

王 锐,李 颖,李 磊,等. 施肥区域对酿酒葡萄生长及品质的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(13):109-112.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.13.026

施肥区域对酿酒葡萄生长及品质的影响

王 锐,李 颖,李 磊,顾 欣,孙 权

(宁夏大学农学院,宁夏银川 750021)

摘要:为了掌握宁夏贺兰山东麓地区酿酒葡萄可持续生产的最适宜施肥区域,以 7 年生酿酒葡萄“梅鹿辄”为试验材料,研究了施肥水平距离和垂直深度对酿酒葡萄生长发育及品质的影响。结果表明,施肥距离主干水平距离 40 cm,施肥深度 40 cm 条件有利于提高肥料利用率,增加植株新梢长和 SPAD 值,并且能显著提高植被归一化指数,加大植株对地面覆盖度;施肥深度达到 40 cm 时能有效改善酿酒葡萄糖分的积累且增大糖酸比,单宁含量适宜,酚类物质丰富。在埋土防寒区葡萄“深沟浅栽”模式下,肥料的适度深施能引导根系下扎,合理的施肥区域能显著促进酿酒葡萄生长及品质的提升。

关键词:酿酒葡萄;施肥区域;品质;经济效益;生长发育

中图分类号: S663.106 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)13-0109-03

宁夏贺兰山东麓酿酒葡萄“原产地保护区”因独特的气候条件与土壤类型,而成为发展优质酿酒葡萄的主栽产区^[1-2]。然而受冬季气温过低和空气湿度较小的影响,葡萄必须采取埋土防寒的方式越冬,在施肥过程中距离葡萄主干过近或过远时,对根系损伤较大或根系对养分吸收不畅,导致葡萄生长受到影响,降低了葡萄原料的品质,继而影响葡萄酒的优劣^[3]。

植物主要通过根系从土壤中吸收养分和水分,植株根系的生长与地上部的生长发育直接取决于土壤养分的供应情况。施肥区域直接影响着植株根系吸收养分的速率及肥料的利用率。葡萄树属于深根性藤本植物,其根系最深可达 10 m,但在贺兰山东麓质地较粗、容重较大的区域,根系分布较浅,水平分布不均匀,部分区域垂直分布不足 1 m,尤其毛根的分布与肥料施入的深度和水平位置息息相关,不当的施肥区域引发肥料利用率低和葡萄抗寒性差的同时,对葡萄植株生长和浆果品质影响也较大。有机肥通常在春季或秋季采用一次性沟施,施肥深度在 20 cm 以内,追肥则通常将化肥撒施在表面或施于地表 5 cm 以内,然后进行灌水,该种方式不仅造成肥料大量浪费,严重降低肥料利用率,同时,浅施肥导致深层根系得不到养分供给,植株生长受到抑制,果实品质降低,更为严重时,会造成植株支撑力不足,早衰枯萎^[4-5]。葡萄施肥区域应与树龄、土壤状况、根系分布深度相关,在根毛集中区域施肥有利于提高养分转化率,促进更多养分向营养器官输送,增加干物质积累^[2,6]。在施肥量一定的情况下,施肥位置过于集中会导致根系有效吸收相对较少、养分浓度的

波动较大等问题^[7],但在葡萄根域限制栽培下施肥精度高,容易实现自动化灌水管理体系^[8]。

关于根区土壤养分和根系分布情况的研究较多,关于行向种植的酿酒葡萄合理施肥水平区域和施肥深度的成果较少,为了构建贺兰山东麓酿酒葡萄的合理施肥体系,本研究通过设定不同施肥区域,探讨不同施肥区域对酿酒葡萄生长发育、产量和品质的影响,确定最佳施肥区域,以期对宁夏贺兰山东麓酿酒葡萄产业的发展提供相应理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验地位于宁夏银川玉泉营农场南大滩葡萄基地(38°14'21"N,106°01'38"E),系贺兰山洪积扇三级阶梯,成土母质以洪积物为主,地形相对平坦,土壤侵蚀度轻。该区域属典型的大陆性气候,光能资源丰富,平均日照时长为 7.8~8.3 h,年均日照数在 2 800 h 以上,昼夜温差 10~15℃,年均温度 8.8℃,年均降水量 198 mm,无霜期 160~170 d。试验地土壤相对贫瘠,土壤类型为淡灰钙土,基本化学性质见表 1。

表 1 土壤基本化学性质

深度 (cm)	pH 值	全盐 含量 (g/kg)	有机质 含量 (g/kg)	碱解氮 含量 (mg/kg)	有效磷 含量 (mg/kg)	速效钾 含量 (mg/kg)
0~30	8.76	0.39	2.89	13.24	13.69	90.23
30~60	8.68	0.38	3.24	11.26	12.32	86.95

1.2 试验设计

试验对象为 7 年生酿酒葡萄品种“梅鹿辄”,架形为“独立龙干”形,采用多因素随机区组设计,行长 85 m,行距 3.0 m,株距 0.6 m,小区面积 255 m²。设置 6 个处理,重复 5 次,具体设计方案见表 2。所有处理均采用滴灌方式进行灌溉,枝条修剪以及病虫害防治等栽培措施均保持一致。除对照(CK)外,所有处理均采用口径为 30 cm 的小型挖机开沟后进行施肥填埋,施肥采用有机无机配合一次性施入方式,生物

收稿日期:2017-02-14

基金项目:宁夏重点研发项目(编号:2016WG02、2015BFP02);宁夏重大专项(编号:2015BY11101);现代农业产业技术体系建设专项(编号:nycytx-30)。

作者简介:王 锐(1981—),男,湖北潜江人,博士,副教授,主要从事干旱区农业资源高效利用研究。E-mail:amwangrui@126.com。
通信作者:孙 权,博士,教授,主要从事干旱区土肥水高效利用研究。E-mail:sqnxu@sina.com。

有机肥施用量为 9 t/hm²,按照当年 1/3 分解释放,当年实际供应养分量为 60 kg/hm² N、30 kg/hm² P₂O₅、60 kg/hm² K₂O。投入的化学肥料为 240 kg/hm² N、135 kg/hm² P₂O₅、180 kg/hm² K₂O。当年投入养分总计: 300 kg/hm² N、165 kg/hm² P₂O₅、240 kg/hm² K₂O。

表 2 试验设计	
处理	施肥区域
CK	不施肥
L40V20	施肥距离主干水平距离 40 cm,深度 20 cm
L40V40	施肥距离主干水平距离 40 cm,深度 40 cm
L40V60	施肥距离主干水平距离 40 cm,深度 60 cm
V40L20	施肥深度 40 cm,距离主干水平距离 20 cm
V40L60	施肥深度 40 cm,距离主干水平距离 60 cm

1.3 测定方法

1.3.1 土壤化学性质 pH 值(水土比为 5∶1)采用 pH 计测定;全盐含量采用 DDS-11 电导率仪测定;有机质含量采用重铬酸钾容量法外加-硫酸亚铁滴定法测定;碱解氮含量采用碱解扩散法测定;有效磷含量采用 0.5 mol/L 碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定;速效钾含量采用 1 mol/L 醋酸铵浸提-火焰光度法测定^[9]。

1.3.2 酿酒葡萄品质测定 在酿酒葡萄收获后,随机采集各处理具有代表性果穗 10 串,选取 30 粒用搅拌机打成匀浆进行品质测定:采用手持糖量计测定可溶性固形物含量;NaOH 滴定法测定可滴定酸含量(以酒石酸计);萘酚法测定可溶性糖含量;3,5-二硝基水杨酸法测定还原糖含量;福林-丹尼斯法测定单宁含量(以单宁酸计);pH 示差法测定花色苷含量(以二甲花翠素-3-葡萄糖苷计);福林-肖卡法测定总酚含量(以没食子酸计)^[10-11]。

1.3.3 酿酒葡萄生长指标及产量测定 在新梢生长期采用钢卷尺测量新梢长,SPAD-502 叶绿素仪测定酿酒葡萄叶片的叶绿素含量(SPAD 值),CM1000-NDVI 测量仪测量归一化植被差异指数(NDVI 值),葡萄成熟时在每个处理下随机采取 9 株的果实,计算其单株的平均产量,然后按照公式:理论产量=小区总株数×单株产量,进行理论产量的计算。

1.4 统计分析

采用 Excel 2003 和 SPSS 17.0 软件对试验数据进行整理与分析。

2 结果与分析

2.1 施肥区域对酿酒葡萄新梢长、SPAD 值和 NDVI 值的影响

由表 3 可知,施肥处理下均能提高酿酒葡萄膨大期新梢

长、SPAD 值以及 NDVI 值。施肥距离主干水平距离 40 cm,施肥深度 40 cm 时,显著提高新梢长,相比不施肥处理提高 20.05%,相比施肥深度 20、60 cm 处理分别提高 8.24%、18.53%,其中在施肥深度 60 cm 处理下,土壤紧实度大,抑制毛根向下延伸,进而抑制养分的吸收,显著降低新梢长,且与不施肥处理相比无显著性差异。另外在相同施肥深度条件下,距离植株 20 cm 和 60 cm 处理间新梢长无显著性差异。施肥距离主干水平距离 40 cm,施肥深度 40 cm 处理下 SPAD 值最大,相比施肥深度 60 cm 处理增加了 5.43%。施肥距离植株 40 cm,施肥深度 20、40 cm 处理以及施肥深度 40 cm,距离植株 20 cm 处理均提高 NDVI 值,增加植株叶片对地面的覆盖度,有助于促进叶片光合作用,有利于营养物质积累,为成熟期酿酒葡萄增产和提质奠定良好基础。

表 3 施肥区域对酿酒葡萄新梢长、SPAD 和 NDVI 值的影响			
处理	新梢长 (cm)	SPAD 值	NDVI 值
CK	68.63 ± 1.28b	38.92 ± 1.10c	0.82 ± 0.02c
L40V20	76.12 ± 3.00ab	41.54 ± 0.51b	0.87 ± 0.01a
L40V40	82.39 ± 2.23a	43.29 ± 3.02a	0.87 ± 0.01a
L40V60	69.51 ± 1.81b	41.06 ± 0.75b	0.85 ± 0.01b
V40L20	76.55 ± 1.43ab	42.28 ± 0.80ab	0.87 ± 0.01a
V40L60	75.52 ± 2.86ab	42.14 ± 0.52ab	0.84 ± 0.01b

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下同。

2.2 施肥区域对酿酒葡萄糖、酸的影响

由表 4 可知,在施肥距离主干水平距离 40 cm 时,施肥深度在 40 cm 处理下可溶性固形物含量最高,与施肥深度 20、60 cm 相比,达显著性差异水平($P<0.05$),可溶性固形物含量相比不施肥增加 17.72%,相比施肥深度 20、60 cm 分别增加 7.06%、11.24%,有助于酿酒葡萄品质的提高。表层不施肥或施肥过深会加重酿酒葡萄酸度,对品质不利。施肥深度一定时,施肥距离主干 20 cm 和 60 cm 处理间可溶性固形物含量差异不显著;在施肥距离主干水平距离 40 cm,施肥深度 40 cm 时还原糖含量最高,显著高于施肥深度 20 cm 和 60 cm。施肥深度相同,为 40 cm 时,施肥距离主干 20 cm 和 60 cm 处理间还原糖含量无显著差异。在施肥距离主干水平距离 40 cm,施肥深度 40 cm 处理下糖酸比最大,与其他处理间均存在显著性差异,有助于优质葡萄酒的酿造。植株根系一般分布在 10~40 cm 范围内,过深施肥不仅会影响肥效释放,还会造成养分的流失。施肥距离主干水平距离相同,为 40 cm 时,施肥深度 20 cm 处理糖酸比显著下降,相比施肥深度 40 cm 处理降低了 25.20%,严重影响了葡萄品质的提高。

表 4 施肥区域对酿酒葡萄糖、酸的影响					
处理	可溶性固形物含量 (%)	还原糖含量 (%)	可滴定酸含量 (%)	可溶性糖含量 (%)	糖酸比
CK	20.60 ± 0.10c	13.19 ± 0.41c	0.56 ± 0.03a	12.48 ± 0.05b	23.34 ± 1.53d
L40V20	22.65 ± 0.26b	17.52 ± 0.74b	0.50 ± 0.02b	12.39 ± 0.34b	35.17 ± 2.86bc
L40V40	24.25 ± 0.14a	22.71 ± 1.40a	0.49 ± 0.00b	16.39 ± 1.39a	47.02 ± 1.08a
L40V60	21.80 ± 0.12b	17.43 ± 1.35b	0.51 ± 0.02ab	14.72 ± 0.03ab	33.93 ± 2.35c
V40L20	22.20 ± 0.00b	19.44 ± 0.15ab	0.49 ± 0.01b	15.64 ± 0.04ab	39.67 ± 2.31b
V40L60	22.00 ± 0.23b	16.52 ± 0.90b	0.52 ± 0.01ab	16.82 ± 0.16a	31.46 ± 0.13c

2.3 施肥区域对酿酒葡萄总酚、单宁以及花色苷含量的影响

由表 5 可知,施肥显著提高酿酒葡萄总酚含量,施肥距离主干水平距离 40 cm,施肥深度为 40 cm 时总酚含量最高,相比不施肥增加了 13.34 mg/g,相比施肥深度 20 cm 处理增加了 2.00 mg/g,增幅 11.32%,差异不显著;施肥深度 60 cm 处理显著降低总酚含量,严重影响酿酒葡萄的品质。单宁含量在施肥情况下显著低于不施肥处理,降幅较大,施肥深度 40 cm,施肥距离主干 20 cm 处单宁含量最低。施肥距离主干水平距离 40 cm,施肥深度 40 cm 处理花色苷含量最高,相比施肥深度 20、60 cm 处理分别增加了 5.67%、4.62%,差异显著。可见,在土壤深度 40 cm 处进行施肥有利用植株对养分吸收,提高养分转化,提高酿酒葡萄的品质。

2.4 施肥区域对酿酒葡萄产量以及经济效益的影响

由表 6 可知,相比不施肥处理,施用有机-无机肥有助于提高酿酒葡萄产量,施肥距离主干水平距离 40 cm,施肥深度 40 cm 显著提高了产量,相比不施肥处理增加了 157.99%,对于同等施肥深度,比施肥水平距离主干 20、60 cm 分别增加了

表 5 施肥区域对酿酒葡萄总酚、单宁、花色苷含量的影响

处理	总酚含量 (mg/g)	单宁含量 (mg/g)	花色苷含量 (mg/g)
CK	6.33 ± 0.70c	44.11 ± 2.18a	5.11 ± 0.00c
L40V20	17.67 ± 0.47ab	24.64 ± 8.56bc	6.00 ± 0.06b
L40V40	19.67 ± 0.05a	24.22 ± 11.54bc	6.34 ± 0.01a
L40V60	12.67 ± 0.06bc	25.31 ± 16.20bc	6.06 ± 0.02b
V40L20	15.67 ± 0.77b	21.47 ± 6.70c	5.28 ± 0.00c
V40L60	13.67 ± 0.73bc	27.98 ± 2.15b	5.26 ± 0.01c

4.59%、9.81%,表明强碱性土壤容易降低离子移动性,施肥距离主干太远会影响养分供给。此外,施肥深度 60 cm 也会降低养分利用率,灰钙土 60 cm 深度处于钙积层,土壤容重较大,限制根系生长,大部分养分因固定作用而损耗严重,根系得不到充足的营养物质,从而影响果实干物质积累。结果表明,施用有机-无机肥可显著增加产值,提高经济效益,尤其施肥距离主干水平距离 40 cm,施肥深度 40 cm 处理产投比最高,为 4.21,较大程度上提高了产值。

表 6 施肥区域对酿酒葡萄产量以及经济效益的影响

处理	产量 (kg/hm ²)	成本 (元/hm ²)	产值 (元/hm ²)	经济效益 (元/hm ²)	产投比
CK	4 769.85 ± 0.58c	750	26 711.10	25 961.10	
L40V20	11 660.70 ± 79.48ab	15 630	65 299.80	49 669.80	4.18
L40V40	12 305.55 ± 140.84a	16 380	68 911.05	52 531.05	4.21
L40V60	11 644.80 ± 58.14ab	17 130	65 210.85	48 080.85	3.81
V40L20	11 765.55 ± 52.96ab	16 380	65 887.05	49 507.05	4.02
V40L60	11 206.35 ± 50.47b	16 380	62 755.50	46 375.50	3.83

注:计算时酿酒葡萄价格采用当年平均价,为 5.60 元/kg,生物有机肥 0.8 元/kg,纯 N 5.0 元/kg,P₂O₅ 8.0 元/kg,K₂O 10.0 元/kg,20 cm 机械开沟费用为 360 元/hm²,加深 20 cm 增收 750 元/hm²。

3 讨论

酿酒葡萄栽培离不开养分管理,充足的养分供给是维持植株生长的重要保障,同时,对酿酒葡萄营养生长与生殖生长关系起到协调作用^[12-14]。施肥区域决定肥料利用率,尤其在灰钙土种植酿酒葡萄需要通过确定合理施肥区域来提高养分转化率,进而增加产量和改善品质,此外,也能增强植株抗逆能力^[15]。施肥过深、过浅对设施葡萄产量和品质均不利,将肥料施入根毛集中区域(20~40 cm)有助于提高长势和改善品质^[16-17],本研究得出的结论与之一致。此外,表层和根区施用相同肥料后,产量表现显著性差异^[18]。同等距离主干位置不同,深度施肥对酿酒葡萄长势产生影响,尤其在施肥深度 40 cm 下新梢长达到最大,并且提高叶片 SPAD 值以及植被归一化指数,显著提高还原糖含量,降低可滴定酸含量,可溶性固形物含量相比施肥深度 20 cm 和 60 cm 分别增加了 7.06%、11.24%。此外施肥深度 40 cm 下,距离主干位置对酿酒葡萄影响也较大,特别是距离主干 60 cm 施肥显著降低总酚含量,花色苷含量随之减少,同时,抑制产量增加,对经济效益的提高产生负面影响。主要由于肥料在表施情况下,极易诱导根系表层伸展,不利于根系下扎,限制生长;在施肥过深条件下,土层处于钙积层,土壤容重较大,通气性差,不利于葡萄根系向下生长,而且养分离子容易被固定而降低移动性,无法及时迁移至根部,进而促进生长,导致酿酒葡萄养分失

衡,营养生长与生殖生长关系紊乱,干物质积累较少,容易造成产量下降、品质恶化等现象。

4 结论

施肥位置为距离主干水平距离 40 cm、深度 40 cm,有利于根系对养分吸收,促进酿酒葡萄植株生长,叶片叶绿素含量较多,光合作用强,提高对地面覆盖度,同时,提高糖酸比、总酚含量、花色苷含量,增产提质,经济效益显著,值得示范推广。

参考文献:

[1]王静芳,孙 权,王振平. 宁夏贺兰山东麓酿酒葡萄发展的肥力制约因素与改良措施[J]. 农业科学研究,2007,28(1):24-28.
[2]孙 权,陈 茹,王振平,等. 宁夏贺兰山东麓酿酒葡萄高产栽培的土壤肥力问题与调控途径[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2009(9):69-72.
[3]孙 权,王静芳,王素芳,等. 不同施肥深度对酿酒葡萄叶片养分和产量及品质的影响[J]. 果树学报,2007,24(4):455-459.
[4]平吉成,陈 宇. 宁夏引黄灌区果园施肥针对性和施肥深度问题调查分析[J]. 北方园艺,2000(2):28-29.
[5]王平凡. 施肥深度对设施葡萄产量和品质的影响[J]. 河北林业科技,2014(1):25-26.
[6]武笠平. 春季如何确定果树的施肥部位[J]. 北京农业,1995(1):25.

张战胜,马文礼,屈晓蕾,等. 黄河含沙水自流微灌技术对宁夏贺兰山东麓酿酒葡萄产量及品质的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(13):112-116.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.13.027

黄河含沙水自流微灌技术对宁夏贺兰山东麓酿酒葡萄产量及品质的影响

张战胜¹, 马文礼¹, 屈晓蕾², 王世平³

(1. 宁夏农垦农林牧技术推广服务中心, 宁夏银川 750021; 2. 宁夏农垦集团有限公司, 宁夏银川 750000;
3. 上海交通大学, 上海 200240)

摘要:研究黄河含沙水沟灌和自流微灌条件下酿酒葡萄产量及品质的变化规律,旨在探索贺兰山东麓不同灌溉施肥方式对酿酒葡萄生长发育状况,根际土壤水分含量,产量及品质的影响。结果表明,在该地区使用自流微灌系统较传统沟灌可节水 $1\,673.7\text{ m}^3/\text{hm}^2$,灌溉水利用效率较沟灌高 $8.47\text{ kg}/\text{m}^3$;自流微灌系统的末级输水管的各溢水口出水量间差异不显著,灌水均匀度较高,能够满足生产需要,但输水软管首部至尾部各溢水口肥料均匀度在 0.05 水平上达到了显著差异,效果不佳;在产量和品质方面,自流微灌能够提高浆果中可溶性固形物和总糖含量,利于酿造优质葡萄酒的糖酸比例形成,百粒质量较沟灌增加 10.0 g,但经济产量间差别不大。

关键词:黄河含沙水;自流微灌;酿酒葡萄;产量;品质;生长指标;生理指标;均匀度;糖酸比

中图分类号: S663.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)13-0112-05

宁夏贺兰山东麓地区是中国北方优质酿酒葡萄最适宜气候生态区^[1-2]。按照宁夏回族自治区政府规划,2020 年将在宁夏贺兰山东麓建成 6.67 万 hm^2 优质酿酒葡萄种植区域,着力打造“世界第一葡萄旅游生态文化长廊”^[3]。然而,有限的地表水资源与降水时空分布不均等自然条件严重制约了葡萄种植规模的扩大。当前贺兰山东麓地区酿酒葡萄的主要灌溉方式为大水漫灌(沟灌)^[4],农业灌溉水利用率仅 0.35 左右,这种粗放型管理模式不仅严重浪费了水资源,而且会导致土壤盐渍化,加速土壤板结,降低葡萄产量,影响品质。随着宁

夏建设节水型社会步伐的推进,滴灌等高效节水灌溉方式在酿酒葡萄种植上得到广泛应用,预计 2015—2020 年将在该地区完成 1.75 hm^2 配套滴灌设施,计划减少灌溉用水 3 900 m^3/hm^2 。

有研究表明,荒漠地区使用滴灌比沟灌能够减少用水量 50% 以上,葡萄产量提高 17%,含糖量提高 1.9%^[5];滴灌处理下酿酒葡萄的叶片全氮含量显著提高,果实总酸度降低,糖酸比增加^[6];塑料膜式滴灌带用于葡萄园节水灌溉,节水效果明显,树体生长健壮,葡萄产量提高 14.4%,含糖量增加 1.5%^[7];对传统的滴灌方式适当改进可以实现根系分区交替灌溉,达到调控营养生长与生殖生长、减少生长冗余、大量节水而提高水分利用效率的目的^[8]。然而,在贺兰山东麓许多电网设施未覆盖区域和新垦戈壁砾石荒地上,滴灌无法运行。黄河含沙水自流微灌作为一种新的节水灌溉方式被宁夏农垦集团有限公司引入,该技术解决了黄河含沙水不能直接用于滴灌的技术难题^[9],无须过滤、澄清、更改原有输水渠

收稿日期:2017-02-08

基金项目:国家农业科技成果转化资金(编号:2013GB2G300490)。

作者简介:张战胜(1984—),男,陕西澄城人,硕士,农艺师,主要从事作物高效节水和高产栽培研究。E-mail: zzs211314@163.com。

通信作者:王世平,博士,教授,博士生导师,主要从事果树栽培研究。
E-mail: fruit@sjtu.edu.cn。

[7] 肖元松,彭福田,房 龙,等. 树盘施肥区域大小对¹⁵N 吸收利用及桃幼树生长的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2014,20(4): 957-964.

[8] 牛建新. 葡萄根域限制栽培的肥水管理[J]. 北方园艺,1996(3): 35-38.

[9] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:化学工业出版社,1981.

[10] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000.

[11] 杨夫臣,吴 江,程建徽,等. 葡萄果皮花色素的提取及其理化性质[J]. 果树学报,2007,24(3): 287-292.

[12] Barraclough P B, Weir A H. Effects of a compacted subsoil layer on root and shoot growth, water use and nutrient uptake of winter wheat [J]. Journal of Agricultural Science, 1988, 110(2): 207-216.

[13] 郭晓成. 葡萄优质高效栽培技术(二)[J]. 西北园艺(果树),

2013(4): 17-19.

[14] Jackson D I, Lombard P B. Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality—a review [J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1993, 44(4): 409-430.

[15] 李红波,葛顺峰,姜远茂,等. 嘎啦苹果不同施肥深度对¹⁵N-尿素的吸收、分配与利用特性[J]. 中国农业科学,2011,44(7): 1408-1414.

[16] 许海港,季萌萌,葛顺峰,等. 不同水平位置施肥对‘嘎啦’苹果¹⁵N 吸收、分配与利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2015, 21(5): 1366-1372.

[17] 张 娟,王晓宇,田呈瑞,等. 基于酚类物质的酿酒红葡萄品种特性分析[J]. 中国农业科学,2015(7): 1370-1382.

[18] 仲维华,刘建民. 不同施肥种类和施肥方法对葡萄根量及根系垂直分布的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒,1987(1): 54.