

# 不同灌溉制度对设施葡萄水分 利用效率及产量的影响

邱德玉, 罗永华

(民勤县水务局, 甘肃 武威 733300)

**摘要:** 以设施延迟栽培条件下具有3年树龄的美国红提为研究对象, 设置不同的滴灌灌溉制度进行试验, 对其耗水特性、生长发育特性、水分利用效率和产量比较研究。结果表明: 设施葡萄耗水量随灌水量增加显著增大, 总灌水量相同情况下, 生育期前期灌水定额越小耗水量越少; 萌芽期不同灌水定额对葡萄新梢生长影响不显著, 抽蔓期水分亏缺对叶面积指数影响明显; 灌溉水利用效率随着灌溉量的增加而减小; 产量在一定范围内不随灌水量的增多而显著增加; 着色成熟期进行一定程度水分调控, 提高灌溉水利用效率的同时不显著影响设施葡萄产量。

**关键词:** 设施葡萄; 耗水量; 水分利用效率; 产量; 灌溉制度

中图分类号: S274.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2015)04-0232-04

## Effect of different irrigation scheme on yield and water use efficiency of facility grape

QIU Deyu, LUO Yonghua

(Minqin Water Affairs Bureau, Wuwei 733300, China)

**Abstract:** Taking American red of three years old under the condition of facility delay cultivation as study object, the paper set up different irrigation schedules and studied the water consumption characteristics, growth characteristics, water use efficiency and yield. The result showed that grape water consumption of facility increased significantly with the increase of irrigation volume. In the case of the same total irrigation volume, the smaller the irrigation quota, the less the water consumption in the early growth period; in germination stage, the different irrigation quotas have little impact on grape shoot growth and water deficiency significantly affect the leaf area index in pumping vine period; the irrigation water use efficiency of facilities grape decreases with the increase of irrigation amount; grape yield is not significantly increased with the increase of irrigation volume within a certain range; the moisture control can improve irrigation water use efficiency and not significantly affect grape yield in coloring maturity period.

**Key words:** facility grape; water consumption; irrigation water use efficiency; yield; irrigation scheme

鲜食葡萄生产是我国葡萄产业的主体, 占80%以上, 但由于不耐贮运, 市场供应期短, 且成熟期多集中在7-8月份, 此时正值夏季高温多湿, 病虫害严重, 品质变劣, 很难满足人们对鲜食果类的消费需求。在这种市场需求下, 我国北方许多地区出现了利用日光温室延迟栽培葡萄的生产模式。截至目前全国延迟栽培面积大约1000 hm<sup>2</sup>左右, 主要集中在甘肃、辽宁、河北、内蒙、江苏、西藏和青海等地, 其中甘肃面积最大, 约占全国延迟栽培的90%以

上<sup>[1]</sup>。在水资源短缺的西北干旱地区, 如何用最合理的灌溉制度在发展具备优良品质的高档鲜食葡萄的同时, 提高水分利用效率, 有效节约灌溉用水是亟待解决的问题。

水资源短缺是影响干旱地区作物正常生长发育和产量形成的限制因素<sup>[2]</sup>。提高水分利用效率是发展节水农业的中心目标, 旱地农业实践表明, 植物可通过御旱、耐旱等机制来调节水分的吸收和利用, 使其水分利用具有高度的可塑性<sup>[3-4]</sup>, 进而提高水

分利用效率。苏培玺等<sup>[5]</sup>研究表明:沙地葡萄中应用比沟灌省水 70.8% 的塑料薄膜滴灌带灌溉, 树木无徒长现象, 葡萄含糖量增加 1.5%, 单产提高 14.4%。杜太生等<sup>[6]</sup>研究表明, 葡萄应用根系分区交替滴灌较常规滴灌灌水量节省 50%, 控营养生长与生殖生长, 产量无显著下降, 水分利用效率提高了 37.36%; Stefano、李绍华等<sup>[7-8]</sup> 研究认为葡萄对水分需求最敏感的时期是果实膨大期, 葡萄开花后三周重度缺水对葡萄座果率影响最大, 其次各生长阶段不同程度缺水会引起果粒体积大小变化。然而任何一个优良品种的形成, 对生态条件包括气候和土壤的适应能力都有一定的要求, 设施内延迟栽培葡萄生长发育也表现出不同于露地栽培条件下的一些特点。在迅速发展设施葡萄生产的干旱地区, 根据其耗水特性和生理特点以及对灌溉制度的响应差异, 挖掘和评判设施内葡萄对水分环境的协调适应性仍是干旱地区生物节水的重要内容。

本项目通过千亩设施农业示范基地设施葡萄的大田试验, 在滴灌条件下不同灌水定额的设置, 研究不同灌水量及生育期灌溉对设施葡萄生长指标和产量的影响, 为设施葡萄延迟栽培技术的进一步推广应用提供理论依据和实践指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验在千亩设施农业示范点进行, 该示范点位于甘肃省引大灌区秦王川盆地, 103°27' ~ 104°21' E, 36°16' ~ 36°53' N, 海拔 1 800 ~ 2 400 m, 属典型大陆性干旱气候, 相对湿度 56%, 多年平均气温 5 ~ 6.5℃, 降水量少, 多年均降水量 284.8 mm, 7 ~ 9 月占全年降水量的 78%, 年蒸发量高达 1 800 ~ 2 100 mm, 自产地表水资源贫乏, 年仅 700 万 m<sup>3</sup>, 且多以地表径流形式流失, 加之植被覆盖度低, 约 94% 的降水消耗于蒸发。

### 1.2 试验材料与试验处理

供试材料为 3 年树龄的美国红提, 试验小区位于示范点的日光温室内, 温室长度 55 m, 跨度 8 m, 脊高 3.8 m, 后坡水平投影长度 1.3 m, 墙体为 1.5 m 厚的土墙, 低温季节加盖棉被保温, 高温季节通风换气, 设施内温度调控在白天 20 ~ 30℃, 夜间 14 ~ 20℃, 空气相对湿度保持 75% ~ 85%。试验地土壤为沙壤土, 土壤部分物理性质及肥力状况为: 有机质 0.713%, 全磷 0.064%, 全氮 0.061%, 速氮 52 mg/kg, 速磷 8 mg/kg, 田间持水量 20.83%, 土壤容

重 1.21 g/cm<sup>3</sup>。

结合试验地作物的生育进程, 依照《灌溉试验规范》中划分作物生育阶段的标准, 将红提葡萄的生育期划分为以下几个阶段: 萌芽期 (05-01 - 05-21)、抽蔓期 (05-21 - 06-20)、开花期 (06-20 - 07-14)、果实膨大期 (07-14 - 09-28)、着色成熟期 (09-28 - 01-13)

试验设计两种方案: 红提葡萄整个生育期内灌溉定额不同; 总灌溉定额相同的条件下, 各生育期内灌水定额不同, 两种方案中灌水次数均相同。试验共设计 6 个处理, 每个处理重复 3 次, 共 18 个小区, 小区面积为 28 m<sup>2</sup>, 温室前后及每个小区间分别设有保护行, 具体设计方案如表 1。

表 1 滴灌条件下设施葡萄灌溉制度试验方案 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>

处理	灌水定额及灌水次数					灌溉定额
	萌芽期 (MP)	抽蔓期 (CP)	花期 (HP)	果实膨大 期(GP)	着色 成熟期 (ZP)2	
	1	2	1	5	2	
P <sub>1</sub>	300	300	300	300	300	3300
P <sub>2</sub>	450	450	450	450	450	4950
P <sub>3</sub>	600	600	600	600	600	6600
P <sub>4</sub>	450	300	300	600	600	5550
P <sub>5</sub>	450	600	300	300	600	4650
P <sub>6</sub>	450	600	300	600	300	5550

垄宽 1 m, 深 0.4 m, 单壁篱架, 株距 0.7 m、行距 2 m 的定植密度条件, 采用滴灌方式灌溉, 每行铺设 1 条毛管带, 滴头间距 0.35 m, 滴头额定流量为 0.0027 m<sup>3</sup>/h, 供水工作压力为 0.1 MPa。水源由基地内修建的塘库提供, 通过地下管道连通至温室内, 通过水表计量灌溉水量。

试验于萌芽期开始控水, 灌第一次萌芽水之前 0 ~ 10、10 ~ 20、20 ~ 40、40 ~ 60、60 ~ 80 cm 土层土壤含水量占田间持水量分别为 74.81%、77.32%、87.47%、69.77%、65.53%、73.95%。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同灌溉处理对设施葡萄耗水特性的影响

不考虑降雨对设施内植株的影响, 灌水量是植株蒸腾的唯一水分来源。由图 1 看出各处理耗水量均随着灌水量增加而显著增大, 表现为 P<sub>3</sub> > P<sub>6</sub> > P<sub>4</sub> > P<sub>2</sub> > P<sub>5</sub> > P<sub>1</sub>; 总灌水量均为 540 mm 的处理 P<sub>4</sub> 与处理 P<sub>6</sub>, 由于相同生育期灌水定额不同 (P<sub>4</sub>: 抽蔓期灌水定额 300 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 着色成熟期 600 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>; P<sub>6</sub>: 抽蔓期灌水定额 600 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>; 着色成熟期 300 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>), P<sub>6</sub>

耗水量较  $P_4$  高 3.5%, 说明设施葡萄总灌水量相同情况下, 前期灌水定额越小的处理耗水量越少。

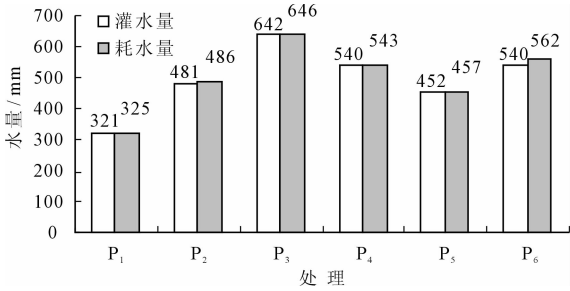


图 1 不同处理灌水量与耗水量

各处理的日耗水量随着灌溉定额差距的扩大差异显著, 生育期耗水强度与灌溉定额呈正相关。抽

蔓期与果实膨大期灌水定额相同的处理  $P_3$ 、 $P_5$  与  $P_6$ , 因抽蔓期生育时间占作物整个生育期时间的比例较果实膨大期小, 其耗水强度略高于果实膨大期, 但是差异较小(表 2)。处理  $P_4$  在抽蔓期用较小的灌水定额进行一定程度水分胁迫, 日耗水量仅为处理  $P_3$  的 50%, 果实膨大期复水后其日耗水量迅速增大为处理  $P_3$  的 100.1%。说明缺水对设施葡萄耗水强度抑制明显。作物耗水系数是某一时期作物耗水量占整个生育期总耗水量的比值, 所有处理的耗水系数均表现为果实膨大期 > 抽蔓期 > 着色成熟期 > 萌芽期 > 花期, 灌水对设施葡萄各时期的耗水系数影响不大, 说明设施葡萄自我调节能力较强, 这为强调其生长发育关键期为果实膨大期和抽蔓期供水提供了依据。

表 2 设施葡萄不同处理日耗水量与耗水系数

$m^3/(hm^2 \cdot d)$ , %

处理	萌芽期		抽蔓期		花期		果实膨大期		着色成熟期	
	MC	WC	MC	WC	MC	WC	MC	WC	MC	WC
$P_1$	2.94	9.06	4.21	27.80	2.48	9.15	3.90	35.45	1.15	18.54
$P_2$	4.43	9.12	6.17	27.40	3.78	9.33	5.88	35.73	1.71	18.41
$P_3$	5.90	9.14	8.14	27.32	5.08	9.44	7.76	35.43	2.30	18.67
$P_4$	4.50	8.07	4.10	23.74	0.86	5.68	7.79	41.21	2.26	21.31
$P_5$	4.48	10.12	8.08	29.77	0.85	7.12	3.92	26.21	2.26	26.78
$P_6$	4.53	8.74	8.14	25.62	0.85	6.10	7.87	45.01	1.43	14.53

注: MC 表示耗水强度, WC 表示耗水系数。

## 2.2 不同灌水处理对设施葡萄生理生长特性影响

### 2.2.1 新梢生长量

本实验在葡萄开始萌芽时各处理中选取长势基本一致的植株监测新梢长度动态变化。图 2 表明, 不同灌溉定额对设施葡萄新梢生长量影响显著, 在一定范围内新梢生长量随灌溉定额的增大而增大。葡萄萌芽初期由于枝条少, 叶片小, 植株蒸腾作用弱, 对水分的需求较小, 3 种不同灌水定额水分处理下的新梢生长量, 处理  $P_3$  增长最快, 与其他处理差异显著, 其他各处理间无显著差异。5 月 20 号左右进入抽蔓期, 需水强度增大, 不同水分处理下的葡萄新梢生长速度差异越来越显著,  $P_3$  处理的新梢长度均处于最大状态, 但是进入抽蔓期后期 6 月 20 号左右,  $P_3$  处理的新梢生长速度并没有因灌水定额的增大而持续增大, 相反增长速度开始减慢, 此时处理  $P_5$ 、 $P_6$  新梢生长速度仍然继续增快。进入花期后处理  $P_3$ 、 $P_5$  和  $P_6$  新梢增长累计长度无显著差异。灌水定额较低的处理  $P_1$ 、 $P_4$  因水分亏缺, 抽蔓后期 - 花期新梢生长速度逐渐减慢。

以上结论说明在一定范围内新梢生长速度随着灌水定额的增大而增大, 但是达到一定阶段后, 其增

长速度与灌水定额的相关性逐渐减小; 萌芽期进行轻度的水分亏缺, 抽蔓期复水后不影响新梢的增长。萌芽期不同灌水定额的水分处理对葡萄新梢生长影响不显著。

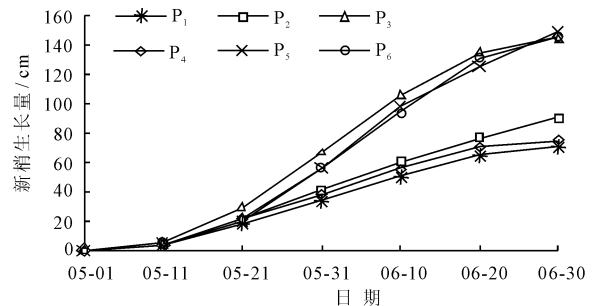


图 2 不同处理新梢生长差异

### 2.2.2 叶面积

由图 3 看出, 设施葡萄各生育期因灌水定额不同, 叶面积指数变化趋势表现出明显的差异性: 抽蔓期 (05-23 - 07-23) 灌水定额较低的处理  $P_4$ 、 $P_5$  和  $P_1$  叶面积指数与其他处理差异显著(表 3)。果实膨大期处理  $P_4$  叶面积指数随灌水定额的增加而迅速增大, 与处理  $P_3$ 、 $P_6$  和  $P_2$  差异不显著。

着色成熟期处理  $P_3$  前期供水充足,叶面积指数减小趋势不明显,处理  $P_1$  由于水分亏缺,LAI 明显减小。以上结果表明,设施葡萄叶面积指数高峰值出现在果实膨大期,抽蔓期水分亏缺对叶面积指数影响明显,但是后期及时增加灌水定额后,LAI 与前期高水分处理间差异不显著。

表3 不同处理叶面积指数差异

处理	05-23	06-23	07-23	08-02	09-23	10-23
$P_1$	0.42ab	1.06c	2.14b	2.68b	2.4c	1.8c
$P_2$	0.44ab	1.43ab	2.73ab	3.05a	2.98a	2.68b
$P_3$	0.49a	1.54a	3.02a	3.44a	3.34a	3.32a
$P_4$	0.46ab	1.19bc	2.3ab	2.9ab	2.75ab	2.73b
$P_5$	0.37b	1.14c	2.33ab	2.63b	2.5bc	2.4bc
$P_6$	0.47ab	1.4ab	2.9ab	3.25a	3.2a	2.9ab

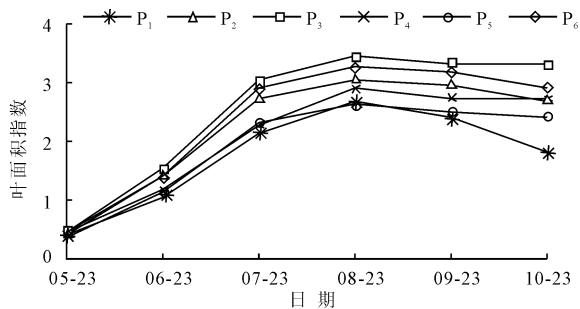


图3 不同处理叶面积指数差异

### 3 不同灌水处理对设施葡萄灌溉水利用效率及产量的影响

由表4看出,各处理的灌溉水利用效率均不同,其中灌水量最少的处理  $P_1$ ,灌溉水利用效率达到最大值  $8.13 \text{ kg/m}^3$ ,灌水量最多的处理  $P_3$  灌溉水利用效率最低达到  $4.79 \text{ kg/m}^3$ ;灌水量相同的处理  $P_4$  与处理  $P_6$ ,灌溉水利用效率表现为处理  $P_6$  大于处理  $P_4$ ;生育期内灌水量为  $4650 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  的处理  $P_5$  较灌水量为  $4950 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  的处理  $P_2$ ,灌水量减少了  $300 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,其灌溉水利用效率并没有因灌水量的减小而显著增加,仅仅是处理  $P_2$  的  $2.5\%$ 。以上结果表明:设施葡萄灌溉水利用效率随着灌溉量的增加而减小,但在一定的灌水量范围内,其减小趋势并不随着灌溉量的持续增加而急剧下降。灌水量相同的情况下,着色成熟期进行灌水量的一定调控有利于灌溉水利用效率的提高,果实膨大期限制灌水量不利于提高灌溉水利用效率。

表4 不同处理对设施葡萄灌溉水利用效率及产量的影响

处理	灌水量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ )	产量/ ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	水分利用效率/ ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )
$P_1$	3300.00	26825.00c	8.13 a
$P_2$	4950.00	28925.00b	5.84b
$P_3$	6600.00	31634.75a	4.79d
$P_4$	5550.00	29495.00b	5.31c
$P_5$	4650.00	27855.00bc	5.99b
$P_6$	5550.00	31325.00a	5.64bc

生育期不同灌水量对设施葡萄产量有显著影响,由表4看出,灌水量最少的处理  $P_1$  产量最低,过度缺水严重影响设施葡萄营养生长和生殖生长,造成产量大幅下降;处理  $P_6$  与处理  $P_3$  相比,灌水量减少了  $1050 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,产量差异不显著 ( $p < 0.05$ ),说明设施葡萄产量在一定范围内并不随着灌水量的增多而显著增加,在着色成熟期进行一定程度的水分调控,节约水的同时不显著影响设施葡萄产量。这与 Chalmers<sup>[9]</sup> 等人研究结果相似,即在葡萄生育后期进行适当水分调亏,其补偿生长的效应在当年度不能发挥,其产量略有下降,但影响不大;水分胁迫虽然对果树的生长影响较明显,但对产量影响甚微。灌水量相同的处理  $P_4$  和处理  $P_6$ ,因其不同生育期内灌水量定额不同,导致设施葡萄产量差异显著 ( $p < 0.05$ ),说明设施葡萄在抽蔓期缺水对产量影响较为显著。

### 4 结 语

设施葡萄的合理灌溉是十分复杂的问题,它受到气象、土壤、作物品种以及农业技术水平等多种因素的制约。本实验在设施葡萄不同生育期内设置不同灌水定额,通过对葡萄植株的耗水量、生理反应、各处理的灌溉水利用效率和最终产量进行分析,得出灌溉定额相同情况下,抽蔓期水分亏缺不利于提高设施葡萄产量,而在着色成熟期较小的灌水定额在提高灌溉水利用效率的同时,不仅不影响产量,相反有助于提高葡萄果实品质,此结论与钟辉对葡萄树生长后期进行节水灌溉处理研究结果一致,即葡萄生长后期节水有利于土壤保水保肥,提高葡萄果汁糖度,增加果实硬度,对葡萄品质起到较好的改善作用<sup>[10]</sup>。

以鲜食葡萄为主的设施葡萄产业,其果实品质对经济效益起着决定性作用,因此在经后设施葡萄生产过程中,注重节水的同时,进一步研究果实品质与节水途径之间的相关性有着重大意义。

(下转第240页)

村水利设施投入产出效率,使农业走高效化、集约化的发展路线,需要继续深化以下几个方面对农村水利基础设施建设的政策支持:

(1)建立水利投资长效机制。我国对农村水利建设的投资多年来一直是事件导向型,具有一定的“头痛医头,脚痛医脚”的特征,在实际发生旱涝灾害后才进行水利建设。要提高农村水利设施投入产出效率需要建立水利投资的长效机制,更多的从预防角度进行农村水利建设,减少灾害实际发生时的损失,提升农业产出。

(2)继续引导农村剩余劳动力合理向城镇及非农产业转移。继续深化实施农地流转,引导农村剩余劳动力向非农部门合理转移,减少农村水利设施劳动力投入,提高其投入产出效率,进而提升农业整体效率,为我国农业的规模化、集约化创造条件。

(3)优化农村水利建设资金配置。要提高农业综合产出,需要从灌溉、防洪除涝以及农村电力供应等多方面入手。因此,应大力推进农村水利建设资金的内部优化配置,由“重灌溉,轻除涝”转变为灌溉、除涝和发电并重,消除农村水利设施投入产出无效中的结构性因素。

#### 参考文献:

- [1] 彭亮. 农村水利建设与农业综合生产能力灰色关联分析——以四川省为例[J]. 农村经济, 2011(4): 32-35.
- [2] 王广深, 何铭涛, 莫易娴, 等. 中国农村水利投资特点及对农业产出贡献度分析[J]. 水利经济, 2013, 31

(3): 11-15.

- [3] 汪建华, 李琼. 广西农村公共投资绩效分析——基于随机前沿分析法[J]. 现代商贸工业, 2012, 24(13): 59-60.
- [4] 王学渊. 基于 DEA 和 SFA 方法的中国省区灌溉用水效率比较研究[J]. 统计与决策, 2010(8): 44-47.
- [5] 宋清, 胡雅杰, 程源. 京津沪农村基础设施投资效率比较研究[J]. 中国科技论坛, 2011(10): 143-149.
- [6] 华坚, 祁智国, 马殷琳. 基于超效率 DEA 的农村水利基础建设投入产出效率研究[J]. 经济问题探索, 2013(8): 55-60.
- [7] 崔永伟, 杜聪慧. 生产函数理论与函数形式的选择研究[C]//中国优选法统筹法与经济数学研究会、山东大学、中国科学院科技政策与管理科学研究所、《中国管理科学》编辑部, 第十四届中国管理科学学术年会论文集(上册), 2012.
- [8] Färe R, Grosskopf S, Pasurka Jr C A. Environmental production functions and environmental directional distance functions[J]. Energy, 2007, 32(7): 1055-1066.
- [9] Fukuyama H, Weber W L. A directional slacks-based measure of technical inefficiency[J]. Socio-Economic Planning Sciences, 2009, 43(4): 274-287.
- [10] 王兵, 吴延瑞, 颜鹏飞. 中国区域环境效率与环境全要素生产率增长[J]. 经济研究, 2010(5): 95-109.
- [11] Zheng Ji, Liu Xiu, Bigsten A. Ownership structure and determinants of technical efficiency: an application of data envelopment analysis to Chinese enterprises (1986-1990)[J]. Journal of Comparative Economics, 1998, 26(3): 465-484.

(上接第 235 页)

#### 参考文献:

- [1] 王海波, 王孝娣, 王宝亮, 等. 中国设施葡萄产业现状及发展对策[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2009(9): 61-65.
- [2] 王德梅, 于振文, 许振柱. 高产条件下不同小麦品种耗水特性及水分利用效率的差异[J]. 生态学报, 2009, 29(12): 6552-6560.
- [3] 杨涛, 梁宗锁, 薛吉全, 等. 干旱胁迫下不同玉米品种的耗水特性及其水分利用效率的差异[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(5): 103-107.
- [4] 张岁岐, 周小平, 慕自新, 等. 不同灌溉制度对玉米根系生长及水分利用效率的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(10): 1-6.
- [5] 苏培玺, 施来成. 塑料薄膜滴灌带在沙地葡萄节水中的应用研究[J]. 干旱地区农业研究, 2000, 18(4): 94-98.
- [6] 杜太生, 康绍忠, 夏桂敏, 等. 滴灌条件下不同根区交替湿润对葡萄生长和水分利用的影响[J]. 农业工程学报,

2005, 21(11): 43-48.

- [7] Stefano Poni, Maurizio Quartieri, Massimo Tagliavini. Potassium nutrition of cabernet sauvignon grapevines (Vitis vinifera L.) as affected by shoot trimming[J]. Plant and Soil 2003, 253(2): 341-351.
- [8] 李绍华. 果树生长发育、产量和果实品质对水分胁迫反应的敏感期及节水灌溉[J]. 植物生理学通讯, 1993, 29(1): 10-16.
- [9] Chalmers D J, Burge G, Jerie P H, et al. The mechanism of regulation of 'Bartler' pear fruit and vegetative growth by irrigation withholding and regulated deficit irrigation[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1986, 11(6): 904-907.
- [10] 钟辉, 钟公诒, 杨筠文, 等. 生长后期节水灌溉对葡萄产量及品质的影响试验初探[J]. 南方园艺, 2010, 21(5): 14-15.