

设施内不同土壤管理模式对地温、土壤特性及春季葡萄生长发育的影响

王 辉,傅彩琦,姜亦文,杜远鹏,翟 衡*

(山东农业大学园艺科学与工程学院·作物生物学国家重点实验室,山东泰安 271018)

摘 要:【目的】研究设施内不同土壤管理模式对提升地温及春季葡萄生长发育的影响,以期为葡萄设施栽培提供理论及技术支持。【方法】以2 a(年)生酿酒葡萄‘赤霞珠’(*Vitis vinifera* ‘Cabernet Sauvignon’)/3309M嫁接苗为试材,进行“裙膜”覆盖、地膜覆盖和起垄栽培,以平地裸露栽培为对照的土壤管理模式,研究其对设施内地温、土壤理化性状及春季葡萄生长发育的影响。【结果】设施地温明显滞后于气温,无论晴天还是阴天,地温明显滞后于气温2 h左右,“裙膜”覆盖后仅滞后于气温1 h左右,升温更快。“裙膜”覆盖的地温比对照提高1.2~1.5℃,比垄栽提高1.1~2.4℃,黑地膜覆盖效果与其相当。在2017年12月—2018年2月期间,设施内环境温度大于10℃的时间共计888 h(折合37 d),对照地温大于10℃的时间共计1 385 h(58 d),起垄共计1 197 h(50 d),黑色地膜覆盖共计1 501 h(62.5 d),而“裙膜”覆盖后共计高达1 510 h(63 d),持续时间长。第45天测定,与对照相比,“裙膜”处理的土壤相对含水量显著增加23.9%,土壤容重显著降低16.7%,土壤孔隙度则显著提高19.8%。与对照相比,“裙膜”处理的‘赤霞珠’葡萄根和芽中,生长素合成及转运基因的表达量都明显上调,外在表现为发芽期显著提前7~10 d,展叶期提前5~7 d,根系生长量比对照显著增加了32.9%,根系活力提高了13.8%。对发芽效果(时间及整齐度)来说,“裙膜”覆盖效果最好,黑地膜覆盖及起垄栽培效果次之。【结论】“裙膜”覆盖可以显著提高设施地温,有效改善土壤紧实度及土壤通气性,并有助于保持土壤含水量,提早葡萄发芽进程,促进春季葡萄生长发育。

关键词: 葡萄;设施;地温;滞后;裙膜;物候期

中图分类号:S663.1

文献标志码:A

文章编号:1009-9980(2019)11-1505-10

Effects of different soil management modes on rhizospheric temperature, soil properties and grape growth in the greenhouse

WANG Hui, FU Caiqi, JIANG Yiwen, DU Yuanpeng, ZHAI Heng*

(College of Horticultural Science and Engineering, Shandong Agricultural University/State Key Laboratory of Crop Biology, Tai'an 271018, Shandong, China)

Abstract: 【Objective】To study the effects of different soil management modes in the greenhouse on the improvement of rhizospheric temperature and the growth and development of grapes in the spring, aiming to provide theoretical and technical support for viticulture in greenhouse. 【Methods】The grafted seedlings of 2 years old wine grape ‘Cabernet Sauvignon’ (*Vitis vinifera* L.)/3309M were used as test materials. The planting space was 1.5 m×0.7 m. The test was set to 4 treatments, namely “tent” cover, ridging cultivation, plastic film mulching and the ground cultivation control. 【Results】The root zone temperature obviously delayed behind the air temperature in the greenhouse. Whether it was sunny or cloudy, the root zone temperature delayed behind air temperature for about 2 hours, and the root zone temperature of “tent” cover treatment only delayed for about 1 hour. The root zone temperature of the “tent” cover was higher than that of the ground cultivation about 1.2℃ to 1.5℃, and the root zone tem-

收稿日期:2019-05-06

接受日期:2019-07-13

基金项目:山东省重大科技创新工程(2018CXG0306);山东省公益性重点研发计划(2017GNC13112);现代农业产业技术体系建设专项(CARS-29);教育部“长江学者和创新团队发展计划”项目(IRT15R42)

作者简介:王辉,男,在读硕士研究生,主要从事果树栽培生理研究。Tel:18706382806, E-mail:1924412287@qq.com

*通信作者 Author for correspondence. Tel:0538-8241335, E-mail:zhaih@sdau.edu.cn

perature of the ridging cultivation increased by 1.1 °C to 2.4 °C, the effects of plastic film cover was the same as “tent” cover. Different effects of different management modes on improving the soil structures were found. The soil bulk of the “tent” cover and the ridging cultivation were decreased obviously, compared with that of the flat cultivation control. The plastic film cover had no significant difference, while the change trend of the soil porosity and the bulk density was opposite, after measured the soil porosity of “tent” cover and ridging cultivation, they significantly increased by 19.8% and 20.9% compared with the flat cultivation, the soil porosity of the plastic film cover was only 5.2% greater than that of the flat cultivation control. Mulching was also helpful for retaining soil moisture. On the 45 days after treatment, compared with that of the flat cultivation, the relative water content of soil under “tent” and the plastic film cover significantly increased by 23.9% and 23.5%, but there was no significant difference between them. The ridging cultivation was not conducive to water retention, and the soil water content was 16.9% lower than that of the “tent” cover. Soil oxygen diffusion rate and soil respiration intensity increased rapidly after the “tent” was covered. Especially, when sharp cooling occurred (the 30th days), a higher root zone microenvironment temperature was maintained after the “tent” was covered, the soil respiration intensity decreased by only 20% compared with the previous peak, while that of the flat control decreased by 77.8%. With the extension of treatment the ground temperature gradually increased, and the soil enzyme activity also showed an increasing trend, and the effects of “tent” was particularly significant. When the root zone temperature reached the temperature of root germination, the activity of the underground part was accelerated, the ability of root to absorb water increased, the water content of upward transportation increased, and the relative water content of branches increased. Compared with the control, on the 45th days, in the ‘Cabernet Sauvignon’ roots and buds covered by the “tent”, both the expressions of auxin synthesis-related genes (YUC1, YUC2, YUC6) and transporter genes (PIN1, PIN2, PIN3) were significantly up-regulated. The “tent” cover effectively increased the ground temperature and promoted the growth of grape root system, and the auxin content in grape root system significantly increased. The germination period was 7-10 d earlier than that of the flat cultivation control, and the leaf development period was 5 d to 7 d earlier than that of the flat cultivation control. The grapes grew neatly, and the root growth significantly increased by 32.9% compared with the control, and the root activity increased by 13.8%. For germination effects (time and uniformity), the effects of the “tent” were the best, followed by the plastic film cover and the cultivation.【Conclusion】“Tent” cover could significantly improve the root zone temperature in the greenhouse, effectively improved soil compactness and aeration, and help to maintain soil moisture content, advance the germination process of grapes, and promote the growth and development of grapes in the spring.

Key words: Grapes; Greenhouse; Root zone temperature; Delayed; Tent; Phenological period

葡萄(*Vitis vinifera* L.)作为世界四大水果之一,在世界果品特别是其加工产品贸易中占有重要的位置^[1]。据世界粮食及农业组织(FAO)统计,2017年世界葡萄种植面积为760万hm²,葡萄产量达到7449.99万t。目前,葡萄已成为我国栽培区域最广的落叶果树,全国有34个省市区直辖市都在种植葡萄,主产区由原来的西北和华北扩大到了南方广大地区^[2],葡萄栽培和加工产业已经成为贫困落后地区如广西、云南等促进经济发展、增加农民收入的一

条重要途径;同时西北地区葡萄栽培规模进一步提升,在新疆及宁夏已经成为支柱产业。我国也是葡萄设施栽培规模最大的国家,据中国统计年鉴数据显示,2016年底,设施葡萄种植面积达到23万hm²,是果树中设施栽培规模最大的水果,而且设施类型多样化,在传统冬暖大棚即日光温室栽培的基础上,最近十年引进与开发了联栋冷棚及避雨棚,其中避雨栽培面积达到20.67万hm²,避雨设施为南方广大多雨地区栽培欧亚种葡萄提供了可靠支撑^[3-4]。葡萄

栽培区域大规模的南移西扩主要归功于设施栽培模式的多样化,相对于露地栽培而言,葡萄设施栽培投入高,产值高,因此农民对设施栽培趋之若鹜,然而设施栽培环境与露地栽培相比发生了很大变化,特别是日光温室内土壤与空气的时空响应,发生了与露地明显不同的变化,对葡萄生长带来了各种影响,如果不了解这种变化,就不能很好的采取相应的配套措施来进行平衡,最终将影响设施葡萄的可持续发展。

温度是影响葡萄萌芽的重要环境因子^[5],葡萄萌芽的前提是满足一定的需冷量和需热量^[6]。需冷量是打破休眠的必要条件,不同熟期的品种需冷量不同,满足其需冷量后才能使冬芽打破自然休眠,具备萌发能力^[7-8]。冬芽休眠解除后,还要满足一定的需热量(有效积温)才能萌发^[5]。前人大部分关于积温与葡萄萌芽关系的研究集中在地上部空气有效积温对萌芽的影响上^[6-9],而土壤积温对作物根系及萌芽的影响研究较少。笔者实验室研究发现,土壤和空气的有效积温均与葡萄萌芽进程呈线性正相关关系,且不同品种对温度敏感性也不同,与‘早巨峰’(‘Early Kyoho’, *V. vinifera* × *V. labrusca* f.) 品种相比,晚熟品种‘赤霞珠’(*Vitis vinifera* ‘Cabernet Sauvignon’) 萌芽对土壤有效积温的需求量更高^[10]。前人已经明确,不同葡萄种类发芽对温度的需求存在差异性,欧洲品种一般在昼夜平均气温稳定在 10℃ 以上,根系集中分布层土壤温度上升至 7~9℃ 时开始萌芽;美洲种和河岸葡萄发芽所需地温为 7~8℃,山葡萄以及山欧杂种所需地温较低,4.5~5.2℃ 时就有可能伤流,当气温和地温存在明显差异时会导致葡萄发芽晚且发芽不整齐^[11-12]。笔者推测土壤升温

滞后是导致发芽延迟的主要原因,因此从提升地温入手,通过不同栽培模式来提升设施内地温,打破设施内春季地温与气温存在的时空差异性,研究其对地温以及发芽物候期和葡萄生长的影响,开发“裙膜”覆盖调控技术,提高设施葡萄在春季生长发育的质量,以期为设施葡萄高效栽培提供理论及技术支持。

1 材料和方法

1.1 试验设计

试验于 2017 年 12 月—2018 年 5 月及 2018 年 12 月—2019 年 3 月在山东农业大学(葡萄园基地冬暖棚内)进行,以 2 a(年)生酿酒葡萄‘赤霞珠’(*Vitis vinifera* ‘Cabernet Sauvignon’) 嫁接苗为试材,砧木为‘3309M’,行株距为 1.5 m×0.7 m。试验共设为 4 个处理,即“裙膜”覆盖、起垄栽培、地膜覆盖及平地对照,其中,起垄栽培规格为 0.7 m×0.25 m,“裙膜”覆盖如图 1 所示,将 80 cm 宽幅的白色薄膜固定在篱架第 1 道拉丝上(垂直高度约为 50 cm),两侧交叠用绑丝固定,另一侧以约 45° 夹角分别向行间地面拉开,并用土掩埋,形成密封的小三角拱棚即“裙膜”,黑色地膜覆盖,宽度 1.0 m,以平地栽培为对照,每个处理设置 3 行作为生物学重复,每行 20 株。于同年 12 月份开始用温湿度探头监测地温变化情况,将温度探头传感器置于水平面以下 10 cm 处。

1.2 测定方法

1.2.1 地温的测定 在同年 12 月用 L92-1 型温度黑匣子测定,将温度探头埋于地下 10 cm 处,设置时间为每 1 h 测定一个温度。

1.2.2 土壤理化性状的测定 土壤容重用环刀法测



图 1 “裙膜”覆盖示意图
Fig. 1 Diagram of “tent”

定,比重用比重瓶法测定;用土壤氧气扩散速率仪(赛弗公司,中国)测定土壤氧气扩散速率(ODR)及氧化还原电位(Eh),用CIRAS-2便携式光合仪配套土壤呼吸室测定土壤呼吸强度。参照赵世杰等^[13]的方法测定土壤酶活。

1.2.3 葡萄生物指标的测定 用统计法统计葡萄发芽物候期;根系活力参照赵世杰等^[13]的氯化三苯基四氮唑法测定。用HPLC高效液相法(Waters,美国)测定葡萄根系内IAA含量。

1.2.4 葡萄体内不同器官基因表达量的测定 于处理后的45 d解析取样,准确称取100 mg葡萄根系和芽分别放在预冷后的研钵中,加入过量液氮进行研磨,研磨至样品呈现滑腻感为止,采用康为世纪科技有限公司的全能型植物RNA提取试剂盒(DNase I)提取葡萄根系和芽中的RNA。以提取的总RNA为模板,利用Clontech SMARTTM Library反转录试剂盒合成cDNA第1链。以表1中*Actin*为内参基因。用Ultra SYBR Mixture(with ROX)试剂盒(康为世纪)进行实时荧光定量PCR分析。荧光定量PCR使用的仪器为BIO-RADIQ5,所有PCR反应都设3次生物学重复。PCR反应体系为:2×Ultra-SYBR Mixture 10.0 μL,上游引物(10 μmol·L⁻¹)1.0 μL,下游引物(10 μmol·L⁻¹)1.0 μL,cDNA 1.0 μL。加去离子水至20 μL。PCR反应程序为:94℃预变性10 min,94℃变性15 s,56℃退火15 s,65℃延伸10 s,40个循环;每次循环第2步进行荧光采集。最后采用2^{-ΔΔCT}法进行定量数据分析。

表1 所用的引物
Table 1 Primers used in this study

基因 Gene	引物 名称 Prime name	引物序列 Prime sequence
<i>PIN1</i> (LOC100249181)	PIN1-S	CAACGCCGAGGCCTTCCAATTA
	PIN1-A	TCGGCGAAACATGCCTGGGTT
<i>PIN2</i> (LOC100256460)	PIN2-S	CTGATGTCTTTTCGCTGCAGTCCT
	PIN2-A	TCCGCTCATACTCCTCCCTCCT
<i>PIN3</i> (LOC100268124)	PIN3-S	ATCGGCGGACCTGTACTCGATG
	PIN3-A	GGTGTCTGGGTAAGAATTGGCTGG
<i>PPYUC1</i> (LOC100249017)	YUC1-S	GAGAAGGGGGCTCTGGGAA
	YUC1-A	GGGTATTACATATATTGTTGGTGCC
<i>PPYUC2</i> (LOC100256048)	YUC2-S	CATGAGTACTTCGTAAAGAGAGTGAT
	YUC2-A	CTTGCCCTTCCACTTCTTTCAAGTA
<i>YUC6</i> (LOC100252539)	YUC6-S	CAGTGTGTTTTCATGAATTAGACGAC
	YUC6-S	CATGAGCTCTCTCCCTTCTATTCT
<i>Actin</i>	Actin-F	TCTCAACCCAAAGGCTAATC
	Actin-R	GCATAGAGGGAAAGAACAGC

1.3 数据处理
试验数据测定取3次生物学重复,分别用Microsoft Excel处理数据及作图,用SPSS软件对数据进行单因素方差分析。数据以平均值±标准误表示。

2 结果与分析

2.1 设施内不同土壤管理方式对地温时空变化的影响

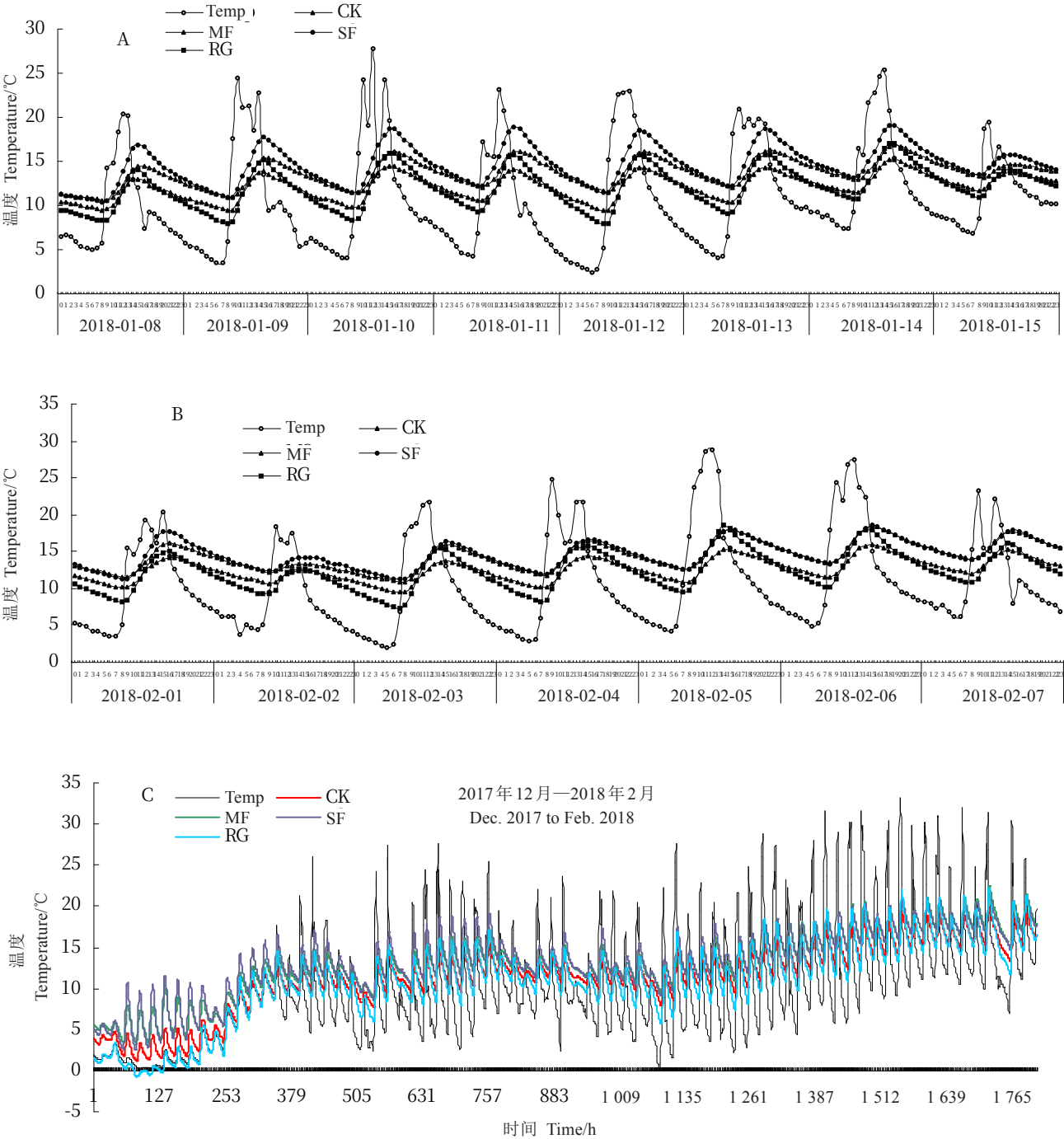
通过对2018年最冷月(图2-A)温度监测发现,在最冷月晴天,设施环境温度从6:00开始升温到12:00左右达到最高温,升温时间维持6.5 h左右,阴天时气温升温延迟到7:00,至14:00达到最高温,持续升温7 h左右;无论晴天还是阴天,对照10 cm土层的地温响应气温变化滞后2 h左右,地温一般于当天8:00开始升温,持续7 h到15:00达到最高温。

随着日出时间的趋早,在葡萄发芽前7 d(图2-B),设施环境温度升温较最冷月提前1 h左右,其中晴天5:00气温开始回升,持续7.5 h到12:00左右达到最高温;而地温则较气温延迟2 h开始回升,从7:00持续8 h到15:00达到最高温;阴天条件下气温及地温均较晴天滞后2 h才开始升温。比不同栽培模式升温效果发现,常规应用的黑色地膜覆盖、起垄栽培模式及对照模式升温明显滞后气温2~3 h,但“裙膜”覆盖后仅滞后于气温1 h左右,升温更快。

在2017年12月—2018年2月期间,通过2个多月(共计1 810 h)地温监测发现(图2-C),设施内地温随环境气温变化而变化,其中设施内环境温度大于10℃共计888 h(折合37 d),对照地温大于10℃共计1 385 h(58 d),起垄共计1 197 h(50 d),黑色地膜覆盖共计1 501 h(62.5 d),而“裙膜”覆盖后共计高达1 510 h(63 d),持续时间长。

2.2 不同土壤管理方式对设施内土壤理化性状的影响

2.2.1 对土壤紧实度及含水量的影响 定期测定发现不同处理的土壤容重(图3-A)在前期有增加趋势,可能与处理前浇灌一次饱和透水有关,在15 d内土壤处于自然沉实状态,以起垄模式由于较大规模的扰动土壤而相对疏松,随着处理时间的延长,“裙膜”和起垄栽培的土壤容重明显降低,第45天测定表明,与对照相比,两种栽培模式的土壤容重分别显著降低16.7%、17.4%,平地地膜覆盖栽培与对照相



Temp. 棚温;CK. 对照;MF. 地膜;SF. 裙膜;RG. 起垄。下同。
Temp. Temperature in the greenhouse; CK. Control; MF. Mulching Film; SF. Skirt film; RG. Ridging. The same below.

图 2 设施内不同栽培模式对地温时空变化的影响
Fig. 2 Effects of different cultivation patterns on the temporal and spatial variations of root zone temperature in the greenhouse

比,紧实度没有明显差异。
土壤孔隙度的变化趋势则与容重相反(图 3-B),处理结束后测定“裙膜”及起垄栽培模式的土壤孔隙度则分别比对照显著提高 19.8%、20.9%,平地地膜覆盖仅比对照提高 5.2%。

覆盖有助于保持土壤水分,当处理到 45 d 时,“裙膜”与地膜覆盖处理相对含水量(图 3-C)分别比平栽对照显著性增加 23.9%、23.5%,但二者之间没有显著差异,而起垄栽培不利于水分保持,其土壤含水量与“裙膜”覆盖相比降低 16.9%。

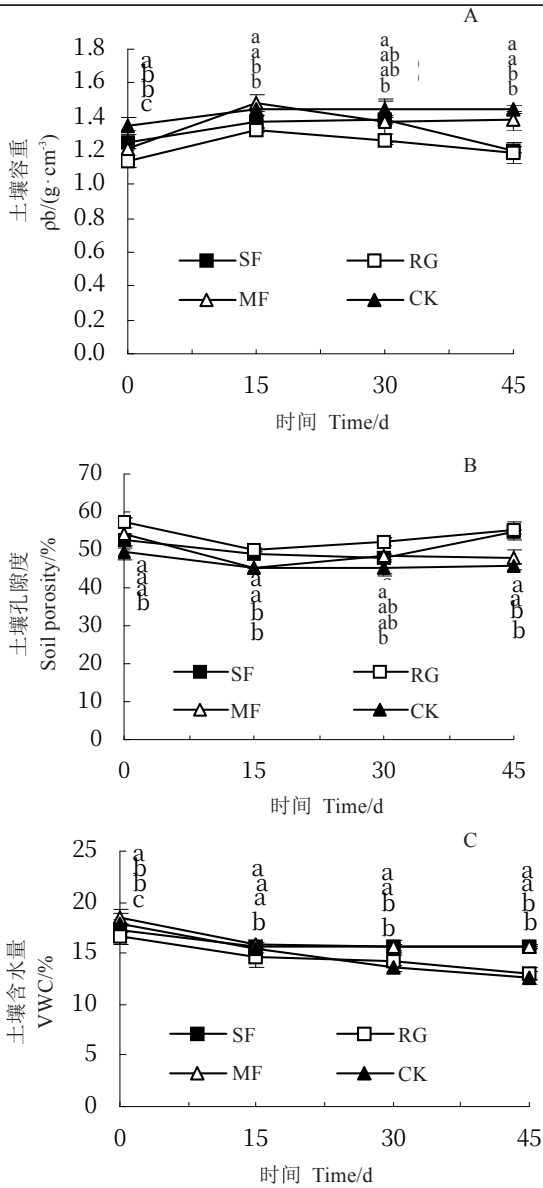


图 3 设施内不同栽培模式对土壤紧实度及含水量的影响
Fig. 3 Effects of different cultivation patterns on soil compactness and water content in the greenhouse

2.2.2 对设施土壤 Eh、ODR 及土壤呼吸强度的影响 如图 4 所示,总体上各栽培模式的三个指标均随着时间的延长,温度的提高及根系的活动加强而呈上升趋势,其间由于一次剧烈降温而有明显下降,其中,对照的氧化还原电位 Eh 在开始处理后一直处于下降状态直至 30 d 才开始明显上升(图 4-A),但其峰值在 45 d 时比‘裙膜’显著降低 13.9%。

“裙膜”覆盖后很快提升了土壤氧气扩散速率 ODR(图 4-B),15 d 时分别比对照、起垄栽培及地膜覆盖显著提高了 56.0%、30.0%、58.1%,地膜覆盖效果与对照类似。

同样,“裙膜”覆盖也促进了土壤呼吸强度(图 4-

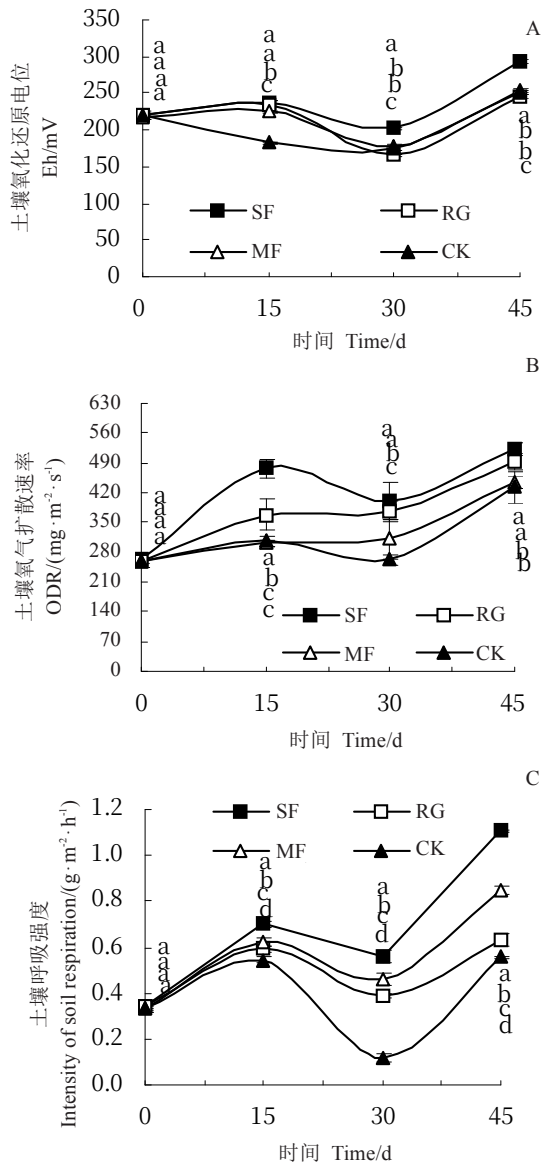


图 4 设施内不同栽培模式对设施土壤 Eh、ODR 及土壤呼吸强度的影响
Fig. 4 Effects of different cultivation patterns on Eh, ODR and intensity of soil respiration in the greenhouse

C),特别是当发生急剧降温时(30 d)维持了较高的根域微环境温度,土壤呼吸强度较前一峰值仅下降 20%,而对照下降了 77.8%。

2.2.3 对土壤酶活性的影响 试验表明,随着处理时间的逐渐延长,地温逐渐升高,土壤酶活性呈现增加趋势,如图 5 所示,处理 15 d 以前,地温还处于相对低的水平,各处理的脲酶(图 5-A)及过氧化氢酶(图 5-C)没有明显差异;蔗糖酶对低温敏感,所以活性降低,以对照降低幅度最大,其次是起垄(图 5-B),而“裙膜”及地膜处理减弱了降温幅度,表现出较高酶活。当处理到 45 d 时,各种土壤酶活性上升显著,与对照相比,“裙膜”覆盖、起垄栽培、地膜覆盖

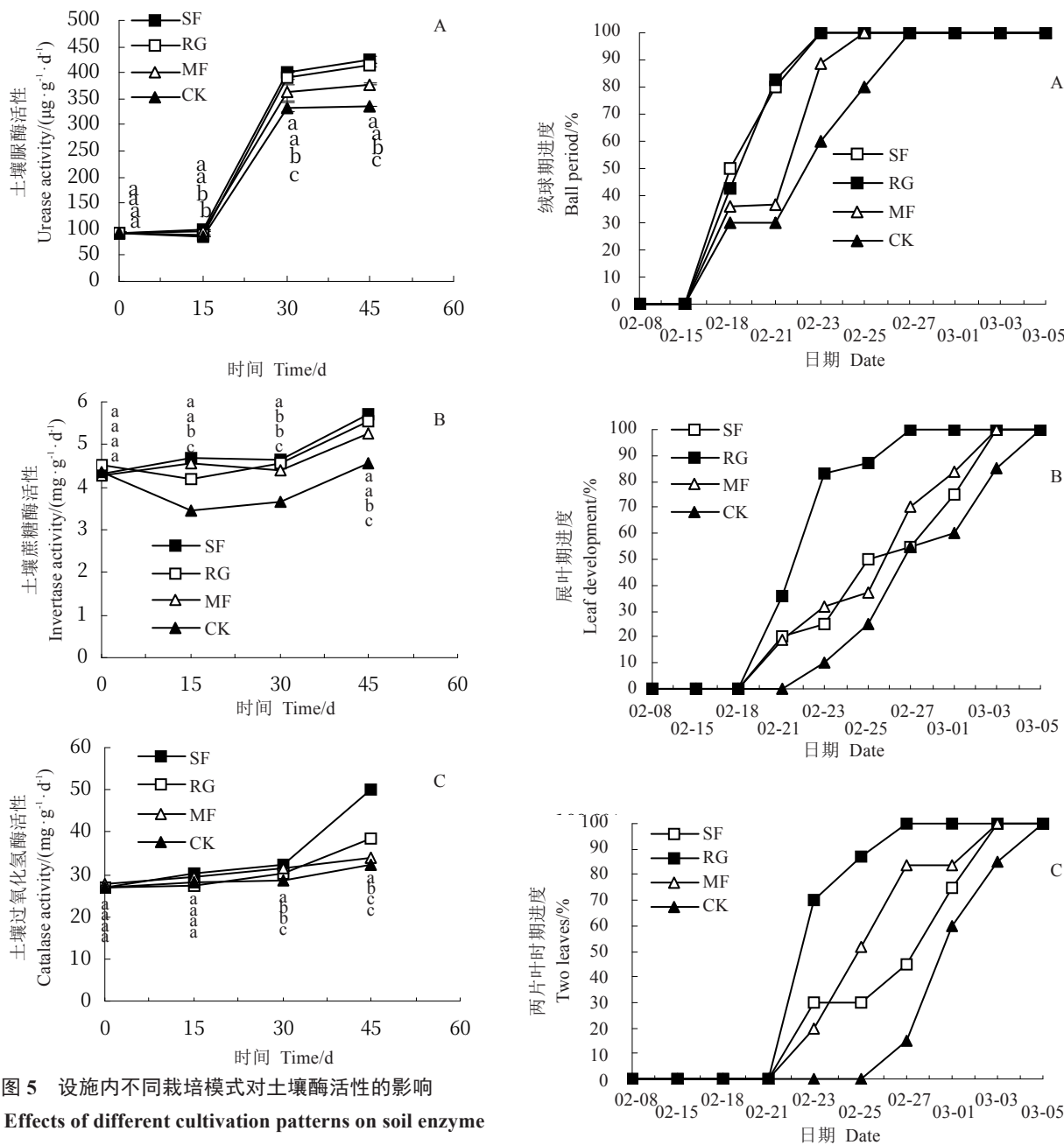


图 5 设施内不同栽培模式对土壤酶活性的影响

Fig. 5 Effects of different cultivation patterns on soil enzyme activities in the greenhouse

处理的脲酶活性分别显著提高 26.5%、23.4%、12.6%，蔗糖酶活性分别显著提高 25.0%、21.3%、15.1%，过氧化氢酶活性分别显著提高 55.8%、19.2%、5.7%，其中，“裙膜”覆盖效果尤为显著。

2.3 不同土壤管理模式对设施葡萄发芽生长的影响

2.3.1 对葡萄发芽进程的影响 不同栽培模式于 2018 年 2 月 8 日开始陆续发芽，与对照相比，不同栽培模式对提早发芽物候期均有明显效果，其中“裙膜”覆盖显著提早了葡萄的物候期，如图 6 所示，‘裙膜’覆盖的发芽期提前 7~10 d，发芽率高；展叶期(图 6-B)提前 5~7 d，生长快，长势整齐。在 2 月 23 日每

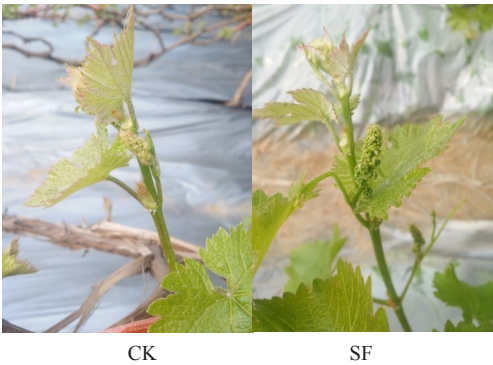


图 6 2018 年设施内不同栽培模式对葡萄发芽进程的影响

Fig. 6 Effects of different cultivation patterns on the germination process of grape in the greenhouse in 2018

个处理在相同节位统计100个芽后发现,“裙膜”及起垄栽培的葡萄绒球期(图6-A)达到100%,而地膜及对照则分别达到89%和60%,到27日才都达到100%绒球期,此时“裙膜”覆盖已经100%处于两片叶时期(图6-C);3月1日统计发现,“裙膜”覆盖早已100%处于两片叶时期,起垄及地膜覆盖处理这时也分别有75%和84%处于两片叶时期,对照此时只有60%处于两片叶时期。2019年2月21日,在泰安范镇对经“裙膜”覆盖60 d的‘维多利亚’葡萄进行观察比较,发现“裙膜”覆盖处理显著提早了葡萄的发芽物候期,此时“裙膜”覆盖的果穗大部分已处于花絮分离期,而对照多数处于花絮紧凑期。

2.3.2 对葡萄枝条含水量的影响 如图7所示,在处理30 d以前,由于地温还处于相对低的水平,各处理枝条相对含水量没有显著性差异;当处理到45 d时,地温达到根系萌动的温度,地下部活动加快,根系吸收水分能力加大,向上运输的水分量增多,枝条相对含水量增加,与对照相比,‘裙膜’覆盖、起垄栽培、地膜覆盖分别显著提高10.8%、6.8%、3.3%，“裙膜”覆盖效果尤为显著。

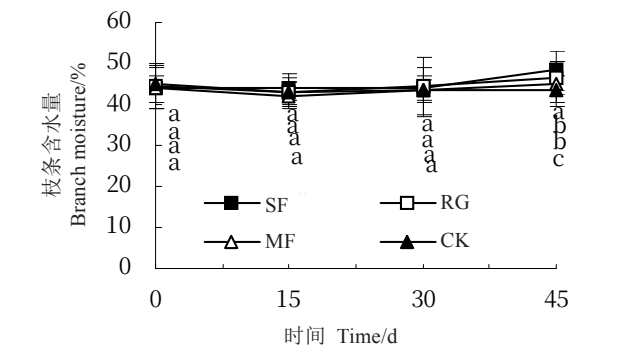


图7 设施内不同栽培模式对葡萄枝条含水量的影响
Fig. 7 Effects of different cultivation patterns on branch moisture of grape in the greenhouse

2.3.3 对葡萄根系活力的影响 如图8所示,在处理到15 d之后根系活力开始持续提高,30 d(1月24日)与0 d相比,“裙膜”、起垄、地膜、对照的根系活力分别显著提高131%、127%、201%、47%;而对照比3个处理分别低57.6%、54.7%、50.7%;当处理到45 d(2月10日)时各处理的根系活力有显著差别,以“裙膜”覆盖的最高,其他依次是地膜覆盖、起垄、对照,“裙膜”、起垄、地膜处理比对照分别显著性提高63.3%、16.1%、42.6%,说明“裙膜”覆盖对提高地温效果尤其显著。

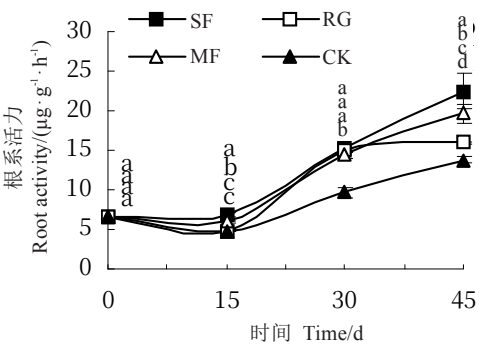


图8 设施内不同栽培模式对葡萄根系活力的影响
Fig. 8 Effects of different cultivation patterns on root activity of grape in the greenhouse

2.3.4 对葡萄根系 IAA 含量及合成相关基因表达的影响 如图9所示,无论是生长素合成相关基因(*YUC1*、*YUC2*、*YUC6*),还是转运基因(*PIN1*、*PIN2*、*PIN3*)表达量,“裙膜”覆盖(SF)、地膜覆盖(MF)、起垄栽培(RG)模式与对照(CK)相比,在处理45 d的芽(图9-A)和根(图9-B)中,生长素合成还有转运基因的表达量都明显上调,上调顺序表现为SF>MF>RG>CK。随着地温的逐渐升高,葡萄根系内生长素含量显著升高,与对照相比,“裙膜”覆盖、地膜覆盖在15 d分别显著提高40%、15.5%,起垄栽培反而比对照降低3.3%,但不显著,可能由于起垄后,土壤孔隙度大,增加了土壤气体与大气的交换速率,导致地温昼夜温差大,影响生长素的合成;在30 d时,“裙膜”、起垄及地膜分别比对照显著增加58.9%、8.6%、16.9%;在45 d时,分别显著增加83.7%、12.6%、17.6%,其中,“裙膜”覆盖处理效果尤为显著,与0 d相比,15、30、45 d分别显著增加44.2%、57.6%、93.7%,说明“裙膜”覆盖有效提高地温的同时促进了葡萄根系的生长。

3 讨论

温度是影响葡萄生长发育最重要的环境因子,直接影响着植物体内一切生理变化,是植物生命活动最基本的要素^[14-15],包括气温和地温^[5]。萌芽是葡萄周年生长的开始,萌芽进程同样受到温度的调控^[10],自然状态下,葡萄冬芽生理休眠结束后,需要伴随着温度的升高和有效积温的积累达到一定要求后,才进入萌芽阶段^[5]。孙鲁龙等^[16]研究发现,土壤有效积温、空气有效积温与葡萄萌芽进度均存在显著的正相关关系,而葡萄萌芽期间对土壤有效积温

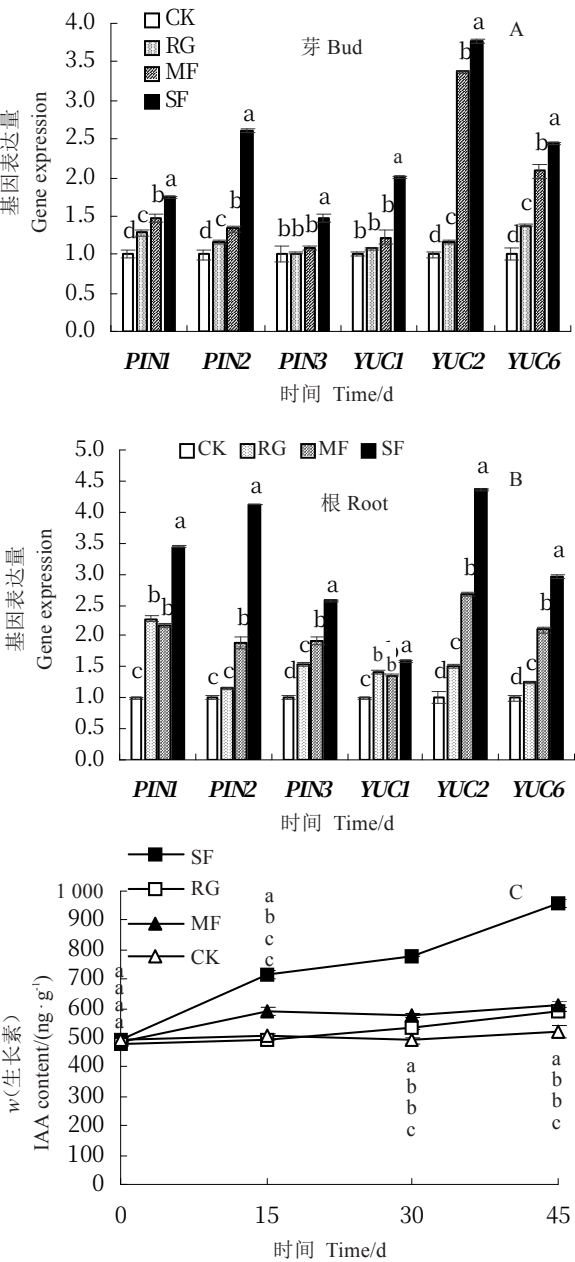


图 9 设施内不同栽培模式对葡萄根系 IAA 含量及合成相关基因表达的影响

Fig. 9 Effects of different cultivation patterns on IAA related genes and IAA content in grape root system in the greenhouse

的需求量更高,是对空气有效积温需求量的2~3倍;他通过培土、覆淋膜以减缓土壤有效积温的积累进度,推迟葡萄萌芽时间,而笔者采取了相反的技术措施,通过搭建“裙膜”等方式利用局部气温的升高来促进根区局部土壤的升温,从而促进了根际土壤积温的累积,达到了促进萌芽的效果。

葡萄进入萌芽至新梢速长期,要求昼温18~22℃,夜温10~15℃,此期,如果白天气温过高(>

25℃),将影响冬芽内花原始体的进一步发育和完善;植物地上部的生命活动会受地下部根系的影响和调控^[17-18]。对于葡萄而言,这种调控作用是比较明显的,葡萄的周年生长从伤流开始,而伤流是根系活动的标志,因此葡萄在春季的物候期很可能是受根系调控的,根系所处的土壤环境也很可能会影响到地上叶片的物候期。当新梢进入迅速长期,温度过高会造成新梢旺长甚至徒长,表现为节间长,叶片黄而薄,在当年叶幕没有形成之前,由于营养不足(碳氮比失调),不利于花序的发育和后期开花坐果^[19]。

前人研究发现,较高的土壤温度显著提高了叶片光系统Ⅱ对高温的忍耐能力^[20],这说明植物地下生长环境以及根系确实会参与植物对温度逆境的响应。在低温条件下,由于温度的变化要远快于植物的适应性反应,温度的降低程度要大于植物适应性反应的反应程度,在短时间突发性的温度变化过程中,植物难以产生足够多的代谢水平和结构层次上改变以应对低温天气。因此在低温情况下,地上部的抗寒性主要取决于低温发生前地上组织中抗寒性物质特别是可溶性糖类的含量^[21]。在春季低温发生时期,也就是新生组织形成时期,地上部可溶性糖主要来自根系贮藏淀粉的分解,因此根系及其生长环境可能会影响叶片的耐低温能力^[22]。Huang等^[23]研究证明,提高根域温度能减轻夜间冷害低温对水稻叶片光合能力的影响。Suzuki等^[24]在水稻上的研究发现,不同的根域温度影响叶片对冷害低温的敏感性。本试验通过不同土壤管理模式来提高根域微环境地温,进而提高春季设施葡萄生长发育质量。

4 结 论

“裙膜”覆盖可显著提升设施内地温,显著增加土壤相对含水量,降低土壤容重,增加土壤孔隙度,促进根系水分吸收及根系生长素合成及转运基因的表达量表达,发芽期提前7~10 d,展叶期提前5~7 d。

参考文献 References:

- [1] 田野,陈冠铭,李家芬,向雄鹰,刘扬,李宏杨.世界葡萄产业发展现状[J].热带农业科学,2018,38(6):96-101.
TIAN Ye, CHEN Guanming, LI Jiafen, XIANG Xiongying, LIU Yang, LI Hongyang. Present development of grape industry in the world[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2018, 38 (6):96-101.
- [2] 刘凤之.中国葡萄栽培现状与发展趋势[J].落叶果树,2017,49(1):1-4.

- LIU Fengzhi. Current situation and development trend of viticulture in China[J]. *Deciduous Fruits*, 2017, 49(1):1-4.
- [3] 田淑芬. 中国葡萄产业与科技发展[J]. *农学学报*, 2018, 8(1): 135-139.
- TIAN Shufen. The development of grape industry and technology in China[J]. *Journal of Agriculture*, 2018, 8(1):135-139.
- [4] 王世平, 李勃. 中国设施葡萄发展概况[J]. *落叶果树*, 2019, 51(1):1-5.
- WANG Shiping, LI Bo. Development of protected grape cultivation in China[J]. *Deciduous Fruit*, 2019, 51(1):1-5.
- [5] ALBURQUERQUE N, GARCIA-MONTIEL F, CARRILLO A, BURGOS L. Chilling and heat requirements of sweet cherry cultivars and the relationship between altitude and the probability of satisfying the chill requirements[J]. *Environmental and Experimental Botany*, 2008, 64(2): 162-170.
- [6] 王西成, 钱亚明, 赵密珍, 吴伟民, 王庆莲. 设施葡萄萌芽调控中需冷量和需热量及其相互关系[J]. *植物生理学报*, 2014, 50(3): 309-314.
- WANG Xicheng, QIAN Yaming, ZHAO Mizhen, WU Weimin, WANG Qinglian. Chilling and heat requirements and their relationship in budburst regulation of *Vitis vinifera* L. for protected cultivation[J]. *Plant Physiology Journal*, 2014, 50(3): 309-314.
- [7] GIANFAGNA T J, MEHLENBACHER S A. Importance of heat requirement for bud break and time of flowering in apple[J]. *Hort Science*, 1985, 20(5): 909-911.
- [8] SPARKS D. Chilling and heating model for pecan budbreak[J]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 1993, 118(1): 29-35.
- [9] 王海波, 王孝娣, 王宝亮, 魏长存, 刘万春, 何锦兴, 刘凤之. 设施葡萄常用品种的需冷量、需热量及 2 者关系研究[J]. *果树学报*, 2011, 28(1): 37-41.
- WANG Haibo, WANG Xiaodi, WANG Baoliang, WEI Changcun, LIU Wanchun, HE Jinxing, LIU Fengzhi. Chilling and heat requirements and relationship between them for major grape cultivars under protected culture[J]. *Journal of Fruit Science*, 2011, 28(1): 37-41.
- [10] 孙鲁龙, 许丽丽, 杜远鹏, 翟衡. 有效积温与葡萄萌芽进程的关系[J]. *植物生理学报*, 2016, 66(8):1263-1270.
- SUN Lulong, XU Lili, DU Yuanpeng, ZHAI Heng. The relationship of effective accumulated temperature and bud burst in grapevine[J]. *Plant Physiology Journal*, 2016, 66(8):1263-1270.
- [11] 贺普超. 葡萄学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- HE Puchao. *Grape science*[M]. Beijing: China Agricultural Press, 1999.
- [12] 翟衡. 中国果树科学与实践-葡萄[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2015: 38-48.
- ZHAI Heng. *Fruit tree science and practice in China - grape*[M]. Xi'an: Shanxi Science and Technology Press, 2015: 38-48.
- [13] 赵世杰, 史国安, 董新纯. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2015: 55-57.
- ZHAO Shijie, SHI Guo'an, DONG Xinchun. *Experimental guidance of plant physiology*[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2015: 55-57.
- [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] JONES G V, DAVIS R E. Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France[J]. *American Journal of Enology and Viticulture*, 2000, 51(3):249-261.
- [16] 孙鲁龙, 宋伟, 杜远鹏, 翟衡. 简易覆盖对泰安地区酿酒葡萄园冬季土壤温湿度的影响[J]. *中外葡萄与葡萄酒*, 2015, 40(4): 12-16.
- SUN Lulong, SONG Wei, DU Yuanpeng, ZHAI Heng. Effects of easily operated cover pattern on temperature and humidity of vineyard soil in winter in the region of Tai'an[J]. *Sino-Overseas Grapevine & Wine*, 2015, 40(4):12-16.
- [17] 冯瑞云, 崔福柱, 杨武德, 郝建平, 南建福. 不同局部灌溉方式对玉米叶片生理指标的影响[J]. *灌溉排水学报*, 2010, 29(3): 102-104.
- FENG Ruiyun, CUI Fuzhu, YANG Wude, HAO Jianping, NAN Jianfu. Effects of different local irrigation methods on physiological indexes of maize leaves[J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2010, 29(3): 102-104.
- [18] 王敏, 李建设, 高艳明. 限根栽培对日光温室樱桃番茄植株生长和品质的影响[J]. *西北农业学报*, 2014, 23(7): 131-137.
- WANG Min, LI Jianshe, GAO Yanming. Effects of root-restriction cultivation in greenhouse on the growth and quality of cherry tomato[J]. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 2014, 23(7): 131-137.
- [19] 呼生春. 不同有机酿热物对设施葡萄生长发育及土壤环境的影响[D]. 银川: 宁夏大学, 2015.
- HU Shengchun. Effects of different organic ferment materials on protected grape growth and soil environment[D]. Yinchuan: Ningxia University, 2015.
- [20] 张子山, 杨程, 高辉远, 王未未, 孙学娟, 孟祥龙, 孟庆伟. 低温光抑制恢复过程中黄瓜叶片 PS II 活性及其电子传递对 PS I 的影响[J]. *应用生态学报*, 2012, 23(4): 1049-1054.
- ZHANG Zishan, YANG Cheng, GAO Huiyuan, WANG Weiwei, SUN Xuejuan, MENG Xianglong, MENG Qingwei. Effects of cucumber leaf's PS II activity and electron transfer on its PS I activity in recovery process after chilling-induced photoinhibition[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2012, 23(4):1049-1054.
- [21] MUILU-MAKELA R, VUOSKU J, SAARINEN M, HAMBERG L, RUOTSALAINEN S, HAGGMAN H, & SARJALA T. Coping with spring frost-effects on polyamine metabolism of Scots pine seedlings[J]. *Forest Biogeosciences & Forestry*, 2017, 10(1): 227.
- [22] ZHOU Y, HUANG L, ZHANG Y, SHI K, YU J, NOGUES S. Chill-induced decrease in capacity of RuBP carboxylation and associated H₂O₂ accumulation in cucumber leaves are alleviated by grafting onto figleaf gourd[J]. *Annals of Botany*, 2007, 100(4):839-848.
- [23] HUANG L K, WONG S C, TERASHIMA I, ZHAND X. Chilling injury in mature leaves of rice. i. varietal differences in the effects of chilling on canopy photosynthesis under simulated 'dry cold dew wind' conditions experienced in south-east china [J]. *Functional Plant Biology*, 1989, 16: 1-10.
- [24] SUZUKI K, NAGASUGA K, OKADA M. The chilling injury induced by high root temperature in the leaves of rice seedlings[J]. *Plant and Cell Physiology*, 2008, 49(3): 433-442.