

几种土壤调理剂对“户太 8 号”葡萄生长的影响

张宗勤^{1,2,3}, 杨和财^{1,3}, 张 鹏^{1,2,3}, 李 俊^{2,4}, 白 佳^{2,4}, 张俊侠⁵

(1. 西北农林科技大学 葡萄酒学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 西安都市农业试验站, 陕西 西安 710109;
3. 合阳葡萄试验示范站, 陕西 合阳 715301; 4. 西安市果业发展服务中心, 陕西 西安 710061;
5. 渭南市临渭区农业技术推广中心, 陕西 渭南 714000)

摘 要:以 5 年生“户太 8 号”葡萄为试验材料,在葡萄园施用 5 种不同的土壤调理剂,研究其对土壤改良与葡萄生长发育的影响。结果表明,供试 5 种土壤调理剂均可促进葡萄植株营养生长,叶片增大、加厚,叶片叶绿素 *spad* 提高,果实单粒重与硬度均显著增加,土壤质地明显改善。其中,腐殖酸、硅钙镁钾类调理剂分别使土壤 pH 降低、升高。微生物菌剂有利于增加土壤保水能力。今后宜研究不同类型土壤调理剂配合试验,以有针对性的合理改良土壤。

关键词:葡萄; 土壤; 土壤调理剂; 腐殖酸; 微生物菌剂

中图分类号:S663.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2021)03-0140-04

Effects of Five Soil Conditioners on the Growth and Development of Grapevine “Hutai No. 8” Plants and Soil Improvement

ZHANG Zong-qin^{1,2,3}, YANG He-cai^{1,3}, ZHANG Peng^{1,2,3}, LI Jun^{2,4}, BAI Jia^{2,4}, ZHANG Jun-xia⁵

(1. College of Enology, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi, China; 2. Metropolis Agricultural Experiment Station of Xi'an, Xi'an 710109, Shaanxi, China; 3. Grapevine Experimental Demonstration Station of Heyang, Heyang 715301, Shaanxi, China; 4. Fruit Industry Development Service Center of Xi'an, Xi'an 710061, Shaanxi, China; 5. Agricultural Technology Extension Center of Linwei District, Weinan 714000, Shaanxi, China)

Abstract: Taking the vines of 5-year-old grape cultivar “Hutai No. 8” as research objects, 5 different soil conditioners were applied to examine their effects on soil improvement and grapevine growth. The results showed that all the conditioners could stimulate the growth of plant vegetative growth, leaf size and thickness. The values of SPDA that reflect the content of leaf chlorophyll increased. The weight of berry and fruit firmness were promoted, and the soil texture was improved. The soil pH were reduced or elevated by employing humic acid or silicon, calcium, magnesium and potassium soil conditioners. The soil water retaining capacity was enhanced by applying microbial agents. Integrative experiments of different soil conditioners of different active ingredients could be performed to evaluate their effects on specific soil improvement.

Key words: grapevine; soil; soil conditioner; humic acid; microbial agent

近年来,在葡萄(*Vitis vinifera*)生产中,由于有机肥投入不足和以 N 肥为主的速效肥大肥大水的连年施用,造成部分地区果园土壤恶化、酸化严重,影响了果实品质的提高和产业的可持续发展^[1]。利

用土壤调理剂是修复退化土壤、提高土壤生产力的有效途径之一^[2],19 世纪末,不同类型的土壤调理剂就开始应用于修复退化土壤,并取得了良好的提高土壤肥力的效果^[3-5]。目前,我国获得国家行政审

收稿日期:2020-07-02 修回日期:2020-07-29
基金项目:陕西省重点研发计划项目(2021FP-21);杨凌示范区科技计划项目(2018NY-14);西北农林科技大学试验示范站(基地)科技成果推广项目(2018-21);西北农林科技大学都市农业试验示范站开放课题(A289021802)。
作者简介:张宗勤,副教授。研究方向:葡萄栽培生理与种质资源。E-mail:zhangzongqin@nwsuaf.edu.cn

批的土壤调理剂产品达到了 40 多个^[6]。有研究报道,在贺兰山东麓碱性石灰质土壤上,增施土壤调理剂能有效改善土壤环境,提升葡萄品质^[7]。与欧亚种葡萄品种相比,欧美杂种“户太 8 号”果粒大、抗病抗逆性较强,目前已成为我国一些地区的主栽葡萄品种,并在生产上发挥重要的作用。本研究以“户太 8 号”葡萄为对象,开展葡萄园土壤调理剂产品筛选与应用研究,以期为合理选择土壤调理剂改善土壤理化性质,为葡萄提质增效和产业健康与可持续发展提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在西北农林科技大学西安都市农业试验站葡萄园(34°03′49″N,108°52′37″E)进行,供试材料为 5 年生“户太 8 号”葡萄,行距 4 m,株距 1 m,植株长势良好。土地平整,全 N、全 P、全 K 含量分别为 1.65、0.81、21.42 g·kg⁻¹;速效 N、速效 P、速效 K 含量分别为 34.89、70.34、274.25 mg·kg⁻¹;pH 7.44,有机质含量 2.48%。全园耕作管理一致。

1.2 试验处理

2018 年 11 月 15 日,施用 5 种土壤调理剂试验。处理 1:富活素腐殖酸全营养水溶肥(西安秦衡生态科技有限公司生产),25 kg·666.7m⁻²。处理 2:微生物菌剂(日本进口“千代田”产品),200 kg·666.7m⁻²。处理 3:微生物菌剂(自产),200 kg·666.7m⁻²。处理 4:赛众土壤调理剂(陕西赛众生物科技有限公司生产),120 kg·666.7m⁻²。处理 5:对照。处理 6:荣昌硅钙镁钾土壤调理剂(陕西华县荣昌钾肥厂产品),120 kg·666.7m⁻²。试验小区面积 140 m²(长 35 m、宽 4 m),每处理 10 株,重复 3 次,共 420 m²。离开树根 60 cm 外,沿行向开沟深 30 cm 拌土施,施肥后及时浇水。

1.3 数据收集

2019 年 8 月 20—24 日,于“户太 8 号”葡萄果实采收期收集数据,先后测定枝条长度,数叶片数,

计算平均节间长度,测定空气与土壤温、湿度变化、叶绿素值、叶片厚度等指标。所用仪器为 LTS 土壤温湿度记录仪,LBJ-20 温湿度记录仪;LYS-A 叶绿素测定仪,LS-3 叶片厚度仪,均为杭州绿博仪器有限公司产品。在田间随机选取果穗上下的叶片测定叶片长宽与面积,各处理测定 10 片叶,采用 YMJ-B 叶面积测定仪。果穗随机取样,带回实验室随即测定穗重、粒重、硬度、可溶性固形物,果粒纵横径等指标。果实硬度采用 GY-4 果实硬度计(杨凌博研科贸有限公司),果粒纵横径采用数显游标卡尺测定,可溶性固形物含量用数显糖量计测定。穗重,单粒重采用电子天平(感量 0.01)称重,每处理每重复取样 10 穗、30 粒分别测定。

数据统计分析采用 Excel 2017 进行,利用 SPSS (Version 17.0)进行统计检验与数据分析,采用 Duncan 法检验试验数据的差异显著性水平(0.05)。

2 结果与分析

2.1 对“户太 8 号”葡萄枝叶生长的影响

不同处理的枝叶生长状况分析表明(表 1),当年生枝条节间长各处理与对照间无显著性差异($P=0.067$),表明植株生长正常,土壤调理剂未引起枝条徒长或抑制。

就叶片数而言,处理 1~4 均与对照存在显著性差异($P=0.05$),而处理 6 与对照无显著性差异,处理 1~4 之间无显著性差异。处理 1~4 植株的叶片大小相近,处理 6 与对照叶片数大小差异明显。叶片长各处理与对照间无显著性差异,而处理 3 分别和处理 1、处理 6 差异显著。叶片宽各处理与对照间无显著性差异,而处理 1 分别与处理 4、处理 6 之间差异显著。各处理叶面积与对照无显著性差异($P=0.069$),而处理 1、3、4 与处理 6 间有显著性差异。

叶片厚度以处理 1、处理 6、处理 2 较厚,其中各处理均显著较厚,处理 1 和处理 6 与对照具极显著性差异。表明处理 1、2、6 对促进叶片增大、加厚的效果明显。

表 1 5 种土壤调理剂对“户太 8 号”葡萄枝叶生长与叶绿素值的影响

Table 1 Effect of five soil conditioners on vegetative growth and SPAD value of grapevine “Hutai No. 8” plants

处理	节间长/cm	叶片数/片	叶片长/cm	叶片宽/cm	叶面积/cm ²	叶片厚度 /(×100 mm)	叶绿素
1	10.07±1.20a	14.92±3.86a	22.32±4.48	21.92±5.45	292.70±56.98ab	51.62±4.76c	63.00±5.62b
2	9.94±0.93a	20.69±8.92a	21.03±3.95	24.51±3.41	321.09±68.19a	49.13±7.60abc	57.97±6.48a
3	9.31±1.04ab	15.54±4.65a	18.21±3.85	24.46±4.49	295.33±72.23ab	47.37±3.91ab	59.25±7.12ab
4	9.62±1.16a	16.31±3.79a	20.55±5.02	25.48±3.79	316.33±61.25ab	47.30±3.75ab	57.57±6.25a
5(对照)	9.36±0.85a	27.62±11.88b	21.26±5.96	24.73±3.80	327.33±83.74a	46.55±4.48a	60.57±8.73ab
6	9.58±0.77a	29.69±9.70b	22.09±3.57	25.78±3.95	373.27±86.38a	49.73±5.02bc	56.63±9.21a

注:同列不同小写字母表示差异显著($P=0.05$)。下同。

叶绿素 spad 值测定表明,处理 1 最高,>对照;处理 2、3、4、6 的叶绿素 spad 值小于对照,但均与对照无显著性差异,表明土壤调理剂处理对叶绿素无影响。

综合分析表明,施用腐殖酸类土壤调理剂显著改善了户太 8 号葡萄植株生长,硅钙镁钾土壤调理剂效果次之。

2.2 对“户太 8 号”葡萄果实性状的影响

果实性状测定表明(表 2),不同土壤调理剂处理能够促进“户太 8 号”葡萄果粒单粒重增加,处理 1、6、3 与对照有极显著差异,处理 4 与对照差异显著,处理 2 与对照无显著性差异。处理 3 的果粒硬度显著优于对照,而与其他处理间无显著性差异。果实可溶性固形物含量处理 2 最高,达 19.65%,与对照无显著性差异。综合分析表明供试各土壤调理剂处

理均有利于促进葡萄果实生长,表现为粒重、果粒硬度明显增加;处理 6 果穗最大,但各处理的果穗重间无显著性差异;可溶性固形物相对偏低,表明大果穗、大果粒会影响果实含糖量的提高,延后果实成熟。

2.3 对“户太 8 号”葡萄园环境因子的影响

各处理间土壤温度、土壤湿度均无显著性差异(表 3)。处理 1、2 的空气温度较小,与对照及其他处理具显著性差异。空气湿度处理 1 最大,与对照有极显著差异,处理 2、3 与对照有显著差异,处理 6 与对照无差异。露点处理 1 最大,处理 5(对照)最小,与处理 1 有极显著差异。

土壤酸碱度具有显著性差异,处理 3、4、6 的 pH 比对照偏高,处理 1、2 的 pH<对照,但均与对照无显著性差异,表明施用腐殖酸、微生物菌剂类作为土壤调理剂具有改良碱性土壤的功能。

表 2 5 种土壤调理剂对“户太 8 号”葡萄果实性状的影响

Table 2 Effect of five soil conditioners on fruit characters of grapevine “Hutai No. 8”

处理	粒重/g	果粒硬度/N	可溶性固形物/%	穗重/g
1	7.98±1.21bc	6.6700	18.21±0.66ab	462.12±93.73
2	6.57±0.88a	6.7923	19.65±1.64c	452.82±74.39
3	8.16±1.72c	7.3292	17.39±2.33a	411.66±147.21
4	6.92±1.50ab	6.6554	19.27±1.31bc	465.18±94.73
5(对照)	6.08±1.34a	6.4000	19.02±0.60bc	469.50±128.47
6	8.08±1.60c	7.1262	18.45±1.44abc	533.14±30.45

表 3 5 种土壤调理剂对“户太 8 号”葡萄园土壤及环境的影响

Table 3 Effect of five soil conditioners on vineyard soil and its environmental factors of grapevine “Hutai No. 8”

处理	土壤温度/℃	空气温度/℃	土壤湿度/%	空气湿度/%	露点	pH
1	23.20±0.36	25.97±1.23a	35.00±6.08	72.73±1.50c	21.23±0.40b	7.70±0.73ab
2	23.20±0.10	26.70±0.00a	38.07±0.68	66.80±1.77b	20.33±0.49ab	7.53±0.47a
3	23.23±0.23	27.43±0.31b	38.13±0.25	65.67±5.28b	20.63±1.10b	8.31±0.66c
4	23.17±0.21	27.57±0.15b	36.33±2.47	62.53±2.28ab	20.10±0.46ab	8.06±0.55bc
5(对照)	23.53±0.15	27.47±0.12b	37.90±0.36	59.27±0.97a	19.17±0.60a	7.96±0.45abc
6	23.47±0.23	27.57±0.15b	33.77±4.55	60.27±1.54a	19.33±0.31a	8.06±0.51bc

2.4 不同指标的 Pearson 相关性分析

相关性分析表明(表 4),叶片数与叶片厚度呈显著负相关;枝条节间长度与空气湿度呈显著正相关;叶面积和叶片长度、宽度极显著相关,与果粒硬度显著相关;叶片长度与土壤 pH 极显著负相关,与空气湿度、露点显著相关;果粒硬度与粒重显著相关。葡萄园树冠层空气温度与土壤 pH 显著正相关,与空气湿度和露点显著负相关;葡萄园树冠层空气湿度与枝条节间长、叶片长度、露点呈显著正相关,与叶片土壤 pH、空气温度呈显著负相关。

3 结论与讨论

土壤质量直接关系到农业的可持续发展。由于多种原因,过去一段时间里,我国土壤质量退化严

重^[8]。土壤调理剂是一类物质,具有改良土壤质地与结构、提高土壤保蓄供水能力、调节土壤酸碱度、改良盐碱土、改善土壤的养分供应状况、修复重金属污染土壤等主要功能。针对不同土壤障碍问题有针对性地选择土壤调理剂在土壤改良过程中可达到较好效果^[6]。合理施用土壤调理剂,可增加葡萄植株的新梢长及叶绿素含量,可改善葡萄果实品质等^[9],本研究与前人结果一致。

施用土壤调理剂能有效改善土壤环境,提升葡萄品质^[2,7],本研究处理 1、2、6 调理剂对促进叶片增大、加厚的效果明显,处理 1~4 植株的大叶片数相对较多,表明腐殖酸等有效地促进了葡萄春季根系的发生,促进了营养生长。腐殖酸处理的葡萄叶片叶绿素 spad 值最高,各处理果实单粒重与硬度均显

表 4 不同指标的 Pearson 相关性

Table 4 Pearson correlation of different factors

	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>	<i>I</i>	<i>J</i>	<i>K</i>	<i>M</i>	<i>O</i>	<i>P</i>	<i>Q</i>	<i>R</i>	<i>S</i>	<i>U</i>	<i>V</i>
<i>C</i>	1	0.088	0.095	−0.003	0.16	0.107	(0.0640)	(0.0820)	(0.0070)	(0.1770)	(0.0610)	0.2270	0.3160	−0.382	−0.394	−0.244 *	−0.163
<i>D</i>	0.088	1	−0.068	0.148	−0.053	−0.099	0.0070	(0.0740)	0.1290	(0.2660)	(0.1480)	(0.3050)	−0.3150	0.541 *	0.405	0.145	−0.051
<i>E</i>	0.095	−0.068	1	0.401 * *	0.732 * *	−0.019	0.0450	−0.247 *	0.1100	(0.0430)	0.0230	0.2510	0.1250	−0.05	−0.034	−0.051	−0.06
<i>F</i>	−0.003	0.148	0.401 * *	1	0.153	−0.320 * *	(0.1160)	(0.1250)	0.1240	(0.1470)	(0.1360)	(0.1980)	−0.2640	0.544 *	0.498 *	−0.007	0.053
<i>G</i>	0.16	−0.053	0.732 * *	0.153	1	0.12	(0.0160)	−0.334 * *	0.0540	(0.1010)	0.1240	0.2550	0.0730	−0.088	−0.084	−0.077	−0.162
<i>H</i>	0.107	−0.099	−0.019	−0.320 * *	0.12	1	0.0840	(0.0510)	−0.248 *	(0.0800)	0.0290	(0.0840)	0.689 * *	−0.670 * *	−0.458	0.17	−0.121
<i>I</i>	−0.064	0.007	0.045	−0.116	−0.016	0.084	1.0000	0.264 *	(0.1410)	(0.0040)	(0.3560)	0.2020	−0.2430	0.326	0.392	0.057	0.027
<i>J</i>	−0.082	−0.074	−0.247 *	−0.125	−0.334 * *	−0.051	0.264 *	1.0000	(0.1720)	0.3390	(0.0730)	0.0130	−0.1740	−0.063	−0.066	0.112	0.098
<i>K</i>	−0.007	0.129	0.11	0.124	0.054	−0.248 *	(0.1410)	(0.1720)	1.0000	(0.2320)	0.3900	(0.0090)	−0.0220	−0.139	−0.169	−0.118	0.079
<i>M</i>	−0.177	−0.266	−0.043	−0.147	−0.101	−0.08	(0.0040)	0.3390	(0.2320)	1.0000	(0.2240)	0.3330	0.0080	−0.068	−0.128	0.122	0.006
<i>O</i>	−0.061	−0.148	0.023	−0.136	0.124	0.029	(0.3560)	(0.0730)	0.3900	(0.2240)	1.0000	0.1830	−0.0740	−0.462	−0.571 * *	−0.269	−0.246
<i>P</i>	0.227	−0.305	0.251	−0.198	0.255	−0.084	0.2020	0.0130	(0.0090)	0.3330	0.1830	1.0000	−0.1360	−0.05	0.011	−0.016	−0.003
<i>Q</i>	0.316	−0.315	0.125	−0.264	0.073	0.689 * *	(0.2430)	(0.1740)	(0.0220)	0.0080	(0.0740)	(0.1360)	1.0000	−0.690 * *	−0.489 *	0.2	−0.393
<i>R</i>	−0.382	0.541 * *	−0.05	0.544 * *	−0.088	−0.670 * *	0.3260	(0.0630)	(0.1390)	(0.0680)	(0.4620)	(0.0500)	−0.690 * *	1	0.915 * *	0.033	0.262
<i>S</i>	−0.394	0.405	−0.034	0.498 * *	−0.084	−0.458	0.3920	(0.0660)	(0.1690)	(0.1280)	−0.571 *	0.0110	−0.489 *	0.915 * *	1	−0.059	0.251
<i>U</i>	−0.244 *	0.145	−0.051	−0.007	−0.077	0.17	0.0570	0.1120	(0.1180)	0.1220	(0.2690)	(0.0160)	0.2000	0.033	−0.059	1	0.044
<i>V</i>	−0.163	−0.051	−0.06	0.053	−0.162	−0.121	0.0270	0.0980	0.0790	0.0060	(0.2460)	(0.0030)	−0.3930	0.262	0.251	0.044	1

注: * 表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。* * 表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关。字母 *C*~*V* 分别代表叶片数、节间长、叶面积、叶片长、叶片宽、pH、粒重、硬度、糖度、穗重、土壤温度、土壤湿度、空气温度、空气湿度、露点、叶片厚、叶绿素。

著高于对照,表明调理剂具提高果实品质的作用,与秦旭等^[10]报道一致。

土壤的酸碱度是影响土壤养分平衡和作物生长的重要因素,施用土壤调理剂能够直接影响土壤的酸碱度^[8,11]。处理 3、4、6 的 pH 比对照偏高,表明硅钙镁钾类调理剂使土壤酸碱度增高,适宜于酸性土壤地区施用;处理 1、2 的 pH<对照,表明腐殖酸有使土壤酸碱度降低的可能,但与对照无显著性差异,可能需要多年施用腐殖酸类调理剂^[6]。

各处理间土壤温度、土壤湿度均无显著性差异,处理 1、2 的空气温度较小,与对照及其他处理具显著性差异,可能与边际效应、叶片数相对较少等有关,需要进一步研究。处理 2、3 土壤湿度明显较大,说明施用调理剂后增加了土壤保水能力。

目前土壤调理剂大致分为 2 类,矿源硅钙镁钾类见效快,而腐熟生物有机肥效果好。腐殖酸和微生物菌剂处理使得土壤 pH 降低,有利于碱性土壤的改良,适宜于大多数北方地区葡萄园土壤调理^[11];硅钙镁钾肥是一种含 N、P、K、Si、Ca、Fe、Al、Mg 的多元素肥料,水溶液呈碱性,可显著改良酸性土壤,同时能平衡植物营养,防倒伏,促进开花结实,增强作物抗旱、抗寒、抗病虫害能力,提高植物的产量和品质^[8],本研究与前人结果一致。目前,我国大多数果园土壤有机质含量<1%^[12],欧美等国家果园土壤有机质含量为 3%~5%,土壤有机质含量对于土壤健康和果树健康作用巨大^[13]。通过对土壤背景值测定分析,对植株营养状况及果实品质测定

分析,选择不同类型土壤调理剂配合施用可能才是土壤改良的适宜方式^[14],下一步宜开展不同调理剂配合研究,响应国家化肥农药双减要求,增施腐熟有机肥,使土壤恢复并保持健康^[15],以达到对土壤“治”和“养”相结合,促进葡萄产业提质增效的目标。

参考文献:

[1] 李庆军,田利光,刘庆花,等. 山东省果园土壤酸化状况及酸化原因分析[J]. 山东农业科学,2011(10):57-59.

[2] 高文胜,秦旭,胡兆平,等. 土壤调理剂在葡萄上的应用效果研究[J]. 农学报,2017,7(6):63-66.

GAO W S, QIN X, HU Z P, *et al.* Application effect of soil conditioner on grape[J]. Journal of Agriculture,2017,7(6):63-66. (in Chinese)

[3] 杨建国,纪立东,樊丽琴,等. BGA 土壤调理剂在风沙土上的施用效果研究[J]. 中国农学通报,2012,28(9):154-159.

YANG J G, JI L D, FAN L Q, *et al.* The experimental study on application effect of BGA soil conditioner in aeolian sandy soil [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2012,28(9):154-159. (in Chinese)

[4] 韩小霞. 土壤结构改良剂研究综述[J]. 安徽农学通报,2009,15(19):110-112.

[5] 罗文遼,龚元石. 土壤结构改良剂的研究进展及其应用[J]. 中国农业大学学报,1997(Supp. 1):165-168.

LUO W S, GONG Y S. Advances in soil conditioner and its application[J]. Journal of China Agricultural University, 1997 (Supp. 1):165-168. (in Chinese)

[6] 孙蓟锋,王旭. 土壤调理剂的研究和应用进展[J]. 中国土壤与肥料,2013(1):1-7.

Chinese)

[22] WANG G L, FAHEY T J, XUE S, *et al.* Root morphology and architecture respond to N addition in *Pinus tabulaeformis*, west China[J]. *Oecologia*, 2013, 171(2): 583-590.

[23] 刘瑞雪, 吴泓瑾, 黄国柱, 等. 氮添加对树木根系特性的影响[J]. *应用生态学报*, 2019, 30(5): 1735-1742.

LIU R X, WU H J, HUANG G Z, *et al.* Effects of nitrogen addition on tree root traits[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2019, 30(5): 1735-1742. (in Chinese)

[24] HODGE A. The plastic plant: root responses to heterogeneous supplies of nutrients[J]. *New Phytologist*, 2004, 162(1): 9-24.

[25] 陈冠陶, 郑军, 彭天驰, 等. 扁刺栲不同根序细根形态和化学特征及其对短期氮添加的响应[J]. *应用生态学报*, 2017, 28(11): 3461-3468.

[26] 梅莉, 王政权, 韩有志, 等. 水曲柳根系生物量、比根长和根长密度的分布格局[J]. *应用生态学报*, 2006, 17(1): 1-4.

[27] 陈伟立, 李娟, 朱红惠, 等. 根际微生物调控植物根系构型研究进展[J]. *生态学报*, 2016, 36(17): 5285-5297.

[28] 蔚晓燕, 李静, 唐明. 施氮与接种外生菌根真菌对油松幼苗生物量和光合特性的影响[J]. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2013, 41(10): 42-48, 58.

WEI X Y, LI J, TANG M. Effects of nitrogen application and inoculating ectomycorrhizal fungi on biomass and photosynthetic characteristics of *Pinus tabulaeformis* seedlings[J]. *Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition*, 2013, 41(10): 42-48, 58. (in Chinese)

[29] 王燕, 晏紫依, 苏艳, 等. 不同施肥方法对欧洲云杉生长生理和根系形态的影响[J]. *西北林学院学报*, 2015, 30(6): 15-21.

WANG Y, YAN Z Y, SUN Y, *et al.* Effects of different fertilizing methods on growth, physiological characteristics and root morphological traits of *Picea abies*[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2015, 30(6): 15-21. (in Chinese)

[30] 祁鲁玉, 吴峰, 吴瑞雪, 等. 遮阴和不同形态氮素施肥对红松幼苗生长的影响[J]. *森林工程*, 2019, 35(4): 1-5.

QI L Y, WU F, WU R X, *et al.* Effects of shading and different forms of nitrogen fertilization on the growth of *Pinus koraiensis* seedlings[J]. *Forest Engineering*, 2019, 35(4): 1-5. (in Chinese)

(上接第 143 页)

[7] 张筠筠, 王竞, 孙权, 等. 化肥减施对贺兰山东麓土壤肥力及酿酒葡萄品质的影响[J]. *西南农业学报*, 2019, 32(7): 1601-1606.

ZHANG J J, WANG J, SUN Q, *et al.* Grape quality in east piedmont area of Helan Mountain, Ningxia, effect of chemical fertilizer reduction on soil fertility and wine[J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2019, 32(7): 1601-1606. (in Chinese)

[8] 韩科峰, 陈余平, 胡铁军, 等. 硅钙钾镁肥对浙江省酸性水稻土壤的改良效果[J]. *浙江农业学报*, 2018, 30(1): 117-122.

HAN K F, CHEN Y P, HU T J, *et al.* Effects of silicon, calcium, potassium and magnesium fertilizer on acid paddy soil improvement in Zhejiang Province[J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2018, 30(1): 117-122. (in Chinese)

[9] 郭洁, 张晓娟, 孙权, 等. BGA 土壤调理剂在贺兰山东麓酿酒葡萄上的应用效果[J]. *北方园艺*, 2012(23): 178-181.

GUO J, ZHANG X J, SUN Q, *et al.* Application effect BGA soil conditioner on wine grape in eastern foot of Helan Mountain[J]. *Northern Horticulture*, 2012(23): 178-181. (in Chinese)

[10] 秦旭, 张柏松. 土壤调理剂在葡萄上应用效果初探[J]. *北方园艺*, 2014(15): 179-182.

QIN X, ZHANG B S. Study on the application of soil conditioner in grape[J]. *Northern Horticulture*, 2014(15): 179-182. (in Chinese)

[11] 张玉凤, 林海涛, 王江涛, 等. 盐碱土壤调理剂对玉米生长及土壤的改良效果[J]. *中国土壤与肥料*, 2017(1): 134-138.

ZHANG Y F, LIN H T, WANG J T, *et al.* Effects of saline-alkaline soil conditioner on growth of maize and improvement of soil[J]. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, 2017(1): 134-138. (in Chinese)

[12] 杨珍. 陕西省葡萄主产区土壤养分状况分析[D]. 陕西杨陵: 西北农林科技大学, 2016.

[13] 王厚臣, 史作安, 梁美霞, 等. 果园土壤健康状态与苹果健康栽培[J]. *落叶果树*, 2019, 51(2): 63-64.

[14] 尹万伟, 黄本波, 汪凤玲, 等. 土壤调理剂的研究现状与进展[J]. *磷肥与复肥*, 2019, 34(2): 19-23.

YIN W W, HUANG B B, WANG F L, *et al.* Research status and progress of soil conditioner[J]. *Phosphate & Compound Fertilizer*, 2019, 34(2): 19-23. (in Chinese)

[15] 张宗勤, 李满良, 唐爱东, 等. 葡萄健康栽培及实用技术[J], 中外葡萄与葡萄酒, 2018(4): 90-94.

ZHANG Z Q, LI M L, TANG A D, *et al.* Discussion of practical technology and healthy cultivation of grapevine[J]. *Sino-overseas Grapevine & Wine*, 2018(4): 90-94. (in Chinese)