

引用格式:

郭鹏飞, 闫鹏科, 孙权. 有机肥施用量对‘赤霞珠’产量和品质的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2020, 46(3): 303–309.

GUO P F, YAN P K, SUN Q. Effect of the amount of organic fertilizer on the yield and quality of ‘Cabernet Sauvignon’[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2020, 46(3): 303–309.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



有机肥施用量对‘赤霞珠’产量和品质的影响

郭鹏飞, 闫鹏科, 孙权*

(宁夏大学农学院, 宁夏 银川 750021)

摘 要: 以 5 年生‘赤霞珠’为研究对象, 连续 2 a(2017、2018 年)施用羊粪基有机肥, 施用量分别为 8、10、12、14、16 t/hm², 分别记为 T1、T2、T3、T4、T5, 以不施肥为对照(CK)进行田间试验, 探讨羊粪基有机肥对土壤有机碳含量, 葡萄产量和品质的影响。结果表明: 随着有机肥施用量的提高, 土壤有机碳含量呈增长趋势, 施肥量为 16 t/hm² 时, 土壤有机碳含量最高, 2017、2018 年分别比对照增长 31.27%、50.51%; 施用有机肥对葡萄增产有显著作用, 施用量为 12 t/hm² 时, 2017、2018 年葡萄产量和收益均为最高; 有机肥对葡萄品质具有改善作用, 2017、2018 年施用有机肥处理的葡萄的可溶性固形物、还原性糖、可溶性糖、总酚含量均显著高于 CK 的, 2017、2018 年有机肥施用量为 12 t/hm² 时, 葡萄的可溶性固形物、还原性糖、可溶性糖、花色苷、总酚含量均为最高; 葡萄的可溶性固形物、还原性糖、可溶性糖、花色苷、总酚含量和产量与土壤有机碳含量呈显著或极显著正相关关系; 葡萄产量和土壤有机碳含量的线性回归方程为 $y=1\ 442.827x-2\ 979.933$, $R^2=0.469$ 。综上可知, 施用有机肥可提高土壤有机碳含量, 增加葡萄产量, 改善果实品质, 建议葡萄种植生产中有有机肥施用量为 12 t/hm²。

关 键 词: 葡萄; 赤霞珠; 羊粪基有机肥; 有机碳; 产量; 品质

中图分类号: S663.1 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2020)03-0303-07

Effect of the amount of organic fertilizer on the yield and quality of ‘Cabernet Sauvignon’

GUO Pengfei, YAN Pengke, SUN Quan*

(School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: To explore the effect of organic fertilizer on soil organic carbon content, grape yield and quality, with use of the 5-year-old ‘Cabernet Sauvignon’ as martial, the organic fertilizer was applied continuously for 2 years(2017, 2018), the application rates were 8, 10, 12, 14, 16 t/hm², marked as T1, T2, T3, T4, T5, respectively. The control(CK) had no fertilization. The results showed that with the increase of organic fertilizer application, the soil organic carbon content showed an increasing trend. When the fertilizer application rate was 16 t/hm², the soil organic carbon content was the highest, which increased by 31.27% and 50.51% compared with CK in 2017 and 2018, respectively. The application of organic fertilizer has a significant effect on grape yield increase. When the application rate was 12 t/hm², the grape yield and benefit were the highest in 2017 and 2018. Meanwhile, the organic fertilizer has a positive effect on the quality of grapes. When the application rate of organic fertilizer was 12 t/hm² in 2017 and 2018, the contents of soluble solids, reducing sugars, soluble sugars, anthocyanins and total phenol of grape were the highest, and the soluble solids, reducing sugars, soluble sugar, anthocyanin, total phenol content and yield of grape had a significant or extremely significant positive correlation with soil organic carbon content. The linear regression equation for grape yield and soil organic

收稿日期: 2019-09-06

修回日期: 2020-05-22

基金项目: 宁夏“十三五”重大科技项目(2018BBF02021); 宁夏回族自治区重点研发计划项目(2019BCF01001、2018BBF02004)

作者简介: 郭鹏飞(1995—), 男, 山西蒲县人, 硕士研究生, 主要从事农业资源利用研究, 2316499852@qq.com; *通信作者, 孙权, 教授, 主要从事农业资源利用研究, sqnxu@sina.com

carbon content is $y=1\ 442.827x-2\ 979.933$, $R^2=0.469$. In summary, the application of organic fertilizer can increase the soil organic carbon content, the yield of grape and the quality of grape fruit. 12 t/hm² organic fertilizer application in grape production is recommended.

Keywords: grape; Cabernet Sauvignon; sheep manure-based organic fertilizer; organic carbon; yield; quality

随着宁夏葡萄产业化的建立,种植户为追求高产和经济效益最大化,过量施用化肥,忽视有机肥的施用,导致养分比例不合理、土壤质量下降、肥料利用率低^[1]、葡萄品质下降等问题^[2]。有机肥养分全面,含有大量有机质和多种植物体必需元素,既可以培肥土壤^[3],又可以满足植物生长发育^[4],同时有机肥中存在大量的微生物和酶^[5],对改善农产品品质、保持其营养风味具有特殊作用^[6-7]。田益华等^[8]研究发现,有机肥施肥量为 22.5 t/hm² 和 45 t/hm² 时,较不施肥葡萄的可溶性固形物分别增加 1.8%和 6.1%,可滴定酸含量分别降低 6.5%和 8.5%;有机肥施肥量从 45 t/hm² 增加到 90 t/hm² 时,葡萄的可溶性固形物增加 7.4%,可滴定酸降低 9.7%。许晓瑞等^[9]研究表明,羊粪有机肥肥效长缓,培肥地力效果显著,同时增加葡萄果实中的可溶性糖和维生素 C 含量。郭洁等^[10]研究表明,随生物有机肥施用量的增加,葡萄果实的总糖含量提高 1.11%~1.94%,总酸度下降 0.18%~0.27%,糖酸比增大 10.04%~16.13%,增产 360.05%~554.14%。

本研究中,以 5 年生‘赤霞珠’为研究对象,探讨有机肥对土壤有机碳、葡萄产量和品质的影响,以期对宁夏葡萄优质栽培提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验于 2017 年 4 月 20 日至 2018 年 10 月 25 日在宁夏回族自治区吴忠市红寺堡区汇达阳光生态酒庄种植基地(38°43'N, 105°45'E)进行。该地区为山间盆地,属中温带干旱气候区,年均气温 8.7℃,年均降水量 288 mm,年均蒸发量为 2 050 mm,昼夜温差大,有利于提升葡萄的品质。土壤为灰钙土,壤质。施肥前土壤 pH 值 8.51,有效磷、速效钾、碱解氮含量分别为 7.01、153.61、18.9 mg/kg,全氮、有机质、全磷、全盐含量分别为 0.53、9.45、0.44、1.08 g/kg。

1.2 试验设计

供试葡萄为酿酒葡萄,品种为 5 年生‘赤霞珠’。样地为南北行向,行长 75 m,行距 3.5 m,株距 0.6 m。供试肥料为羊粪基有机肥(宁夏五丰农业科技有限公司出品),其有机质含量 45%,氮磷钾总含量 5%。试验采用单因素多水平随机区组设计。参照郭洁等^[10]和王锐等^[11]的研究结果,结合土壤有机质含量设 5 个施肥量处理,分别为 8、10、12、14、16 t/hm²,分别记为 T1、T2、T3、T4、T5,以不施肥为对照(CK)。每个处理设 3 个重复小区,共有 18 个小区。小区长 25.0 m,宽 3.5 m,每个小区面积 87.5 m²,试验总用地面积 1 575 m²。每年在葡萄萌芽前(5 月上旬)进行施肥。施肥方式为沟施,在距葡萄树杆 45 cm 处开 40 cm(宽)×60 cm(深)的施肥沟,将有机肥与土混匀回填。于 9 月中旬葡萄成熟期采摘,并同时采集土壤样品。

1.3 指标的测定

1.3.1 土壤有机碳的测定

在葡萄成熟期,采集每个小区 0~40 cm 土壤,于室内阴凉通风处自然风干后,样品磨细过孔径 0.25 mm 筛,采用重铬酸钾-外加热法^[12]测定土壤有机碳含量。

1.3.2 葡萄产量的测定和收益计算

在葡萄成熟期,随机挑选 20 棵葡萄果树,测定每棵树的实际产量,最后统一折算成公顷产量。按葡萄当季价格计算产值和收益。葡萄价格为 5.00 元/kg,肥料成本为 500 元/t。

1.3.3 葡萄品质的测定

在葡萄成熟期,随机采集同一部位具代表性的果穗,每穗上选取适量葡萄,搅拌成浆,测定品质。采用手持糖量计测定果实可溶性固形物含量;采用 NaOH 滴定法^[13]测定可滴定酸含量;采用蒽酮比色法^[14]测定可溶性糖含量;采用 3,5-二硝基水杨酸法^[15]测定还原糖含量;采用福林-丹尼斯法测定单

宁含量，采用福林 - 肖卡法^[16]测定总酚含量，采用 pH 示差法^[17]测定花色苷含量。

1.4 数据统计分析

运用 Excel 2010 整理数据和绘图；采用 SPSS 22.0 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 有机肥施用量对土壤有机碳的影响

由表 1 可知，有机培肥显著影响土壤有机碳含

表 1 2017 和 2018 年施用羊粪基有机肥处理‘赤霞珠’种植土壤有机碳含量

Table 1 Organic carbon content of ‘Cabernet Sauvignon’ planting soil treated with goat manure-based organic fertilizer in 2017 and 2018

处理	土壤有机碳含量/(mg·kg ⁻¹)	
	2017 年	2018 年
CK	(5.50±0.05)e	(4.95±0.05)e
T1	(6.49±0.03)d	(6.51±0.02)d
T2	(6.81±0.02)c	(6.85±0.03)c
T3	(7.04±0.03)b	(7.09±0.05)b
T4	(7.16±0.01)a	(7.35±0.02)a
T5	(7.22±0.01)a	(7.45±0.01)a

同列不同字母示处理间差异显著(P<0.05)。

表 2 2017 和 2018 年施用羊粪基有机肥处理的‘赤霞珠’产量和收益

Table 2 Production and benefits of ‘Cabernet Sauvignon’ treated with goat manure-based organic fertilizer in 2017 and 2018

年份	处理	产量/(kg·hm ⁻²)	增产/%	产值/(元·hm ⁻²)	肥料成本/(元·hm ⁻²)	收益/(元·hm ⁻²)
2017	CK	(6 246.34±79.67)e	0.00	31 231.70	0	31 231.70
	T1	(7 246.48±482.65)d	16.01	36 232.40	4 000	32 232.40
	T2	(7 495.24±403.92)d	19.99	37 476.20	5 000	32 476.20
	T3	(10 844.50±238.56)a	73.61	54 222.50	6 000	48 222.50
	T4	(10 135.92±229.51)b	62.27	50 679.60	7 000	43 679.60
	T5	(9 287.30±482.65)c	48.68	46 436.50	8 000	38 436.50
2018	CK	(6 061.11±79.67)d	0.00	30 305.55	0	30 305.55
	T1	(7 371.15±482.65)c	21.61	36 855.75	4 000	32 855.75
	T2	(7 718.48±482.65)c	27.34	38 592.40	5 000	33 592.40
	T3	(11 002.54±482.65)a	81.53	55 012.70	6 000	49 012.70
	T4	(10 102.61±482.65)b	66.68	50 513.05	7 000	43 513.05
	T5	(9 594.34±210.27)b	58.29	47 971.70	8 000	39 971.70

同一年内同列不同字母示处理间差异显著(P<0.05)。

2.3 有机肥施用量对葡萄品质的影响

由表 3 可知，2017、2018 年施用有机肥处理的葡萄的可溶性固形物、还原性糖、可溶性糖和总酚含量均显著高于 CK 的；葡萄的可溶性固形物、还原

量，有机碳含量随施肥量的增加呈递增的趋势；2017、2018 年施用有机肥处理的土壤有机碳含量均显著高于 CK 的；2017、2018 年，T5 处理有机碳含量最高，分别为 7.22、7.45 g/kg，与 CK 相比，分别增长 31.27%、50.51%。有机培肥 2018 年较 2017 年土壤有机碳含量增加 0.31%~3.19%。

2.2 有机肥施用量对葡萄产量和收益的影响

由表 2 可知，有机培肥显著影响葡萄的产量，2 年产量均随施肥量的增加呈先增后减的趋势。2017 年 施用有机肥处理比不施肥的增产 16.01%~73.61%，其中 T3 处理产量最高，为 10 844.50 kg/hm²，分别较 CK、T1、T2、T4、T5 增产 73.61%、49.65%、44.69%、6.99%、16.77%；T3 收益最高，为 48 222.50 元/hm²。2018 年，施用有机肥处理比不施肥的增产 21.61%~81.53%，其中 T3 处理产量最高，为 11 002.54 kg/hm²，分别较 CK、T1、T2、T4、T5 增产 81.53%、49.26%、42.55%、8.91%、14.68%；T3 收益最高，为 49 012.70 元/hm²。

性糖、可溶性糖、单宁、花色苷和总酚含量均随施肥量的增加呈先增后减的趋势；T3 的可溶性固形物、还原性糖、可溶性糖、花色苷和总酚含量均为最高，且显著高于其他处理。

表 3 2017 和 2018 年施用羊粪基有机肥处理的‘赤霞珠’品质

年份	处理	可溶性固形物含量/%	还原性糖含量/%	可滴定酸含量/%	可溶性糖含量/%	单宁含量/(mg·g ⁻¹)	花色苷含量/(mg·g ⁻¹)	总酚含量/(mg·g ⁻¹)
2017	CK	(23.34±0.01)f	(16.18±0.03)f	(5.24±0.01)a	(8.91±0.26)d	(13.89±0.43)e	(1.89±0.43)d	(6.80±1.05)d
	T1	(24.76±0.01)e	(17.14±0.04)d	(4.81±0.06)b	(13.09±0.21)bc	(16.80±0.12)b	(1.92±0.12)d	(12.09±0.08)c
	T2	(24.85±0.02)d	(17.51±0.03)c	(4.43±0.01)c	(14.07±0.65)b	(17.88±0.08)a	(2.07±0.08)cd	(12.66±0.04)bc
	T3	(25.53±0.01)a	(20.14±0.01)a	(4.38±0.12)c	(15.98±0.41)a	(16.09±0.25)bc	(2.96±0.12)a	(14.55±0.15)a
	T4	(24.97±0.01)b	(18.75±0.01)b	(4.15±0.02)d	(13.10±0.02)bc	(15.83±0.05)c	(2.36±0.25)b	(14.14±0.09)ab
	T5	(24.91±0.01)c	(16.75±0.02)e	(4.10±0.02)d	(11.92±0.31)c	(14.92±0.12)d	(2.28±0.05)bc	(13.82±0.02)ab
2018	CK	(23.46±0.02)e	(16.44±0.04)f	(5.29±0.05)a	(9.04±0.01)e	(14.32±1.2)d	(1.90±0.43)c	(6.86±0.02)f
	T1	(24.35±0.19)d	(17.45±0.02)d	(4.85±0.13)b	(14.03±0.20)b	(17.23±0.25)ab	(2.03±0.12)c	(12.21±0.05)e
	T2	(24.77±0.01)c	(17.80±0.01)c	(4.42±0.04)c	(14.19±0.12)b	(18.41±0.01)a	(2.19±0.08)bc	(12.77±0.12)d
	T3	(25.68±0.02)a	(20.28±0.01)a	(4.47±0.01)c	(16.11±0.02)a	(16.52±0.01)bc	(3.02±0.12)a	(14.67±0.01)a
	T4	(25.18±0.05)b	(18.94±0.04)b	(4.19±0.02)d	(13.23±0.06)c	(16.26±0.12)bc	(2.48±0.25)b	(14.25±0.04)b
	T5	(24.90±0.02)c	(17.04±0.04)e	(4.10±0.02)d	(12.05±0.14)d	(15.35±0.23)cd	(2.40±0.05)b	(13.94±0.14)c

同一年内同列不同字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。

与CK相比,2017、2018 年施用有机肥处理的葡萄的可溶性固形物含量增幅分别为 3.79%~9.46%、6.08%~9.38%,T3、T4、T5、T2、T1、CK的可溶性固形物含量依次降低。2017 年T3 的可溶性固形物含量为 25.53%,分别较CK、T1、T2、T4、T5 增加 9.38%、3.11%、2.74%、2.24%、2.49%。2018 年T3 的可溶性固形物含量为 25.68%,分别较CK、T1、T2、T4、T5 增加 9.46%、5.46%、3.67%、1.99%、3.13%。

T3、T4、T2、T1、T5、CK的还原性糖含量依次下降。2017 年T3 的还原性糖含量为 20.14%,较CK、T1、T2、T4、T5 分别增加 24.47%、17.50%、15.02%、7.41%、20.24%。2018 年T3 的还原性糖含量为 20.28%,较CK、T1、T2、T4、T5 分别增加 23.36%、16.22%、13.93%、7.07%、19.01%。

施用有机肥处理的葡萄的可滴定酸含量显著低于CK的。2017 年CK、T1、T2、T3、T4、T5 的可滴定酸含量依次下降,CK的可滴定酸含量为 5.24%,T1、T2、T3、T4、T5 较CK分别降低 8.21%、15.46%、16.41%、20.80%、21.76%。2018 年CK、T1、T3、T2、T4、T5 的可滴定酸含量依次下降,CK的可滴定酸含量为 5.29%,T1、T2、T3、T4、T5 较CK分别降低 8.32%、16.45%、15.50%、20.79%、22.50%。

2017 年T3、T2、T4、T1、T5、CK的可溶性糖

含量依次下降,T3 的可溶性糖含量为 15.98%,较CK、T1、T2、T4、T5 分别增加 79.35%、22.08%、13.57%、21.98%、34.06%。2018 年T3、T2、T1、T4、T5、CK的可溶性糖含量依次下降,T3 的可溶性糖含量为 16.11%,较CK、T1、T2、T4、T5 分别增加 78.21%、14.83%、13.53%、21.77%、33.69%。

T2、T1、T3、T4、T5、CK的单宁含量依次下降,除 2018 年T5 外,施用有机肥处理的葡萄的单宁含量显著高于CK的。2017 年T2 的单宁含量为 17.88 mg/g,较CK、T1、T3、T4、T5 分别增加 28.73%、6.43%、11.12%、12.95%、19.84%。2018 年T2 的单宁含量为 18.41 mg/g,较CK、T1、T3、T4、T5 分别增加 28.56%、6.85%、11.44%、13.22%、19.93%。

T3、T4、T5、T2、T1、CK的花色苷含量依次下降,T3、T4、T5 的葡萄花色苷含量显著高于CK的。2017 年T3 的花色苷含量为 2.96 mg/g,较CK、T1、T2、T4、T5 分别增加 56.61%、54.17%、43.00%、25.42%、29.82%。2018 年T3 的花色苷含量为 3.02 mg/g,较CK、T1、T2、T4、T5 分别增加 58.95%、48.77%、38.90%、21.77%、25.83%。

T3、T4、T5、T2、T1、CK的总酚含量依次下降。2017 年T3 的总酚含量为 14.55 mg/g,较CK、T1、T2、T4、T5 分别增加 113.97%、20.35%、14.93%、2.90%、5.28%。2018 年T3 的总酚含量为 14.67 mg/g,较CK、T1、T2、T4、T5 分别增加 113.85%、20.15%、14.88%、2.95%、5.24%。

2.4 土壤有机碳含量与葡萄产量和品质的相关性

由表 4 可知，葡萄可溶性固形物、还原性糖、可溶性糖、花色苷、总酚含量和产量与土壤有机碳含量呈显著或极显著正相关关系。有机碳含量(x)与

葡萄产量(y)的回归方程为 $y=1\,442.827x-2\,979.933$ ，决定系数 $R^2=0.469$ ，说明产量的 46.9%可以用有机碳含量来解释。 $P<0.05$ ，在 $\alpha=0.05$ 的检验水准下，认为所拟合的多重线性回归方程具有统计学意义。

表 4 土壤有机碳含量与‘赤霞珠’产量和品质的相关系数

项目	相关系数							
	产量	可溶性固形物含量	还原性糖含量	可滴定酸含量	可溶性糖含量	单宁含量	花色苷含量	总酚含量
有机碳含量	0.685*	0.579*	0.798**	-0.290	0.827**	0.46	0.600*	0.820**

“*”示显著相关($P<0.05$)；“**”示极显著相关($P<0.01$)。

3 结论与讨论

郝小雨等^[18]研究表明，在苏打盐碱土壤长期进行有机培肥可以提高土壤肥力，有利于土壤碳素的长期固存，增强土壤的碳汇功能。赵丹丹等^[19]研究表明，有机无机肥配施土壤有机碳含量提高 42.2%。梁太波等^[20]研究表明，与单施化肥相比，增施有机肥能够显著增加土壤有机碳总量。贺梅等^[21]研究表明，有机粪肥能够提高土壤有机碳的含量。本研究结果与前人研究结果一致，施用 2 a 有机肥，土壤有机碳含量随有机肥施用量的增大而提高，2018 年较 2017 年土壤有机碳增加 0.31%~3.19%。这可能是由于有机肥一般以腐殖质的形式存在于土壤，有机肥施用量增加会提高腐殖质的含量，腐殖质通过土壤微生物分解成土壤有机碳，有机碳含量则随之增加。但土壤有机碳的形成是一个比较漫长的过程，第 2 年土壤有机碳含量增加量比第 1 年更大。

有机肥营养元素齐全，施用有机肥可有效改善作物的品质^[22]。赵营等^[23]研究表明，施用有机肥可改善葡萄的品质。张筠筠等^[24]研究表明，施有机肥处理显著增加葡萄的可溶性糖含量和降低葡萄的可滴定酸含量。虽然有机肥能够改善作物品质，但随有机肥施肥量的增加，可溶性固形物和多糖呈先增加后降低趋势^[25]。本研究结果与前人研究结果一致，2017、2018 年施用有机肥处理的葡萄的可溶性固形物、还原性糖、可溶性糖、总酚含量均显著高于 CK 的 2 a 有机肥施用量均为 12 t/hm² 时的葡萄的可溶性固形物、还原性糖、可溶性糖、花色苷、总酚含量最高。这可能是由于有机肥腐解后，为土壤微生物活动提供能量和养料，促进微生物活动，加速有机质分解^[26]，产生的活性物质等能改善葡萄的品质。当有机肥施用量大于 12 t/hm² 时，葡萄的可

溶性固形物、还原性糖、可溶性糖、花色苷、总酚含量下降，说明合理施用有机肥对葡萄的品质具有提升的作用。

王孝娣等^[27]研究结果表明，施用羊粪基有机肥处理的葡萄产量比不施肥处理的显著增加 36.69%。郭洁等^[10]研究表明，超过最佳施用量，葡萄产量会随生物有机肥增加而下降。本研究结果与前人研究结果一致。2017、2018 年施用有机肥处理比不施肥的分别增产 16.01%~73.61%、21.61%~81.53%，葡萄产量最高的最佳施肥量为 12 t/hm²。这可能是由于有机肥料施入土壤后，经微生物分解会源源不断地释放各种养分供植物吸收利用，还能不断释放二氧化碳，改善植物的氮素营养，有利于产量的提高^[28]，但随着有机肥的投入量越来越多，所提供的氮磷钾越来越多，超过植物所需养分，反而会抑制葡萄的生长发育，产量不增反降。

本研究中，葡萄的可溶性固形物、还原性糖、可溶性糖、花色苷、总酚含量和产量与土壤有机碳含量呈显著或极显著正相关关系；葡萄产量和土壤有机碳含量的线性回归方程为 $y=1\,442.827x-2\,979.933$ ， $R^2=0.469$ 。可见，增加有机碳含量可增加葡萄的产量，提高葡萄的品质。

参考文献：

[1] 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．
NING C C ,WANG J W ,CAI K Z .The effects of organic fertilizers on soil fertility and soil environmental quality : a review[J] .Ecology and Environmental Sciences ,2016 , 25(1) : 175-181 .
[2] 隋宗明，刘海，殷洁，等．紫茎泽兰堆肥对葡萄产量、品质和土壤性状指标的影响[J]．草业学报，2018，27(2)：

- 88–96 .
SUI Z M , LIU H , YIN J , et al . Effects of *Eupatorium adenophorum* compost on soil characteristics and yield and quality of grape[J] . Acta Prataculturae Sinica , 2018 , 27(2) : 88–96 .
- [3] 李先 , 刘强 , 荣湘民 , 等 . 有机肥对水稻产量和品质及氮肥利用率的影响[J] . 湖南农业大学学报(自然科学版) , 2010 , 36(3) : 258–262 .
LI X , LIU Q , RONG X M , et al . Effects of organic fertilizers on yield and quality of rice grains and nitrogen use efficiency[J] . Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences) , 2010 , 36(3) : 258–262 .
- [4] 张建国 . 复合生物有机肥对烤烟含钾量及生长发育、产质效应的影响[D] . 泰安 : 山东农业大学 , 2004 .
ZHANG J G . Effect of CBF on the potassium content , growth and development, yield and quality of flue-cured tobacco[D] . Taian , China : Shandong Agricultural University , 2004 .
- [5] 尚来贵 , 张岩竹 . 长期施用有机肥土壤磷素的演变规律研究[J] . 农业开发与装备 , 2013(8) : 46 .
SHANG L G , ZHANG Y Z . Study on the evolution law of soil phosphorus in long-term application of organic fertilizer[J] . Agricultural Development & Equipments , 2013(8) : 46 .
- [6] 李恕艳 , 李吉进 , 张邦喜 , 等 . 施用有机肥对番茄品质风味的影响[J] . 中国土壤与肥料 , 2017(2) : 114–119 .
LI S Y , LI J J , ZHANG B X , et al . Effect of different organic fertilizers application on tomato quality and flavor[J] . Soil and Fertilizer Sciences in China , 2017(2) : 114–119 .
- [7] 陈大超 , 张跃强 , 甘涛 , 等 . 有机肥施用量及深度对柑橘产量和品质的影响[J] . 中国土壤与肥料 , 2018(4) : 143–147 .
CHEN D C , ZHANG Y Q , GAN T , et al . The response of citrus yield and quality to application of organic fertilizer with different depths and rates[J] . Soil and Fertilizer Sciences in China , 2018(4) : 143–147 .
- [8] 田益华 , 王倩 , 奚晓军 , 等 . 有机肥施用量对‘夏黑’葡萄生长和果实品质的影响[J] . 中国农学通报 , 2015 , 31(31) : 125–129 .
TIAN Y H , WANG Q , XI X J , et al . Effects of different organic fertilizer application levels on the growth and fruit quality of ‘Xiahei’ grapes[J] . Chinese Agricultural Science Bulletin , 2015 , 31(31) : 125–129 .
- [9] 许晓瑞 , 王锐 , 纪立东 , 等 . 有机培肥对贺兰山东麓酿酒葡萄及土壤化学性质的影响[J] . 北方园艺 , 2016(12) : 183–187 .
XU X R , WANG R , JI L D , et al . Effect of organic amendment on wine grapes and soil chemical property in the eastern foot of Helan mountain[J] . Northern Horticulture , 2016(12) : 183–187 .
- [10] 郭洁 , 孙权 , 张晓娟 , 等 . 生物有机肥对酿酒葡萄生长、养分吸收及产量品质的影响[J] . 河南农业科学 , 2012 , 41(12) : 76–80 .
GUO J , SUN Q , ZHANG X J , et al . Effect of bio-organic fertilizer on wine grape growth, nutrients absorption, yield and quality[J] . Journal of Henan Agricultural Sciences , 2012 , 41(12) : 76–80 .
- [11] 王锐 , 马蕾 , 李磊 , 等 . 不同施肥处理对土壤肥力及酿酒葡萄品质的影响[J] . 北方园艺 , 2017(18) : 121–126 .
WANG R , MA L , LI L , et al . Influence of different fertilization treatments on soil fertility and wine grapes composition [J] . Northern Horticulture , 2017(18) , 121–126 .
- [12] 杨永辉 , 武继承 , 丁晋利 , 等 . 长期免耕对不同土层土壤结构与有机碳分布的影响[J] . 农业机械学报 , 2017 , 48(9) : 173–182 .
YANG Y H , WU J C , DING J L , et al . Effects of long-term no-tillage on soil structure and organic carbon distribution in different soil layers[J] . Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery , 2017 , 48(9) : 173–182 .
- [13] 路瑾瑾 , 李戈 , 李翔宇 , 等 . 北京地区 6 个鲜食枣品种果实品质分析[J] . 北京农学院学报 , 2017 , 32(3) : 52–56 .
LU J J , LI G , LI X Y , et al . Fruit quality analysis of 6 different fresh edible jujube cultivars in Beijing[J] . Journal of Beijing University of Agriculture , 2017 , 32(3) : 52–56 .
- [14] 刘少茹 , 聂明建 , 王丽虹 , 等 . 甘薯贮藏过程中淀粉与可溶性糖的变化[J] . 安徽农业科学 , 2015 , 43(25) : 274–276 .
LIU S R , NIE M J , WANG L H . Change of sweet potato starch and soluble sugar in the process of storage[J] . Journal of Anhui Agricultural Sciences , 2015 , 43(25) : 274–276 .
- [15] 赵凯 , 许鹏举 , 谷广烨 . 3 , 5-二硝基水杨酸比色法测定还原糖含量的研究[J] . 食品科学 , 2008 , 29(8) : 534–536 .
ZHAO K , XUE P J , GU G Y . Study on determination of reducing sugar content using 3 , 5-dinitrosalicylic acid method[J] . Food Science , 2008 , 29(8) : 534–536 .
- [16] HERNANDEZ T , HERNANDEZ A . Available carbohydrates in alfalfa leaf protein concentrates[J] . Journal of Agricultural and Food Chemistry , 1994 , 42(8) : 1747–1749 .
- [17] 崔倩 , 蒋益虹 , 王颖滢 , 等 . 紫马铃薯花色苷提取工艺的研究[J] . 中国粮油学报 , 2010 , 25(11) : 106–109 .
CUI Q , JIANG Y H , WANG Y Y , et al . Extraction of anthocyanins from purple potato[J] . Journal of the

- Chinese Cereals and Oils Association, 2010, 25(11): 106–109.
- [18] 郝小雨, 马星竹, 周宝库, 等. 长期不同施肥措施下黑土有机碳的固存效应[J]. 水土保持学报, 2016, 30(5): 316–321.
- HAO X Y, MA X Z, ZHOU B K, et al. Effect of different long-term fertilization practices on carbon sequestration in black soil[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2016, 30(5): 316–321.
- [19] 赵丹丹, 王俊, 付鑫. 长期定位施肥对旱作农田土壤有机碳及其组分的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2017, 35(1): 97–102.
- ZHAO D D, WANG J, FU X. Effect of long-term fertilization on soil organic carbon and its fractions under dryland farming system[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2017, 35(1): 97–102.
- [20] 梁太波, 赵振杰, 刘青丽, 等. 增施有机肥对烟田土壤有机碳组分特征及 CO₂ 排放的影响[J]. 烟草科技, 2017, 50(12): 8–13.
- LIANG T B, ZHAO Z J, LIU Q L, et al. Effects of organic manure on soil organic carbon composition and CO₂ emission in tobacco planting field[J]. Tobacco Science & Technology, 2017, 50(12): 8–13.
- [21] 贺美, 王立刚, 王迎春, 等. 长期定位施肥下黑土呼吸的变化特征及其影响因素[J]. 农业工程学报, 2018, 34(4): 151–161.
- HE M, WANG L G, WANG Y C, et al. Characteristic of black soil respiration and its influencing factors under long-term fertilization regimes[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2018, 34(4): 151–161.
- [22] 曹涤环. 有机肥与化肥配合施用好处多[J]. 农村科学实验, 2016(2): 18–19.
- CAO D H. The combined application of organic fertilizer and chemical fertilizer has many advantages[J]. Rural Scientific Experiment, 2016(2): 18–19.
- [23] 赵营, 包经珊, 梁锦秀, 等. 不同施肥措施对风沙土西拉葡萄产量与品质的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2009(9): 8–11.
- ZHAO Y, BAO J S, LIANG J X, et al. Effect of different fertilization approaches on the yield and berry quality of Syrah grapevine grown in desert aeolian soils[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2009(9): 8–11.
- [24] 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. Effect of chemical fertilizer reduction on soil fertility and wine grape quality in east piedmont area of Helan mountain, Ningxia [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2019, 32(7): 1601–1606.
- [25] 闫鹏科, 常少刚, 孙权, 等. 施用生物有机肥对枸杞产量、品质及土壤肥力的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2019(5): 112–118.
- YAN P K, CHANG S G, SUN Q, et al. Effect of bio-organic fertilizer on yield, quality and soil fertility of wolfberry[J]. Soil and Fertilizer Sciences in China, 2019(5): 112–118.
- [26] 张迎春, 颀建明, 李静, 等. 生物有机肥部分替代化肥对莴笋及土壤理化性质和微生物的影响[J]. 水土保持学报, 2019, 33(4): 196–205.
- ZHANG Y C, XIE J M, LI J, et al. Effects of partial substitution of chemical fertilizer by bio-organic fertilizer on *Asparagus lettuce* and soil physical-chemical properties and microorganisms[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2019, 33(4): 196–205.
- [27] 王孝娣, 慕伟, 汪心泉, 等. 有机肥在红地球葡萄上的肥效对比试验[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2005(4): 24–27.
- WANG X D, QI W, WANG X Q, et al. Fertilizer efficiency of three organic manures on ‘Red Globe’ grapevine[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2005(4): 24–27.
- [28] 董莉, 于凤霞, 罗宏伟. 有机肥料的作用[J]. 吉林农业, 2004(8): 22–23.
- DONG L, YU F X, LUO H W. The role of organic fertilizers [J]. Agriculture of Jilin, 2004(8): 22–23.

责任编辑: 邹慧玲

英文编辑: 柳 正