

赵 阳,刘怀锋,牛 媛,等. 设施条件下灌水方案对弗雷无核葡萄产量及品质的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(13):167-170.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.13.041

# 设施条件下灌水方案对弗雷无核葡萄 产量及品质的影响

赵 阳,刘怀锋,牛 媛,马富裕

(石河子大学农学院,新疆石河子 832003)

**摘要:**以设施条件下 5 年生的弗雷无核葡萄为研究材料,在果实膨大期、转色成熟期设置高水(1 80 mm)、中水(90 mm)、低水(45 mm)3 个灌水量处理,分别记为  $W_1$ 、 $W_2$ 、 $W_3$ ,通过研究不同水分供应方案对设施栽培条件下葡萄产量及品质的影响,揭示设施葡萄的水分利用特征。结果表明,设施环境下葡萄产量与灌水量成正比,即葡萄产量随灌水量增加而增加, $W_1$  处理与  $W_3$  处理葡萄产量差异显著,高水处理  $W_1$  产量达到 27 381 kg/hm<sup>2</sup>,较中水处理  $W_2$  和低水处理  $W_3$  分别提高了 27.7% 和 34.6%;水分亏缺对葡萄果实品质具有较大影响,随着灌水量的减少,葡萄果实纵径、单粒质量、可溶性糖含量、糖酸比均呈现先增加后减少的趋势,根据以上指标, $W_2$  处理葡萄具有最佳品质。而可溶性固形物、维生素 C 含量及硬度随灌量减少而增加, $W_3$  处理可溶性固形物含量与  $W_1$  处理差异显著,分别较  $W_1$ 、 $W_2$  处理提高了 8.7%、4.4%,以此为评判依据时, $W_3$  处理葡萄具有最佳的品质。在石河子总场设施弗雷无核在  $W_1$  处理下虽然获得最高的产量但其品质较差,而  $W_2$  处理在保证一定产量的基础上,又拥有较高的品质和较高的经济效益。

**关键词:**设施栽培;葡萄;耗水量;产量;品质

**中图分类号:**S663.107 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)13-0167-04

近年来我国设施农业快速发展,设施园艺面积已达 370 万 hm<sup>2</sup>,成为世界上拥有设施园艺面积最大的国家。葡萄是设施化栽培的重要果树,截至 2015 年年底,全国设施葡萄栽培面积为 20 万 hm<sup>2</sup>,促早栽培面积约 3 万 hm<sup>2</sup>[1]。相比快速扩大的栽培种植面积,我国的设施农业栽培技术与管理模式尚处于初级发展阶段,与发达国家相比,在经济效益、管理模式还有一定的差距[2]。

新疆光热资源丰富,昼夜温差大,有利于光合产物的形成与糖分的积累,是我国葡萄栽培的优势区域,也是我国第一大葡萄生产基地,但水分资源的不足一直制约着新疆葡萄产业的发展[3-4]。

水分是植物重要的生存条件之一,在水分亏缺状态下,植株的根系活力、水分代谢、渗透代谢、光合代谢以及激素代谢都会发生变化;水分过多会造成植株旺长,环境湿度过大会致使葡萄大量落花落果,还会导致果实含糖量的降低以及病虫害的增加[5]。前人研究表明,对葡萄进行调亏灌溉,可以达到调节植株生长、改变果实代谢、改善果实品质的效果,在生长前期对葡萄进行适度的水分胁迫,能有效控制葡萄树体的生长势;对营养生长适度抑制,有利于果实生长,能提高水分利用效率,进而达到节水的目的[6-7]。苏学德等研究表明,葡

萄果实中可溶性固形物含量与灌水量之间关系密切,随着灌水量的增加,葡萄果实中可溶性固形物含量降低,而适度的水分胁迫不仅可以增加果实着色度和甜度,还可以提高果实品质[8-9]。弗雷无核葡萄是新疆设施条件下主栽品种,而关于设施条件下该品种水分管理与品质相关性的研究较少。为此,本研究对北疆设施葡萄主要栽培品种弗雷无核开展不同灌溉方案试验,探讨不同灌溉方式对葡萄产量和品质的影响,旨在为新疆设施葡萄的节水、优质栽培提供科学的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于 2017 年 3—10 月在新疆石河子总场现代农业发展中心进行。基地位于新疆天山北麓,准噶尔盆地南缘,属典型的温带大陆性气候,冬季长而严寒,夏季短而炎热,无霜期为 168~171 天。 $\geq 0$  °C 的活动积温为 4 023~4 118 °C。一年中的最高气温出现在 7 月,平均气温为 25.1~26.1 °C。年降水量为 125.0~207.7 mm,土壤质地为壤土,土壤容重为 1.47 g/cm<sup>3</sup>。

### 1.2 试验设计

供试材料为 5 年生弗雷无核。试验小区面积为 91 m<sup>2</sup>,南北行向,起垄栽培,株行距为 1 m×3 m,采用 V 型架厂字形(架长 6 m,架高 1.2 m)进行栽培。灌溉方式为滴灌,采用 2 根滴管带灌溉 1 行葡萄,滴管带距根基 10 cm,双管间距 20 cm。滴灌带外径 16 mm,滴头间距 40 cm,滴头流量 2.6 L/h。

水分调控设定:根据葡萄物候期及其需水规律,处理时期

收稿日期:2018-03-08

基金项目:新疆生产建设兵团重大科技项目(编号:2016AA002-3)。

作者简介:赵 阳(1994—),男,重庆人,硕士研究生,主要从事农业节水灌溉研究。E-mail:694544346@qq.com。

通信作者:马富裕,博士,教授,博士生导师,主要从事作物节水灌溉理论与技术研究。E-mail:mafuyu0127@qq.com。

从花后 20 d 开始至转色成熟期结束。根据当地往年滴灌试验经验,试验设高水  $W_1$  (180 mm)、中水  $W_2$  (90 mm) 和低水  $W_3$  (45 mm) 3 个不同的灌溉定额处理。在果实膨大期及果实转色成熟期进行灌溉,每次灌溉量占灌溉定额的 1/2。试验采用随机区组设计,重复 3 次。

### 1.3 测定项目与方法

1.3.1 土壤含水率的测定 采用 PR2 土壤剖面水分速测仪 (Delta-T, 英国) 测定 0~10、>10~20、>20~30、>30~40、>40~60、>60~100 cm 处土壤含水率,试验小区每行埋设水分测定管 4 根,在每行中心埋设 1 根测定管,此外每隔 25 cm 垂直于定植行埋设 1 根。于生育期每 3 d 测定 1 次。

1.3.2 葡萄产量及品质的测定 在葡萄成熟后,每个处理随机选择 6 株葡萄树,于葡萄树上随机选取 1 串果穗用精度为 0.01 的天平称量单穗质量,并根据单穗质量和小区面积换算最终产量;随机选取葡萄果穗上、中、下部共 10 颗果粒用于以下指标的测定:(1)葡萄果实色泽指标采用 NC-9801 手持式色差计测定;(2)葡萄果实硬度使用 GY-1 型果实硬度计测定;(3)葡萄果实单粒质量采用精度为 0.01 的天平测定;(4)果实纵横径大小使用游标卡尺测定;(5)葡萄可溶性固形物含量采用 WY1 手持式折光仪测定;(6)葡萄可溶性糖含量采用蒽酮比色定糖法测定;(7)葡萄可滴定酸含量采用氢氧化钠滴定法测定;(8)葡萄果实维生素 C 含量使用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定。

1.3.3 作物耗水量的计算 作物耗水量用水量平衡法计算,依据相邻 2 次土壤含水率的测定结果,计算该时段内作物蒸发量。计算公式如下:

$$ET = \sum_{i=1}^n Z_i (\theta_{ij} - \theta_{i0}) + I + P_0 + A - D - R. \quad (1)$$

式中:ET 为耗水量,mm; $Z_i$  为  $i$  层土层厚度,mm; $\theta_{ij}$ 、 $\theta_{i0}$  为第  $i$  层土壤在计算时段始末的平均体积含水率, $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ;  $I$ 、 $P_0$ 、 $A$ 、 $D$ 、 $R$  分别为计算时段内灌水量、降水量、地下水补给量、地下排水量和地表径流量,mm。本试验中土壤含水率测定深度达 100 cm,因此地下水补给量忽略不计;灌溉水全部渗入到地下,并无地表径流,因此式(1)中的地表径流量  $R$  忽略不计;灌溉水全部渗入到地下,对于滴灌方式而言并无深层渗漏,因此式(1)中的地下排水量  $D$  忽略不计。

有效降水量采用联合国粮农组织 (FAO) 推荐的经验公式计算,公式如下:

$$P_0 = \begin{cases} 0.5 \times TP - 5 & (TP < 50 \text{ mm}) \\ 0.7 \times TP - 15 & (TP \geq 50 \text{ mm}) \end{cases}. \quad (2)$$

式中: $P_0$  为有效降水量,mm; $TP$  为总的降水量,mm。由定期监测的土壤含水量资料以及灌溉制度,即可计算得到相应时段的葡萄耗水量。

### 1.4 数据处理

用 Excel 2003、Sigma Plot 12.5 和 SPSS 11.5 软件进行统计、图表绘制及相关性分析。

## 2 结果分析

### 2.1 不同灌水方案下土壤水分变化特征

由图 1 可知,随着控水、灌水的进行,土壤含水率变化呈波浪型特征,不同土层的土壤含水率变化有所差异,各处理随

土层深度增加土壤含水率呈升高趋势。第 1 次灌水前(水分处理前)各处理不同深度土壤含水率均有较大幅度的下降,3 个处理 0~10 cm 土层的土壤含水率下降到 15% 左右,>10~40 cm 的土壤含水率下降到 20% 左右,>40~100 cm 的下降到 26% 左右。其中>60~100 cm 土层的土壤含水率下降幅度较大,土壤含水率下降了 15% 左右。复水后各处理 0~60 cm 土层的土壤含水率均恢复幅度较大,各处理>60~100 cm 土层的土壤含水率恢复幅度较小, $W_2$  处理 0~60 cm 土层的土壤含水率恢复幅度较大,略高于最初的土壤含水率, $W_1$  处理 0~10 cm 土层的土壤含水率恢复幅度最大。

第 2 次灌水前各处理不同土层的土壤含水率均下降到第 1 次灌水前的临界值。第 2 次复水后, $W_1$  处理与  $W_2$  处理>10~60 cm 土层的土壤含水率恢复幅度较大,均达到第 1 次复水后的土壤含水率,>60~100 cm 恢复幅度较小; $W_3$  处理在 0~40 cm 土层的土壤含水率略微有所回升,>60~100 cm 土层的土壤含水率没有回升。2 次灌溉对>10~60 cm 土层的土壤含水率影响较大,而>60~100 cm 土层的土壤含水率受灌水影响较小,总体呈减小趋势。总体来看第 2 次灌水较第 1 次灌水对土壤含水率的影响小,0~10 cm 土层的土壤含水率大小与灌水量总体呈正相关关系,其余土层深度土壤含水率  $W_2$  处理相对其余处理处于较高水平。

### 2.2 不同灌水方案下葡萄耗水量差异

由表 1 可知,葡萄的耗水量与日均耗水强度随灌水量的增加而增加, $W_3$  处理葡萄花期—转色成熟期的耗水总量为 222.05 mm, $W_2$  处理约为 265.95 mm, $W_1$  处理则达到 339.50 mm。随着生育期的推进, $W_1$ 、 $W_3$  处理耗水量呈现先增后减的趋势, $W_2$  处理呈递增趋势,3 个处理膨大期与转色成熟期耗水量较大,其中  $W_1$ 、 $W_3$  处理膨大期耗水量约占 50%。 $W_1$  处理日均耗水强度随生育期推进呈现不断上升趋势, $W_3$  处理日均耗水强度则呈现逐渐减小趋势,并且日均耗水强度始终维持在 2.6~3.0 mm 的较低水平之间,但  $W_2$  处理日均耗水强度则呈先减小后增加的趋势,膨大期日均耗水强度最低; $W_1$ 、 $W_2$  处理转色成熟期日均耗水强度均达到极大值。

### 2.3 不同灌水方案下灌水量与产量的关系

从表 2 可以看出,随着灌水量的减小,处理间葡萄的纵横径、单粒质量没有显著性差异。葡萄单粒质量与葡萄果粒纵横径的变化趋势呈正相关关系,其中  $W_2$  处理葡萄纵横径与单粒质量均最大, $W_1$  处理葡萄单穗质量达到 746.76 g,与  $W_3$  处理达到显著性差异水平,可见 2 处理之间的差异由单穗的果粒数造成。

随着灌水量的减少设施葡萄的耗水量与产量都呈减小趋势,其中, $W_1$  处理与  $W_3$  处理在产量上具有显著性差异。各处理葡萄耗水总量大于灌水量,说明 3 个处理均消耗了土壤储备水分,但灌水量依然对葡萄耗水量以及产量具有较大影响;低灌水量处理  $W_3$  的耗水量最小,导致其产量最低,只有 20 348 kg/hm<sup>2</sup>; $W_2$  处理虽然较  $W_1$  处理耗水量小,但其花期—转色成熟期耗水强度满足设施作物日均需水量(3~4 mm),此外水分亏缺达到了疏花的作用,优化了果粒成长环境,较高的单粒质量保证了一定的产量,所以  $W_2$  处理与  $W_1$  处理的产量无显著性差异。

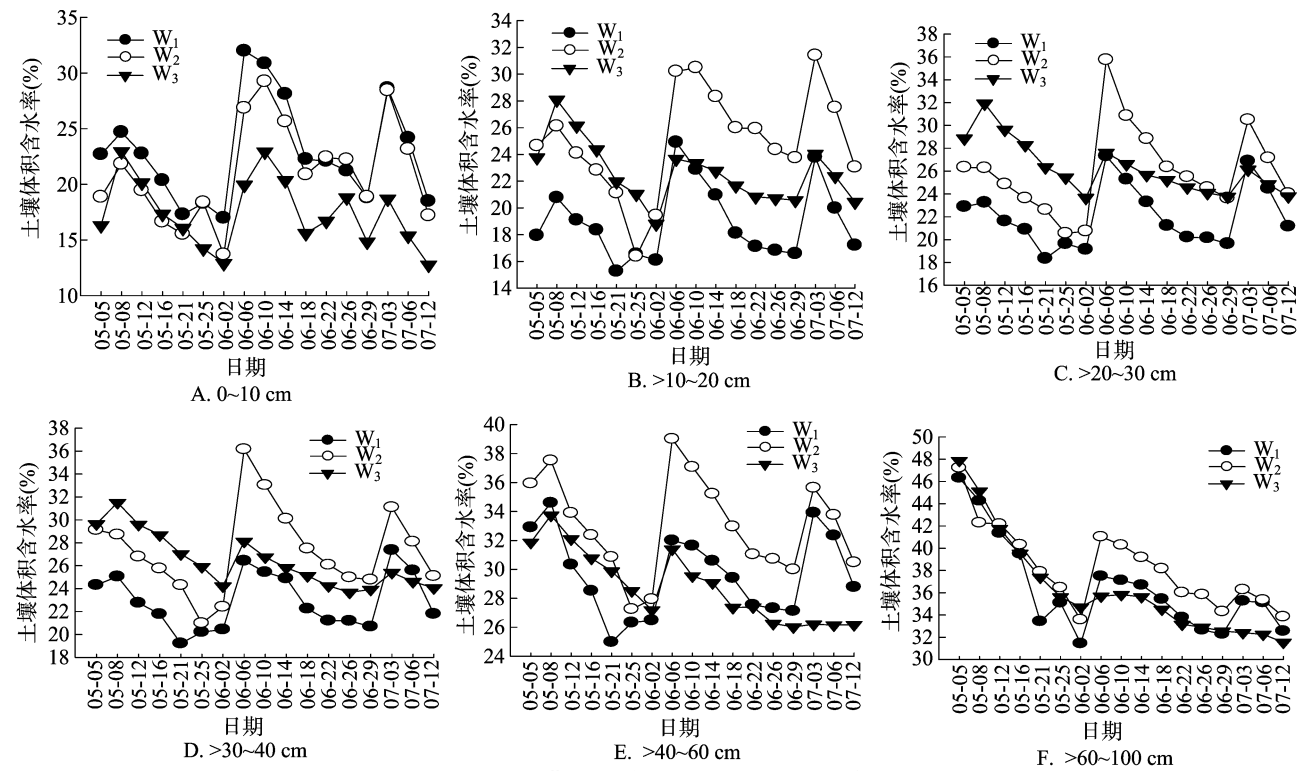


图1 葡萄花期—转色成熟期不同灌溉土壤水分变化

表 1 不同灌水方案下葡萄主要生育期耗水量

处理	指标	花期(05-05—16)	膨大期(05-17—06-25)	转色成熟期(06-26—07-25)	花期—转色成熟期
W <sub>1</sub>	灌水量(mm)	0	90	90	180
	耗水量(mm)	42.50	165.21	131.79	339.50
	日均耗水强度(mm/d)	3.54	4.03	4.54	4.14
	占总耗水比例(%)	12.52	48.66	38.82	100
W <sub>2</sub>	灌水量(mm)	0	45	45	90
	耗水量(mm)	44.86	102.37	118.72	265.95
	日均耗水强度(mm/d)	3.74	2.50	4.09	3.24
	占总耗水比例(%)	16.87	38.49	44.64	100
W <sub>3</sub>	灌水量(mm)	0	22.5	22.5	45.0
	耗水量(mm)	35.49	112.91	75.66	222.05
	日均耗水强度(mm/d)	2.96	2.75	2.61	2.71
	占总耗水比例(%)	15.98	50.85	34.07	100

表 2 不同灌水方案下设施葡萄灌水量与产量构成因素及产量的关系

处理	灌水量(mm)	耗水量(mm)	纵径(mm)	横径(mm)	单粒质量(g)	单穗质量(g)	产量(kg/hm <sup>2</sup> )
W <sub>1</sub>	180	339.50	17.87a	17.55a	3.65a	746.76a	27 381a
W <sub>2</sub>	90	265.95	18.38a	17.86a	3.76a	584.87ab	21 445ab
W <sub>3</sub>	45	222.05	17.82a	17.45a	3.54a	554.96b	20 348b

注:同列数据后不同小写字母代表在 0.05 水平上差异达显著水平。表 3 同。

2.4 不同灌水方案下转色成熟期葡萄果实品质

水分对葡萄品质的形成有重要影响,由表 3 可知,随着灌水量的减少,葡萄可溶性固形物含量、硬度和维生素 C 含量均呈上升趋势,说明水分亏缺可以提高葡萄的品质,但不同灌水量下葡萄硬度、维生素 C 含量均无显著性差异;就可溶性固形物含量来看, W<sub>1</sub> 处理显著低于 W<sub>2</sub>、W<sub>3</sub> 处理,只有 20.34%。可滴定酸含量随灌水量减小而减小,各处理间差异不显著,说明水分亏缺可以降低酸度; W<sub>2</sub> 处理果实的可溶性

糖含量和糖酸比略高于其他 2 个处理,但差异不显著。 W<sub>3</sub> 处理的果实可溶性固形物含量、硬度、维生素 C 含量均高于其他 2 个处理,其灌水量明显低于其他 2 个处理。综合所述, W<sub>3</sub> 处理在风味品质上具有良好的表现,商品性更高。

3 结论与讨论

葡萄种植主要集中在干旱和半干旱地区<sup>[10]</sup>。因此,探讨灌水方案对设施葡萄土壤含水率、葡萄耗水规律及产量、品质

表 3 不同灌水方案下葡萄果实性状及品质

处理	可溶性固形物含量 (%)	可溶性糖含量 (%)	可滴定酸含量 (%)	糖酸比 (%)	硬度 (kg/cm <sup>2</sup> )	维生素 C 含量 (mg/100 g)	红色葡萄系数
W <sub>1</sub>	20.34b	12.03a	0.45a	26.7a	1.09a	1.03a	4.95
W <sub>2</sub>	21.16a	13.11a	0.43a	30.5a	1.25a	1.17a	5.26
W <sub>3</sub>	22.10a	11.82a	0.40a	29.6a	1.31a	1.25a	5.15

的影响,不仅有助于揭示灌水量对设施葡萄的生长及产量、品质的影响,对设施葡萄灌溉制度的建立以及我国葡萄的节水栽培也具有重要意义。本试验发现,设施葡萄花期—转色成熟期耗水总量随灌水量的增加而增加,高水处理 W<sub>1</sub> 土壤含水率较低,可能由于处理 W<sub>1</sub> 植株耗水量大,根系吸水能力强,导致 > 10 ~ 40 cm 土层的土壤体积含水率下降较快;而灌水较少的 W<sub>3</sub> 处理,耗水量较小,土壤体积含水率变化较小且下降较慢。

作物的耗水量不仅是田间水分平衡的重要组成部分,是制定灌溉计划、评价水分供应状况的前提,其变化规律决定于气象因素、作物特性、土壤性质以及农业技术措施等,也是农田水分循环的重要部分。何建斌等研究发现,滴灌葡萄耗水强度随着灌水量的增加而增加,即灌水量越大,耗水量也越大,在浆果生长期耗水量最大,浆果成熟期次之<sup>[11-13]</sup>。本试验与前人研究基本一致,果粒膨大期与转色成熟期耗水量较大。本试验发现,W<sub>2</sub> 处理在膨大期日均耗水强度及耗水量较花期转色成熟期略低,是由浆果生长前期水分亏缺造成的,应提前灌水,以保证葡萄能够达到正常耗水强度;W<sub>3</sub> 处理日均耗水强度持续降低,说明该处理灌水量不能满足作物正常生长所需的耗水量,而 W<sub>1</sub> 处理转色成熟期耗水强度高于膨大期,说明该处理转色成熟期灌水量过多,对葡萄品质的形成将造成较大的影响。土壤水分变化特征与作物耗水量变化特征作为衡量植株水分状况的指标,能较好地指导葡萄的灌溉,对于设施葡萄灌溉制度的建立具有积极的作用。

灌水量与葡萄的产量及品质有密切的联系。调亏灌溉对葡萄果粒大小及产量有一定影响<sup>[14]</sup>。大量研究认为,调亏灌溉会使葡萄产量降低。何岸谔研究表明,调亏灌溉处理使葡萄产量减少 13.8%<sup>[15]</sup>。刘洪光等研究表明,在花期进行调亏灌溉可以起到疏花及优化葡萄果穗空间分布的效果,产量下降 12%<sup>[16]</sup>。本试验发现,随着灌水量的减少葡萄单穗质量减少,其中 W<sub>3</sub> 处理与 W<sub>1</sub> 处理差异显著,说明灌水量对葡萄产量形成具有重要的作用,而保证膨大期的耗水强度是获得葡萄高产的重要环节。葡萄的单粒质量、纵横径随灌水量减少先增加后减小,但各处理间并没有形成显著性差异,说明适度的水分亏缺能提高葡萄果粒的品质特征。

葡萄果实品质与灌水量之间关系密切,适度的水分亏缺有利于提高葡萄的品质。本研究表明,随着灌水量的减少,葡萄可溶性固形物、维生素 C 含量与硬度均有所提高,而可滴定酸含量减少,W<sub>1</sub> 处理于 W<sub>2</sub>、W<sub>3</sub> 处理的可溶性固形物含量差异显著。说明减少灌量可以提高可溶性固形物含量、维生素 C 含量,减轻葡萄的酸度,还能增强葡萄的硬度,便于葡萄的贮藏与运输。本试验中 W<sub>3</sub> 处理的葡萄果实内在品质优于其他 2 个处理,但耗水强度持续降低,说明该处理灌水量不能满足葡萄正常生长所需的耗水量,持续控水会对植株生长产生不良影响。

本试验中各处理耗水量大于灌水量,较多地消耗了土壤前期的储备水,虽然灌水量较小,但灌水对葡萄的生长、产量、

品质仍然产生较大影响。W<sub>1</sub> 处理耗水量最大,单穗质量高于其他处理,获得最高的产量,但在外观性状以及内在品质上较其他处理有所不足,说明增加灌水量能够提高葡萄产量,减少灌水量有助于提升葡萄品质。W<sub>2</sub> 处理在灌水量少,耗水量较低的基础上能保证相应的产量,并且具有较高的果实品质,对植株的生长没能产生不良影响,是干旱地区灌溉方案的较优选择。然而,本试验结果只是在不同灌水量下的表现,而调亏时期及调亏时间的长短对产量与品质也会造成一定影响,其具体关系有待进一步研究。进一步深入研究与优化不同生育期调亏灌水量,进而探索出最佳的灌水方案,有助于更好地通过水分协调葡萄生长以及提高产量、品质。

参考文献:

[1] 张 瑜. 大会主席带你看 2017 国际设施园艺大会[J]. 农业工程技术,2017,37(19):36-37.

[2] 段长青. 当前我国葡萄产业发展面临的重大问题和对策措施[J]. 中国果业信息,2017,34(1):3-4.

[3] 陈 梦. 新疆林果产业发展科技支撑问题的思考[C]//中国科协 2005 年学术年会——新疆特色林果业产业化论坛,2005.

[4] 王海波,王孝娣,王宝亮,等. 中国北方设施葡萄产业现状、存在问题及发展对策[J]. 农业工程技术(温室园艺),2011(1):21-24.

[5] 陈晓东,周军永,陆丽娟,等. 水分对葡萄的重要性及调控技术探析[J]. 现代农业科技,2014(15):123-125,129.

[6] 曾 辰. 极端干旱区成龄葡萄生长特征与水分高效利用[D]. 北京:中国科学院研究生院,中国科学院大学,2010.

[7] 房玉林,孙 伟,万 力,等. 调亏灌溉对酿酒葡萄生长及果实品质的影响[J]. 中国农业科学,2013,46(13):2730-2738.

[8] 苏学德,李 铭,郭绍杰,等. 不同灌水处理对克瑞森无核葡萄光合特性及果实品质的影响[J]. 安徽农业科学,2011,39(30):18649-18652.

[9] 夏国海. 葡萄果实实糖分卸载与代谢机制研究[D]. 北京:中国农业大学,1999.

[10] 綦 伟,李瑞臣,徐月华,等. 葡萄抗旱性研究进展[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2005(3):33-36.

[11] 何建斌,王振华,何新林,等. 极端干旱区不同灌水量对滴灌葡萄生长及产量的影响[J]. 农学学报,2013,3(2):65-69.

[12] 王振华,权利双,何建斌. 极端干旱区水肥耦合对滴灌葡萄耗水及产量的影响[J]. 节水灌溉,2014(6):13-15,18.

[13] 杨慧慧. 吐哈盆地滴灌葡萄耗水规律及灌溉制度研究[D]. 石河子:石河子大学,2011.

[14] 王海龙. 灌溉量对设施葡萄生理生化特性和品质的影响[D]. 兰州:甘肃农业大学,2011.

[15] 何岸谔. 水分调亏对设施延后栽培葡萄生长、产量及品质的影响研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2016.

[16] 刘洪光,何新林,王雅琴,等. 调亏灌溉对滴灌葡萄生长与产量的影响[J]. 石河子大学学报(自然科学版),2010,28(5):610-613.