

• 作物水肥高效利用 •

文章编号: 1672-3317(2021)02-0001-06

滴灌方式及灌溉定额对酿酒葡萄 生长、产量及品质的影响

杨凡¹, 田军仓^{1,2,3*}, 朱和¹, 闫新房^{1,2,3}

(1.宁夏大学 土木与水利工程学院, 银川 750021; 2.宁夏节水灌溉与水资源调控工程技术
研究中心, 银川 750021; 3.旱区现代农业水资源高效利用教育部工程研究中心, 银川 750021)

摘要:【目的】探究适宜的酿酒葡萄滴灌方案。【方法】采用二因素三水平随机区组试验, 滴灌方式设置 3 个水平: 无膜滴灌(A1)、膜上滴灌(A2)和膜下滴灌(A3), 生育期灌溉定额因素设置 3 个水平: 高水(W1)、中水(W2)和低水(W3), 共计 9 个处理, 研究了不同滴灌方式及灌溉定额对酿酒葡萄生长、光合、产量和品质的影响。【结果】覆膜措施及适量提高灌溉定额均能有效促进酿酒葡萄的生长发育。其中膜下滴灌的促进效果更加明显, 新梢长及新梢茎粗的平均水平分别比无膜滴灌处理高 4.49%和 6.77%。随着灌溉定额的增加, 酿酒葡萄的百粒质量和产量逐渐增大。膜下滴灌和膜上滴灌处理产量的平均值分别比无膜滴灌处理增加 48.26%和 20.26%。膜下滴灌方式对应的糖酸比在 35.23~43.32 范围内, 较其他滴灌方式在合理范围内。【结论】综合考虑得出, 在贺兰山东麓砾石土种植区生育期降雨量为 126.3 mm 的条件下, 采用膜下滴灌方式和灌溉定额为 2 295 m³/hm² 组合时, 酿酒葡萄生长、产量及品质指标均较好。在贺兰山东麓地区, 若灌溉定额不变(即灌溉定额为 2 295 m³/hm²)时, 调整灌水 5~7 次, 其膜下滴灌灌溉制度更为适宜。

关键词: 贺兰山东麓; 酿酒葡萄; 滴灌; 灌溉定额; 品质

中图分类号: S275.6

文献标志码: A

doi: 10.13522/j.cnki.ggps.2020285

OSID:



杨凡, 田军仓, 朱和, 等. 滴灌方式及灌溉定额对酿酒葡萄生长、产量及品质的影响[J]. 灌溉排水学报, 2021, 40(2): 1-6.
YANG Fan, TIAN Juncang, ZHU He, et al. The Effect of Irrigation Amount and Drip Irrigation Methods on Growth, Yield and Quality of Wine Grape[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2021, 40(2): 1-6.

0 引言

宁夏贺兰山东麓被国内外认为是最适宜种植酿酒葡萄的“黄金地带”^[1], 该地区将建设百万亩葡萄文化长廊^[2]。截至 2018 年, 葡萄种植面积已达到 3.8 万 hm²^[3]。该地区葡萄种植已大面积推广滴灌技术。【研究进展】王锐等^[4]研究结果表明, 单管滴灌方式便于大规模的葡萄机械化管理, 最佳水分管理方式为增加单次灌溉时间让单次灌水量达到 450 m³/hm²。杜军等^[5]认为相对于沟灌条件下, 宁夏贺兰山东麓地区的沙土土质种植区滴灌更有助于葡萄品质与产量的提高; 葡萄生育期滴灌灌溉量在 4 500 m³/hm² 时, 产

量和品质相对较好。朱洁等^[6]认为随着灌溉定额增加可提高葡萄产量, 当灌溉定额为 3 825 m³/hm² 时, 产量最大, 但超过一定限度后, 随灌溉定额增加产量出现下降趋势; 减小灌溉定额可在一定范围内提高可溶性固形物量。

滴灌结合覆盖措施能够促进酿酒葡萄的生长发育, 提高产量^[7]。王利军等^[8]发现, 覆草、覆膜均能显著提高果实的可溶性固形物量、总糖量等各项品质指标, 且与沟灌相比, 实现节水 37.5%。干旱荒漠区赤霞珠葡萄根系的垂直分布范围在 0~70 cm, 水平分布范围在 0~120 cm, 膜下滴灌能够减少葡萄根系在垂直方向上的分布, 提高葡萄的光合能力、水分利用效率和产量^[9-10]。

杜太生等^[11]研究了常规滴灌(CDI)、固定部分根区滴灌(FDI)和根系分区交替滴灌(ADI)灌溉模式对葡萄品质的影响, 葡萄果酸量表现为 CDI 处理>ADI 处理>FDI 处理, 可溶性固形物量表现为 FDI 处

收稿日期: 2020-05-28

基金项目: 国家重点研发计划课题(2018YFC0408104); 宁夏重点研发计划重大项目(2018BBF02022); 宁夏高等学校一流学科建设项目(NXYLXK2017A03)

作者简介: 杨凡(1993-), 女, 硕士研究生, 主要从事节水灌溉理论与技术研究。E-mail: 838582811@qq.com

通信作者: 田军仓(1958-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事节水灌溉理论与技术研究。E-mail: slxtjc@163.com

理>ADI 处理>CDI 处理。【切入点】现有研究多集中在不同滴灌方式与传统沟灌相比较或不同灌溉定额对酿酒葡萄的影响等单方面的研究,关于二者相结合即不同滴灌方式和不同灌溉定额对酿酒葡萄影响的研究鲜见报道。【拟解决的关键问题】本试验针对贺兰山东麓砾石土的种植条件,寻求适宜的滴灌方式及灌溉制度。【研究意义】确定贺兰山东麓轮灌区酿酒葡萄的生产管理模式,为当地酿酒葡萄的高效节水灌溉推广和葡萄酒产业提供技术指导,对推动建设贺兰山东麓百万亩葡萄文化长廊具有一定的现实意义。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验于 2019 年 4—9 月在宁夏回族自治区银川市贺兰县洪广镇金山村贺兰山东麓世界葡萄产业试验区进行,位于北纬 38°42′,东经 106°03′。4—9 月生育期内降水量为 126.3 mm。试验区平均海拔高度 1 145 m,试验田土壤为砾石土,>2 mm 粒径量占 42.37%,干体积质量为 1.39 g/cm³,田间持水率(体积)为 20.83%。酿酒葡萄冬季埋土御寒,春季出土后取土化验,土壤初始肥力如表 1 所示。

表 1 供试土壤初始肥力

Table 1 Initial fertility of tested soil

pH	全盐量/ (g·kg ⁻¹)	碱解氮量/ (mg·kg ⁻¹)	速效磷量/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾量/ (mg·kg ⁻¹)	有机质量/ (g·kg ⁻¹)
8.94	0.33	80.79	34.97	71.86	18.31

1.2 试验设计

试验采用二因素三水平随机区组设计,滴灌方式因素设置 3 个水平:无膜滴灌(A1)、膜上滴灌(A2)

表 3 酿酒葡萄物候期

Table 3 The phenology of wine grape

物候期	出土	萌芽期	新梢生长期	开花期	果实膨大期	着色成熟期	合计
日期	0405	0414—0422	0423—0516	0517—0526	0527—0725	0726—0919	-
时间/d	-	9	24	10	60	56	159

无膜滴灌毛管沿葡萄种植行根部以上 40 cm 铺设;膜上滴灌毛管沿葡萄种植行根部以上 40 cm 铺设,并用 1.2 m 宽透水透肥的无纺布除草膜对土壤进行覆盖;膜下滴灌毛管沿葡萄根部进行铺设,并用 1.2 m 宽普通塑料薄膜对滴灌管及土壤进行覆盖。试验园区采用搅拌罐搅拌水溶肥进行水肥一体化施肥,追肥分别在萌芽期、果实膨大期和着色成熟期进行,其中共施尿素(含 N 量 46%)156.9 kg/hm²,磷酸一铵(含 P₂O₅ 量 61%,含 N 量 12%)39.3 kg/hm²,硫酸钾(含 K₂O 量 52%)36.9 kg/hm²。根据降雨情况和土壤水分情况,具体灌水和追肥分别见表 4 和表 5。

和膜下滴灌(A3);生育期灌溉定额因素设置 3 个水平:高水(W1)、中水(W2)和低水(W3)。试验共计 9 个处理(A1W1、A1W2、A1W3、A2W1、A2W2、A2W3、A3W1、A3W2、A3W3),其中 A1W2 为试验区对照,每个处理 3 次重复,共计 27 个小区,各小区面积为 24.5 m² (7 m×3.5 m)。试验园区水源为从西干渠抽取黄河水进入蓄水池沉淀后的水。采用轮灌制度,每次灌水的时间需根据放水时间进行设置,所以灌水周期较长,且单次灌水定额较大。试验以农户的灌水定额-中水水平为对照,高水水平及低水水平分别在中水水平的基础上增加和减少 25%。试验方案见表 2。

表 2 试验方案

Table 2 Exprement treatments

处理	滴灌方式(A)	生育期灌溉定额 W/(m ³ ·hm ⁻²)
A1W1	无膜滴灌(A1)	高水(W1)
A1W2(CK)	无膜滴灌(A1)	中水(W2)
A1W3	无膜滴灌(A1)	低水(W3)
A2W1	膜上滴灌(A2)	高水(W1)
A2W2	膜上滴灌(A2)	中水(W2)
A2W3	膜上滴灌(A2)	低水(W3)
A3W1	膜下滴灌(A3)	高水(W1)
A3W2	膜下滴灌(A3)	中水(W2)
A3W3	膜下滴灌(A3)	低水(W3)

1.3 试验实施

以 6 a 生酿酒葡萄赤霞珠为试材,物候期分为萌芽期、新梢生长期、开花期、果实膨大期和着色成熟期,各物候期见表 3^[12],株距 0.7 m,行距 3.5 m。选择 Φ16 内镶贴片式滴灌带,滴头间距 30 cm,滴头流量 2.3 L/h。试验过程中适时进行剪枝、除草、犁地等田间工作,以保证酿酒葡萄的正常生长。

表 4 灌水实施情况

Table 4 Irrigation implementation

灌水次数	生育期	灌水时间	灌水处理	灌水定额/(m ³ ·hm ⁻²)
第 1 次	萌芽期	0418—0420	W1(高水)	765
			W2(中水)	615
			W3(低水)	450
第 2 次	果实膨大期	0527—0529	W1(高水)	765
			W2(中水)	615
			W3(低水)	450
第 3 次	着色成熟期	0727—0729	W1(高水)	765
			W2(中水)	615
			W3(低水)	450
3 次合计	-	-	W1(高水)	2 295
			W2(中水)	1 845
			W3(低水)	1 395

表 5 施纯肥料用量

Table 5 Application amount of pure fertilizer

施肥次数	生育期	施肥时间	N/ (kg·hm ⁻²)	P ₂ O ₅ / (kg·hm ⁻²)	K ₂ O/ (kg·hm ⁻²)
第 1 次	萌芽期	0418	44.20	4.76	3.82
第 2 次	果实膨大期	0527	16.31	9.61	7.72
第 3 次	着色成熟期	0727	16.31	9.61	7.72
合计	-	-	76.82	23.98	19.26

1.4 测定项目及方法

选取每个小区长势相同的 3 个枝条进行标记, 并从新梢生长期开始至剪枝前 (7 月 15 日进行剪枝, 以保证果实的正常生长) 每隔 10 d 使用钢卷尺测量新梢长度, 用数显游标卡尺测新梢茎粗, 剪枝后, 不再观测新梢长度和茎粗。从落花后开始至着色成熟期结束, 选取各小区有代表性的植株 3 棵, 每棵选取长势相似的 3 个果穗进行挂牌标记, 每个果穗上选取上、中、下共 3 粒果实测量纵、横径并取平均值, 每隔 10 d 使用数显游标卡尺测定。在成熟采收期, 采收每个处理 3 个小区的所有果实并记录单棵产量。各小区随机选取 100 粒葡萄测量百粒质量并求平均值。葡萄收获后立即测定果实的品质, 每个处理随机采集有代表性的果穗 10 个, 并将其所有果粒摘下混合均匀后测定可溶性固形物、还原糖和总酸。可溶性固形物用折射仪法测定。还原糖用 3,5-二硝基水杨酸比色法。总酸用酸碱滴定法测定。

数据采用 Excel 2016 和 DPS 7.05 软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 不同处理对酿酒葡萄新梢生长的影响

图 1 为酿酒葡萄新梢长度, 由图 1 可以看出, 剪枝前所有处理新梢长度都处于增长趋势, 新梢生长趋势大致相同, 5 月 4 日前新梢生长期新梢生长速度较快 (3.4 cm/d), 6 月 23 日后随着果实的膨大新梢长度的生长速度逐渐减缓 (1.2 cm/d)。在滴灌方式一定条件下, 各灌溉定额对应的新梢长度的平均值从大到小排列为膜下滴灌 A3 (178 cm) > 膜上滴灌 A2 (174 cm) > 无膜滴灌 A1 (171 cm), A3 和 A2 处理分别比 A1 处理新梢长度的平均值大 4.49% 和 1.76%。在灌溉定额一定条件下, 各滴灌方式对应的新梢长度的平均值从大到小排列为高水 W1 (178 cm) > 中水 W2 (175 cm) > 低水 W3 (170 cm), 其中 W1 处理和 W2 处理分别比 W3 处理新梢长度的平均值大 4.91% 和 3.14%。剪枝前 A3W1 处理的新梢长度达到最大为 182 cm, 比 A1W2 (CK) 处理的新梢长度大 5.42%。

图 2 为酿酒葡萄新梢茎粗, 由图 2 可以看出, 所有处理的新梢茎粗呈先增长后趋于平稳的趋势, 5 月 4 日前新梢生长期茎粗增长速度较快 (0.19 mm/d), 6

月 13 日后随着果实的膨大, 茎粗的增长速度逐渐降低并趋于平稳趋势 (0.02 mm/d)。在滴灌方式一定条件下, 各灌溉定额对应的茎粗平均值从大到小排列为膜下滴灌 A3 (13.36 mm) > 膜上滴灌 A2 (12.78 mm) > 无膜滴灌 A1 (12.51 mm), A3 和 A2 处理分别比 A1 处理茎粗的平均值大 6.77% 和 2.13%。在灌溉定额一定条件下, 各滴灌方式对应的茎粗的平均值从大到小排列均为高水 W1 (13.44 mm) > 中水 W2 (13.03 mm) > 低水 W3 (12.19 mm), 其中 W1 处理和 W2 处理分别比 W3 处理茎粗的平均值大 10.23% 和 6.86%。A3W1 处理的茎粗达到最大为 13.92 mm, 比 A1W2 (CK) 处理的新梢茎粗大 10.92%。

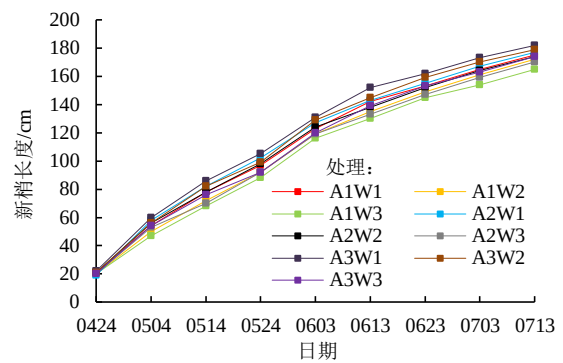


图 1 酿酒葡萄新梢长度

Fig.1 Length of new shoots of wine grape

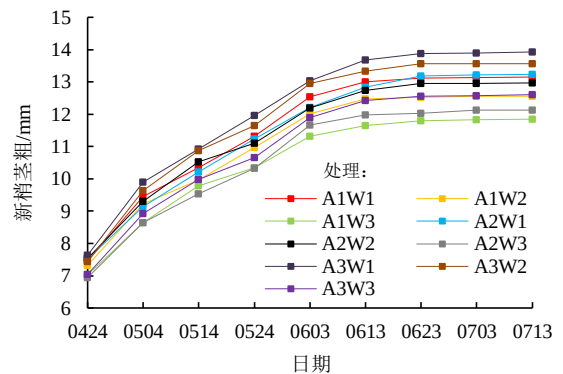


图 2 酿酒葡萄新梢茎粗

Fig.2 Stem thick of new shoots of wine grape

2.2 不同处理对酿酒葡萄粒径的影响

图 3、图 4 分别为酿酒葡萄纵径、酿酒葡萄横径。由图 3、图 4 可以看出, 酿酒葡萄的纵径与横径均呈现双“S”形曲线上升趋势, 6 月 24 日前果实膨大速度较快 (0.25 mm/d) 后逐渐减缓, 8 月 3 日着色成熟期出现二次膨大 (0.07 mm/d) 后趋于平稳趋势。当灌溉定额一定时, 酿酒葡萄的纵径和横径在不同滴灌方式下的变化是一致的, 均为膜下滴灌 A3 > 膜上滴灌 A2 > 无膜滴灌 A1。当滴灌方式一定时, 采收时 A3 和 A2 处理分别比 A1 处理各灌溉定额纵径的平均值大 6.35% 和 2.03%, 其横径分别比 A1 处理各灌溉定额横径的平均值大 5.77% 和 1.61%。在每种滴灌方

式下,随着灌溉定额的增加,酿酒葡萄的纵径和横径均呈逐渐增大的趋势。采收时 W1 处理和 W2 处理纵径的平均值分别比 W3 处理高 6.79%和 4.38%,横径的平均值分别比 W3 处理高 7.00%和 4.11%。采收时 A3W1 处理的纵径和横径都达到最大水平,分别为 13.50 mm 和 13.38 mm,分别比 A1W2 (CK) 处理的纵径和横径大 9.22%和 8.96%。

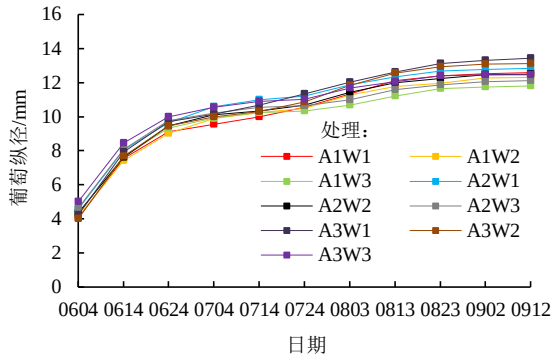


图3 酿酒葡萄纵径

Fig.3 Longitudinal diameter of wine grape

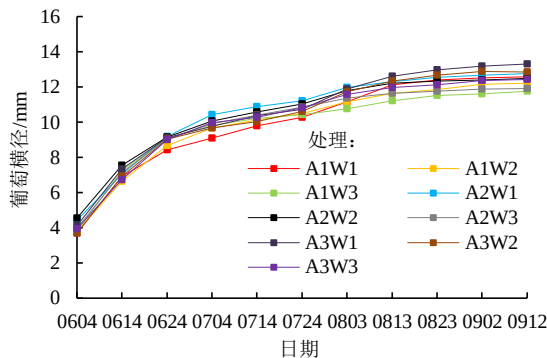


图4 酿酒葡萄横径

Fig.4 Transvers diameter of wine grape

2.3 不同处理对酿酒葡萄产量和水分利用效率的影响

不同处理对酿酒葡萄百粒质量、产量、实际需水量和水分利用效率的影响如表 6 所示。当灌溉定额一定时,各滴灌方式对应的百粒质量的变化规律一致,在各灌溉水平下百粒质量从大到小的排列顺序均为膜下滴灌 A3>膜上滴灌 A2>无膜滴灌 A1。A3 处理和 A2 处理分别比 A1 处理百粒质量的平均值大 5.98%和 2.32%。每种滴灌方式下,随着灌溉定额的增加百粒质量增加,W1 处理和 W2 处理的百粒质量的平均值分别比 W3 处理大 8.42%和 5.05%。A3W1 处理的百粒质量最大为 116.5 g,比 A1W2 (CK) 处理的百粒质量大 10.11%。各处理间百粒质量差异不显著。

当灌溉定额一定时,各滴灌方式对应的产量从大到小排列均为膜下滴灌 A3>膜上滴灌 A2>无膜滴灌 A1。A3 和 A2 处理的各灌溉定额水平下产量的平均值分别比 A1 处理大 48.26%和 20.26%。每种滴灌方式下,随着灌水量的增加,酿酒葡萄产量增加。W1 和 W2 处理的产量的平均值分别比 W3 处理大 60.18%

和 29.03%。A3W1 处理酿酒葡萄产量最大为 10 454.20 kg/hm²,比 A1W2 (CK) 处理的产量高 89.30%。

表 6 不同处理酿酒葡萄产量及水分利用效率

Table 6 Yield and water use efficiency of

wine grape for different treatments

处理	百粒质量/g	产量/(kg·hm ⁻²)	实际需水量/(m ³ ·hm ⁻²)	水分利用效率/(kg·m ⁻³)
A1W1	110.1ab	7 108.70bcd	3 282.86	2.13
A1W2	105.8ab	5 522.43efg	2 944.12	1.83
A1W3	100.8b	4 397.71g	2 533.14	1.69
平均值	105.6	5 676.28	2 920.04	1.88
A2W1	111.1ab	8 263.61bc	3 342.49	2.45
A2W2	108.7ab	6 868.91cde	2 956.12	2.24
A2W3	104.2ab	5 345.91fg	2 338.64	2.12
平均值	108.0	6 826.143	2 879.09	2.27
A3W1	116.5a	10 454.20a	3 307.27	3.09
A3W2	112.6ab	8 412.37b	2 905.10	2.83
A3W3	106.5ab	6 379.91def	2 445.89	2.60
平均值	111.9	8 415.49	2 886.09	2.84

注 同列不同小写字母表示不同处理在 $P<0.05$ 水平差异显著。

当灌溉定额一定时,各滴灌方式对应的水分利用效率从大到小排列均为膜下滴灌 A3>膜上滴灌 A2>无膜滴灌 A1。每种滴灌方式下,实际需水量和水分利用效率随着灌溉定额的增加而增加,其中 A2W1 处理的实际需水量最大为 3 342.49 m³/hm²,A2W3 处理的实际需水量最小为 2 338.64 m³/hm²,分别比对照 A1W2 处理的实际需水量增加 15.53%和降低 20.57%。A3W1 处理的水分利用效率最大为 3.09 kg/hm²,A1W3 处理的水分利用效率最小为 1.69 kg/hm²,分别比 A1W2 处理 (CK) 的水分利用效率增加 68.85%和降低 7.65%。

表 7 不同处理酿酒葡萄品质

Table 7 Quality of wine grape for different treatments

处理	可溶性固形物/%	还原糖(以葡萄糖计)/%	总酸(以酒石酸计)/(g kg ⁻¹)	糖酸比
A1W1	24.8	17.2	4.72	53.26
A1W2	23.8	15.7	4.47	53.69
A1W3	20.0	12.5	4.14	48.38
平均值	22.9	15.1	4.44	51.78
A2W1	23.4	14.9	5.26	44.52
A2W2	24.2	16.3	4.92	49.70
A2W3	24.0	16.0	4.52	53.28
平均值	23.9	15.7	4.90	49.17
A3W1	21.0	13.0	5.98	35.23
A3W2	22.8	14.3	5.40	42.66
A3W3	23.0	14.6	5.31	43.32
平均值	22.3	14.0	5.56	40.40

2.4 不同处理对酿酒葡萄品质的影响

表 7 为不同处理酿酒葡萄品质,由表 7 可以看出,A1、A2、A3 滴灌方式下 3 种灌溉定额水平的可溶性固形物平均值分别为 22.9%、23.9%和 22.3%,在 20%~25%^[13]的合理范围内。膜下滴灌方式 A3 下 3 种灌溉定额水平的糖酸比平均值为 40.40,而膜上滴灌

方式 A2 下糖酸比平均值为 49.17, 无膜滴灌方式 A1 糖酸比平均值为 51.78。酿酒葡萄适宜的糖酸比的范围为 35~45^[14], 其中 A2 处理和 A1 处理均比上限 45 高出 9.27% 和 15.07%。所以膜下滴灌方式 A3 处理下可溶性固形物和糖酸比平均值较为合理。

3 讨 论

研究表明, 在平均降雨量小于 200 mm 的干旱条件下, 适当提高灌溉定额能有效促进酿酒葡萄的生长发育。随着灌溉定额的增加, 葡萄根系吸收养分的能力增强, 使葡萄吸收更多的养分和水分从而促进植株的新陈代谢。酿酒葡萄的新梢长度及茎粗随着灌溉定额的增加而增加。新梢长度、新梢茎粗规律与何建斌等^[15]试验规律一致。果实的纵径和横径均呈双“S”形曲线上升趋势, 这与王利军等^[8]和蔺宝军等^[15]研究结果一致。

覆膜处理能够有效防止土壤中水分的蒸发, 在干旱缺水地区, 覆膜处理能够使土壤中的水分维持在适宜酿酒葡萄生长的范围内, 在一定程度上有效地缓解了因灌水不及时带来的植株缺水问题。膜下滴灌比膜上滴灌和无膜滴灌产量和水分利用效率高的机理是土壤水分较高、蒸发较小、地温较高、光合作用较强。

不同的水肥条件能够影响酿酒葡萄的品质, 主要体现在对可溶性固形物和可滴定酸等品质指标的影响^[16]。糖酸比过高或过低都会影响后期葡萄酒的酿造, 在试验条件下, 膜下滴灌各灌溉定额水平的糖酸比在合理范围内。

在贺兰山东麓地区, 膜下滴灌条件下, 适量提高灌溉定额能够促进酿酒葡萄的生长发育, 增加新梢长度及茎粗, 提高产量和品质。在生育期降雨量为 126.3 mm 的条件下, 酿酒葡萄最佳灌溉制度为膜下滴灌方式、灌溉定额 2 295 m³/hm²。此时产量最高, 水分利用效率较高, 糖酸比合理, 酿酒葡萄生长、产量及品质指标均较好。其机理是膜下滴灌比膜上滴灌和无膜滴灌土壤水分较高、蒸发较小、地温较高、光合作用较强。

4 结 论

综合考虑贺兰山东麓的生产环境和条件, 建议采用 A3W1 处理组合的灌溉制度, 即膜下滴灌方式和灌溉定额 2 295 m³/hm² 的组合。在灌溉条件允许的情况下, 建议灌溉定额不变, 将灌水次数从 3 次增加为 5 次, 适当增加果实膨大期的灌水次数。

参考文献:

- [1] 施明, 司海丽, 朱英, 等. 钙镁硫酸对贺兰山东麓酿酒葡萄的影响[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(20): 4 878-4 881, 4 897.

- SHI Ming, SI Haili, ZHU Ying, et al. Effect of calcium, magnesium and sulphur fertilizer on wine grape in eastern foot of Helan Mountain[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2013, 52(20): 4 878-4 881, 4 897.
- [2] 王春梅. 宁夏酿酒葡萄产业发展战略研究[J]. 农业科技与信息, 2016(1): 4-7.
- WANG Chunmei. Study on the development strategy of wine grape industry in Ningxia[J]. Agricultural Science-Technology and Information, 2016(1): 4-7.
- [3] 陈仁伟, 张晓煜, 杨豫, 等. 贺兰山东麓六个酿酒葡萄品种抗寒性比较[J]. 北方园艺, 2020(6): 43-48.
- CHEN Renwei, ZHANG Xiaoyu, YANG Yu, et al. Comparison of cold resistance of six wine-making grape varieties at the eastern foot of Helan Mountain[J]. Northern Horticulture, 2020(6): 43-48.
- [4] 王锐, 孙权, 郭洁, 等. 贺兰山东麓砂质酿酒葡萄园土壤水分分布研究[J]. 灌溉排水学报, 2013, 32(1): 69-73.
- WANG Rui, SUN Quan, GUO Jie, et al. Study wine vineyards soil moisture distribution in the east of Helan Mountain[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2013, 32(1): 69-73.
- [5] 杜军, 沈润泽, 马术梅, 等. 宁夏贺兰山东麓葡萄酒滴灌灌溉水肥一体化技术研究[J]. 中国农村水利水电, 2013(8): 65-69, 72.
- DU Jun, SHEN Runze, MA Shumei, et al. A study of the technology of the drip fertigation of wine grape in the east-foot of Ningxia Helan Mountain[J]. China Rural Water and Hydropower, 2013(8): 65-69, 72.
- [6] 朱洁, 刘学军, 陆立国, 等. 宁夏贺兰山东麓酿酒葡萄滴灌水肥一体化试验研究[J]. 节水灌溉, 2016(8): 76-81, 85.
- ZHU Jie, LIU Xuejun, LU Ligu, et al. Wine grapes at the eastern foot of Helan Mountain of Ningxia experimental study on integration of water and fertilizer of drip irrigation[J]. Water Saving Irrigation, 2016(8): 76-81, 85.
- [7] 杨文莉, 李冰彬, 高彬, 等. 不同节水灌溉方式对‘美乐’果实品质及产量的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2019(1): 1-5.
- YANG Wenli, LI Bingbin, GAO Bin, et al. Effect of different water-saving irrigation methods on berry quality and yield of ‘Merlot’ grapevine[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2019(1): 1-5.
- [8] 王利军, 陈佰鸿, 曹建东, 等. 不同节水灌溉方式对赤霞珠生长与果实品质的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2010(5): 31-34.
- WANG Lijun, CHEN Baihong, CAO Jiandong, et al. Effect of different water-saving irrigation methods on plant growth and berry quality of Cabernet Sauvignon[J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2010(5): 31-34.
- [9] 毛娟, 陈佰鸿, 曹建东, 等. 不同滴灌方式对荒漠区‘赤霞珠’葡萄根系分布的影响[J]. 应用生态学报, 2013, 24(11): 3 084-3 090.
- MAO Juan, CHEN Baihong, CAO Jiandong, et al. Effects of different drip irrigation modes on root distribution of wine grape ‘Cabernet Sauvignon’ in desert area of Northwest China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2013, 24(11): 3 084-3 090.
- [10] 李昭楠, 李唯, 刘七军, 等. 戈壁荒漠区膜下滴灌对酿酒葡萄生理特性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2014, 32(1): 177-182.
- LI Zhaonan, LI Wei, LIU Qijun, et al. The physiological characteristic impacts of drip irrigation under film mulch to wine grape in gobi desert

- region[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2014, 32(1): 177-182.
- [11] 杜太生, 康绍忠, 闫博远, 等. 干旱荒漠绿洲区葡萄根系分区交替灌溉试验研究[J]. *农业工程学报*, 2007(11): 52-58.
- DU Taisheng, KANG Shaozhong, YAN Boyuan, et al. Experimental research of high-quality efficient irrigation on grape in the oasis region[J]. *Transactions of the CSAE*, 2007(11): 52-58.
- [12] 韩颖娟, 张磊, 卫建国, 等. 宁夏酿酒葡萄生育期气象条件及管理措施综述[J]. *中国农业气象*, 2011, 32(S1): 108-112.
- HAN Yingjuan, ZHANG Lei, WEI Jianguo, et al. Review on research of meteorological conditions and managing measure for wine grape growth in Ningxia[J]. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2011, 32(S1): 108-112.
- [13] 李记明. 关于葡萄品质的评价指标[J]. *中外葡萄与葡萄酒*, 1999(1): 56-59.
- LI Jiming. Evaluation index for grape quality[J]. *Sino-Overseas Grapevine & Wine*, 1999(1): 56-59.
- [14] 刘文忠, 奚德智, 刘欠欠, 等. 葡萄多酚的保健作用及其在酿酒葡萄成熟度判定中的应用[J]. *中国酿造*, 2008(21): 1-6.
- LIU Wenzhong, XI Dezhi, LIU Qianqian, et al. Health-care function of grape polyphenols and their application in judging the maturity of wine grapes[J]. *China Brewing*, 2008(21): 1-6.
- [15] 蔺宝军, 张芮, 董博, 等. 不同生育期干旱胁迫对温室葡萄 WUE、产量及品质的影响[J]. *灌溉排水学报*, 2019, 38(12): 11-18.
- LIN Baojun, ZHANG Rui, DONG Bo, et al. Effects of drought stress on WUE、yield and quality of greenhouse grape at different growth stages[J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2019, 38(12): 11-18.
- [16] 何振嘉, 刘全祖. 水肥耦合对贺兰山东麓滴灌酿酒葡萄产量和品质的影响[J]. *灌溉排水学报*, 2020, 39(5): 65-74.
- HE Zhenjia, LIU Quanzu. The combined effects of water and quality of wine grapes under drip fertigation in eastern foot of Helan Mountain[J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2020, 39(5): 65-74.

The Effect of Irrigation Amount and Drip Irrigation Methods on Growth, Yield and Quality of Wine Grape

YANG Fan¹, TIAN Juncang^{1,2,3*}, ZHU He¹, YAN Xinfang^{1,2,3}

(1.School of Civil and Hydraulic Engineering, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 2.Engineering Technology Research Center of Water-saving and Water Resource Regulation in Ningxia, Yinchuan 750021, China; 3.Engineering Research Center for Efficient Utilization of Modern Agricultural Water Resources in Arid Regions, Ministry of Education, Yinchuan 750021, China)

Abstract: 【Background】 The eastern foot of Helan Mountain in Ningxia is thought to be one of the most suitable “golden zones” for wine grape in the world, and a large-scale grape cultivation corridor has been proposed to be built with drip irrigation tipped as the most suitable irrigation method in this region. While the benefits of different drip irrigation methods to grape growth have been studied, most of them focused on comparison with traditional furrow irrigations under different irrigation amounts. In contrast, there is a paucity of studies on how different drip irrigation methods and irrigation amounts combine to affect wine grape growth and the fruit quality. 【Objective】 Considering gravel texture of the soil in this region, this paper is to plug this gap in attempts to find the most suitable irrigation amount and drip irrigation system for industrial-scale production of wine-grape in this region. In particular, we focus on how different drip irrigation methods and irrigation amounts impact growth, yield and quality of the wine grape. 【Method】 The experiment was conducted in a field, and it considered three factors: mulching, drip irrigation method and irrigation amount. Combining the first two factors, there were three irrigation methods: drip irrigation without mulching (A1), drip irrigation above the mulching film (A2) and drip irrigation underneath the mulching film. Added to these three irrigation methods were three irrigation amounts: high (W1), middle (W2) and low (W3). Overall, there were nine treatments which were designed using the randomized block experiment. In each treatment, we measured growth, photosynthesis, yield and fruit quality of the wine grape. 【Result】 Both mulched drip irrigation and increasing irrigation amount can promote growth and development of the wine grape, with the average new shoot length and stem diameter increasing by 4.49% and 6.77%, respectively, compared to drip irrigation without mulch. With irrigation amount increasing, both the 100-fruit weight and yield of the grape increased gradually, with average yield of the drip irrigation underneath and above the film increasing by 48.26% and 20.26% respectively, compared to irrigation without mulch. The sugar acid ratio of the grape irrigated underneath the film was in the range of 35.23~43.32, more reasonable than those under other drip irrigation methods. 【Conclusion】 With annual rainfall of only 126.3 mm, irrigating 2 295 m³/hm² of water in 5~7 times with the mulch film covering the drip emitters is optimal for growth, yield and quality of the wine grape grown in the gravel soils in eastern foot of the Helan Mountain.

Key words: Eastern foot of the Helan Mountain; wine grape; drip irrigation; irrigation amount; film mulching

责任编辑: 赵宇龙