

不同生育期水分胁迫对设施延后栽培葡萄 土壤温度与果实品质的影响

陈娜娜, 贾生海, 张芮, 王菲

(甘肃农业大学 水利水电工程学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: [目的] 探讨河西荒漠绿洲区(以甘肃省张掖市为代表)水分调控下土壤温度的基本变化特征以及土壤温度与果实品质之间的联系,为设施延后栽培技术研究提供理论依据。[方法] 将设施延后栽培葡萄分为 5 个生育期,在各个生育期设 1 个土壤含水率下限为田间持水率(θ_f)的 55% 的中度水分调控处理(GS, VS, FS, ES, CS),开展了上述设定条件下的研究。[结果] (1) 随着土层深度的增加,设施延后栽培葡萄土壤温度均表现为 5 cm > 10 cm > 15 cm > 20 cm > 25 cm。且在葡萄全生育期内各个土层土壤温度变化规律均为先升高后降低的趋势,水分胁迫不仅提高了该生育阶段的土壤温度同时对其下一生育阶段的土壤温度也具有十分重要的作用。(2) 果穗质量和单粒重均 GS 处理最高,可溶性固形物 FS 处理最高,总糖含量 CS 处理最多,可滴定酸含量 CS 最低。[结论] 设施延后栽培葡萄土壤温度受环境影响明显,在白天土壤温度是由表层向深层传递,且水分胁迫具有增加土壤温度的作用。要提高葡萄甜度同时降低酸度,增加成熟度需在生育后期即果实膨大期以及着色成熟期适当程度的提高土壤温度。

关键词: 水分胁迫; 设施葡萄; 土壤温度; 果实品质

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2017)04-0119-07

中图分类号: S154

文献参数: 陈娜娜, 贾生海, 张芮, 等. 不同生育期水分胁迫对设施延后栽培葡萄土壤温度与果实品质的影响[J]. 水土保持通报, 2017, 37(4): 119-125. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.04.020; Chen Nana, Jia Shenghai, Zhang Rui, et al. Effects of water stress at different growth stages on soil temperature and grape fruit quality under delayed cultivation facility[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(4): 119-125. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.04.020

Effects of Water Stress at Different Growth Stages on Soil Temperature and Grape Fruit Quality Under Delayed Cultivation Facility

CHEN Nana, JIA Shenghai, ZHANG Rui, WANG Fei

(College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: [Objective] The effects of moisture in Hexi desert oasis area(taking Zhangye City in Gansu Province as the representative) on soil temperature was demonstrated and the association between soil temperature and fruit quality was explored to provide theoretical basis for facility delayed cultivation technology research. [Methods] Five growth stages(GS, PS, FS, ES, CS) were recognized for the cultivation of faculty-delayed grapes. In each growth period, a moderate moisture treatment(the lowest of soil moisture was about 55% of the soil field capacity). [Results] (1) Soil temperatures of different layers ranked as 5 cm > 10 cm > 15 cm > 20 cm > 25 cm. During the whole growth period of grape, the soil temperature in each soil layer increased first and then decreased. Water stress at certain growth stage not only improved soil temperature, but also played an important postponed role in soil temperature to the next growth stage. (2) GS treatment had the highest ear quality and greatest single grain weight; FS treatment had the highest soluble solids content; the total sugar content of CS treatment was the most; titratable acid content was lowest in CS. [Conclusion] Soil

收稿日期: 2017-01-13

修回日期: 2017-02-13

资助项目: 国家自然科学基金项目“水分调控对延迟栽培葡萄土壤碳源代谢及果实品质的协同作用机理”(51569002)

第一作者: 陈娜娜(1990—), 女(汉族), 甘肃省兰州市人, 硕士研究生, 研究方向为节水灌溉技术。E-mail: 1611431943@qq.com。

通讯作者: 贾生海(1963—), 男(汉族), 甘肃省武威市人, 博士, 教授, 主要从事旱区水资源和水土保持方面的研究。E-mail: jiaash@gsau.edu.cn。

temperature of the grape was significantly affected by environment during the delayed cultivation. Soil heat was transferred from the surface layer to the deep layer during the daytime, and hence water stress can increase soil temperature. In order to increase the sweetness of the grapes, to reduce the acidity and to increase the maturity, soil temperature should be increased in the late growth stages. They are the fruit swelling stage and the coloring mature stage.

Keywords: water stress; facility grape; soil temperature; fruit quality

水、热因子作为影响作物生长的两大重要因素,其对作物不同的影响机制一直以来都是农艺学家以及节水专家们的研究重点^[1]。土壤温度作为地表主要物理参量之一,是土壤作用于植物的重要指标,其直接影响植物的生长、发育和土壤的形成,特别是在植株生长发育过程中对根系吸收水分和矿质元素有重要影响^[2-3]。有研究^[4]表明,即使是 1 °C 的土壤温度的差异也将显著影响作物的生长。另外,土壤温度也随着气温和土壤表面获得的辐射能的周期性变化而呈现周期性的变化。同时,风速、土壤水分状况等对土壤温度也具有较大的影响^[5]。近年来,许多科技工作者对土壤温度变化特征进行了大量而深入的研究,如王风等^[6]对东北黑土区土壤温度变化特征进行了分析;陈继康等^[7]研究了麦田土壤温度的日变化特征;杜尧东等^[8]分析了蔬菜田的土壤温度变化特征。而国外学者利用热脉冲等技术主要针对一年一熟制下的土壤温度进行了研究,认为其变化过程相对比较简单,是单一的升温或降温过程^[9-11]。

保护设施由于密闭性和保温性好,其内的气温和土壤水热状况不同于大田。研究^[12-13]认为,日光温室土壤温度的波动主要受太阳辐射、空气温度、土壤特性以及灌溉方式等的影响。常丽娜等^[14]对日光温室空气温度与土壤温度进行相关性分析,认为在有作物生长的条件下,土壤温度与室内外空气温度之间已不是简单的线性关系,并对其相互关系进行了数值模拟。塔娜等^[15]对不同含水率下日光温室土壤温度变化规律进行拟合,发现在白天含水率越低土壤温度越高,对于含水率较高(20%~23%)的土壤,随着含水率降低,平均温度明显增加。佟国红等^[16]用 CFD 方法模拟日光温室温度环境,其中探讨了边界条件中 1.0 m 深土壤温度的取值变化对室内温度的影响。而对于果树来说,其根系、叶片等条件不同于小麦、玉米等粮食作物,因此土壤温度根据环境会有所不同。揣峻峰等^[17]在地膜与秸秆双重覆盖对渭北苹果园土壤水分及产量的影响的研究中提到对果园土壤来说降低极端温度数值,减轻极端温度给果树造成的伤害十分重要。滑磊^[18]、陈军^[19]也分别探讨了果树生长与土壤条件的关系,其中都提到了土壤温度对果树生

长的影响。卫新东等^[20]研究了控水条件下桃树地土壤温度变化特征,发现当土壤水势维持在一定水平时,各深度土壤温度变化表现出一定的规律性。本研究以甘肃省张掖市水务局灌溉试验中心为平台,分析不同生育期水分胁迫条件下设施延后栽培葡萄 0—25 cm 处土层土壤温度的变化规律以及果实品质的变化,并进一步分析水分胁迫下土壤温度与果实品质之间的联系,以期能为以后研究设施延后栽培技术提供一定的理论依据,同时能为生产实践中人工调控果树生态环境及果树生命健康诊断提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验在甘肃省张掖市水务局灌溉试验中心(东经 100°26', 北纬 38°56')进行。试验所在区域属于典型的大陆性干旱气候,多年平均降水量 125 mm,多年平均蒸发量 2 047.9 mm。该区域阳光充足,干燥少雨,昼夜温差大,介于 13~16 °C 之间。全年日照时数 2 932~3 085 h,大于等于 0 °C 的有效积温为 3 388 °C。葡萄生育时期平均降雨量为 157.9 mm,蒸发量为 1 290.25 mm,蒸发量为降雨量的 8.2 倍,属典型的资源性缺水地区。供试的土壤主要为中壤土,pH 值为 7.8,土壤干密度 1.47 g/cm³,体积比田间持水率 22.8%。试验供试作物为 4 a 生红提葡萄(红地球 red globe)。

1.2 试验设计

试验将延后栽培葡萄划分为 5 个生育期,采用完全随机区组设计,设置 6 种处理,分别为:萌芽期水分胁迫处理(GS);新梢生长期水分胁迫处理(PS);开花期水分胁迫处理(FS);果实膨大期水分胁迫处理(ES);着色成熟期水分胁迫处理(CS)以及对照处理即全生育期充分灌水处理(CK),试验重复 3 次,共 18 个小区。每个小区面积 12 m² (6 m×2 m)。具体试验设计如表 1 所示。葡萄采用单壁篱架栽培,种植密度为株间距 0.8 m,行间距 2 m。栽培设施采用当地普遍采用的日光温室,选用相邻的 2 栋朝向、材料、规格均相同的温室进行栽培研究。单棚建筑面积为 6 m×80 m。随机布设试验小区。

表 1 试验设计方案

处理	各阶段土壤含水量下限(占田间持水量的百分数)/%				
	萌芽期	新梢生长期	开花期	果实膨大期	着色成熟期
GS	55	75	75	75	75
PS	75	55	75	75	75
FS	75	75	55	75	75
ES	75	75	75	55	75
CS	75	75	75	75	55
CK	75	75	75	75	75

1.3 测定项目及方法

1.3.1 地温测定 在不同处理小区中部安放的金属曲管地温计测定地温,其测量深度依次为 5, 10, 15, 20, 25 cm。地温日常分 3 个时间点观测,早晨 8:00, 下午 14:00, 晚上 20:00, 但灌水前后, 有代表性的晴天、阴天和雨天就需要加测, 每隔 2 h 观测 1 次。

1.3.2 产量测定 葡萄成熟季节, 各小区用精度为 0.1 g 电子天平单独采收称量。

1.3.3 品质测定 外观品质采用果穗质量、果粒质量以及花青苷 3 个指标; 营养品质采用总糖、可溶性固形物以及可滴定酸 3 个指标。花青苷含量采用盐酸甲醇溶液提取测定 520, 620 以及 650 nm 处波长的吸光度, 利用公式 $\Delta A = A_{530} - 0.9A_{620} - 0.1A_{650}$ [21-22] 计算得到花青苷相对含量。总糖质量分数采用斐林试剂滴定法(GB/T15038-2006)测定。可溶性固形物利用糖度计测定。可滴定酸含量采用指示剂滴定法(GB12293-1990)测定。

1.4 数据处理

试验数据采用 Excel 和 SPSS 19.0 统计分析软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 不同生育期水分胁迫处理对土壤温度的影响

2.1.1 水分胁迫对土壤平均温度的影响 葡萄自 5 月 15 日萌芽期开始, 至葡萄成熟期 10 月 25 日结束。各处理 2012 年 5 月 15 日至 10 月 25 日土壤不同深度 14:00 月平均温度及温室内气温变化情况如图 1 所示。由图 1 可以看出, 土壤温度在此段时间可以分为两个阶段, 第一阶段土壤温度表现为逐渐上升的总体趋势, 持续时间为 5 月至 7 月, 5 月份葡萄处于萌芽期, 叶面积指数小, 太阳对地面辐射作用强烈, 地面升温较快, 而 6 月末至 7 月中旬葡萄叶片大部分覆盖地面, 太阳对地面的直接辐射作用减弱, 加之气温的降低致使第一阶段出现温度短期内下降之后回升的现象; 第二阶段土壤温度变化总体呈下降趋势, 持续时间为 8 月至 10 月。各处理 14:00 不同深度土壤月平均温度的变化与温室内气温的变化趋势基本相一

致, 即气温升高时土壤温度随之升高, 气温降低时土壤温度也会随着降低。温室最高温度均分布在 6 月为 36~39 °C; 最低温度为 10 月 24 日 11.8 °C, 其次较低温度分布于 10 月末为 13~15 °C 范围内。25 cm 土层平均温度最高为 9 月 3 日, 达 25.72 °C, 7 月份土层平均温度也较高为 25 °C 左右; 二土壤最低温度出现在 5 月 17 日仅 11.18 °C, 其次较低温度持续时间在 9 月末至 10 月中旬期间为 12 °C 左右。据此, 可以说明土层最高温度基本分布于 7 月, 相对于气温的最高温度有所推迟; 而由于季节原因, 随着气温下降, 土壤散热逐渐加剧致使在 5 月 15 日至 10 月 25 日时间内土壤最低温度主要分布于 9 月末至 10 月中旬期间, 相较于温室最低气温分布时间有所提前。

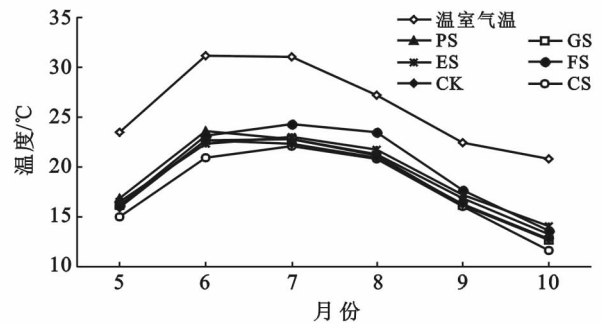


图 1 不同生育期水分胁迫下月平均土壤温度变化

2.1.2 水分胁迫对不同深度土壤温度的影响 由表 2 可以看出, 在 5 cm 深度土层处, 各处理在萌芽期不存在显著性差异 ($p > 0.05$), 相对于 CK 处理, 该生育期 14:00 平均温度 GS 处理增加了 3.48%; 在新梢生长期, CK 处理显著高于其他处理, 且除了 CS 处理外, 与其他处理不存在显著性差异 ($p > 0.05$), 同时与 CK 处理相比, GS 处理平均温度降低了 4.56%, PS 处理平均温度降低了 3.61%; 开花期 FS 处理显著高于其他处理, 且与 CK 处理相比, GS, PS, FS 处理平均温度分别提高了 5.88%, 4.02%, 6.53%; 到果实膨大期, CK 处理温度显著的低于其他处理, FS 处理温度依旧保持较高水平, 且与 CK 处理存在显著性差异 ($p < 0.05$), ES 处理较 CK 处理仅增加 2.78%; 最后在着色成熟期, 与前一生育期一样, CK 处理平均温度仍旧显著小于其他处理, FS 处理最大, CS 处理相对于 CK 处理提高了 4.52%。

全生育期内, 5 cm 土层土壤温度均表现为先增加后降低的趋势, 且在开花期温度最高。10 cm 土层处, 萌芽期各处理同样不存在显著性差异 ($p > 0.05$), 与 CK 相比, GS 处理温度提高了 1.45%; 新梢生长期 PS 处理温度显著高于其他处理, 与 CK 不存在显著性差异, 相对 CK 处理, PS 处理温度提高了

3.87%, 而 GS 处理降低了 3.65%; 到开花期, 与 CK 处理相比, 其他处理温度均有所增加, PS, FS 处理最明显, 分别提高了 9.0%, 8.59%, 且与 CK 存在显著性差异 ($p > 0.05$); 果实膨大期, 除了 GS 处理外, 其他处理均大于 CK, FS 处理最大与 CK 存在显著性差异 ($p < 0.05$), ES 处理较 CK 处理提高了 3.61%; 着色成熟期, GS 处理依旧低于 CK, ES 处理温度显著高于其他处理, 相对于 CK 处理 ES 提高了 6.95%, CS 处理提高不明显为 1.54%。全生育期内, 10 cm 处土壤温度变化趋势与 5 cm 处相同。与 5 cm 处相比, 10 cm 土层土壤温度均有所下降。15 cm, 20 cm, 25 cm 深度土层土壤温度萌芽期同 10, 5 cm 处一样, 均不存在显著性差异 ($p > 0.05$)。新梢生长期不同于前两个土层, 在 15 和 20 cm 土层处仅 PS 处理相对于 CK 处理温度提高了 0.67%, 4.87%, 其他处理均表现为减小; 25 cm 土层 PS, FS, ES 处理均相对于 CK 处理有所增加, 分别为 3.16%, 1.36%, 3.31%;

开花期, 15, 20 cm 土层处 PS 显著高于其他处理 ($p < 0.05$), FS 处理虽有所增加但变化率不高, 分别为 1.39%, 0.91%; 25 cm 土层处 PS 处理增加率有所降低为 1.84%, FS 处理增加率提高为 5.70%; 到果实膨大期, 同 10 cm 处土层一样, 15—25 cm 土层处土壤温度均是 FS 处理显著高于其他处理, 变化率分别为 6.82%, 7.0%, 7.79%; ES 处理相对于 CK 处理也有所增加, 增加率分别为 2.96%, 3.14%, 3.9%; 着色成熟期, 15, 20 cm 土层处 ES 处理显著高于其他处理, CS 处理同样有所增加但幅度不大, 分别为 1.77%, 1.32%。表 2 中全生育期内随着土层深度的增加, 土壤温度均表现为: 5 cm > 10 cm > 15 cm > 20 cm > 25 cm, 同时各处理土壤温度的标准差也表现出逐渐减小的趋势。这说明了设施延后栽培葡萄白天土壤温度是由表层向深层传递的, 且表层土壤温度变化较深层明显, 即随着土层深度的增加, 土壤温度波动逐渐减小。

表 2 各处理不同深度 14:00 的土壤温度

℃

土层深度	处理	萌芽期		新梢生长期		开花期		果实膨大期		着色成熟期	
		平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差
5 cm	GS	18.68 ^a	5.97	24.99 ^{ab}	4.06	28.90 ^{ab}	1.07	24.63 ^b	3.29	16.15 ^b	2.07
	PS	19.02 ^a	5.30	25.22 ^{ab}	4.23	28.34 ^{abc}	1.53	23.29 ^c	2.32	16.06 ^b	2.10
	FS	17.88 ^a	6.14	25.61 ^{ab}	5.07	29.10 ^a	1.97	26.13 ^a	3.77	17.38 ^a	2.63
	ES	18.45 ^a	5.02	23.33 ^{ab}	3.80	26.82 ^c	2.75	23.37 ^c	2.35	17.08 ^a	1.91
	CS	17.76 ^a	4.46	22.33 ^b	3.56	27.09 ^{bc}	2.54	23.69 ^{bc}	2.71	15.93 ^b	2.82
	CK	18.03 ^a	5.54	26.13 ^a	5.34	27.20 ^{abc}	1.46	22.72 ^c	2.45	15.21 ^b	2.05
10 cm	GS	15.81 ^a	3.18	20.85 ^{ab}	3.15	24.76 ^{ab}	2.13	21.47 ^c	2.47	14.25 ^c	1.90
	PS	16.86 ^a	3.37	22.48 ^a	3.26	26.31 ^a	1.33	22.35 ^b	1.93	15.48 ^{ab}	2.00
	FS	15.98 ^a	4.07	22.11 ^a	4.07	26.20 ^a	1.62	23.94 ^a	3.04	15.82 ^a	2.58
	ES	16.68 ^a	3.57	21.71 ^{ab}	3.37	24.55 ^c	1.96	22.42 ^b	1.87	15.83 ^a	1.98
	CS	15.53 ^a	2.34	19.38 ^b	2.24	24.40 ^c	2.00	22.31 ^b	2.17	14.96 ^{abc}	2.39
	CK	15.58 ^a	2.88	21.61 ^{ab}	3.39	23.95 ^c	1.17	21.61 ^{bc}	2.00	14.73 ^{bc}	2.00
15 cm	GS	15.19 ^a	2.59	19.36 ^{ab}	2.23	22.99 ^b	0.79	21.24 ^b	2.20	14.08 ^b	1.91
	PS	15.85 ^a	2.43	20.87 ^a	2.60	25.38 ^a	1.58	21.80 ^b	1.95	14.81 ^{ab}	2.05
	FS	14.87 ^a	2.65	19.61 ^{ab}	2.56	23.68 ^b	1.46	22.88 ^a	2.30	15.09 ^a	2.41
	ES	15.64 ^a	2.40	20.04 ^{ab}	2.38	23.38 ^b	1.51	21.97 ^b	1.92	15.34 ^a	2.00
	CS	14.85 ^a	1.87	18.24 ^b	1.97	22.37 ^b	1.51	21.74 ^b	1.90	14.70 ^{ab}	2.34
	CK	14.90 ^a	2.34	20.73 ^a	3.00	23.35 ^b	1.38	21.32 ^b	1.95	14.44 ^{ab}	1.99
20 cm	GS	14.22 ^a	1.94	18.38 ^b	2.14	24.18 ^{ab}	2.90	20.92 ^c	2.01	13.84 ^b	2.03
	PS	15.40 ^a	2.40	20.54 ^a	2.63	24.67 ^a	1.86	21.53 ^{bc}	1.98	14.57 ^{ab}	2.09
	FS	14.55 ^a	2.01	19.03 ^{ab}	2.36	23.13 ^{abc}	1.52	22.58 ^a	2.03	14.97 ^a	2.23
	ES	14.75 ^a	1.86	19.31 ^{ab}	2.17	22.60 ^{bc}	1.65	21.68 ^b	1.98	15.09 ^a	1.97
	CS	14.28 ^a	1.77	17.68 ^b	2.57	21.63 ^c	1.68	21.33 ^{bc}	1.90	14.44 ^{ab}	2.32
	CK	14.51 ^a	2.04	19.54 ^{ab}	2.53	22.92 ^{abc}	1.30	21.00 ^{bc}	1.92	14.25 ^{ab}	1.96
25 cm	GS	14.48 ^a	1.22	18.08 ^a	1.83	24.26 ^a	3.85	20.76 ^{bc}	1.87	13.72 ^b	1.98
	PS	14.37 ^a	1.87	18.70 ^a	2.00	21.77 ^b	2.07	20.95 ^{bc}	1.75	14.18 ^{ab}	2.04
	FS	14.45 ^a	1.26	18.36 ^a	2.03	22.66 ^{ab}	1.97	22.20 ^a	2.05	14.88 ^a	2.20
	ES	14.28 ^a	1.63	18.73 ^a	2.11	21.77 ^b	1.85	21.30 ^b	1.95	14.75 ^a	1.96
	CS	11.24 ^b	2.79	14.69 ^b	3.53	18.66 ^c	2.17	17.14 ^d	2.52	8.96 ^c	2.85
	CK	13.83 ^a	1.65	18.11 ^a	2.22	21.37 ^b	1.12	20.47 ^c	1.74	14.02 ^{ab}	1.87

注:同一列不同字母表示在 $p < 0.05$ 水平下差异显著。下同。

根据以上分析,设施延后栽培葡萄 0—25 cm 深度土层内,各处理在萌芽期均不存在显著性差异($p > 0.05$)。全生育期内,各个土层土壤温度均表现为先增加后降低的趋势,且在开花期温度均达到最高。且在各个生育阶段,除新梢生长期外,其它对应生育期亏缺处理土壤温度相对于对照处理 CK 均有不同程度的增加,但是由于受前一生育期土壤水分影响影响,增加程度均有所不同。同时到开花期除表层 5 cm 处 FS 处理土壤温度保持最高外,其余土层均是 PS 处理相对于其他处理最大,在果实膨大期和着色成熟期,所有土层均是 FS 处理温度保持最大,ES 或 CS 处理虽均有所增加但是增加幅度较小。

2.1.3 水分胁迫对土壤积温的影响 测定生育阶段各个处理 0—25 cm 深度土层内平均积累温度变化如图 2 所示。根据图 2 可知,与 CK 处理相比,在生育前期包括萌芽期、新梢生长期和开花期虽然各生育期的土壤积累温度有所增加但都不是很明显。萌芽期除 CS 处理积累温度降低了 0.34 °C,其余处理均分别增加了 3.96,12.06,2.28,7.64 °C;新梢生长期仅 PS 处理提高了 5.38 °C,GS,FS,ES 和 CS 处理分别降低了 14.3,4.5,9.64,5.76 °C;到开花期,同样除 CS 处理降低了 0.36 °C 外,其余均有所增加,且分别增加了 12.6,15.36,11.96,0.66 °C;到果实膨大期,FS 处理明显高于 CK 处理,积温提高了 146.4 °C,其次依次是 ES,PS,GS,CS 处理提高了 50.04,38.82,25.97, -0.11 °C;最后到着色成熟期,相对于 CK 处理,GS 处理降低了 6.38 °C,PS,FS,ES 处理分别增加了 25.44,57.16,56.56 °C,CS 处理依旧降低,1.91 °C。就全生育阶段总积温而言,各处理分别提高了 0.72%,3.12%,6.62%,3.38%, -0.14%;而就最后阶段即着色成熟阶段积累温度而言,各处理相对于 CK 处理变化率依次为 -0.85%,3.26%,7.03%,6.96%, 0.25%。同时,可以看出,各个生育阶段,除果实膨大期测定土层内平均积累温度存在差异外($p < 0.05$),

其余各生育期包括全生育期总积温都不存在差异($p > 0.05$)。而且,在果实膨大期 FS 处理显著高于其他处理。

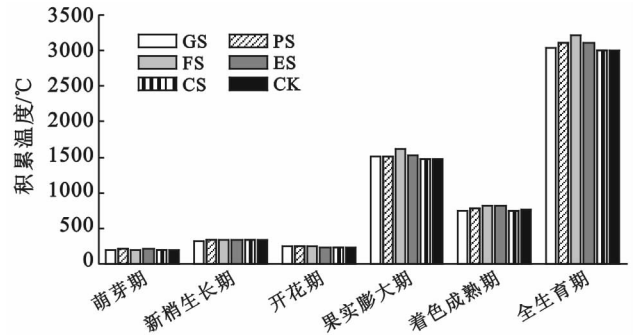


图 2 各处理测定土层平均积累温度

2.2 不同生育期水分胁迫对果实品质的影响

为了解不同生育期水分胁迫条件下,土壤温度与果实品质之间的联系,对不同生育期水分胁迫处理和 CK 处理果实品质进行分析(表 3),结果表明营养品质方面总糖含量 CS 处理显著($p < 0.05$)的高于其他处理,仅新梢生长期水分胁迫处理 PS 果实总糖含量降低,其余处理均增加。可溶性固形物含量可以衡量果实成熟情况,除了 FS 处理质量分数为 18.63% 显著高于 CK 外,其余处理含量均降低,差异不显著,与 CK 相比 GS,PS,ES,CS 依次降低了 1.74%,1.35%, 1.49%,1.17%;各处理可滴定酸含量差异较明显,其中 ES 和 FS 处理均较高,而 CS 处理最低为 5.38 mmol/100 g;而外观品质方面花青苷含量 ES 处理最低,达到 0.89%,CS 和 CK 处理同时达到最高为 1.78%,同时与 CK 处理相比,各处理花青苷含量均有所降低且 ES 处理降低最多为 100.11%;果穗质量和果粒质量均是 GS 处理最大,ES 处理最小。与 CK 处理相比,各处理各个生育期积累温度与品质指标变化率见表 3,其中变化率=(各处理数值-CK 处理对应指标数值)/对应处理对应指标数值。

表 3 各处理果实品质测定结果

处理	总糖含量/ (mg · g ⁻¹)	可溶性固形物 含量/%	可滴定性酸含量/ (mmol · 10 ⁻² g ⁻¹)	花青苷/ %	果穗质量/ 100g	果粒质量/ g
GS	1.82 ^{ab}	14.78 ^b	6.3 ^{bc}	1.61 ^a	9.56 ^a	10.68 ^a
PS	1.43 ^b	15.17 ^b	5.92 ^c	1.77 ^a	9.14 ^{ab}	10.08 ^{ab}
FS	1.75 ^{ab}	18.63 ^a	7.45 ^{ab}	1.3 ^{ab}	9.08 ^{ab}	10.29 ^{ab}
ES	1.68 ^{ab}	15.03 ^b	7.58 ^a	0.89 ^b	8.11 ^b	7.89 ^b
CS	2.03 ^a	15.35 ^{ab}	5.38 ^c	1.779 ^a	9.06 ^{ab}	9.96 ^{ab}
CK	1.66 ^{ab}	16.52 ^{ab}	5.57 ^c	1.781 ^a	9.31 ^a	10.54 ^a

2.3 葡萄果实品质与土壤温度的响应关系

根据表 4, 与 CK 相比, 营养品质方面, 总糖含量变化率仅 PS 处理降低了 16.08%, 其余处理均表现为增加, 且 CS 处理增加最多为 18.23%。分析 PS, CS 处理温度变化发现, PS 处理在整个生育期内相对于 CK 处理, 温度均表现出增加, 而 CS 处理正好相反。而其余处理在整个生育进程中, 温度有增加也有降低。可溶性固形物含量, 仅 FS 处理变化率为正, 结合温度变化率在开花期为 4.79%, 在果实膨大期达到整个生育进程中最大值 9.01%。这说明水分胁迫造成的温度升高在本生育阶段影响较小而对下一生育期可溶性固形物的积累具有一定的作用, 从而促进葡萄成熟, 提高成熟度。可滴定酸含量变化率除 CS 处理降低外其余均表现为增加, 而增加最明显的是 FS 和 ES 处理。从积温角度看, FS 和 ES 处理均在新梢生长期土壤温度积累变化率为负, 而就全生育期总积温来看 FS 和 ES 处理相对于 CK 处理变化率为 6.62%, 3.38%, 保持为较高水平。外观品质方面, 花青苷含量变化率均为负, 而且其变化幅度较大从 -0.11% ~ -100.11%。这说明, 花青苷含量受土壤温度变化影响较小, 也可能不受影响。果穗质量与单粒重均仅 GS 处理表现为正。相对于 CK 处理仅 GS 处理表现为增产, 且全生育期内虽然温度有所增加但是增温效果不明显, 而 CS 处理表现出温度负增长, 即全生育期积累温度降低, 产量也降低的状况。这同样说明, 设施葡萄适宜程度的提高土壤积温才有助于提高葡萄品质的同时达到增加产量的效果。

表 4 各处理果实品质变化率与各生育期土壤积累温度变化率 %

项目	GS	PS	FS	ES	CS
总糖	8.79	-16.08	5.14	1.19	18.23
可溶性固形物	-11.77	-8.90	11.33	-9.91	-7.62
可滴定性酸	11.59	5.91	25.23	26.52	-3.53
花青苷	-10.62	-0.62	-37	-100.11	-0.11
果穗质量	2.61	-1.87	-2.53	-14.79	-2.76
增产率	2.87	-10.18	-19.36	-32.54	-21.24
萌芽期	1.94	5.69	1.13	3.68	-0.17
新梢生长期	-4.40	1.56	-1.34	-2.92	-1.73
开花期	5.04	6.07	4.79	0.28	-0.15
果实膨大期	1.73	2.56	9.01	3.27	-0.01
着色成熟期	-0.85	3.26	7.03	6.96	-0.25
全生育期	0.72	3.12	6.62	3.38	-0.14

3 讨论与结论

土壤水分管理对于设施延后栽培葡萄具有十分重要的意义。土壤温度是影响果树根系生长、微生物

活性、土壤养分有效性的最重要因素之一。在葡萄生长过程中, 灌水量的不同影响着土壤温度的变化, 而土壤温度的不同直接影响着植物根系的生长, 根系生长与地上部分营养生长呈线性关系, 如果根系生长受阻, 营养生长也会受到抑制, 从而影响植株的正常生长发育^[23]。因此, 掌握地温的变化规律对于了解葡萄的需水规律以及研究水分亏缺下葡萄的生长发育状况, 同时创造适宜的生长条件是非常有必要的。通过不同生育期水分胁迫试验研究得出以下结论: 设施延后栽培葡萄整个生育期土壤温度变化趋势与气温变化趋势相同, 分两阶段, 即温度上升阶段与下降阶段, 且在此过程中地温相对于气温有滞后的现象。此外, 表层土壤温度变化较明显, 且随着土层深度的增加, 土壤温度逐渐降低, 即不同深度土层土壤温度分布排序为: 5 cm > 10 cm > 15 cm > 20 cm > 25 cm。由此说明, 延后栽培过程中, 土壤温度对于气温的依赖较高, 且在整个生育期内水分胁迫下在垂直方向白天土壤温度传导总是由表层向深层传递的。

测定时段内, 各处理 14:00 土壤温度在各个土层变化均有所不同。表层 5 cm 处由于受气温、日照强度、自然降水等环境因素的影响, 土壤温度变化波动较为明显, 且各个水分处理之间不存在极显著的差异。由于开花期处于气温最高的季节, 同时在水分胁迫的作用下, FS 处理在该层土壤的增温效果表现最为明显。随着生育进程, 虽然在后续生育阶段 ES, CS 处理均实施了水分胁迫, 但是受开花期影响, FS 处理依旧保持了较高的土壤增温效果。这说明表层 5 cm 处, 开花期土壤温度受环境温度因素的影响更为突出, 且对后续生育期的影响也较为明显。与 5 cm 土层处不同, 10 cm 土层处 PS 处理在新梢生长期表现出明显的增温效果, 在接下来的开花期受前一生育期影响, 依然是 PS 处理平均温度最高, 其次才是 FS 处理, 而随着新梢期水分胁迫作用减弱, 开花期水分胁迫作用增强, 在果实膨大期 FS 处理增温效应才表现出来, 其次是 ES 处理。这说明, 10 cm 土层受环境因素影响减弱, 同时水分胁迫作用下的增温效应逐渐表现出来, 同时水分胁迫不仅提高了本生育阶段的土壤温度同时对其下一生育阶段的土壤温度也具有十分重要的作用。15, 20 cm 土层均表现出和 10 cm 土层相同的增温效应, 这说明设施延后栽培葡萄土壤温度在 10—20 cm 土层内变化受环境因素影响较小, 同时也较稳定。而在 25 cm 土层处, 由于灌水是在地表面进行的, 同时地下深层土壤温度对该层土壤也具有一定的影响, 因此水分胁迫作用下的增温效果具有一定的延迟, 因此并不明显。

作物生长发育与热量的关系,一般都以“积温”学说予以阐述^[24]。本试验中,除了CS处理全生育期总积温相对于CK处理稍有降低外,其余处理均有不同程度的增加。各生育阶段,不同处理相对于CK处理积温变化也不同。同时,测定土层内平均积累温度除了果实膨大期存在差异($p < 0.05$),其余各生育期包括全生育期总积温均不存在差异($p > 0.05$)。

对于鲜食葡萄而言,品质显得尤为重要。试验结果表明,CS处理总糖含量最高,而可溶性固形物FS处理最高,可滴定酸含量FS也较高,CS处理最低;外观品质方面,花青苷含量CS和CK同时最高,果穗质量和单粒重均GS处理最高。相对于CK处理,总糖含量变化率仅PS处理降低,CS处理变化率依旧最高。可溶性固形物含量,仅FS处理变化率为正。可滴定酸含量变化率除CS处理降低外其余均表现为增加。而花青苷含量变化率均为负,同时相对于CK处理仅GS处理表现为增产。据此,认为要提高葡萄甜度同时降低酸度,增加成熟度需在生育后期即果实膨大期以及着色成熟期适当程度的提高土壤温度。同时,不同时期水分胁迫作用结果不同,又由于水分胁迫作用不仅对本生育阶段有效果,同时对其后的生育阶段也具有一定的影响,因此提高土壤温度不仅可以提高葡萄总糖含量,提高成熟度,同时也会增加其酸涩感,从而导致品质受到影响。故此,需要确定其提高温度的适宜时期,并且确定其对下一生育阶段的影响程度。

[参 考 文 献]

- [1] 陈丽娟,张新民,王小军,等.不同土壤水分处理对膜上灌春小麦土壤温度的影响[J].农业工程学报,2008,24(4):9-13.
- [2] 付强,马梓昇,李天霄,等.北方高寒区不同覆盖条件下土壤温度差异性分析[J].农业机械学报,2014,45(12):152-159.
- [3] 贾志红,易建华,孙在军.不同覆盖物对烤烟根温及生长和生理特性的影响[J].应用生态学报,2006,17(11):2075-2078.
- [4] 秦红灵,高旺盛,李春阳.北方农牧交错带免耕对农田根层土壤温度的影响[J].农业工程学报,2007,23(1):40-47.
- [5] 康绍忠.土壤—植物—大气连续体水热动态模拟的研究[J].生态学报,1991,11(3):256-260.
- [6] 王凤,宋春雨,韩晓增.东北黑土区土壤温度变化特征[J].黑龙江农业科学,2006(6):31-33.
- [7] 陈继康,李素娟,张宇,等.不同耕作方式麦田土壤温度及其气温的响应特征:土壤温度日变化及其对温度的响应[J].中国农业科学,2009,42(6):2592-2600.
- [8] 杜尧东,刘锦鑫,何健.广州地区蔬菜田土壤温度变化特征预报模型研究[J].生态学杂志,2005,24(9):1021-1024.
- [9] Cookson W R, Cornforth I S, Rowarth J S. Winter soil temperature(2~15 °C) effects on nitrogen transformations in clover green manure amended or unamended soils: A laboratory and field study[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2002,34(10):1401-1415.
- [10] Andersson S, Ingvar Nilsson S. Influence of pH and temperature on microbial activity, substrate availability of soil-solution bacteria and leaching of dissolved organic carbon in a mor humus[J]. Soil Biology & Biochemistry, 2001,33(9):1181-1191.
- [11] Bekku Y S, Nakatsubo T, Kume A, et al. Effect of warming on the temperature dependence of soil respiration rate in arctic temperature and tropical soils[J]. Applied Soil Ecology, 2003,22(3):205-210.
- [12] 林兴军.不同水肥对日光温室番茄品质和抗氧化系统及土壤环境的影响[D].北京:中国科学院,2011.
- [13] Mihalakakou G. On estimating soil surface temperature profiles[J]. Energy and Buildings, 2002,34(3):251-259.
- [14] 常丽娜,张林华.日光温室空气温度与土壤温度的相关性分析[J].山东建筑大学学报,2010,25(6):595-598,618.
- [15] 塔娜,五十六,马文娟,等.不同含水率下日光温室土壤温度变化规律的峰拟合法拟合[J].农业工程学报,2014,30(20):204-210.
- [16] 佟国红,李保明,David M C,等.用CFD方法模拟日光温室温度环境初探[J].农业工程学报,2007,23(7):178-185.
- [17] 揣峻峰,谢永生,索改弟,等.地膜与秸秆双重覆盖对渭北苹果园土壤水分及产量的影响[J].干旱地区农业研究,2013,31(3):26-30.
- [18] 滑磊.果树生长与土壤条件的关系[J].河北果树,2016(3):3,5.
- [19] 陈军.果树生长与土壤条件的关系探析[J].现代农业科技,2010(9):155-156.
- [20] 卫新东,贺军奇,汪有科.控水条件下桃树地土壤温度变化特征研究[J].节水灌溉,2011(6):7-9,13.
- [21] 朱云娜,王中华,张治平,等.金雀异黄素和环鸟苷酸调控离体葡萄果实花青苷积累[J].园艺学报,2010,37(4):517-524.
- [22] 孙建设,马宝焜,章文才.富士苹果果皮色泽形成的需光特性研究[J].园艺学报,2000,27(3):213-215.
- [23] 何钊全,成自勇,张芮,等.灌水控制上限对酿造葡萄地积温和生长特性的影响[J].干旱地区农业研究,2014,32(6):32-37,99.
- [24] 陈奇恩,南殿杰.耕层土壤积温与棉花生育关系研究初报[J].土壤学报,1983,20(1):92-96.