

王小龙,张正文,邵学东,等. 梅乐葡萄果实、叶片、叶柄矿质营养与土壤矿质养分的关系[J]. 江苏农业科学,2022,50(10):125-133.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.10.020

梅乐葡萄果实、叶片、叶柄矿质营养 与土壤矿质养分的关系

王小龙^{1,2,3}, 张正文⁴, 邵学东⁴, 钟晓敏⁴, 王福成⁵, 史祥宾^{1,2,3}, 张艺灿^{1,2,3}, 王海波^{1,2,3}

(1. 中国农业科学院果树研究所, 辽宁兴城 125100; 2. 农业农村部园艺作物种质资源利用重点实验室, 辽宁兴城 125100;

3. 辽宁省落叶果树矿质营养与肥料高效利用重点实验室, 辽宁兴城 125100; 4. 君顶酒庄有限公司, 山东蓬莱 265600;

5. 山东省烟台市蓬莱区葡萄与葡萄酒产业发展服务中心, 山东烟台 265600)

摘要:为分析山东省蓬莱地区配方施肥条件下梅乐葡萄不同生育期、组织部位的矿质营养与土壤养分的关系,为制定梅乐葡萄植株和土壤营养诊断标准奠定基础。以不同施肥条件下的梅乐葡萄为研究对象,使用相关分析法研究叶片、叶柄、土壤矿质养分与果实矿质元素的相关性。结果表明,各生育期土壤 N 含量分别与果实 N/P/K/Ca、叶片 N/P/K/Ca 含量间至少存在一种显著或极显著相关关系,土壤 P 含量分别与果实 N/P/Ca/Mg、叶片 N 含量间至少存在一种显著相关关系,土壤 K 含量分别与果实 N/P/K/Ca/Mg、叶片 N/P/Ca/Mg 含量间至少存在一种显著或极显著相关关系,土壤 Ca 含量分别与果实 P/Ca、叶片 N/P 含量间至少存在一种显著相关关系,土壤 Mg 含量分别与果实 P/K/Ca、叶片 N/P/K 含量间至少存在一种显著或极显著相关关系。土壤 N、P、Ca 含量分别与叶柄 N、P、K、Ca、Mg 含量间至少存在一种显著或极显著相关关系,末花期土壤 K 含量与盛花期叶柄 P 含量呈显著负相关,土壤 Mg 含量分别与叶柄 N、P、K、Ca 含量间至少存在一种显著或极显著相关关系。

关键词:梅乐葡萄;叶片;叶柄;果实;土壤;矿质养分;果实品质

中图分类号: S663.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2022)10-0125-08

梅乐(*Vitis vinifera* L. cv. Merlot)是葡萄科葡萄属木质藤本植物,属欧亚种葡萄品种,具有优良的酿酒特性,目前已成为山东省蓬莱市葡萄与葡萄酒产区主栽红色酿酒葡萄品种。近年来,人们盲目追求梅乐的高产,依靠经验施肥现象严重,导致树体养分比例失衡、果实品质下降。果树叶片是生理生化反应的器官,通过对叶片中矿质元素含量的分析,可以及时了解和诊断树体的矿质营养水平^[1]。同时,有研究发现,叶柄相关性状与果实品质相关^[2]。果实矿质元素含量不仅与果实的品质特性、营养价值和贮藏期间的生理病害有密切关系^[3],而且对人们的身体健康起到关键作用^[4],通过对果实矿质元素进行分析,可以弥补叶片矿质营养与果实

品质间相关性较差的弱点^[5]。探讨叶片、叶柄、土壤矿质养分与梅乐葡萄果实矿质元素含量间的相关性关系,对于指导果园合理施肥、提高果实营养价值具有重要的理论意义。姚智研究发现,芒果叶片中的钙(Ca)含量与土壤全氮(N)含量呈显著负相关^[6]。枇杷果实中磷(P)、钾(K)含量与对应叶片中的矿质元素含量呈极显著正相关,果实中的 K 含量与土壤全 K 含量呈显著负相关^[7]。甜橙叶片中的 K 含量与土壤碱解 N、交换性 Ca、交换性镁(Mg)含量呈显著负相关^[8]。环渤海湾苹果产区影响富士苹果果实 Ca 含量的主要土壤养分因子有全 N、有效 K 含量等^[9]。土施 Mg 肥极显著增加了葡萄叶片、果实中的镁含量,叶面喷施 Mg 肥极显著增加了叶片中的镁含量^[10]。在果实发育期间,赤霞珠葡萄叶片 P、K 含量与果实 P、K 含量之间表现为正相关,而与 N、Ca、Mg 含量之间表现为负相关^[11]。赤霞珠叶柄锰(Mn)含量与果实 Mn 含量间存在显著负相关关系^[12]。上述研究结果为梅乐叶片、叶柄和果实矿质元素特性及其影响因子的研究提供了参考,但是关于梅乐葡萄叶片、叶柄矿质元素、土壤养分与果实矿质元素间关系的研究鲜见报道,而这

收稿日期:2021-07-19

基金项目:国家现代农业产业技术体系建设专项(编号:nycyt-x-29-zp);国家科技支撑计划(编号:2014BAD16B05-2);中国农业科学院创新工程(编号:CAAS-ASTIP-2017-RIP-04)。

作者简介:王小龙(1989—),男,吉林梅河口人,博士,助理研究员,主要从事果树栽培与生理研究。E-mail:wangxiaolong01@caas.cn。

通信作者:王海波,硕士,研究员,主要从事果树栽培与生理和果园机械化研究。E-mail:haibo8316@163.com。

些正是及时了解和诊断树体营养水平、改善梅乐葡萄果实营养品质的关键因素。通过对蓬莱地区 5416 配方肥条件下梅乐葡萄叶片、叶柄及果实矿质元素含量和土壤养分进行测定,分析梅乐葡萄叶片、叶柄矿质元素含量,土壤养分与果实矿质元素含量间的关系,旨在明确影响果实矿质元素的植株、土壤矿质营养因子及相应生育期,为制定梅乐葡萄植株和土壤营养诊断标准奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

本试验于 2019—2020 年连续 2 年在君顶酒庄有限公司基地进行,试验区属暖温带大陆性季风气候,2019—2020 年生长季(4—11 月)的平均有效积温为 $2\ 191.9\ ^\circ\text{C}\cdot\text{d}$,平均降雨量为 $363.6\ \text{mm}$ 。梅乐葡萄根系的富集深度为 $0\sim 40\ \text{cm}$,其土壤容重为 $1.3\ \text{g}/\text{cm}^3$,pH 值为 7.6,碱解 N 含量为 $60.6\ \text{mg}/\text{kg}$,速效 P 含量为 $107.8\ \text{mg}/\text{kg}$,速效 K 含量为 $675.7\ \text{mg}/\text{kg}$,可交换性 Ca 含量为 $6.5\ \text{mg}/\text{g}$,可交换性 Mg 含量为 $406.5\ \text{mg}/\text{kg}$ 。

1.2 试验设计

以 2009 年定植的 SO4 砧木嫁接的梅乐葡萄为研究对象,单干双臂架型,株行距为 $2\ \text{m}\times 2\ \text{m}$ 。5416 配方肥的具体施肥处理(共 16 个施肥处理, $T_1\sim T_{16}$)及方法参照王小龙等的研究结果^[13]。于盛花期(FBS)、转色期(VS)和成熟期(MS)采集叶片(_L)、叶柄(_P)和花序/果实(_F),用于测定 N、P、K、Ca、Mg 含量。于萌芽期(GS)、初花期(IFS)、末花期(EBS)、转色期和成熟期采集距离主干 $30\sim 0\sim 20\sim 20\sim 40\ \text{cm}$ 深度的土壤样品,用于测定 $0\sim 40\ \text{cm}$ 土壤速效 N、P、K 和可交换性 Ca、Mg 的平均含量。以上所有指标均进行 3 次生物学重复。

1.3 数据分析

试验数据为 2 年数据的平均值,用 Excel 2007 处理原始数据并作图。用相关分析方法,研究叶片、叶柄及果实矿质元素、根系层土壤养分间的关系。

2 结果与分析

2.1 不同生育期各组织部位矿质营养含量的变化

由图 1-A 可以看出,在盛花期,叶片 N 含量最高,其次为花序和叶柄中的 N 含量,3 个部位的 N 含量分别为 $31.65\sim 27.28\sim 14.70\ \text{g}/\text{kg}$ 。从盛花期到转色期,叶片、叶柄和花序/果实中的 N 含量均显著下

降,其中果实中 N 含量的降幅最大,为 62.28% 。从转色期到成熟期,叶片、果实中的 N 含量均显著下降,分别下降了 $11.75\%\sim 26.27\%$;同时,叶柄中的 N 含量显著升高,在成熟期达 $8.47\ \text{g}/\text{kg}$ 。如图 1-B 所示,叶片中的 P 含量在盛花期、转色期和成熟期无显著差异,分布在 $2.62\sim 2.93\ \text{g}/\text{kg}$ 之间。从盛花期到转色期,叶片、叶柄中的 P 含量无显著变化,果实中的 P 含量显著下降,降幅为 27.81% 。从转色期到成熟期,叶柄、果实中的 P 含量分别显著下降至 $2.79\sim 2.13\ \text{g}/\text{kg}$,降幅分别为 $6.53\%\sim 14.42\%$ 。由图 1-C 可以看出,从盛花期至成熟期,叶片中的 K 含量无显著变化,分布在 $4.68\sim 6.00\ \text{g}/\text{kg}$ 之间;叶柄中的 K 含量在转色期最高,为 $13.04\ \text{g}/\text{kg}$,在成熟期含量最低,较转色期显著降低 38.23% ;果实中的 K 含量从高到低排序为盛花期 > 转色期 > 成熟期,转色期、成熟期果实中的 K 含量分别较盛花期降低了 $39.30\%\sim 45.90\%$ 。如图 1-D 所示,叶片中的 Ca 含量在转色期、成熟期显著高于盛花期,分别提高了 $43.78\%\sim 40.22\%$;叶柄中的 Ca 含量随果实生长而逐渐显著升高,在盛花期、转色期、成熟期的含量分别为 $11.62\sim 21.65\sim 26.99\ \text{g}/\text{kg}$;与之相反的是,果实中的 Ca 含量随果实生长的推进而逐渐下降,其中在转色期和成熟期无显著差异,分别较盛花期显著下降了 $38.11\%\sim 41.39\%$;各生育期叶片、叶柄和果实中的 Mg 含量与 Ca 含量相似,叶片中的 Mg 含量在盛花期、转色期和成熟期无显著差异,分布在 $2.07\sim 2.29\ \text{g}/\text{kg}$ 之间;叶柄中的 Mg 含量在成熟期最高,为 $6.63\ \text{g}/\text{kg}$;果实中的 Mg 含量在盛花期显著高于转色期、成熟期,且转色期与成熟期间无显著差异。

2.2 不同生育期各施肥处理土壤矿质养分含量的变化

如图 2-A 所示, $T_1\sim T_4$ 处理的土壤 N 含量在各生育期均呈较低水平,分布在 $50.90\sim 80.20\ \text{mg}/\text{kg}$ 之间;在末花期、转色期, $T_8\sim T_{16}$ 处理的土壤 N 含量均较高,平均为 $129.34\ \text{mg}/\text{kg}$, $T_8\sim T_{16}$ 处理的土壤平均 N 含量在萌芽期、初花期、成熟期分别为 $101.23\sim 90.72\sim 90.26\ \text{mg}/\text{kg}$ 。由图 2-B 可以看出,在萌芽期和初花期,各处理的土壤 P 含量均呈较低水平,其平均值分别为 $634.21\sim 650.58\ \text{mg}/\text{kg}$; $T_7\sim T_8\sim T_{12}$ 处理的土壤 P 含量在末花期、转色期、成熟期均呈较高水平,各处理在 3 个生育期的平均土壤 P 含量分别为 $1\ 147.6\sim 1\ 236.7\sim 1\ 123.37\ \text{mg}/\text{kg}$ 。由图 2-C 可以看出,在各生育期中,转色期各处理的

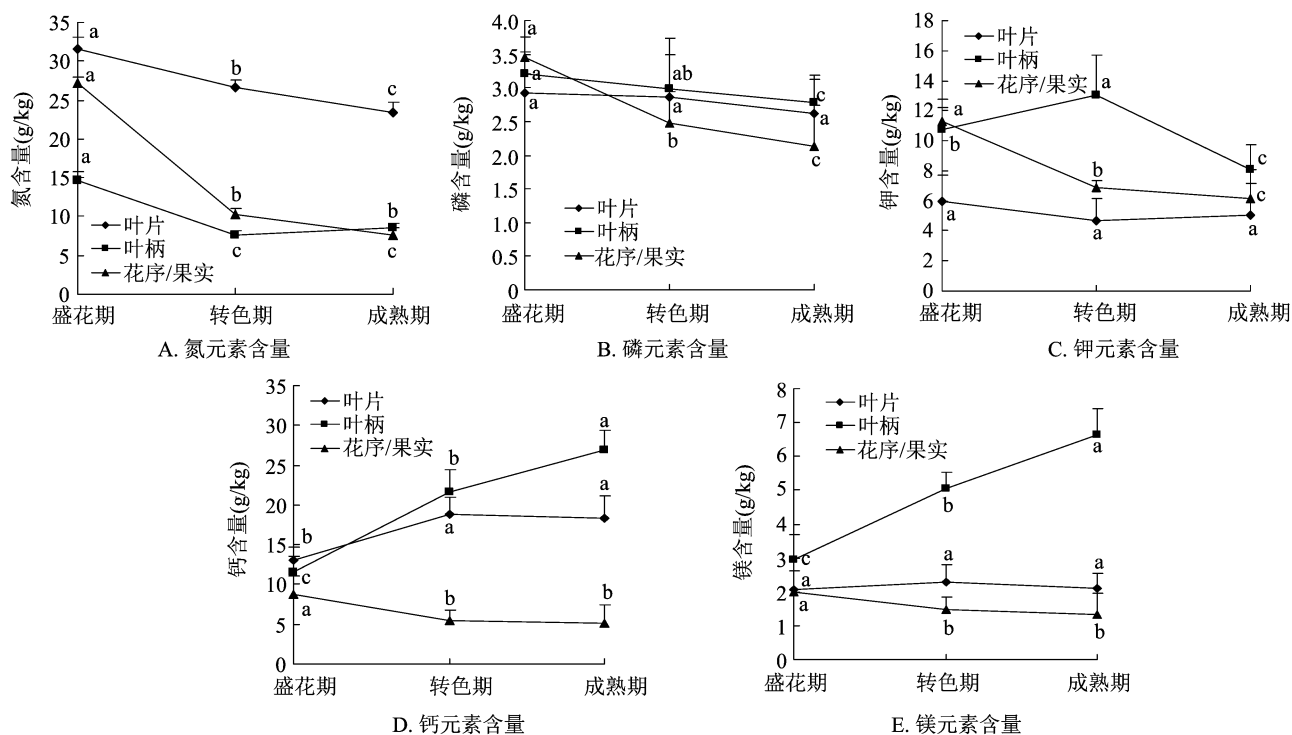
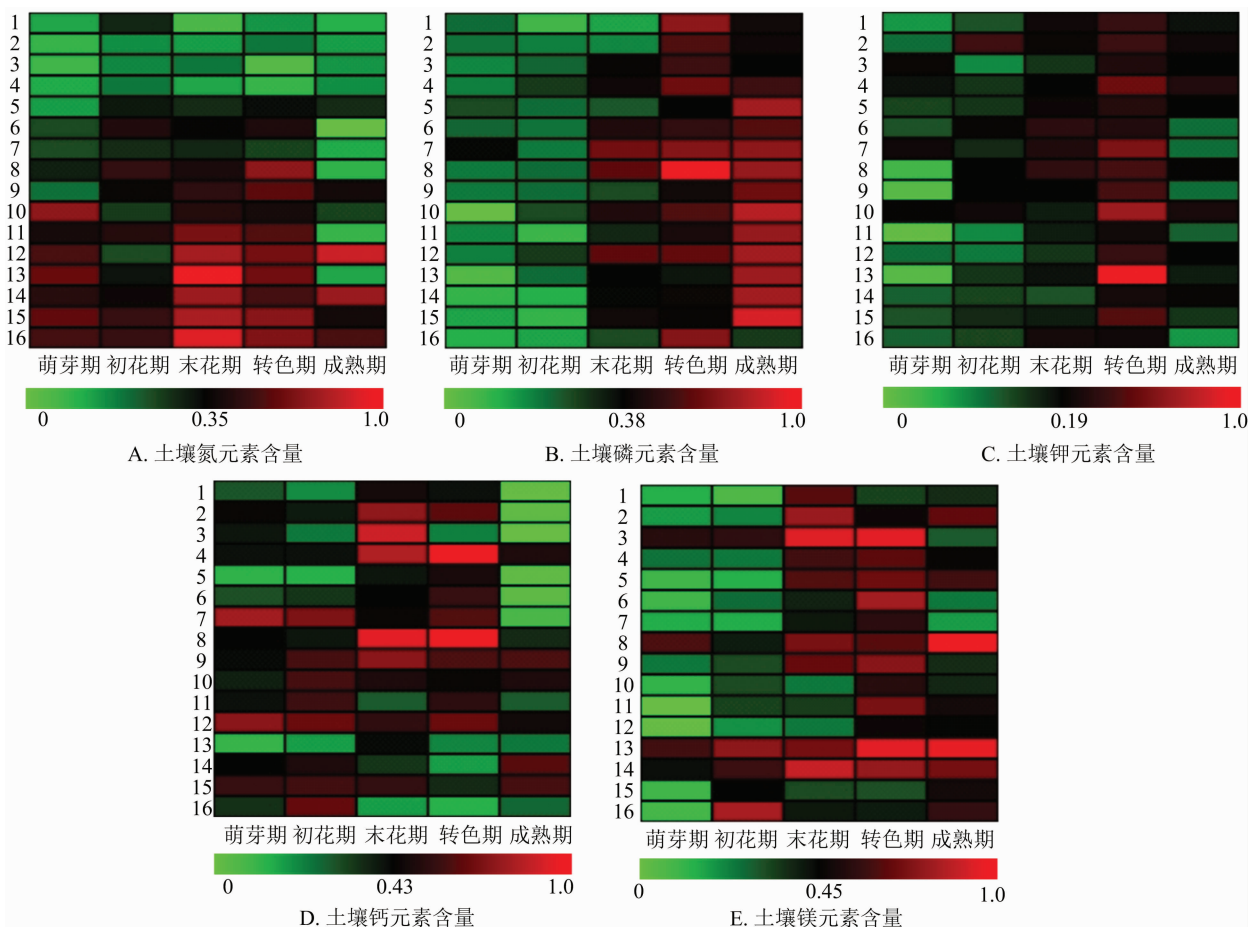


图1 不同生育期各组织部位的矿质元素含量



左侧数据为处理编号；土壤各矿质营养含量经公式： $X^* = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ 进行数据归一化后制图

图2 不同生育期各施肥处理的土壤矿质营养含量

土壤 K 含量较高,平均为 224.02 mg/kg,各处理在萌芽期、初花期、末花期和成熟期的土壤 K 平均含量分别为 119.69、136.63、151.63、139.15 mg/kg。如图 2-D 所示, T_7 、 T_{12} 、 T_{15} 处理土壤 Ca 平均含量在萌芽期、初花期均呈较高水平,分别为 8.28、8.12、7.64 mg/g;在末花期、转色期, T_2 、 T_4 、 T_8 、 T_9 、 T_{12} 处理的土壤 Ca 含量较高,其平均值分别为 8.08、8.92、9.11、7.99、7.76 mg/g。如图 2-E 所示, T_3 、 T_{13} 处理的土壤平均 Mg 含量在萌芽期、初花期较高,分别为 668.00、749.10 mg/kg;在末花期、转色期和成熟期, T_5 、 T_8 、 T_{13} 、 T_{14} 处理土壤的平均 Mg 含量较高,分别为 724.57、815.40、861.37、812.33 mg/kg。

2.3 不同生育期梅乐葡萄果实矿质营养与土壤矿质养分的关系

土壤养分是梅乐葡萄果实生长发育中必需矿质元素的源头,研究土壤矿质养分与果实矿质元素的相关性,可以了解施肥对梅乐葡萄果实矿质元素的影响。由表 1 可以看出,梅乐葡萄各生育期根系层土壤 N 含量分别与果实 N、P、K、Ca 含量之间至少存在一种显著或极显著相关关系,如萌芽期土壤 N 含量与盛花期果实 N 含量呈显著负相关。土壤 P 含量分别与果实 N、P、Ca、Mg 含量之间至少存在一种显著相关关系,如末花期土壤 P 含量与转色期果实 P 含量之间的相关性。土壤 K 含量分别与果实 N、P、K、Ca、Mg 含量之间至少存在一种显著或极显著相关关系,如转色期土壤 K 含量与成熟期果实 Ca、Mg 含量均极显著负相关。土壤 Ca 含量分别与果实 P、Ca 含量之间至少存在一种显著相关关系,如转色期土壤 Ca 含量与盛花期果实 P 含量、成熟期土壤 Ca 含量与盛花期果实 Ca 含量呈显著负相关。土壤 Mg 含量分别与果实 P、K、Ca 含量之间至少存在一种显著或极显著相关关系,如初花期土壤 Mg 含量与盛花期果实 K、Ca 含量呈显著负相关。

2.4 不同生育期梅乐葡萄叶片矿质营养与土壤矿质养分的关系

植株矿质元素运输的动力源于蒸腾拉力,通过根系从土壤中吸收、转运矿质元素至植株各个组织部位,由叶片、叶柄中的矿质元素含量能够快速、准确地判断植株矿质营养丰缺状况。梅乐葡萄叶片中矿质元素含量与根系层土壤肥力因子间的相关性分析结果(表 2)表明,各生育期土壤 N 含量与叶片 N、P、K、Ca 含量之间至少存在一种显著或极显著相关关系,如萌芽期土壤 N 含量与成熟期叶片 N 含

量呈极显著正相关。土壤 P 含量分别与叶片 N 含量之间至少存在一种显著或极显著相关关系,如末花期土壤 P 含量与盛花期叶片 N 含量呈显著正相关。土壤 K 含量分别与叶片 N、P、Ca、Mg 含量之间至少存在一种显著或极显著相关关系,如萌芽期土壤 K 含量与盛花期叶片 P 含量呈显著负相关。土壤 Ca 含量分别与叶片 N、P 含量之间至少存在一种显著相关关系,如初花期土壤 Ca 含量与转色期叶片 P 含量呈显著负相关,成熟期土壤 Ca 含量与成熟期叶片 N 含量呈显著正相关;土壤 Mg 含量分别与叶片 N、P、K 含量之间至少存在一种显著或极显著正相关关系,如萌芽期土壤 Mg 含量与盛花期叶片 N 含量之间的相关性。

2.5 不同生育期梅乐葡萄叶柄矿质营养与土壤矿质养分的关系

为了丰富植株营养诊断技术基础,本研究增加了关于叶柄矿质元素与植株根系分布层的矿质养分相关性分析,由表 3 可以看出,各生育期土壤 N 含量分别与叶柄 N、P、K、Ca、Mg 含量之间至少存在一种显著或极显著相关关系,如萌芽期土壤 N 含量与成熟期叶柄 N 含量呈显著负相关。土壤 P 含量分别与叶柄 N、P、K、Ca、Mg 含量之间至少存在一种显著或极显著相关关系,如萌芽期土壤 P 含量与转色期叶柄 Mg 含量呈极显著负相关。末花期土壤 K 含量与盛花期叶柄 P 含量呈显著负相关。土壤 Ca 含量分别与叶柄 N、P、K、Ca、Mg 含量之间至少存在一种显著或极显著相关关系,如末花期土壤 Ca 含量与转色期叶柄 P 含量呈显著正相关。土壤 Mg 含量分别与叶柄 N、P、K、Ca 含量之间至少存在一种显著或极显著相关关系,如初花期土壤 Mg 含量与成熟期叶柄 Ca 含量呈极显著负相关。

3 讨论

果树植株矿质元素含量不仅与根系层土壤的养分状况、肥力水平和吸收效率相关,且在果树的生长发育、果实的形成、产量及品质调控等方面发挥了重要作用^[14]。施用 N 肥能够促进枸杞叶片生长,叶面积增大、数量增多,增加光合作用面积,提高光合效率,进而提高单株产量和百粒质量^[15]。K 元素在果树调节光合作用、气孔运动、水分代谢等一系列生理活动中发挥了重要作用^[16],还参与调节果树树体其他元素间的比例关系^[17-18]。在苹果^[19]、菠萝^[20]、柑橘^[21]上已有的研究发现,适量施用 K 肥有

表 1 不同生育期梅乐葡萄果实矿物质营养与土壤矿物质养分的关系

变量	相关系数														
	FBS_F_N	FBS_F_P	FBS_F_K	FBS_F_Ca	FBS_F_Mg	VS_F_N	VS_F_P	VS_F_K	VS_F_Ca	VS_F_Mg	MS_F_N	MS_F_P	MS_F_K	MS_F_Ca	MS_F_Mg
GS_N	-0.516 *	0.683 **	-0.473	-0.423	-0.241	-0.164	-0.469	-0.419	-0.313	-0.206	0.164	0.114	0.215	-0.414	-0.286
GS_P	0.561 *	-0.490	0.439	0.579 *	0.303	-0.135	-0.039	0.264	0.064	-0.026	0.058	-0.167	0.091	0.306	0.269
GS_K	0.197	-0.029	0.200	0.110	-0.110	0.151	0.262	-0.149	-0.397	-0.483	0.034	0.138	-0.098	-0.394	-0.463
GS_Ca	0.190	0.266	0.003	-0.127	-0.243	0.098	-0.379	0.053	0.092	0.045	0.281	-0.012	0.160	-0.06	-0.075
GS_Mg	-0.182	0.156	-0.136	-0.260	-0.266	-0.248	-0.056	-0.499 *	0.032	0.202	-0.171	0.159	-0.502 *	-0.397	-0.431
IFS_N	0.044	0.414	-0.019	0.085	0.078	-0.089	-0.662 **	-0.08	-0.267	-0.288	0.425	0.048	0.451	0.015	0.182
IFS_P	-0.015	-0.260	0.129	-0.300	-0.556 *	-0.535 *	0.144	-0.112	-0.171	-0.005	-0.508 *	-0.299	-0.412	-0.174	-0.310
IFS_K	0.183	-0.308	0.295	0.002	-0.177	0.092	0.143	0.556 *	0.276	0.280	-0.351	-0.160	-0.398	0.159	0.017
IFS_Ca	0.142	0.482	-0.037	-0.382	-0.435	0.064	-0.517 *	0.092	-0.155	-0.172	0.303	0.015	0.363	0.006	0.060
IFS_Mg	-0.197	0.801 **	-0.538 *	-0.613 *	-0.432	-0.147	-0.214	-0.512 *	-0.302	-0.180	0.156	0.265	0.130	-0.161	-0.080
EBS_N	-0.279	0.829 **	-0.670 **	-0.550 *	-0.319	-0.293	-0.532 *	-0.491	-0.275	-0.143	0.342	0.227	0.384	-0.114	0.031
EBS_P	0.020	0.212	0.108	-0.117	-0.404	-0.450	-0.573 *	-0.351	-0.372	-0.282	0.026	-0.083	-0.123	-0.545 *	-0.530 *
EBS_K	0.305	-0.349	0.623 **	0.549 *	0.158	-0.314	-0.389	0.250	-0.145	-0.172	-0.251	-0.287	-0.220	0.056	0.048
EBS_Ca	0.036	-0.343	0.220	-0.077	-0.241	-0.04	0.252	0.167	0.375	0.444	-0.265	-0.374	-0.373	-0.006	-0.186
EBS_Mg	0.136	-0.127	-0.053	-0.064	-0.013	0.142	0.354	-0.147	0.277	0.311	-0.077	0.341	-0.390	0.074	-0.004
VS_N	-0.252	0.729 **	-0.562 *	-0.415	-0.220	-0.241	-0.619 *	-0.324	-0.170	-0.068	0.382	0.139	0.448	0.013	0.147
VS_P	-0.143	-0.182	0.375	0.233	0.037	-0.003	-0.164	0.145	0.033	0.016	-0.387	-0.199	-0.369	-0.003	-0.124
VS_K	-0.471	0.009	-0.206	-0.191	-0.141	-0.526 *	-0.083	-0.425	0	0.241	-0.300	-0.285	-0.461	-0.630 **	-0.666 **
VS_Ca	0.223	-0.573 *	0.432	0.105	-0.163	-0.181	0.002	0.448	0.130	0.148	-0.226	-0.411	-0.292	0.132	-0.083
VS_Mg	0.223	-0.048	0.087	-0.266	-0.385	-0.402	0.002	-0.274	-0.203	-0.084	-0.192	0.086	-0.238	-0.198	-0.125
MS_N	-0.094	0.598 *	-0.589 *	-0.46	-0.255	0.161	-0.177	-0.349	-0.049	-0.047	0.435	0.552 *	0.331	0.134	0.177
MS_P	-0.195	0.108	-0.13	-0.058	-0.069	-0.296	-0.399	-0.318	-0.246	-0.140	0.284	0.043	0.162	-0.503 *	-0.422
MS_K	-0.275	-0.336	-0.069	-0.192	-0.126	0.259	0.625 **	0.055	0.095	0.115	-0.259	0.116	-0.533 *	-0.231	-0.496
MS_Ca	-0.102	0.467	-0.357	-0.613 *	-0.467	0.129	-0.286	-0.196	-0.007	0.055	0.476	0.235	0.158	-0.196	-0.207
MS_Mg	-0.375	0.198	-0.423	-0.295	-0.129	-0.239	-0.063	-0.245	-0.044	0.125	-0.098	0.174	-0.198	-0.006	-0.112

注: * 表示在 0.05 水平显著相关, ** 表示在 0.01 水平显著相关, 下表同。GS、IFS、EBS、VS、MS 分别代表萌芽期、初花期、末花期、转色期和成熟期 0~40 cm 土壤中各矿物质元素含量的平均值, 下同。FBS_F、VS_F、MS_F 分别代表盛花期、转色期和成熟期果实矿物质元素含量。

表 2 不同生育期梅乐葡萄叶片矿物质营养与土壤矿物质养分的关系

变量	相关系数														
	FBS_L_N	FBS_L_P	FBS_L_K	FBS_L_Ca	FBS_L_Mg	VS_L_N	VS_L_P	VS_L_K	VS_L_Ca	VS_L_Mg	MS_L_N	MS_L_P	MS_L_K	MS_L_Ca	MS_L_Mg
GS_N	-0.074	0.652**	0.190	0.352	0.080	0.057	-0.579*	0.127	0.149	-0.007	0.673**	0.343	-0.201	0.240	-0.252
GS_P	0.228	-0.621*	-0.182	-0.288	0.313	-0.106	0.343	-0.021	-0.051	-0.072	-0.667**	-0.164	-0.122	-0.396	-0.138
GS_K	0.114	-0.437	-0.272	-0.214	0.043	0.258	-0.014	-0.246	-0.375	-0.267	0.012	0.091	0.089	-0.095	0.156
GS_Ca	0.137	-0.217	-0.311	-0.471	-0.186	-0.089	-0.312	0.122	0.099	-0.102	-0.081	-0.198	-0.048	0.008	-0.091
GS_Mg	0.537*	0.418	0.188	0.197	-0.142	0.022	0.018	-0.210	0.254	0.355	-0.303	-0.109	0.576*	-0.026	0.289
IFS_N	-0.083	0.382	0.568*	0.447	0.452	0.095	-0.112	0.284	0.081	-0.004	0.301	0.541*	-0.018	-0.074	-0.440
IFS_P	0.273	-0.263	-0.395	-0.048	-0.021	0.263	-0.380	-0.496	-0.122	-0.104	-0.035	-0.127	0.040	-0.039	0.247
IFS_K	0.311	-0.144	-0.091	0.147	0.051	-0.209	-0.097	-0.354	-0.220	-0.352	-0.090	-0.013	-0.178	-0.265	-0.095
IFS_Ca	-0.160	0.054	-0.124	-0.302	-0.156	0.249	-0.549*	0.377	-0.009	-0.226	0.447	0.012	-0.113	0.232	-0.160
IFS_Mg	0.053	0.661**	0.447	0.486	-0.093	0.238	-0.452	0.169	0.257	0.128	0.307	0.335	0.566*	0.307	0.122
EBS_N	-0.012	0.705**	0.283	0.498*	0.123	0.067	-0.633**	0.228	0.251	-0.022	0.484	0.382	0.024	0.298	-0.251
EBS_P	0.507*	-0.009	-0.242	-0.035	0.222	0.169	-0.434	-0.087	0.175	0.115	-0.047	0.163	-0.039	-0.230	-0.163
EBS_K	0.352	-0.265	0.392	0.181	0.580*	-0.074	0.203	-0.155	-0.020	0	-0.414	0.330	-0.116	-0.730**	-0.439
EBS_Ca	0.246	-0.255	-0.200	-0.249	-0.294	-0.052	0.063	-0.421	0.108	0.163	-0.421	-0.469	0.370	0.007	0.442
EBS_Mg	0.310	0.033	0.075	-0.013	-0.290	-0.111	0.388	-0.16	-0.029	0.112	-0.449	-0.290	0.578*	0.044	0.375
VS_N	-0.055	0.611*	0.365	0.464	0.172	-0.057	-0.537*	0.220	0.259	-0.020	0.431	0.355	-0.050	0.237	-0.362
VS_P	0.061	-0.319	0.399	-0.403	-0.158	-0.259	0.232	-0.034	0.223	0.326	-0.394	-0.195	0.069	-0.396	-0.205
VS_K	0.383	0.582*	-0.077	0.257	0.182	0.057	-0.355	-0.365	0.205	0.124	-0.020	-0.090	-0.297	-0.129	-0.013
VS_Ca	0.132	-0.495	-0.285	-0.336	0.032	0.011	0.008	-0.140	0.089	0.103	-0.394	-0.282	-0.337	-0.310	-0.187
VS_Mg	0.417	0.179	-0.364	0.229	0.020	0.465	-0.116	0.063	0.078	0.208	-0.048	0.097	0.419	0.076	0.426
MS_N	-0.230	0.091	0.073	-0.064	-0.247	-0.131	-0.311	-0.008	-0.279	-0.427	0.440	0.031	0.078	0.418	-0.127
MS_P	0.257	0.341	-0.322	0.208	0.331	0.125	-0.288	-0.023	0.006	-0.027	0.330	0.078	-0.420	0.138	-0.182
MS_K	-0.010	-0.237	-0.310	-0.271	-0.412	-0.097	0.123	-0.298	-0.071	0.111	-0.089	-0.367	-0.150	0.072	0.135
MS_Ca	-0.198	0.368	-0.072	-0.063	-0.230	0.265	-0.456	0.065	-0.153	-0.234	0.577*	-0.023	-0.059	0.424	-0.068
MS_Mg	0.246	0.437	0.436	0.418	-0.001	-0.269	-0.099	-0.043	0.390	0.309	-0.152	-0.022	0.062	0.045	-0.232

注:FBS_L、VS_L、MS_L 分别代表盛花期、转色期和成熟期叶片矿物质元素含量。

表 3 不同生育期梅乐葡萄叶柄矿物质营养与土壤矿物质养分的关系

变量	相关系数														
	FBS_P_N	FBS_P_P	FBS_P_K	FBS_P_Ca	FBS_P_Mg	VS_P_N	VS_P_P	VS_P_K	VS_P_Ca	VS_P_Mg	MS_P_N	MS_P_P	MS_P_K	MS_P_Ca	MS_P_Mg
GS_N	0.216	0.099	-0.509 *	0.036	0.057	0.136	-0.669 **	0.132	0.626 **	0.594 *	-0.507 *	-0.010	0.061	-0.386	-0.193
GS_P	-0.223	-0.334	0.408	0.099	0.090	0.050	0.176	-0.041	-0.413	-0.677 **	0.100	0.025	0.264	0.327	0.242
GS_K	-0.435	0.144	0.344	-0.079	0.078	0.038	-0.125	-0.333	0.005	-0.165	0.014	-0.004	0.151	0.482	0.069
GS_Ca	0.119	0.190	0.256	0.092	0.153	-0.047	-0.171	0.087	0.067	-0.385	-0.105	-0.184	0.704 **	0.394	0.294
GS_Mg	0.389	0.426	0.507 *	0.376	0.139	-0.242	0.227	-0.531 *	-0.517 *	0.185	0.563 *	0.358	-0.191	-0.318	0.425
IFS_N	0.309	-0.325	-0.516 *	0.365	0.210	0.133	-0.368	0.272	0.198	0.271	-0.308	0.065	0.131	-0.433	-0.158
IFS_P	0.033	-0.061	0.180	0.085	0.083	-0.053	-0.033	-0.149	-0.211	-0.208	-0.042	0.102	-0.017	0.216	0.145
IFS_K	0.166	-0.073	0.044	-0.164	-0.372	-0.142	0.171	-0.092	0.085	0.279	0.495	-0.199	0.047	0.450	0.389
IFS_Ca	0.259	-0.060	-0.305	0.041	0.198	0.037	-0.300	0.474	0.400	-0.031	-0.395	-0.277	0.506 *	0.152	-0.044
IFS_Mg	0.308	0.433	-0.154	0.279	0.269	-0.372	0.011	-0.124	0.157	0.424	0.024	0.394	-0.038	-0.634 **	-0.212
EBS_N	0.315	0.220	-0.495	0.167	0.247	-0.053	-0.493	0.192	0.520 *	0.456	-0.509 *	0.334	0.172	-0.684 **	-0.296
EBS_P	0.213	-0.008	0.266	0.365	0.309	0.244	-0.532 *	-0.205	-0.146	-0.147	-0.247	0.165	0.404	0.011	0.334
EBS_K	-0.064	-0.591 *	0.161	0.450	0.119	-0.003	-0.012	-0.267	-0.414	-0.205	0.209	-0.103	-0.096	0.118	0.354
EBS_Ca	0.364	0.153	0.513 *	0.156	-0.131	-0.327	0.499 *	-0.188	-0.571 *	-0.395	0.649 **	-0.128	0.221	0.474	0.505 *
EBS_Mg	0.121	0.472	0.543 *	0.154	0.070	-0.299	0.569 *	-0.404	-0.514 *	0.030	0.675 **	0.336	-0.208	-0.130	0.245
VS_N	0.403	0.084	-0.533 *	0.282	0.256	-0.039	-0.493	0.272	0.458	0.382	-0.486	0.208	0.267	-0.609 *	-0.247
VS_P	-0.089	-0.176	0.501 *	0.657 **	0.363	-0.319	0.195	-0.436	-0.613 *	-0.401	0.348	-0.478	-0.130	0.23	0.337
VS_K	0.152	-0.011	0.037	-0.272	-0.384	-0.022	-0.252	-0.239	0.06	0.275	0.142	-0.042	-0.289	0.026	0.495
VS_Ca	0.182	-0.389	0.228	0.194	0.119	0.081	0.059	0.070	-0.554 *	-0.521 *	0.106	-0.231	0.125	0.366	0.337
VS_Mg	0.281	0.119	0.133	-0.052	0.039	0.286	0.121	-0.036	-0.246	0.15	0.038	0.647 **	-0.166	-0.438	-0.031
MS_N	-0.053	0.453	-0.257	0.204	0.439	-0.152	-0.353	0.147	0.457	0.142	-0.510 *	0.146	0.318	-0.209	-0.340
MS_P	0.406	-0.141	-0.283	-0.084	-0.065	0.621 *	-0.758 **	0.252	0.316	0.389	-0.450	0.150	0.252	-0.165	0.097
MS_K	-0.094	0.309	0.351	-0.06	0.033	-0.002	0.053	-0.328	-0.309	0.029	0.248	-0.111	-0.246	0.231	0.106
MS_Ca	0.457	0.199	-0.441	0.013	0.172	0.074	-0.373	0.434	0.296	0.242	-0.343	-0.044	0.274	-0.066	-0.029
MS_Mg	0.416	0.201	0.093	0.518 *	0.324	-0.247	-0.054	-0.303	-0.264	0.383	0.224	0.248	-0.217	-0.620 *	0.047

注:FBS_P、VS_P、MS_P 分别代表盛花期、转色期和成熟期叶柄矿物质元素含量。

助于产量的提高。对梨^[22]、榛子^[23]、马家柚^[24]、越桔^[25]、苹果^[26]已有的研究发现,土壤有效养分含量与植株矿质元素含量、产量和品质的相关性较强。

赵宜波等研究得出,甜橙叶片 N 含量与果实 Ca 含量的拮抗作用一致^[8]。白永超等研究发现了笃斯越橘叶片 P 含量与果实 P、K 含量间的相关性^[27]。设施枇杷叶片 Ca 含量与果实 N、P、K、Ca、Mg 含量均呈极显著正相关^[28]。由于植株叶片和叶柄中的矿质元素是果实矿质元素的直接来源,叶片、叶柄的良好生长会直接影响果实产量和品质,如 P 是植物细胞核和各种质膜的重要组成成分,具有促进细胞分裂、提高果实产量的作用^[14];Ca 处理能够增加叶片中的叶绿素含量,可以提高叶片过氧化酶(POD)、多酚氧化酶(PPO)活性,增加单果质量^[29],因此促进 P、Ca 向正在发育的果实中输送。由此可见,果实、叶片、叶柄矿质营养与果实品质密切相关,可以通过对各组织部位的营养诊断结果来调节果实品质。植株各组织部位的矿质元素多源于土壤吸收,因此了解果实、叶片、叶柄矿质营养与土壤矿质养分的关系已成为有效的诊断技术。

白永超等研究发现,笃斯越橘根系层土壤有效养分显著影响叶片中的 N、P、K、Mg 含量^[27]。梅乐葡萄末花期土壤 K 含量与盛花期果实 K 含量呈极显著正相关,转色期土壤 K 含量与成熟期果实 Ca 含量呈极显著负相关,成熟期土壤 Ca 含量与盛花期果实 Ca 含量呈显著负相关,与曹胜等研究发现的蜜柑果实与土壤间 K、Ca 含量的相关性^[30]相似。黄霄等研究发现,枇杷根系层土壤 N 含量与果实 N 含量呈极显著正相关^[7],与本研究发现的萌芽期土壤 N 含量与盛花期果实 N 含量呈显著负相关的结果相似。与马家柚果实中 N 含量与土壤交换性 Mg 含量呈显著负相关的研究结果^[24]不同,土壤 Mg 含量分别与果实 P、K、Ca 含量之间至少存在一种显著或极显著负相关关系,可能是由树种、土壤肥力和气候差异等外界因素而引起的。

4 结论

梅乐葡萄各生育期根系层土壤 N、P、K、Ca、Mg 含量分别与果实 P、Ca 含量之间至少存在一种显著或极显著相关关系,与叶片 N 含量同时显著或极显著相关,与叶柄 P 含量同时显著或极显著相关。其中,土壤 K 含量分别与果实 N、P、K、Ca、Mg 含量之间至少存在一种显著或极显著相关关系。土壤 N、

P、Ca 含量分别与叶柄 N、P、K、Ca、Mg 含量之间至少存在一种显著或极显著相关关系。

参考文献:

- [1]王磊彬,陈兴望,李天宇,等. 江苏丰县地区丰县“富士”苹果生产园叶片矿质营养元素适宜值的研究[J]. 江西农业大学学报, 2018,40(1):56-65.
- [2]赵海娟,刘威生,刘 宁,等. 普通杏(*Prunus armeniaca*)种质资源数量性状的遗传多样性分析[J]. 果树学报,2014,31(1):20-29.
- [3]Von Bennewitz E, Cooper T, Benavides C, et al. Response of “Jonagold” apple trees to Ca, K and Mg fertilization in an andisol in southern Chile[J]. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 2011,11(3):71-81.
- [4]Gupta U C, Gupta S C. Sources and deficiency diseases of mineral nutrients in human health and nutrition: a review[J]. Pedosphere, 2014,24(1):13-38.
- [5]Fallahi E, Fallahi B, Neilsen G H, et al. Effects of mineral nutrition on fruit quality and nutritional disorders in apples[J]. Acta Horticulturae, 2010(868):49-60.
- [6]姚 智. 海南省芒果主产区果园土壤肥力现状调查与评价[D]. 海口:海南大学,2017.
- [7]黄 霄,王化坤,渠慎春,等. 江苏东山山地枇杷果实品质与果园土壤、叶片和果实矿质元素的关系[J]. 西北植物学报,2019,39(4):128-137.
- [8]赵宜波,韩 健,杨贵兵,等. 湖南省甜橙主产区土壤和叶果矿质元素状况分析[J]. 中国南方果树,2020,49(6):27-33.
- [9]张 强,李民吉,周贝贝,等. 环渤海湾和黄土高原“富士”苹果园土壤养分与果实矿质元素关系的多变量分析[J]. 园艺学报, 2017,44(8):1439-1449.
- [10]马晓丽,王 进,关 睢,等. 施镁对缺镁葡萄叶片和果实矿质元素含量的影响[J]. 中国土壤与肥料,2017(6):117-121.
- [11]房玉林,程宝森,任玉华,等. 果实发育期赤霞珠葡萄-土壤系统内矿质营养的变化[C]//第六届国际葡萄与葡萄酒学术研讨会论文集. 杨凌:国际葡萄与葡萄酒学术研讨会,2009.
- [12]马建军,王同坤,齐永顺,等. 赤霞珠葡萄生长期矿质营养元素的含量变化[J]. 河北科技师范学院学报,2007,21(1):8-12.
- [13]王小龙,张正文,钟晓敏,等. 不同施肥对酿酒葡萄果实产量和品质的影响[J]. 中国南方果树,2020,49(2):107-113.
- [14]宋少华,刘 勤,李 曼,等. 甜柿果实矿质元素与品质指标的相关性及通径分析[J]. 果树学报,2016,33(2):202-209.
- [15]刘晓丽,马理辉,李娟娟,等. 滴灌水肥一体化对陕北沙地枸杞产量和品质的影响[J]. 灌溉排水学报,2020,39(增刊1):13-16,25.
- [16]魏树伟,王少敏,董肖昌,等. 不同类型钾肥对“新梨7号”果实风味品质的影响[J]. 果树学报,2018,35(增刊1):101-108.
- [17]郭 雯,李丙智,张林森,等. 不同施钾量对红富士苹果叶片光合特性及矿质营养的影响[J]. 西北农业学报,2010,19(4):192-195.
- [18]杨爱珍,张志毅,曹爱娟,等. 桃果实内果皮发育过程中糖积累与木质素沉积的变化[J]. 园艺学报,2009,36(8):1113-1119.

许子洁,曹子健,胡 宝,等.低温诱导糙皮侧耳菌丝成熟的机制研究[J].江苏农业科学,2022,50(10):133-139.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.10.021

低温诱导糙皮侧耳菌丝成熟的机制研究

许子洁,曹子健,胡 宝,徐子昕,王 晶,郑素月,王春霞

(河北工程大学 园林与生态工程学院,河北邯郸 056038)

摘要:为探究低温诱导糙皮侧耳菌丝成熟的机制,为糙皮侧耳在实际栽培与生产中提供理论依据与技术支持,以糙皮侧耳菌株“双抗黑平”为试验材料,测定不同温度诱导处理后糙皮侧耳的出菇情况及菌丝生理指标的变化。设置 3 种不同温度处理,分别为对照组(25 ℃)、低温处理组(17 ℃)、高温处理组(33 ℃)。结果表明,经低温 17 ℃诱导处理糙皮侧耳后可正常出菇,而 25、33 ℃诱导处理后均无原基形成,无法形成子实体。经不同温度诱导处理后,DAB 染色显示处理组中菌丝的染色程度较深。经不同温度诱导处理后,处理组中可溶性糖、可溶性蛋白和游离脯氨酸的含量显著高于对照组($P < 0.05$),并且 33 ℃高温处理组中各个物质的含量最高;丙二醛和相对电导率的变化趋势基本一致,均是处理组显著高于对照组($P < 0.05$);菌丝中 CAT 活性的大小依次为 33 ℃处理组 > 17 ℃处理组 > 25 ℃处理组;高温处理组菌丝 POD 活性最高,达到 115.63 U/(g·min),但 17 ℃处理组与对照组无明显差别($P > 0.05$);不同温度诱导处理 7 d,对照组中 SOD 活性最高,然而经 12 h 和 24 h 处理后,处理组显著高于对照组。

关键词:糙皮侧耳;低温刺激;DAB;渗透调节物质;电导率;保护酶

中图分类号:S646.1⁺41.04 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)10-0133-07

目前,“一荤一素一菇”被称为最恰当的膳食结

构^[1]。糙皮侧耳(*Pleurotus ostreatus*)是食用菌范围里栽培历史深远、种植广、发展快、产量高的菌种,又名平菇、牡蛎菇^[2],良好的市场销路和丰富的价值,使其成为世界上最受欢迎的食用菌之一^[3]。

环境温度是调控食用菌生长发育最活跃和具有重大意义的因素,食用菌在不一样的生长阶段,对温度的要求也都不同,菌丝发育期一般所需温度较高,而子实体期相对较低。郭勇等分析凤尾菇、灵芝等菌丝在不同温度下的生长状态,发现在最适

收稿日期:2021-08-26

基金项目:河北省现代农业产业技术体系食用菌创新团队建设专项资金(编号:HBCT2018050202);河北省重点研发计划项目现代种业科技专项(编号:19222903D);河北省高等学校学科技术基金项目(编号:QN2021210)。

作者简介:许子洁(1989—)女,河北邢台市人,硕士研究生,从事食用菌菌丝生长发育研究。E-mail:2906743065@qq.com。

通信作者:王春霞,博士,讲师,从事食用菌分子遗传育种研究。

E-mail:wangchunxia@hebeu.edu.cn。

[19] 谌 琛,同延安,路永莉,等.不同钾肥种类对苹果产量、品质及耐贮性的影响[J].植物营养与肥料学报,2016,22(1):216-224.

[20] 臧小平,何应对,孙光明,等.生长后期滴灌施氮钾肥不同用量对菠萝产量和品质的影响[J].广东农业科学,2011,38(24):46-49.

[21] Ashraf M Y, Hussain F, Ashraf M, et al. Modulation in yield and juice quality characteristics of citrus fruit from trees supplied with zinc and potassium foliarly[J]. Journal of Plant Nutrition, 2013, 36(13):1996-2012.

[22] 罗洪峰,李永丰,宋 文,等.库尔勒垦区不同产量香梨园土壤养分及叶片营养元素与产量相关性的分析[J].新疆农垦科技,2018,41(5):40-43.

[23] 于冬梅,肖 亮.榛子园土壤养分及叶片营养元素与产量相关性分析[J].辽宁林业科技,2020(3):11-13,33.

[24] 张涓涓,杨 莉,刘德春,等.土壤养分状况与马家柚果实品质

相关性的多元分析[J].经济林研究,2015,33(4):25-31.

[25] 刘红弟,宋 杨,张红军.越橘园土壤有效养分和叶片营养状况分析[J].中国南方果树,2016,45(6):32-38.

[26] 张 强,魏钦平,刘惠平,等.苹果园土壤养分与果实品质关系的多元分析及优化方案[J].中国农业科学,2011,44(8):1654-1661.

[27] 白永超,卫旭芳,陈 露,等.笃斯越橘果实、叶片矿质元素和土壤肥力因子与果实品质的多元分析[J].中国农业科学,2018,51(1):170-181.

[28] 黄 霄,王化坤,薛 松,等.大棚栽培对枇杷果实品质和矿质元素吸收与积累的影响[J].果树学报,2020,37(4):540-552.

[29] 王 姐.钙处理对苹果梨叶片及果实生理特性的影响[D].延吉:延边大学,2009.

[30] 曹 胜,欧阳梦云,周卫军,等.湖南温州蜜柑果实矿质养分与土壤养分、pH的多元分析与模拟[J].果树学报,2019,36(8):1029-1039.