treatment groups

2.6 不同根系修复剂处理葡萄果实指标主成分分析

利用 SPSS 软件对'阳光玫瑰'葡萄果实大小、固酸含量、质构特性、总酚含量、类黄酮含量、果柄脱落特征和香气物质含量进行主成分分析,以特征值大于 1 提取主成分,共提取 4 个主成分,这 4 个主成分累计方差贡献率为 93.952%,说明其可以很好地反映样品中的大部分数据信息(表 7)。利用主成分 1,2,3,4 的特征值和方差贡献率分别计算各处理组的综合得分,并进行排名。根据得分进行排序,各处理从高到低依次为 BA、BH、ZN、ZZJ、ZL、ZJ 和 CK(图 3)。结合各指标进行综合分析,各根系修复剂处理'阳光玫瑰'葡萄果实品质都优于 CK,并以 BA 处理果实品质最好,其他从高到低依次为 BH、ZN、ZZJ、ZL 和 ZJ 处理。

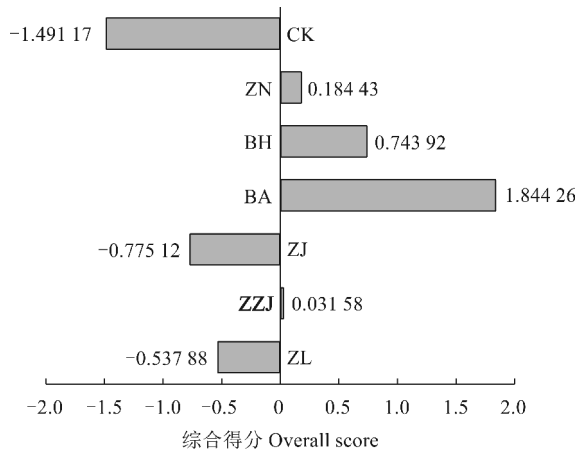


图 3 不同处理葡萄果实品质的综合得分

Fig. 3 Comprehensive quality score of berry under different treatments

表 7 不同处理葡萄果实指标的 4 个主成分特征向量及方差贡献率

Table 7 Eigenvectors and contribution rates of the first four principal components for grape fruit indicators under different treatments

主成分 Principal component	特征值 Eigenvalue	方差贡献率/% Contribution rate	累计方差贡献率/% Cumulative contribution rate
1	5.534	34.589	34.589
2	3.526	22.040	56.629
3	3.216	20.103	76.732
4	2.755	17.220	93.952

3 讨 论

根系修复剂能有效改善根系的吸收能力和土壤环境,从而促进植物更好地吸收水分和养分,特别是碳源[23-24]。李鹏程等[25]研究表明,腐植酸肥处理能降低'克瑞森'葡萄果实可滴定酸含量。本研究结果表明,根系修复剂 BA 处理对'阳光玫瑰'葡萄果实可滴定酸含量有显著抑制作用,而其他根系修复剂处理却均有显著促进作用。这可能是由于 BA 处理提高了葡萄根系活力,有利于养分吸收,进而改善叶

片质量[26]，促进了果实内苹果酸、酒石酸等酸类物质的消耗。但本研究还发现，各根系修复剂处理均对‘阳光玫瑰’葡萄果实可溶性固形物含量有抑制作用，这可能是由于根系修复剂中的某些成分（海藻提取物、氨基酸、微生物等）影响了植物内的激素水平，尤其是影响了与成熟相关激素（乙烯、脱落酸、细胞分裂素等）的平衡，延长了葡萄的物候期，具体原因仍需进一步分析。

植物通过光合作用生成的有机物质在果实中积累，其中包括抗氧化物质如维生素 C、酚类化合物等。根系修复剂能通过促进根系的健康和根际微生物的活动改善植物的抗逆性，减少环境胁迫对果实的损伤，从而提高果实中的抗氧化物质水平[27]。本研究结果也表明，BH 和 ZZJ 处理对‘阳光玫瑰’葡萄果实类黄酮含量提高有显著促进作用，这与郭艳兰等[28]的研究结果一致。

果实硬度是影响果实质构的重要指标之一，通常与细胞壁的结构、纤维素含量、木质素沉积以及果胶含量有关[29-30]。本研究结果表明，BH 和 BA 处理对‘阳光玫瑰’葡萄果实硬度有显著提高，可能是由于 BH 和 BA 处理中含有的海藻提取物对果实硬度产生了显著促进作用，这与张红梅[31]研究中海藻提取物能够提高果实硬度的结果一致。本研究还发现，各根系修复剂处理‘阳光玫瑰’葡萄果柄拉伸形变和拉伸能量与 CK 均无显著差异，这可能是因为各种根系修复剂所含营养成分对果柄拉伸影响较小。

果实香气是果实品质的一个重要指标，现已鉴定出香气成分超 800 种[32]，葡萄的香气主要由醛类、醇类、酯类和萜烯类等物质构成[18,33]。商佳胤等[34]研究表明，‘贵人香’葡萄在施加生物有机肥后可显著提高具有特殊香味的橙花醇、里那醇、松油醇、大马酮的相对含量。于会丽等[35]研究表明，‘阳光玫瑰’葡萄配施海藻提取物和氮、磷、钾水溶肥后均可增加果实香气化合物的种类。本研究发现，ZN、BH 和 BA 根系修复剂处理‘阳光玫瑰’葡萄果实香气种类和含量都高于 CK，这与谢蜀豫等[36]研究中有机复合肥配施更有利于‘阳光玫瑰’果实香气物质的提升结果一致。同时，本研究中 ZJ、ZZJ 和 ZL 菌剂处理‘阳光玫瑰’葡萄果实香气种类较 CK 有所增高，但香气含量有所减少，这可能与造成葡萄果实固酸变化趋势的原因一致，也是由于果实根系修复剂中的某些成分（海藻提取物、氨基酸、微生物等）影响了植物内的激素水平，导致植株的物候期不相同，进而造成果实成熟度不同引起的差异。这与谢超等[37]的研究结果，即采收成熟度对樱桃香气成分和果实品质影响较大的观点基本一致。

4　结　论

不同根系修复剂对‘阳光玫瑰’葡萄果实品质均有显著影响。中农绿康微生物菌剂（ZN）、比奥农科藻菌加（BA）和‘自制菌 3 号’（ZZJ）处理显著促进了果实的大小，BA 处理在退酸增甜方面表现优异，碧护＋碧护海藻多维素（BH）和 BA 处理显著提高了果实硬度，BH 和 ZZJ 处理显著提高了果实类黄酮含量。醛类物质为‘阳光玫瑰’葡萄果实中的主要香气成分，BA 处理显著促进了果实总挥发性香气成分的积累，BH 处理果实香气物质种类最多。

[参考文献]

[1] 王绍祖，罗仁斌，樊秀彩，等. 叶片黄化对葡萄生理和果实品质的影响[J]. 西北植物学报，2023，43(8)：1352-1358.
WANG S Z，LUO R B，FAN X C，et al. Effect of leaf chlorosis on grapevines physiology and fruit quality[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica，2023，43(8)：1352-1358.

[2] 宋献策，王世平，顾巧英，等. ‘阳光玫瑰’葡萄在上海的引种表现及优质栽培技术[J]. 中外葡萄与葡萄酒，2015(4)：48-51.
SONG X C，WANG S P，GU Q Y，et al. Introduction performance and high-quality cultivation techniques of ‘Shine Muscat’ grape in Shanghai[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine，2015(4)：48-51.

[3] 杨治元，陈哲. ‘阳光玫瑰’葡萄规模种植情况调查初报[J]. 中外葡萄与葡萄酒，2017(1)：59-60.
YANG Z Y，CHEN Z. Preliminary report on scale planting of ‘Shine Muscat’ grape[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine，2017(1)：59-60.

[4] 刘巧，彭家清，程均欢，等. 植物生长调节剂在葡萄生产中的应用研究进展[J]. 黑龙江农业科学，2019(8)：169-174.
LIU Q，PENG J Q，CHENG J H，et al. Research progress of the application of plant regulators in grape production[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences，2019(8)：169-174.

[5] 李淑芳. ‘阳光玫瑰’葡萄栽培管理常见问题分析及对策[J]. 果树资源学报，2023，4(5)：72-74.
LI S F. Analysis and countermeasures of common problems in cultivation and management of ‘Shine Muscat’ grape[J]. Journal of Fruit Resources，2023，4(5)：72-74.

[6] 田淑芬，苏宏，聂松青. 2018 年中国鲜食葡萄生产及市场形势分析[J]. 中外葡萄与葡萄酒，2019(2)：95-98.
TIAN S F，SU H，NIE S Q. Analysis on the production and market situation of Chinese table grape in 2018[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine，2019(2)：95-98.

[7] 赵津聪，撒晓梅，李明，等. 有机肥和微生物菌剂配施对‘赤霞珠’葡萄根际土壤细菌群落多样性的影响[J]. 西北农业学报，

2024,33(11):2134-2145.
ZHAO J C,SA X M,LI M,et al. Effect of organic fertilizer and microbial agent formulation on inter-root soil bacterial community diversity in'Cabernet Sauvignon' grapes[J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica,2024,33(11):2134-2145.

[8] 雷金繁,曹京阳,刘艳玲,等.碳基复合微生物肥对'夏黑'葡萄生长的影响[J].北方园艺,2020(8):7-14.
LEI J F,CAO J Y,LIU Y L,et al. Effect of carbon radical compound microbial fertilizer on the growth of 'Summer Black' grape[J]. Northern Horticulture,2020(8):7-14.

[9] 车建美,赖恭梯,李思雨,等.复合微生物菌剂对葡萄生长、品质及根际土壤环境的影响[J].生物技术通报,2024,40(8):264-274.
CHE J M,LAI G T,LI S Y,et al. Effects of compound microbial agent on the growth,quality and rhizosphere environment of grape[J]. Biotechnology Bulletin,2024,40(8):264-274.

[10] 姚会东.植物生长调节剂在'克瑞森无核'葡萄花果管理中的应用研究[D].新疆石河子:石河子大学,2022.
YAO H D. Application of plant growth regulator in flower and fruit management of 'Crimson Seedless' grape[D]. Shihezi,Xinjiang:Shihezi University,2022.

[11] 孙明明,常大勇,丁玮琳,等.凯多甜增甜剂对'泽香'葡萄果实品质的影响[J].北方果树,2023(4):27-29.
SUN M M,CHANG D Y,DING W L,et al. Effect of Kaiduotian sweetener on fruit quality of 'Zexiang' grape[J]. Northern Fruits,2023(4):27-29.

[12] 张莉,邹宏海,樊祥科,等.SKALAR San^{++}连续流动分析仪测定水中总氮的方法研究[J].绿色科技,2023,25(6):117-121.
ZHANG L,ZOU H H,FAN X K,et al. Study on determination of total nitrogen in water by SKALAR San^{++} continuous flow analysis[J]. Journal of Green Science and Technology,2023,25(6):117-121.

[13] 杜宝玉.SKALAR San^{++}连续流动分析仪同时检测水源水中总氮和总磷[J].云南化工,2017,44(11):51-53.
DU B Y. Determination of total nitrogen and total phosphorus in the source of water by SKALAR San^{++} continuous flow analysis[J]. Yunnan Chemical Technology,2017,44(11):51-53.

[14] 王俊杰,王巧环.基于Olsen法下电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP-OES)测定土壤中的有效磷[J].中国土壤与肥料,2023(9):245-248.
WANG J J,WANG Q H. Determination of available phosphorus in soil using inductively coupled plasma optical emission spectrometer(ICP-OES) based on Olsen method[J]. Soils and Fertilizers Sciences in China,2023(9):245-248.

[15] 黄小龙.电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP-OES)内标法测滑石中的钙镁铁铝[J].化工设计通讯,2023,49(7):86-87.
HUANG X L. Determination of calcium,magnesium,iron and aluminum in talc by inductively coupled plasma emission spectrometer(ICP-OES) internal standard method[J]. Chemical Engineering Design Communications,2023,49(7):86-87.

[16] 李凯,商佳胤,田淑芬,等.天津产区中性香型、玫瑰香型和草莓香型葡萄品种果实香气分析[J].食品与发酵工业,2020,46(24):210-217.
LI K,SHANG J Y,TIAN S F,et al. Aroma components of neutral,muscat and strawberry flavor grape cultivars grown in Tianjin[J]. Food and Fermentation Industries,2020,46(24):210-217.

[17] 孙嘉华,陈可钦,郑秋玲,等.24-表油菜素内酯对不同香型葡萄果实品质的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2024,52(3):81-94.
SUN J H,CHEN K Q,ZHENG Q L,et al. Effect of 24-epibrassinolide on quality of different grape varieties[J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition),2024,52(3):81-94.

[18] 张莹莹,郑天一,王慧铃,等.葡萄主要香气物质遗传调控研究进展[J].西北植物学报,2024,44(5):836-844.
ZHANG Y Y,ZHENG T Y,WANG H L,et al. Progress on genetic regulation of the major aroma substances in grape[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica,2024,44(5):836-844.

[19] FRANCO M,PEINADO R A,MEDINA M,et al. Off-vine grape drying effect on volatile compounds and aromatic series in must from 'Pedro Ximénez' grape variety[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2004,52(12):3905-3910.

[20] TAO Y S,ZHANG L. Intensity prediction of typical aroma characters of 'Cabernet Sauvignon' wine in Changli County (China)[J]. LWT-Food Science and Technology,2010,43(10):1550-1556.

[21] CRANDLES M,REYNOLDS A G,KHAIRALLAH R,et al. The effect of yeast strain on odor active compounds in Riesling and Vidal Blanc icewines[J]. LWT-Food Science and Technology,2015,64(1):243-258

[22] QIN L,HUANG M F,MA Y Q,et al. Effects of two *Saccharomyces cerevisiae* strains on physicochemical and oenological properties of Aranèle white wine[J]. Food Bioscience,2023,52:102495.

[23] 赵晓丽,马闯,田淑芬,等.不同有机肥配施对葡萄根系解剖结构和水力特性的影响[J].中国果树,2024(10):62-68.
ZHAO X L,MA C,TIAN S F,et al. Effects of different organic fertilizers on anatomical structure and hydraulic characteristics of the grape root systems[J]. China Fruits,2024(10):62-68.

[24] 王灵哲,史彦江,宋锋惠,等.不同施肥处理对平欧杂种榛光合日变化及产量的影响[J].新疆农业科学,2018,55(8):1495-1504.
WANG L Z,SHI Y J,SONG F H,et al. Effects of different fertilization treatments on the diurnal variation of photosynthesis and yield of hybrid of hazelnut[J]. Xinjiang Agricultural Sciences,2018,55(8):1495-1504.

[25] 李鹏程,苏学德,王晶晶,等.腐植酸肥与菌肥配施对果园土壤性质及葡萄产量、品质的影响[J].中国土壤与肥料,2018(1):121-126.

LI P C，SU X D，WANG J J，et al. Effects of humic acid fertilizer and biological fertilizer on soil properties and grape yield and quality[J]. Soil and Fertilizer Sciences in China，2018(1)：121-126.

[26] 全龙萍，王明，周波，等. 草炭和微生物菌剂对‘美乐’葡萄生长发育和果实品质的影响[J]. 植物生理学报，2023，59(12)：2344-2354.
QUAN L P，WANG M，ZHOU B，et al. Effects of peat and microbial agents on the growth and development of ‘Merlot’ grape[J]. Plant Physiology Journal，2023，59(12)：2344-2354.

[27] 张慧珍，张齐，高邦牢，等. 有机无机肥配施菌剂对葡萄园土壤、果实及葡萄酒品质的影响[J]. 中国土壤与肥料，2024(1)：129-140.
ZHANG H Z，ZHANG Q，GAO B L，et al. Effects of microbial agents and organic-inorganic fertilizer application on soil fertility，grape and wine quality in ‘Cabernet Sauvignon’ grape cultivar[J]. Soil and Fertilizer Sciences in China，2024(1)：129-140.

[28] 郭艳兰，牟德生，张勤德，等. 化肥减量配施不同用量微生物菌肥对‘黑比诺’葡萄生长、品质及土壤肥力的影响[J]. 江苏农业学报，2023，39(9)：1938-1944.
GUO Y L，MU D S，ZHANG Q D，et al. Effects of chemical fertilizer reduction combined with microbial fertilizer on growth，quality and soil fertility of ‘Pinot Noir’ grape[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences，2023，39(9)：1938-1944.

[29] 集贤，张平，姚云凤，等. 采后不同处理对维多利亚葡萄果实质构性能的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒，2013(4)：20-23.
JI X，ZHANG P，YAO Y F，et al. Effect of different postharvest treatments on the texture properties of Victoria grape[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine，2013(4)：20-23.

[30] 李志文，集贤，闫师杰，等. ‘巨峰’葡萄果实采后质地劣变机理研究[J]. 中外葡萄与葡萄酒，2024(5)：38-44.
LI Z W，JI X，YAN S J，et al. Study on mechanism of postharvest texture deterioration of ‘Kyoho’ grape[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine，2024(5)：38-44.

[31] 张红梅. 花椒/牛至精油微胶囊的制备及其对葡萄贮藏品质的影响[D]. 呼和浩特：内蒙古农业大学，2022.
ZHANG H M. Preparation of pepper/oregano essential oil microcapsules and their effect on the storage quality of grapes[D]. Hohhot：Inner Mongolia Agricultural University，2022.

[32] ORTEGA-HERAS M，GONZALEZ-SANJOSE M L，BELTRAN S. Aroma composition of wine studied by different extraction methods[J]. Analytica Chimica Acta，2002，458(1)：85-93.

[33] VILANOVA M，GENISHEVA Z，BESCANSA L，et al. Changes in free and bound fractions of aroma compounds of four *Vitis vinifera* cultivars at the last ripening stages[J]. Phytochemistry，2012，74：196-205.

[34] 商佳胤，李树海，集贤，等. 2 种生物有机肥对葡萄芳香物质组分的影响[J]. 西北植物学报，2012，32(9)：1829-1835.
SHANG J Y，LI S H，JI X，et al. Effects of two bio-organic fertilizer on aroma compounds of Italian Rieslings grape[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica，2012，32(9)：1829-1835.

[35] 于会丽，徐变变，徐国益，等. 海藻提取物与养分配施对葡萄果实品质及养分吸收的影响[J]. 中国土壤与肥料，2021(5)：232-238.
YU H L，XU B B，XU G Y，et al. Effect of seaweed extract combined with nutrients on the quality and nutrient absorption of grape fruit[J]. Soil and Fertilizer Sciences in China，2021(5)：232-238.

[36] 谢蜀豫，曹慕明，黄秋凤，等. 有机肥、微生物肥与化肥配施对‘阳光玫瑰’葡萄果实品质及香气物质的影响[J]. 西南农业学报，2022，35(1)：153-161.
XIE S Y，CAO M M，HUANG Q F，et al. Effect of organic fertilizer，microbial fertilizer combined with chemical fertilizer on fruit quality and aroma components in ‘Shine Muscat’ grape[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences，2022，35(1)：153-161.

[37] 谢超，唐会周，谭谊谈，等. 采收成熟度对樱桃果实香气成分及品质的影响[J]. 食品科学，2011，32(10)：295-299.
XIE C，TANG H Z，TAN Y T，et al. Effect of harvest maturity on aroma components and quality parameters of cherry fruits[J]. Food Science，2011，32(10)：295-299.

（责任编辑：屈李纯　裴阿卫）

（上接第 8 页）

[17] 胡晨曦，杨剑婷，翟思龙，等. 水氮一体化模式对设施辣椒产量和土壤理化性质的影响[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版)，2024，45(2)：51-60.
HU C X，YANG J T，ZHAI S L，et al. Effects of integrated water and nitrogen management on facility pepper yield and soil physical and chemical properties[J]. Journal of Yangzhou University (Agricultural and Life Science Edition)，2024，45(2)：51-60.

（责任编辑：屈李纯　陈婷婷）