

DOI:10.11937/bfyy.201623010

石榴和无花果黑白双膜覆盖 越冬的膜下温度变化特征

李银芳, 潘伯荣, 阿迪力·吾彼尔, 管开云, 段士民, 荆卫民

(中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要:2011—2015年冬季,在新疆吐鲁番用黑、白2种薄膜双层覆膜,进行了石榴和无花果土埋温度的逐日观测,以减轻石榴和无花果越冬埋土的劳动强度。结果表明:石榴、无花果采用双层覆膜越冬都是有效的;可抵御吐鲁番 -25.2°C 的极端最低气温和临界值 -17°C 以下26 d,及其中 -20°C 以下13 d的长期低温;覆膜每日的最高温度可以作为抵御最低温度的补偿温度,并且远远大于最低温度出现的亏缺温度;增加了生长期,相应缩短了冷冻期的时间,成为增产优质的基础;白膜覆膜材料好于黑膜;并提出了防止温室效应晚冬灌、晚封边和早春灌、早放边的配套技术。

关键词:石榴;无花果;越冬;白膜;黑膜;温度;吐鲁番

中图分类号:S 665.426.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)23-0044-07

新疆石榴(*Punica granatum* L. sp.)、无花果(*Ficus carica* L. sp.)越冬埋土防寒工作非常辛苦,其最大缺点是费工、费时,而且用工量集中^[1-2],还易造成枝条损伤。近年来,随着人工价格的不断上涨,使得生产不堪重负。为了省工、省力、省时间,李银芳等^[3]曾对葡萄黑、白膜单层和双层覆盖越冬进行了探讨,肯定了双层的可行性,并提出单层不能应对吐鲁番 -25.2°C 的极端最低气温,还指出单层白膜下的温度高于黑膜,但缺乏黑白双膜的比较。石榴冻害的温度是 -17°C ^[4],生产一直采用土埋越冬,尚鲜见覆膜越冬的报道。试验于2012—2015年开始用双层黑白薄膜对石榴、无花果与传统土埋法进行平行研究,拟实现节本增效安全越冬指导生产,该研究介绍了双层黑白薄膜的保温作用和利弊,以及相应的配套技术。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于天山南麓吐鲁番市恰特卡勒乡奥依满村,海拔 -81 m ,北纬 $42^{\circ}51'$ 、东经 $89^{\circ}11'$ 。地形地貌属洪积、冲积平原,土壤为沙质灰漠土。试验区年均气温 14.4°C ,无霜期270 d。 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的年积温 $5\ 300^{\circ}\text{C}$ 。年均降水量 15.6 mm ,蒸发量 $2\ 539\text{ mm}$ 。全年日照总时数 $2\ 912\text{ h}$ 。冬季无积雪覆盖。1月份平均气温 -7.6°C ,

7月份平均气温 32.2°C ,极端最高气温 47.7°C ,极端最低气温 -25.2°C 。属暖温带大陆性干旱气候。2012、2013年的试验年,1月份平均气温 -13.3°C ,最低气温 -21.7°C ,属寒冷年份。

1.2 试验材料

供试石榴、无花果为1998年栽植的13年生果园果树。

1.3 试验方法

试验设3个处理,并设置一个气温观测,见表1。

表 1 试验观测内容及处理

Table 1 Contents and treatments of the experiment and observation

代号 Code	内容 Content	处理 Treatment
A	石榴双层 白膜覆盖	在压倒匍匐的石榴枝条上覆盖1层杂草,再覆盖2层白塑料薄膜。材质为厚度 0.08 mm 的聚乙烯塑料。2层薄膜中间用杂草成团架空,草团直径 $30\sim 40\text{ cm}$,模仿北方楼房双层玻璃窗的保温作用,即双层覆盖式
B	无花果双层 黑膜覆盖	在压倒匍匐的无花果枝条上覆盖1层杂草,再覆盖2层黑塑料薄膜。材质为厚度 0.10 mm 的聚乙烯塑料,方法同石榴
C	土埋(CK)	在压倒匍匐的石榴枝条上覆盖一层 $20\sim 30\text{ cm}$ 厚的土
D	气温	在葡萄园农田中央距地面 1.5 m 处架设温度观测仪器

1.4 项目测定

温度观测从11月下旬开始至翌年3月中旬结束。采用杭州路格科技有限公司生产的LGR-WD01u型温度记录仪,每30 min自动测定记录1次。果实生产性能和新枝生长量调查测定在采摘期的9月下旬进行。日平均温度 10°C 出现的日期,根据拟合曲线方程计算得出。

对2012、2013年确定年份的温度变化,以最高气温

第一作者简介:李银芳(1950-),男,河北灵寿人,研究员,现主要从事果树越冬等研究工作。E-mail:liyinf@126.com.

基金项目:新疆维吾尔自治区科技计划资助项目(201454124)。

收稿日期:2016-07-18

稳定在 0℃ 以下,作为寒冷期和渐冷期、转暖期的界限划分。渐冷期是 11 月 24 日至 12 月 10 日(17 d),寒冷期是 12 月 11 日至 2 月 3 日(55 d),转暖期是 2 月 4 日至 3 月 12 日(37 d),观测时间共计 109 d。

2 结果与分析

2.1 不同覆盖方法下的最低温度

最低温度和长期低温是果树冻害的主要原因。在最低温度的日变化过程中,土埋处理最高(图 1A)。渐冷期是双层白膜覆盖石榴高于双层黑膜覆盖无花果。寒冷期双层白膜覆盖略高于双层黑膜覆盖。可能与白膜

透光性较好,提高了膜下温度有关。转暖期后,双层白膜覆盖和双层黑膜覆盖趋于一致,此时段可能与黑膜的吸热性大于白膜,提高了膜下温度有关。但始终是双层薄膜高于双层黑膜,说明白膜优于黑膜。

在-21.7℃的最低气温日(2013 年 1 月 12 日,图 1A),双层白膜覆盖、双层黑膜覆盖和土埋处理分别是一11.5、-12.2、-9.3℃,同寒冷期的情况一样,土埋最好,其次是双层白膜,双层黑膜较差。但都未低于受冻的-17℃临界值。从以后的生产性能判断,同时还都经受住了-17℃以下 26 d,及其中-20℃以下 13 d 的长期低温。

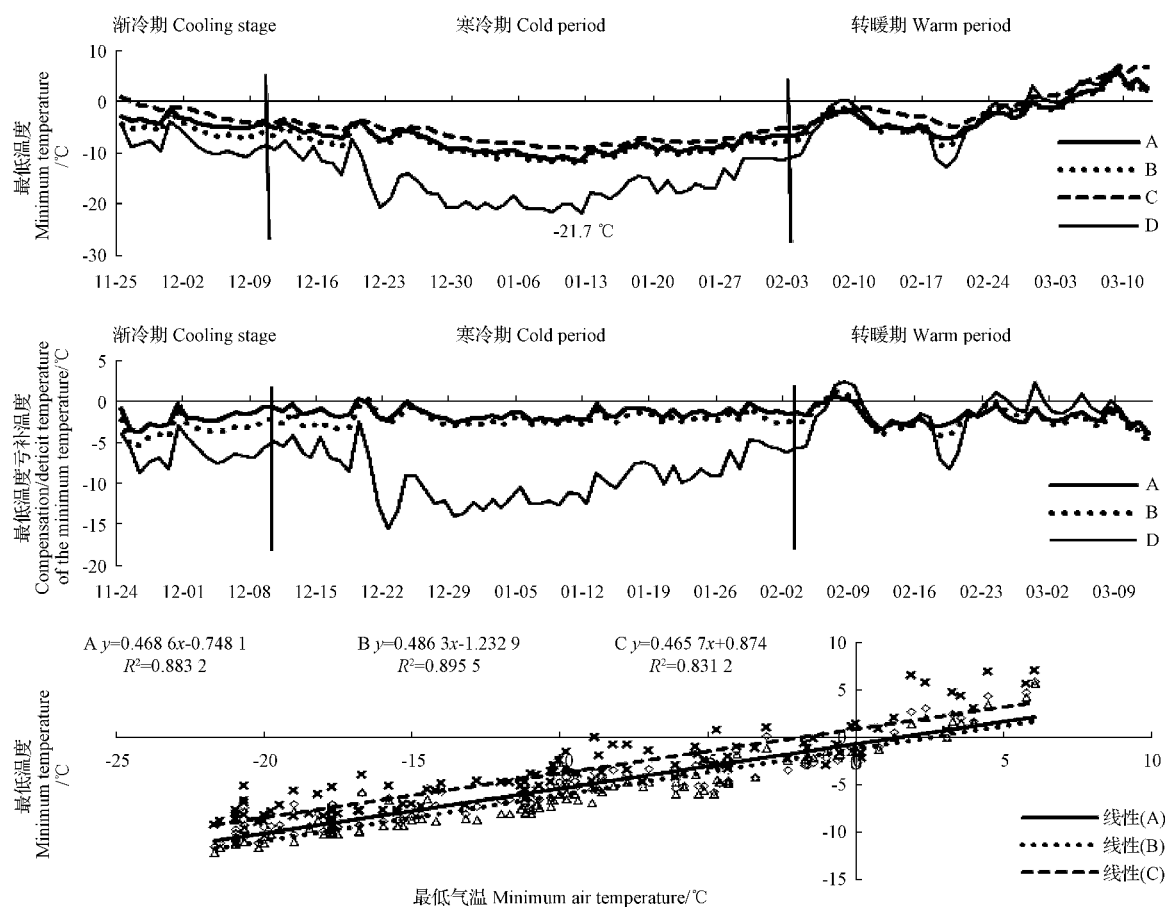


图 1 不同覆盖物下的最低温度状况及与最低气温的关系

Fig. 1 The lowest temperature under double-coated plastic film and its relationship with the minimum air temperature

以传统土埋处理为标准,膜下最低温度与土埋最低温度之差为亏补温度(图 1B),负值为亏缺温度,正值为补偿温度。图 1B 反映出的情况为双层白膜覆盖和双层黑膜覆盖基本都是负值的亏缺温度。渐冷期的亏缺温度绝对值是双层白膜覆盖小于双层黑膜覆盖。寒冷期是双层白膜覆盖略小于双层黑膜覆盖。转暖期后,双层白膜覆盖和双层黑膜覆盖的亏缺温度值更接近了。与最低温度的亏补合计值(表 2)反映的整个冬季的总体情况相似。亏缺温度合计值双层白膜覆盖-179.9℃,双层黑膜覆盖-252.0℃,气温为-674.9℃。双层白膜覆

盖的亏缺温度绝对值小于双层黑膜覆盖,裸露的气温环境亏缺最大。从渐冷期到转暖期双层白膜覆盖与双层黑膜覆盖的亏缺温度比值,由 0.6 逐渐增加到 0.9,即差别越来越小了,与最低温度日变化的情况图 1A 相似,同时还显示出材料的差异性白膜好于黑膜。

不同材料的最低温度斜率曲线是双层黑膜覆盖最大(图 1C),说明会因为气温的骤降,黑膜温度下降的更快更低。从回归分析中得知(表 3),双层白膜覆盖好于双层黑膜覆盖,但在极端最低气温的-25.2℃时,双层黑膜也是安全的。

表 2 不同覆膜方法膜下最低温度的亏补温度

Table 2 Compensation/deficient temperature under double-coated white or black plastic film ℃

		A 双层白膜覆盖石榴	B 双层黑膜覆盖无花果	A/B	D 气温
		<i>Punica granatum</i> trees double-coated with white plastic film	<i>Ficus carica</i> trees double-coated with black plastic film		Air temperature
渐冷期	Cooling stage	−33.0	−57.2	0.6	−105.7
寒冷期	Cold period	−79.8	−119.1	0.7	−509.6
转暖期	Warm period	−67.1	−75.7	0.9	−59.6
合计	Total	−179.9	−252.0	0.7	−674.9

表 3 最低气温与不同覆盖材料和方法的关系

Table 3 Relationships between the minimum air temperature and different mulches and ways

最低气温 Minimum air temperature/℃	5	0	-17(临界值 Lower critical value)	-21.7(试验年最低气温 The minimum air temperature)	-25.2(极端最低气温 The extremely minimum air temperature)
A 双层白膜覆盖石榴 <i>Punica granatum</i> trees double-coated with white plastic film	1.6	-0.7	-8.7	-10.9	-12.6
B 双层黑膜覆盖无花果 <i>Ficus carica</i> trees double-coated with black plastic film	1.2	-1.2	-9.5	-11.8	-13.5
C 土埋 Soil burial	3.2	0.9	-7.0	-9.2	-10.9

2.2 不同覆盖方法下的最高温度

覆膜越冬的果树,并非一直处在每天最低温度的寒冷环境里。覆膜越冬的实质是个极其简易的日光温

室^[6],还有温室效应增温过快烧苗抽条的弊病。在最高温度的日变化过程中(图 2A),土埋处理反而明显低于 2 种覆膜方式,并且 2 种覆膜都高于气温环境。在渐冷期

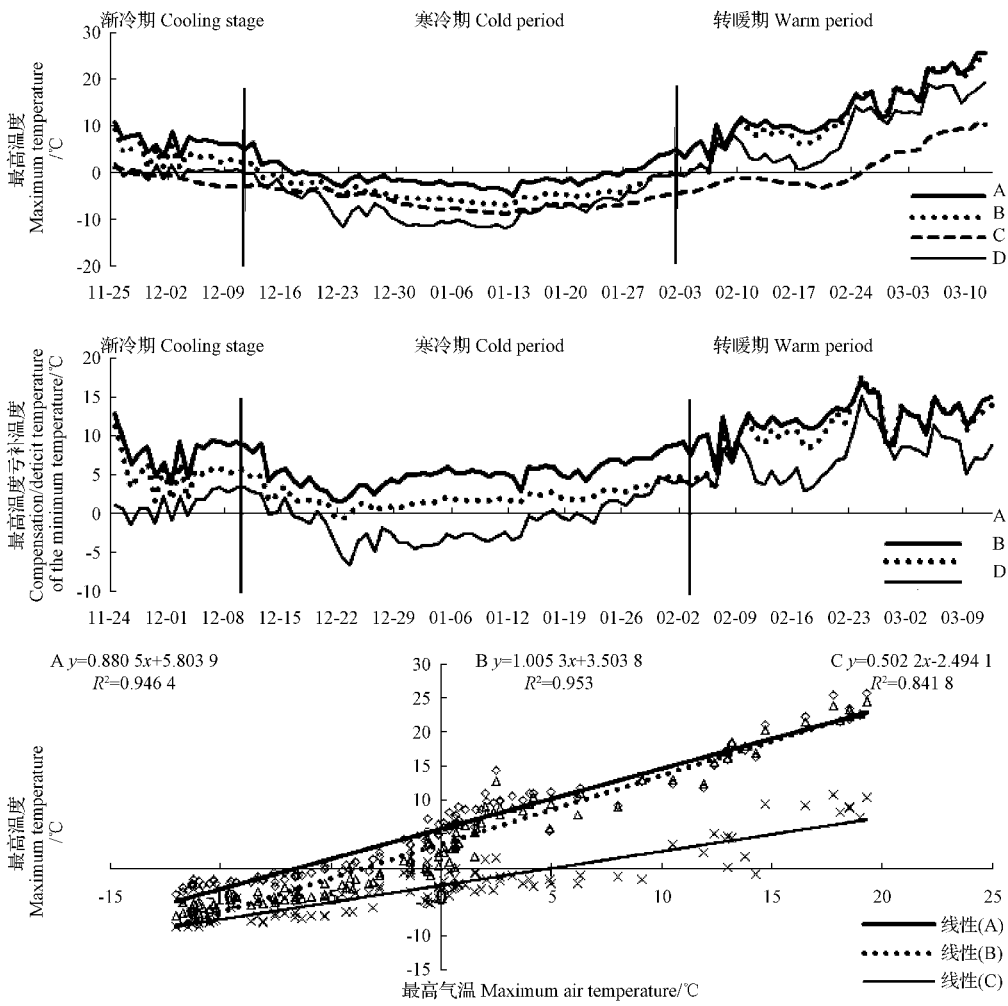


图 2 不同覆盖物下的最高温度状况及与最高气温的关系

Fig. 2 The highest temperature under double-coated plastic film and its relationship with the maximum air temperature

和寒冷期,双层白膜覆盖高于双层黑膜覆盖,但到转暖期后,双层白膜覆盖和双层黑膜覆盖的差异越来越小了,表现出黑膜材料越来越强的吸热性增加了膜下温度的作用。图 2A 还反映出,在最为寒冷的时期,气温低于土埋,其它时期气温则高于土埋,即土埋还不如裸露气温的温度状况好一些。

又以传统土埋处理为标准,膜下最高温度与土埋最高温度之差的负值为亏缺温度(图 2B),正值为补偿温度。图 2B 反映 2 种覆膜都在 0℃以上,即都是补偿温度。并且双层白膜覆盖的补偿大于双层黑膜覆盖。也

是到转暖期后,双层白膜覆盖和双层黑膜覆盖的差异逐渐减少,表现出黑膜材料越来越强的吸热性增加了膜下温度的作用。与亏补温度各时期的合计值(表 4)反映的整个冬季的总体情况相似。补偿温度双层白膜覆盖 889.4℃,双层黑膜覆盖 633.7℃,气温环境 252.0℃。双层白膜覆盖补偿大于双层黑膜覆盖,裸露的气温处理最小。尤其是在寒冷期,双层白膜覆盖的补偿温度是双层黑膜覆盖的 2.4 倍,更加显示出了材料的差异性白膜好于黑膜。

表 4 不同覆膜方法膜下最高温度的亏补温度

Table 4		Compensation/deficient temperature under double-coated white or black plastic film				℃	
		A 双层白膜覆盖石榴 <i>Punica granatum</i> trees double-coated with white plastic film		B 双层黑膜覆盖无花果 <i>Ficus carica</i> trees double-coated with black plastic film		A/B	D 气温 Air temperature
渐冷期	Cooling stage	138.6		91.7		1.5	24.7
寒冷期	Cold period	296.4		123.4		2.4	—46.2
转暖期	Warm period	454.4		418.6		1.1	273.5
合计	Total	889.4		633.7		1.4	252.0

不同材料的最高温度斜率曲线也是双层黑膜覆盖最大(图 2B),在气温 20℃以上时,双层黑膜覆盖会比双层白膜覆盖升温更快(表 5)。为防止高温和供水不同步引起的烧苗抽条,覆膜越冬在最高气温稳定在 5℃时都

应该放边通风降温和尽早春灌,由于春季气温转暖很快,警惕双层黑膜覆盖在高温时膜下温度升温过快,发生烧苗抽条。土埋的斜率最小,可能会因为长期的低温环境,不如覆膜萌发生长的早。

表 5 最高气温与不同覆盖材料和方法的关系

Table 5 Relationships between the highest air temperature and the different mulches and ways		最高气温 Maximum air temperature/℃						
		0	5	10	15	20	25	30
A 双层白膜覆盖石榴 <i>Punica granatum</i> trees double-coated with white plastic film		5.8	10.2	14.6	19.0	23.4	27.8	32.2
B 双层黑膜覆盖无花果 <i>Ficus carica</i> trees double-coated with black plastic film		3.5	8.5	13.6	18.6	23.6	28.6	33.7
C 土埋 Soil burial		-2.5	0.0	2.5	5.0	7.5	10.1	12.6

2.3 不同覆盖方法下的平均温度和达到 10℃的日期

果树芽眼萌发的平均温度是 10~12℃^[6]。在整个冬季日变化中,平均温度是土埋处理由渐冷期和寒冷期与双层白膜覆盖和双层黑膜覆盖差异不大(图 3A),到转暖期后差异变大并且越来越低,覆膜显现出温室效应的优势来。双层白膜覆盖和双层黑膜覆盖的差异反之,而是到转暖期时越来越小,与最低温度和最高温度时出现的情形相似。

若还以传统土埋处理为标准,膜下平均温度与土埋平均温度之差的负值为亏缺温度(图 3B),正值为补偿温度。双层白膜覆盖所处的位置较高,基本都是正值,补偿较多。双层黑膜覆盖在渐冷期和寒冷期大部是负值,亏缺较多,只是在转暖期处在正值状态,成为补偿。与亏补温度的合计值(表 6)反映的整个冬季的总体情况相似。双层白膜覆盖补偿 171.7℃,双层黑膜覆盖补偿 73.2℃,气温 D 亏缺-237.5℃。双层白膜覆盖补偿大

于双层黑膜覆盖,裸露的气温处理亏缺值较大,表明材料的差异性仍然是白膜好于黑膜。

根据拟合曲线方程计算,平均温度上升到 10℃的日期,土埋处理是 3 月 17 日(图 3A、表 7)最晚。气温环境是 3 月 5 日,比土埋处理提前了 12 d。双层白膜覆盖和双层黑膜覆盖都是 3 月 9 日,比土埋处理提前了 9 d,是因为转暖期的补偿温度基本相同,决定了它们的萌发期也相同。这预示着石榴和无花果开始萌发生长,覆膜比传统土埋都要提前 9 d,有日光温室“春提早”的作用,增加了生长期,相应缩短了冷冻期。在适宜的温度下,树木根系细胞分裂素的合成是低温环境的 2~3 倍,有利于增产^[7]。根据李银芳^[8]以往的研究,覆膜的增温作用是蟠桃物候期提前的主要原因。孙伟龙等^[9]的研究也表明,覆膜的葡萄物候期提前,单株产量提高。一般认为,物候期的提前意味着生长期增加,对生长和增产有利。同时还反映出土埋的确有着长期低温的不良影响。

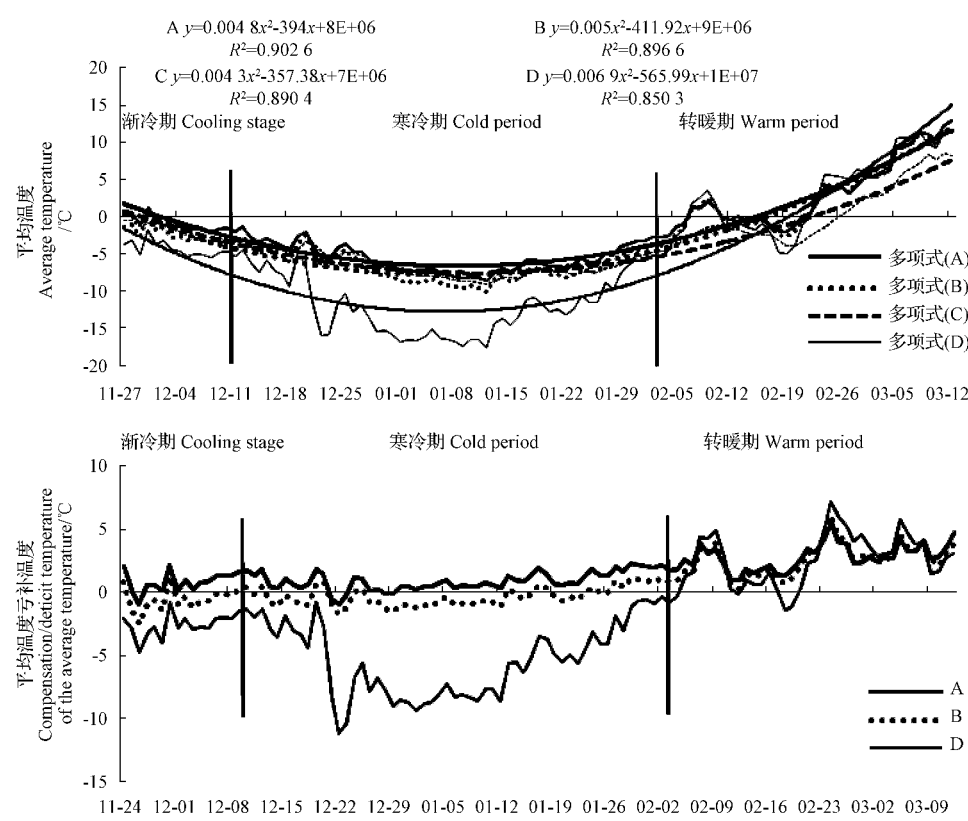


图 3 不同覆盖物下的平均温度状况及变化

Fig. 3 Change of average temperature under different mulches

表 6 不同覆膜方法膜下平均温度的亏补温度

Table 6 Compensation/deficient temperature of average temperature under white or black plastic film °C

	A 双层白膜覆盖石榴 <i>Punica granatum</i> trees double-coated with white plastic film	B 双层黑膜覆盖无花果 <i>Ficus carica</i> trees double-coated with black plastic film	D 气温 Air temperature
渐冷期 Cooling stage	15.5	-8.1	-42.6
寒冷期 Cold period	51.4	-16.8	-292.7
转暖期 Warm period	104.8	98.1	97.8
合计 Total	171.7	73.2	-237.5

表 7 不同覆膜下达到 10 °C 的日期及天数

Table 7 Date and duration when the temperature under white or black plastic film reached 10°C

	A 双层白膜覆盖石榴 <i>Punica granatum</i> trees double-coated with white plastic film	B 双层黑膜覆盖无花果 <i>Ficus carica</i> trees double-coated with black plastic film	C 土埋 Soil burial	D 气温 Air temperature
10 °C 出现日期 The date when 10 °C occurred/(月-日)	03-08	03-08	03-17	03-05
与土埋提前天数 The days earlier than under soil-buried line/d	9	9	0	12

2.4 不同覆盖方法下的生产性能

石榴双膜覆盖的单果质量大于土埋处理 44%(表 8),果径也大于土埋处理 13%,新枝生长量大于土埋处

理 50%。无花果因为只有 5 株,全部采用双层黑膜覆盖,缺少土埋处理数据,但据观察,覆膜的生产性能也表现出单果质量和果径都较往年土埋越冬明显的增加。

表 8 果树越冬双层覆膜技术生产性能比较

Table 8 Comparison of production performance of fruit trees double-coated with plastic film for overwintering

		单果质量 Fruit weight/g	果径 Fruit diameter/cm	新枝生长量 Length of shoot/cm
石榴 <i>Punica granatum</i>	A 双层白膜覆盖石榴 Double-coated white plastic film	186.6	7.2	105.6
	C 土埋 Soil burial	129.4	6.4	70.4
无花果 <i>Ficus carica</i>	B 双层黑膜覆盖无花果 Double-coated black plastic film	117.5	3.8	157.3
	C 土埋 Soil burial	—	—	—

增产的形式,主要表现在单果质量和果径的增加上,与孙伟龙等^[9]覆膜增加葡萄单株产量的结论一致。

3 讨论

覆膜农业在中国出现之后,使传统果蔬、棉花和粮食种植产生了质的变化,加速了现代农业发展的进程^[10]。新疆及我国北方的果树越冬自古以来就是土埋,耗时费力,近年来采用了双层覆膜越冬^[3,8]。石榴和无花果采用双层覆膜越冬,与传统土埋相比,最低温度虽然较低,覆膜法呈现亏缺温度 $-179.9\sim-252.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。但覆膜法在实测最低气温日和回归分析中的极端最低气温时都未低于 $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ 临界值,应该是保险的,可有效抵御吐鲁番 $-25.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的极端最低气温和临界值 $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下26 d,及其中 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下13 d的长期低温。覆膜法的最高温度较高,补偿温度 $633.7\sim 889.4\text{ }^{\circ}\text{C}$,补偿远远大于亏缺。膜下每日的最高温度可作为抵御最低温度时的补偿温度,并且远远大于亏缺温度。平均温度也是覆膜法较高,最终呈现补偿温度 $98.1\sim 104.8\text{ }^{\circ}\text{C}$,决定了萌发日期提前,增加了生长期,相应缩短了冷冻期的时间,使得生产性能好于土埋。温度高和生长期长都成为增产优质的基础。

就黑白薄膜材料而言,双层仍然是白膜好于黑膜。一是最低温度高,与单层覆膜的结果一致^[3],亏缺温度低。最高温度和平均温度及其补偿温度也是白双高于黑双。二是黑膜吸热性较强,经最高温度回归分析,气温高于 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后温室效应更高,把握不好有烧苗抽条的可能性。三是黑膜成本较白膜价格贵1倍^[11]。建议选用白膜。

气温在 $10\sim 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时果树开始萌发, $28\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 新枝条迅速生长^[6]。据3月12日观测,膜下土壤融冻深度38 cm,而裸地土壤融冻深度是48 cm,膜下的土壤融冻较慢。覆膜的膜下气温提升的很快,地温却没有提升上来,树木地上部分开始萌动生长,枝条蒸腾失水,此时土壤却仍然处在冰冻状态,根系很难吸取水分加以补充,出现生理干旱,发生烧苗抽条。果树在发芽前的催芽期间,是其生育期中需水量最大的时期,这期间若水分供给不足,容易发生催芽期拖延,发芽率下降或发芽不整齐^[12],故应该尽早地进行春灌融冰,一是果树生长需要的水分与土壤供给同步,消除生理干旱,二是降低膜下温度,不至于上升的过快使枝条过早地发芽生长^[13]。覆

膜不会影响春灌,春灌也不会影响将来的揭膜,这是土埋法受到约束无法做到的。同时土埋法也有烧苗抽条的现象发生,不是低温致死,而是失水致死^[14-15],这也是出土和春灌掌握不好,生理干旱造成的,只是覆膜法更容易发生一些。

覆膜法的温室效应可以通过及时放边通风降温消除。在春季最高气温稳定在 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时放边通风降温,并且即可春灌融冰。在秋季覆盖前灌足封冻水,并在最低气温稳定在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时开始覆膜封边防冻。晚冬灌、晚覆膜和早春灌、早放边是果树双层覆膜越冬技术配套完整的技术体系。

(该文作者还有王志强、宋政梅,工作单位为新疆吐鲁番市林业局;吴玉华,工作单位为新疆吐鲁番地区林果业技术推广中心。)

参考文献

- [1] 李疆,高疆生.干旱区果树栽培技术[M].乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,2003.
- [2] 张亚红,平吉成,王文举,等.宁夏酿酒葡萄不同埋土方式越冬效果的比较[J].果树学报,2007,24(4):449-454.
- [3] 李银芳,潘伯荣,阿迪力·吾彼尔,等.吐鲁番葡萄覆膜越冬新法分析[J].农业现代化研究,2014,35(4):481-487.
- [4] 张学文,张家宝.新疆气象手册[M].北京:气象出版社,2006.
- [5] 李银芳.利用简易设施防止果树冻害的栽培模式[J].北方园艺,2010(1):92-94.
- [6] 贺普超.葡萄学[M].北京:中国农业出版社,2001.
- [7] SKENE K G M, KERRIDGE G H. Effect of root temperature on cytokinin activity in root exudate of *Vitis vinifera* L[J]. Plant Physiol, 1967, 42(1):131-139.
- [8] 李银芳.寒冷地区双层覆盖式果树越冬技术[J].北方园艺,2008(12):17-20.
- [9] 孙伟龙,刘震.覆膜对高寒山地酿造葡萄生长发育及产量质量的影响[J].河北林业科技,2012(2):8-9.
- [10] 陈奇恩.中国塑料薄膜覆盖农业[J].中国工程科学,2002(4):13-21.
- [11] 李银芳,潘伯荣,孙永强,等.果树越冬不同方法的成本计算[J].北方园艺,2011(14):197-200.
- [12] 张晓荣.温室葡萄温湿度管理技术[J].北京农业,2005(2):24.
- [13] 王洪江,张振翔.葡萄园晚霜冻的防御及受害后的管理[J].河北果树,2003(3):43-44.
- [14] 鲍玉院,陈红果,马恩正.中国北方地区果树冻害的发生、表现及对策[J].山西果树,2006(1):35-37.
- [15] 陈卫平,凤霞,许泽华,等.埋土防寒区葡萄成龄园整株压蔓补植技术[J].中外葡萄与葡萄酒,2011(9):48-49.

Effect of Double-coated Black and White Plastic Film for Overwintering on Heat Preservation of *Punica granatum* and *Ficus carica*

LI Yinfang¹, PAN Borong¹, Adil UBIL¹, GUAN Kaiyun¹, DUAN Shimin¹, JING Weimin¹, WANG Zhiqiang², SONG Zhengmei², WU Yuhua³
(1. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi, Xinjiang 830011; 2. Turpan City Forestry Bureau, Turpan, Xinjiang 838000; 3. Turpan Prefecture Horticulture Technology Promotion Center, Turpan, Xinjiang 838000)

DOI:10.11937/bfyy.201623011

臭氧水浇灌对土壤营养成分及草莓幼苗生理特性的影响

陆启环¹, 张 骏¹, 易晓华¹, 冯 涛², 董春海¹, 杨洪兵¹

(1. 青岛农业大学 生命科学学院, 山东省高校植物生物技术重点实验室, 山东 青岛 266109;

2. 山东省高密市五龙河农场 农业科技有限公司, 山东 高密 261512)

摘 要:以草莓和土壤为试验材料和研究对象,采用 $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的臭氧水对土壤进行浇灌处理,通过测定土壤矿质元素含量、有机质含量和 pH 及草莓幼苗根系活力、叶片叶绿素含量和抗氧化酶活性等指标,研究了臭氧水浇灌对土壤营养成分及草莓幼苗生理特性的影响,以期为提高草莓产量和品质提供技术参考。结果表明:臭氧水浇灌可显著增加土壤中大量元素 N 和 P 及微量元素 Zn 的含量,显著增加草莓幼苗根系活力和叶片抗氧化酶活性,提高了草莓幼苗的抗逆性,对土壤 pH 及草莓幼苗叶片叶绿素含量影响较小,但使土壤有机质含量显著降低。

关键词:臭氧水;浇灌;土壤营养;草莓幼苗;生理特性

中图分类号:S 158.3;S 668.407⁺.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)23-0050-04

草莓(*Fragaria ananassa* Duch.)属蔷薇科(Rosaceae)草莓属(*Fragaria*)植物,近年来,随着草莓市场需求增加和种植技术的推广,草莓种植面积不断扩大,重茬率已达 43%~76%。草莓重茬种植使发病率大幅度上升,减产幅度达 30%以上,严重时甚至绝收^[1]。草莓重茬病主要是由镰刀菌属、丝核菌属和轮枝菌属真菌单独或复合

侵染造成,其中,草莓枯萎病和根腐病为 2 种常见病害,该病害已成为限制草莓种植业发展的重要因素^[2]。由于化学农药防控效果差、毒副作用大等原因,探索新的防治途径已成为草莓产业亟待解决的问题。臭氧是一种强氧化剂,具有高效广谱的杀菌效果^[3];臭氧在水中溶解度较高,臭氧一部分溶解在水中,一部分分解并与水分子结合生成氧化性更强的基团,因此,臭氧水具有更强的氧化性,并通过氧化反应杀灭细菌、真菌和病毒等微生物,具有快速、无耐药性的特点,臭氧水施用后 40 min 左右臭氧会分解为氧气和水,还具有安全无毒、无刺激性的优点^[4]。该试验通过臭氧水浇灌大棚中待种植草莓的土壤,分析土壤营养成分及草莓相关生理特性变化,旨在为草莓病虫害处理及提高草莓产量和品质

第一作者简介:陆启环(1990-),女,硕士研究生,研究方向为植物逆境生理。E-mail:549233128@qq.com.

责任作者:杨洪兵(1968-),男,博士,教授,现主要从事植物逆境生理等研究工作。E-mail:hbyang@qau.edu.cn.

基金项目:有机农业绿色防控新技术体系研发资助项目(20163702010371);山东省重点研发计划资助项目(2016GNC111013)。

收稿日期:2016-07-20

Abstract: In order to reduce the labor intensity of soil-burying *Punica granatum* and *Ficus carica* for overwintering, effect of double-coated black or white plastic film for overwintering on heat preservation of *Punica granatum* and *Ficus carica* was carried out in Turpan, Xinjiang, China in winters from 2011 to 2015. The results showed that the fruit trees could safely overwinter under an extreme minimum temperature of -25.2°C and a 26-day low temperature (below -17°C) duration including a 13-day low temperature (below -20°C) period if they were double-coated with black or white plastic film. The daily maximum temperature under plastic film could be regarded as the compensation temperature to resist low temperature at night, and the value of compensation temperature was much higher than that of deficient temperature of minimum temperature. Thus the growing period of the fruit trees prolonged, and the fruit quality increased. The heat preservation effect of white plastic film was better than that of black one. A complete set of techniques including the late winter irrigation, late side sealing of greenhouse, early spring irrigation and early side opening of greenhouse was put forward.

Keywords: *Punica granatum*; *Ficus carica*; overwintering; white plastic film; black plastic film; temperature; Turpan