

地膜/网纱覆盖对冬季菠萝园小环境及 菠萝生长和果实品质特性的影响

刘传和, 凡 超

(广东省农业科学院果树研究所, 农业部亚热带果树生物学与基因资源利用重点实验室, 广州 510640)

摘 要: 为探明地膜/网纱覆盖在菠萝冬季防寒中的作用, 以露地(NF)栽培为对照, 设置地膜+网(FM+GC)、地膜(FM)及露地+网(NF+GC)3种处理, 研究了地膜/网纱覆盖对冬季菠萝园小环境温湿度、光照强度、土壤温度的调控效应, 及其对冬季菠萝植株、果实生长, 果实品质形成等的影响。结果显示, (1)与露地对照相比, 地膜+网、地膜及露地+网处理均提高了小环境的空气温度; 地膜+网、露地+网均提高了空气湿度, 而地膜处理在 10:00 前可提高空气湿度, 11:30 后会降低; 地膜+网、露地+网处理均降低了光照强度, 但地膜处理则可略微提高光照强度; 地膜+网、地膜及露地+网处理均提高了土壤温度。(2)地膜+网、地膜及露地+网处理的植株新抽叶片数增多, 新抽叶片长度增加, 果实单果重及纵、横径提高, 但可溶性固形物、可滴定酸含量及固/酸比变化不明显。(3)地膜+网、地膜处理的菠萝果实果皮的 L^* 、 a^* 、 b^* 值提高, 而露地+网处理的则降低; 地膜+网处理的菠萝果肉 L^* 、 a^* 、 b^* 值提高, 而地膜处理的果肉 L^* 值提高, a^* 、 b^* 值却降低; 露地+网处理的菠萝果肉 L^* 、 a^* 、 b^* 值均降低。(4)地膜+网处理的果实酯类香气物质总相对含量降低, 烯类总相对含量提高; 而地膜、露地+网处理的则相反。研究表明, 地膜/网纱覆盖促进了冬季菠萝植株及果实的生长, 对果实品质无显著影响, 但网纱覆盖对菠萝果实色泽、香气物质有一定的影响。

关键词: 地膜/网纱覆盖; 小环境; 菠萝; 生长; 果实品质

中图分类号: Q945.79

文献标志码: A

Regulation of Film/Gauze Covering on Micro-environmental Factors in Pineapple Plantation and Its Effects on Growth and Quality Properties of Pineapple

LIU Chuanhe, FAN Chao

(Institute of Fruit Tree Research, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of South Subtropical Fruit Biology and Genetic Resource Utilization, Ministry of Agriculture, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The aim of this work was to investigate the efficiency of film/gauze covering on anti-chilling for pineapple in winter. The micro-environmental air temperature and humidity, light intensity, as well as soil temperature of the three treatments, namely film mulching and gauze covering (FM+GC), film mulching (FM) and no film-mulching but gauze covering (NF+GC), were compared with control (no film-mulching, NF). Also, the growth tendency of pineapple plants and fruits, as well as quality, color aspects and aroma components of pineapple fruits were monitored and compared. The results indicated: (1) FM+GC, FM and NF+GC increased the micro-environmental air temperature when compared with control. FM+GC and

收稿日期: 2015-11-11; 修改稿收到日期: 2015-12-31

基金项目: 农业部公益性行业(农业)科研专项(201203021); 广东省省级科技计划(2013B060400035)

作者简介: 刘传和(1976—), 男, 博士, 副研究员, 主要从事菠萝栽培及生理生态研究。E-mail: founderlch@126.com

NF+GC increased the air humidity around one day. By FM, the air humidity was increased before 10:00 and then slightly decreased after 11:30. FM+GC and NF+GC decreased the light intensity, while NF slightly increased. FM+GC, FM and NF+GC increased the temperature of soil. (2) FM+GC, FM and NF+GC promoted the initiation of newly growing leaves and increased their length. FM+GC, FM and NF+GC increased the longitudinal and transverse diameters as well individual weight of pineapple fruits. No significant differences were observed when compared the TSS, TA (Titratable acidity) and TSS/TA ratio of the three treatments with control. (3) FM+GC and FM increased the values of L^* , a^* and b^* of pineapple skin, whereas, NF+GC decreased. FM+GC increased the values of L^* , a^* and b^* of pineapple pulp and NF+GC decreased, while, FM increased L^* and decreased a^* and b^* . (4) FM+GC decreased the total content of ester aroma components and increased that of alkene components, while, the change tendency was inverted by FM and NF+GC. This present work suggested that Film/GC covering effectively prevented the pineapple from chilling and promoted the growth of pineapple plants and fruits in winter. Film/GC covering slightly affected the quality properties of pineapple fruits. GC covering negatively affected the coloration and the aroma components of pineapple fruits ripened in winter-spring seasons in some degree.

Key words: film/GC covering; micro-environmental factors; pineapple; growth; fruit quality

菠萝 [*Ananas comosus* (L.) Merr.] 又称凤梨, 属凤梨科 (Bromeliaceae) 凤梨属 (*Ananas*) 草本作物, 是著名的热带水果, 在中国广东、广西、海南等地有一定面积的栽培。广东是中国菠萝生产第一大省, 据最新数据统计, 2013 年广东实有菠萝栽培面积 3.46 万 hm^2 , 产量约为 88.95 万 t。菠萝产业为广东农业及农村经济发展做出了贡献。

然而, 地处南亚热带的广东珠三角、粤东以及广西、福建等菠萝产区受季风性气候的影响, 冬、春季总会受到北方季节性寒潮的入侵^[1]。受低温、霜冻危害后, 菠萝植株叶片失绿, 甚至整株枯黄萎焉; 开花、结果期受害, 则会导致菠萝果实发育不良、畸形, 甚至顶芽脱落, 严重影响菠萝的外观、产量及品质, 给菠萝生产带来巨大损失^[2-4]。

覆盖是有效的防寒方式之一。地膜覆盖栽培在促进菠萝植株生长尤其是秋冬季生长中具有明显的作用^[5-6]。在冬季低温寒潮到来之前用网纱覆盖菠萝植株, 能有效降低低温寒潮的危害, 表现出较好的防寒效果。有关网纱覆盖的防寒保温作用, 在生菜、茶叶以及狗牙根草等植物上已有研究报道认为网纱覆盖能提高植株含水量、促进新芽萌发, 有助于植株安全越冬、提高返青率^[7-9]。

网纱覆盖在菠萝冬季防寒中的作用, 以及地膜覆盖或露地栽培条件下, 冬季网纱覆盖是否会对菠萝果实生长及品质形成造成不利影响等还鲜见研究报道。为此, 本研究从生理、生态角度研究了地膜/网纱覆盖对冬季菠萝园小环境温湿度、光照强度及土壤温度的调控效应, 并研究了地膜/网纱覆盖对冬季菠萝植株、果实生长, 以及果实品质形成等的影

响, 旨在为菠萝生产中的冬季防寒提供理论参考。

1 材料和方法

1.1 试验地概况及试验处理

本研究在位于广州市天河区 (113.35°E, 23.12°N) 的广东省农业科学院果树研究所试验果园进行。试验地土壤为沙壤土, 所在区域属南亚热带季风性气候, 年平均降雨量约为 1 725 mm; 年平均气温 21.5 °C~22.2 °C, 最高温出现在 7~8 月, 28 °C~35 °C; 最低温出现在 12~2 月, 平均气温 10 °C~15 °C, 极端温度低至 2 °C。

为探明地膜/网纱覆盖对冬季菠萝园小环境及菠萝植株生长等的影响, 2012 年 2 月, 整地起垄, 地膜覆盖与露地各 10 条地, 共 20 条。每条地长 6 m, 宽 1 m, 间隔 70 cm; 东西走向, 随机排列。2012 年 3 月, 选择长势相对一致, 株高约 35 cm 的‘神湾’菠萝吸芽苗, 双行均匀种植, 每条地种植 22 株。除地膜覆盖外, 试验地的其它水肥管理一致。在 2012 年 12 月下旬, 随机选择地膜覆盖与露地种植各 6 条地, 共 12 条进行网纱覆盖防寒试验。共设 4 个处理, 即在 6 条地膜覆盖栽培菠萝中 3 条进行网纱覆盖、3 条不进行网纱覆盖, 分别简写成地膜+网、地膜; 在 6 条露地栽培菠萝中 3 条进行网纱覆盖、3 条不进行网纱覆盖, 分别简写成露地+网、露地。每处理 3 条地, 即 3 次重复, 随机排列; 以露地为对照。网纱覆盖时用密度为 90% 的黑色尼龙网纱覆盖在菠萝植株上面, 四周用竹竿支撑, 形成平面。每块网纱长 7 m, 宽 1.5 m, 固定后距离菠萝畦面高度为 50 cm。至 2013 年 3 月上旬气温回升时将网纱全部揭开

移走。

为探明地膜/网纱覆盖对冬季菠萝果实生长及果实成熟时品质的影响,在同一试验果园,2012年7月,整地起垄,地膜覆盖与露地各10条地,共20条。每条地长6 m,宽1 m,间隔70 cm;东西走向,随机排列。2012年8月,选择长势相对一致,株高约35 cm的‘神湾’菠萝吸芽苗,双行均匀种植,每条地种植22株。于2013年10月中旬进行统一催花。于2013年12月下旬随机选择其中的地膜覆盖、露地栽培菠萝种植地块各6条,共12条进行网纱覆盖试验,试验处理同2012年。至2014年3月上旬气温回升时将网纱全部揭开移走。于2014年5月中旬菠萝果实成熟(植株催花后约210 d)时,同时采取各处理果实进行相关测定分析。

1.2 研究方法

1.2.1 环境因子的观测 于2013年1月中旬连续3 d从8:30至17:30,每隔1.5 h对地膜+网、地膜、露地+网处理及对照地块的空气温湿度、光照强度及土壤温度进行观测。空气温、湿度用数显温湿度计在菠萝茬面中间离地面20 cm高处进行测定。光照强度用LX-9626型光照强度测定计在菠萝茬面中间离地面20 cm高处进行测定。土壤温度测定离地面20 cm深处的土壤温度。所测结果为连续3 d测量数据的平均值。

1.2.2 植株叶片生长量的观测 在网纱覆盖开始时,用红色油漆标记菠萝植株最小心叶,每条地随机标记5棵植株。在次年3月上旬网纱揭开时,统计标记叶片后抽生出来的新叶数量,即植株新抽叶片数;新抽叶片长度的测定用直尺测量红色油漆标记叶片的长度。

1.2.3 果实生长量及品质、色泽的测定 果实成熟时采收果实,单果重用电子天平测定;纵、横径用游标卡尺测定,横径测定时测量果实赤道位置,避开果眼。果实可溶性固形物含量用手持式折光仪测定;可滴定酸含量通过酸碱滴定法测定,结果用柠檬酸含量表示^[10]。固/酸比是指果实可溶性固形物含量与可滴定酸含量的比值。果实色泽采用SP60色差计(X-rite,美国产)测定果皮、果肉的 L^* 、 a^* 及 b^* 值, L^* 、 a^* 及 b^* 分别表示亮度、红色值及黄色值。

1.2.4 果实香气物质的测定 通过固相顶空微萃取,用GC-MS联用仪分析测定^[11]。对采集到的质谱图通过NIST谱库搜索,确定其香气成分的化学组成,再用峰面积归一法定量,得到各组分的相对含量。

1.3 数据处理

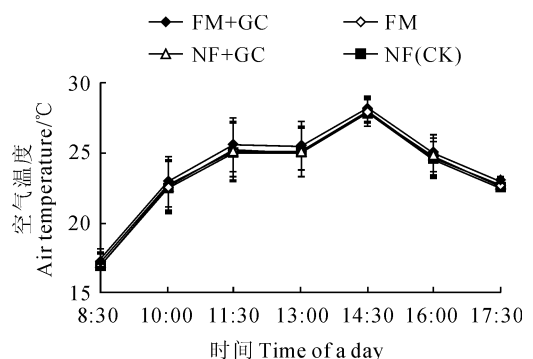
试验数据采用Excel 2003进行数据分析与作图,采用SPSS 17.0进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 地膜/网纱覆盖对菠萝园小气候的影响

图1显示,地膜/网纱覆盖处理在一定程度上提高了冬季菠萝园小环境的空气温度。与露地对照相比,地膜+网处理后在一整天中空气温度提高了0.37~0.57℃,地膜处理后提高了0.03~0.27℃,而露地+网处理后的空气温度提高了0.13~0.27℃。相比较而言,地膜+网和露地+网处理对空气温度的提高幅度大于地膜处理。

从图2可知,地膜+网处理后的空气湿度高于露地对照,提高了4.7%~11.0%,尤其在13:00至16:00间提高的幅度较大,达到10.7%~11.0%。与露地对照相比,地膜处理提高了上午10:00前的空气湿度,但在11:30后空气湿度略降低。露地+



FM, 地膜覆盖;GC, 网纱覆盖;NF, 露地对照

图1 地膜/网纱覆盖对冬季菠萝园小环境空气温度的影响

FM, Film mulching;GC, Gauze covering;NF, No film-mulching

Fig. 1 Effects of film/gauze covering on micro-environmental air temperature in winter

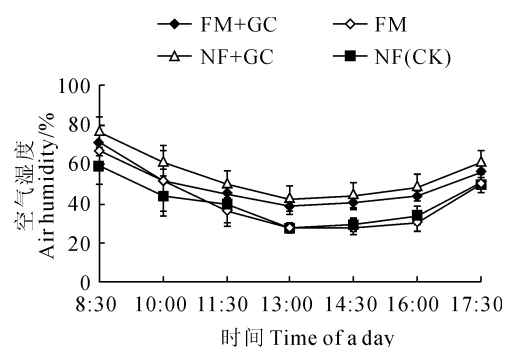


图2 地膜/网纱覆盖对冬季菠萝园小环境空气湿度的影响

Fig. 2 Effects of film/gauze covering on micro-environmental air humidity in winter

网处理后一天中空气湿度高于露地对照,提高了9.3%~17.3%。从空气湿度的提高幅度看,地膜+网和露地+网处理对菠萝园小环境空气湿度的提高幅度大于地膜处理。

由图3可以看出,网纱覆盖后,地膜+网和露地+网处理明显降低了菠萝园小环境的光照强度,且在光照强度较高的11:30到14:30间的降低幅度更大。在一天中,地膜处理的光照强度比露地对照降低了4 730~29 600 lx;露地+网比对照降低了4 570~32 470 lx。而地膜处理的光照强度比露地对照略高,提高了600~4 133 lx。

由图4可以看出,地膜/网纱覆盖提高了冬季菠萝园土壤温度。在一天中地膜+网处理的土壤温度比露地对照提高了1.33~3.33℃;地膜覆盖处理的土壤温度比对照高0.67~3.00℃;露地+网处理的土壤温度比对照提高了1.33~2.33℃。

2.2 地膜/网纱覆盖对菠萝植株生长的影响

图5显示,地膜/网纱覆盖处理促进了冬季菠萝植株新叶的抽生,地膜+网处理植株的新抽叶片数比对照的新抽叶片数显著多104.7%;地膜覆盖的新抽叶片数比对照的新抽叶片数显著多89.1%;露地+网的新抽叶片数比对照的新抽叶片数显著多

30.2%。

同时,地膜/网纱覆盖处理促进了冬季菠萝植株新抽叶片的生长,地膜+网、地膜覆盖和露地+网处理的新抽叶片长度分别比对照的新抽叶片长度显著提高57.3%、52.3%和19.2%。

2.3 地膜/网纱覆盖对菠萝果实生长及品质的影响

从表1可以看出,地膜/网纱覆盖处理促进了菠萝果实的生长。地膜+网、地膜、露地+网的单果重分别比露地对照显著提高了27.7%、31.4%及16.1%,果实纵径分别比对照果实显著提高了10.2%、13.6%及8.5%,果实横径分别比对照显著提高了17.8%、17.4%及10.6%($P<0.05$)。

同时,地膜/网纱覆盖处理在一定程度上提高了菠萝果实可溶性固形物含量(表1)。但经分析,地膜+网、地膜、露地+网3处理的菠萝果实可溶性固形物含量与露地对照间的差异均不显著($P>0.05$),它们对菠萝可滴定酸含量及固/酸比的影响也均不显著($P>0.05$)。

2.4 地膜/网纱覆盖对菠萝果实色泽的影响

如表2所示,对于果皮,地膜+网处理菠萝果实的 L^* 、 a^* 、 b^* 值高于对照,但均差异不显著($P\geq 0.05$);地膜处理菠萝果实的 L^* 、 a^* 、 b^* 值高于对照果实,其中的 a^* 值与对照间的差异达到显著水平($P<0.05$);露地+网处理菠萝果实的 L^* 、 a^* 、 b^* 值均低于对照,其中的 L^* 、 b^* 值与对照差异显著($P<0.05$)。

对于果肉,地膜+网处理菠萝果实的 L^* 、 a^* 、 b^* 值高于对照,其中 a^* 值与对照差异显著($P<0.05$);地膜处理菠萝果实的 L^* 值高于对照,而 a^* 、 b^* 值低于对照,但均与对照差异不显著($P\geq 0.05$);露地+网处理菠萝果实的 L^* 、 a^* 、 b^* 值均低于对

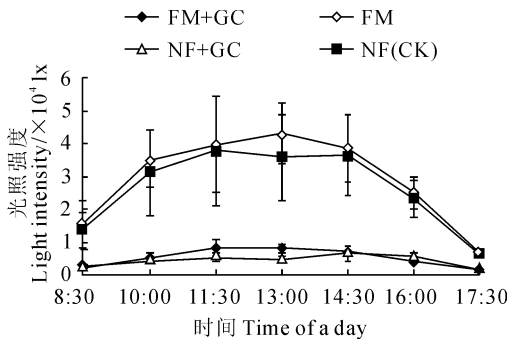


图3 地膜/网纱覆盖对冬季菠萝园小环境光照强度的影响
Fig. 3 Effects of film/gauze covering on micro-environmental light intensity in winter

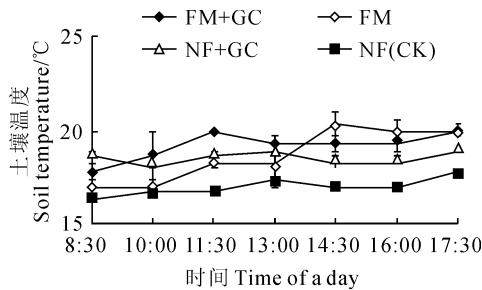


图4 地膜/网纱覆盖对冬季菠萝园小环境土壤温度的影响
Fig. 4 Effects of film/gauze covering on micro-environmental soil temperature in winter

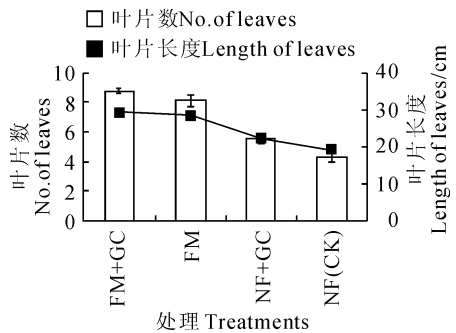


图5 地膜/网纱覆盖对冬季菠萝植株新抽叶片数及新抽叶片长度的影响
Fig. 5 Effects of film/gauze covering on the number and length of newly growing leaves of pineapple plants in winter

照,但差异不显著($P\geq 0.05$)。

2.5 地膜/网纱覆盖对菠萝果实香气物质形成的影响

表 3~4 所示为地膜/网纱覆盖处理与对照菠萝果实香气物质组分及其相对含量。在地膜+网、地膜、露地+网及对照的菠萝果实中总共检测出 32 种香气成分,包括酯类物质 9 种,烯类物质 20 种,烷类、醇类、苯类物质各 1 种。在地膜+网处理的菠萝果实中检测出酯类香气物质 4 种,总相对含量 32.60%;醇类香气物质 1 种,相对含量为 0.57%;烯类香气成分 11 种,总相对含量 61.33%;烷类、苯类香气物质各 1 种,相对含量分别为 0.57% 及 4.92%。在地膜处理的菠萝果实检测出酯类香气成分 5 种,总相对含量为 60.99%,烯类香气成分 14 种,总相对含量为 39.01%。在露地+网处理的菠

萝果实检测出酯类香气物质 9 种,总相对含量为 88.87%,烯类香气物质 11 种,总相对含量为 11.13%。在露地(CK)菠萝果实检测出酯类香气物质 5 种,总相对含量为 52.53%,烯类香气物质 14 种,总相对含量为 47.47%。

从检测到的酯类、烯类香气物质组分数及其总相对含量看,地膜+网处理菠萝果实中检测到的酯类香气物质组分数及总相对含量均低于对照;烯类香气物质组分数少于对照,但总相对含量高于对照。地膜处理菠萝果实中检测到的酯类、烯类香气物质组分数与对照相同;但酯类总相对含量高于对照,烯类总相对含量低于对照。露地+网处理菠萝果实酯类香气物质组分数及总相对含量均高于对照;而烯类香气物质组分数及总相对含量均低于对照。

表 1 地膜/网纱覆盖对菠萝果实大小及品质的影响

Table 1 Effects of film/gauze covering on size and quality of pineapple fruits

处理 Treatment	单果重 Weight per fruit/g	纵径 Longitudinal diameter/cm	横径 Transverse diameter/cm	可溶性固形物 TSS/%	可滴定酸 Titratable acidity/%	固/酸比 TSS/TA
地膜+网 FM+GC	772.67±20.51 a	10.83±0.17 a	10.40±0.10 a	20.27±0.82 a	0.70±0.07 a	30.10±4.77 a
地膜 FM	795.29±8.43 a	11.17±0.17 a	10.37±0.12 a	20.33±0.07 a	0.78±0.06 a	26.35±1.89 a
露地+网 NF+GC	702.09±34.06 b	10.67±0.17a	9.77±0.14 b	20.00±0.53 a	0.65±0.03 a	30.96±2.10 a
露地 NF(CK)	604.98±8.58 c	9.83±0.17 b	8.83±0.17 c	19.67±0.35 a	0.68±0.03 a	29.00±0.87 a

注:表中数据为平均值±标准误,同列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下同。
Note: Data are means±SE. Values within a column with the same letters are not significantly different by Duncan's test ($P<0.05$). The same as below.

表 2 地膜/网纱覆盖对菠萝果实色泽的影响

Table 2 Effects of film/gauze covering on color aspects of pineapple fruits

处理 Treatment	果皮 Skin			果肉 Pulp		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
地膜+网 FM+GC	49.93±3.69 a	11.53±1.41ab	36.86±2.00a	76.65±1.19a	4.32±0.38a	46.27±1.03a
地膜 FM	43.11±3.18ab	12.60±3.87a	43.87±5.36a	73.37±0.72a	3.98±0.19ab	44.37±0.41a
露地+网 NF+GC	32.49±6.16c	-0.41±1.15b	18.24±4.62b	74.88±2.27a	2.03±0.21c	40.65±0.58b
露地 NF(CK)	37.90±4.66ab	2.90±0.48b	33.55±0.69a	76.14±0.63a	3.13±0.47bc	43.09±1.71ab

表 3 地膜/网纱覆盖对菠萝果实香气物质种类及总含量的影响

Table 3 Aromatic categories and relative contents of pineapple fruits as affected by film/gauze covering

种类 Category	总相对含量 Total relative content/%				总组分数 Total numbers of component			
	地膜+网 FM+GC	地膜 FM	露地+网 NF+GC	露地 NF(CK)	地膜+网 FM+GC	地膜 FM	露地+网 NF+GC	露地 NF(CK)
酯类 Esters	32.60	60.99	88.87	52.53	4	5	9	5
醇类 Alcohol	0.57	—	—	—	1	—	—	—
烯类 Alkenes	61.33	39.01	11.13	47.47	11	14	11	14
烷类 Alkane	0.57	—	—	—	1	—	—	—
苯类 Benzene	4.92	—	—	—	1	—	—	—
总计 Total	99.99	100.00	100.00	100.00	18	19	20	19

注:— 表示未检测到或不存在。
Note:— stand for not found or not exist.

表 4 地膜/网纱覆盖对菠萝果实香气物质组分及相对含量的影响

Table 4 Aroma components and relative contents in pineapple fruits as affected by film/gauze covering

种类 Category	名称 Component name	分子式 Molecular formula	相对含量 Relative content/%			
			地膜+网 FM+GC	地膜 FM	露地+网 NF+GC	露地 NF(CK)
酯类 Esters	2-甲基-丁酸甲酯 Butanoic acid,2-methyl-,methyl ester	C ₆ H ₁₂ O ₂	3.45	3.71	2.16	4.73
	2-甲基-丁酸乙酯 Butanoic acid,2-methyl-,ethyl ester	C ₇ H ₁₄ O ₂	—	2.61	7.57	—
	己酸甲酯 Hexanoic acid,methyl ester	C ₇ H ₁₄ O ₂	19.26	26.44	7.47	20.44
	己酸乙酯 Hexanoic acid,ethyl ester	C ₈ H ₁₆ O ₂	1.39	3.64	25.70	7.97
	辛酸己酯 Octanoic acid,methyl ester	C ₉ H ₁₈ O ₂	8.50	24.59	17.50	17.45
	辛酸乙酯 Octanoic acid,ethyl ester	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	—	—	24.42	1.94
	癸二烯酸甲酯 Methyl decadienoate	C ₁₁ H ₁₈ O ₂	—	—	0.63	—
	癸酸甲酯 Decanoic acid,methyl ester	C ₁₁ H ₂₂ O ₂	—	—	2.20	—
	癸酸乙酯 Decanoic acid,ethyl ester	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	—	—	1.22	—
烯类 Alkenes	顺-罗勒烯 Cis-ocimene	C ₁₀ H ₁₆	4.65	1.21	0.61	3.18
	(E)-3,7-二甲基-1,3,6 辛三烯 1,3,6-octatriene,3,7-dimethyl-,(E)	C ₁₀ H ₁₆	40.81	6.56	2.03	13.85
	香橙烯 Aromadendrene	C ₁₅ H ₂₄	—	0.88	0.26	—
	香树烯 Alloaromadendrene	C ₁₅ H ₂₄	—	—	0.62	—
	马兜铃烯 Aristolene	C ₁₅ H ₂₄	2.01	3.46	—	4.25
	α-古芸烯 α-gurjunene	C ₁₅ H ₂₄	—	1.25	0.26	1.41
	(+)-洒别烯 (+)-sativene	C ₁₅ H ₂₄	0.47	—	—	0.95
	(+)-环苜蓿烯 (+)-cyclosativene	C ₁₅ H ₂₄	0.58	1.06	—	1.18
	α-古巴烯 α-copaene	C ₁₅ H ₂₄	5.74	12.00	3.78	11.29
	α-榄香烯 α-elemene	C ₁₅ H ₂₄	0.62	1.01	0.37	0.95
	α-葑烯 α-cubebene	C ₁₅ H ₂₄	1.12	2.17	0.33	2.02
	α-藁香烯 α-patchoulene	C ₁₅ H ₂₄	0.52	1.09	0.38	—
	白菖烯 Calarene	C ₁₅ H ₂₄	—	—	1.02	—
	α-花柏烯 α-chamigrene	C ₁₅ H ₂₄	—	—	—	1.04
	γ-芹子烯 γ-selinene	C ₁₅ H ₂₄	0.55	—	—	—
	γ-杜松烯 γ-cadinene	C ₁₅ H ₂₄	1.45	2.88	—	2.60
	α-香柑油烯 α-bergamotene	C ₁₅ H ₂₄	—	0.80	—	0.78
	α-衣兰油烯 α-murolene	C ₁₅ H ₂₄	2.08	3.89	1.47	3.39
	杜松烯 Cadinene	C ₁₅ H ₂₄	0.32	—	—	—
	δ-杜松烯 δ-cadinene	C ₁₅ H ₂₄	—	0.75	—	0.58
烷类 Alkane	2,4',5-三甲基二苯甲烷 2,4',5-trimethyldiphenylmethane	C ₁₆ H ₁₈	0.98	—	—	—
醇类 Alcohol	法呢醇 Farnesol	C ₁₅ H ₂₆ O	0.57	—	—	—
苯类 Benzene	1,1'-二联苯,3,4-二乙基 1,1'-biphenyl,3,4-diethyl	C ₁₆ H ₁₈	4.92	—	—	—

注：—表示未检测到或不存在。
Note:— not found or not exist.

3 讨 论

3.1 地膜/网纱覆盖对小环境的影响

地膜覆盖是菠萝生产中常见的栽培方式,能有效减少土壤水分蒸发、保持土壤水分,提高冬季土壤温度^[5]。本研究中,地膜覆盖的地膜处理提高了冬季菠萝园土壤温度,这与已报道的研究结果相似^[5]。而地膜覆盖结合网纱覆盖的地膜+网处理不仅提高了冬季菠萝园土壤温度,且在一定程度上提高了菠萝园小环境的空气温度及湿度;类似地,露地+网也提高了菠萝园小环境的空气温度及湿度。表明网纱覆盖能在一定程度上提高冬季菠萝园小环境的空气温、湿度,提高土壤温度。但是,网纱覆盖较大程度

地降低了小环境的光照强度^[12-15]。在本研究中,网纱覆盖虽也降低了菠萝园小环境的光照强度,但对菠萝的生长未造成影响,反而促进了菠萝的生长,这可能是由于菠萝相对较耐荫的原因^[16]。另外,网纱覆盖由于对冬季的霜、冻雨具有一定的阻隔作用,避免了霜、冻雨直接落到菠萝植株叶片上及心叶中,对菠萝植株具有较好的保护作用。因此,从环境因子看,提高土壤温度以及菠萝园小环境空气温、湿度,对霜、冻雨具有较好阻隔作用,是地膜/网纱覆盖起到防寒作用,促进菠萝生长的主要原因。

3.2 地膜/网纱覆盖对作物生长及品质形成的影响

地膜覆盖在促进菠萝植株生长、提高菠萝果实产量中具有较好的作用^[17]。本研究中,地膜覆盖栽

培的地膜+网和地膜处理菠萝植株冬季的新抽叶片数、新抽叶片长度,果实纵、横径及单果重等均比露地对照高。地膜覆盖表现出明显的促进菠萝生长的作用,这与已报道的研究结果相似^[5]。而露地栽培条件下覆盖网纱(露地+网处理)后菠萝植株冬季的新抽叶片数、新抽叶片长度,果实纵、横径及单果重等也均较露地对照提高。表明无论是在地膜覆盖还是露地栽培条件下,网纱覆盖均具有明显促进冬季菠萝植株及果实生长的作用。类似的生菜^[7]、狗牙根草^[9]等研究也认为冬季网纱覆盖能促进植株生长,提高返青率,但如果网纱覆盖后光照强度过低则会影响植株生长及光合产物的积累,导致产量降低^[7,18]。网纱覆盖是否促进作物生长与网纱的遮光程度及季节有关,同时也与作物对弱光照的适应性有关。菠萝原生长在热带雨林中,有一定的耐荫能力^[16],这可能是本研究中冬季网纱覆盖并未抑制菠萝植株生长反而促进了菠萝植株生长的原因。

本研究中,虽然网纱覆盖在一定程度上促进了菠萝植株及果实的生长,对菠萝果实的可溶性固形

物、可滴定酸含量无显著影响;但由于网纱覆盖较大程度地降低了光照强度,总体上表现出不利于冬春季节成熟菠萝果实的着色。类似的结果在库尔勒香梨^[19]、枸杞^[20]、油桃^[21]等上也有报道。酯类是果香型香气成分,烯类是草香型香气物质^[22]。菠萝果实中的香气物质主要是酯类及烯类,对菠萝果实浓郁香味起主要贡献的是酯类香气物质,酯类香气物质组分及相对含量的高低对菠萝果实的风味有较大的影响^[23-24]。本研究中,地膜处理在一定程度上提高了酯类香气物质组分数及其总相对含量,说明地膜覆盖有利于菠萝果实酯类香气物质的形成^[11]。而地膜覆盖结合网纱覆盖的地膜+网处理菠萝果实中酯类香气物质组分数及其总相对含量降低,这与其降低了小环境的光照强度而不利于酯类香气物质形成有关^[25-26]。但是,本研究中露地+网处理后菠萝果实酯类香气物质含量增加,这与夏季用网纱遮荫影响了菠萝果实中酯类香气物质形成的结果不一致^[27];这可能与露地+网处理在一定程度上提高了冬季菠萝园环境温度及土壤温度有关系。

参考文献:

- [1] 陆新华,孙德权,叶春海,等.低温胁迫下菠萝幼苗生长与生理特性变化[J].西北植物学报,2010,30(10):2 054-2 060.
LU X H, SUN D Q, YE C H, *et al.* Growth, physiological characteristics and evaluation of cold tolerance of pineapple seedlings under low temperature stress[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2010, 30(10): 2 054-2 060.
- [2] 孙伟生,刘胜辉,吴青松,等.中国菠萝主产区菠萝光头果形成原因调查分析及生产对策[J].热带农业科学,2013,33(7):4-7.
SUN W S, LIU S H, WU Q S, *et al.* Investigation and analysis of pineapple fruits without terminal buds in major pineapple production areas of China and countermeasures [J]. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 2013, 33(7): 4-7.
- [3] 马帅鹏,李 静,陈秀龙,等.广东江门菠萝的寒害调查和品种特性分析[J].中国农学通报,2014,30(25):154-158.
MA S P, LI J, CHEN X L, *et al.* Investigation and analysis of chilling damage and variety characteristics of different pineapple varieties in Jiangmen, Guangdong Province[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2014, 30(25): 154-158.
- [4] 李 志,王小媚,方位宽,等.广西菠萝产业发展现状及对策[J].热带农业科学,2015,35(4):82-84,90.
LI Z, WANG X M, FANG W K, *et al.* Development situation of pineapple industry in Guangxi and countermeasures[J]. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 2015, 35(4): 82-84, 90.
- [5] 刘传和,刘 岩,易干军,等.地膜覆盖对菠萝植株生长及土壤理化特性的影响[J].土壤通报,2010,41(5):1 105-1 109.
LIU C H, LIU Y, YI G J, *et al.* Effects of film mulching on vegetative growth of pineapple and soil physicochemical properties[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2010, 41(5): 1 105-1 109.
- [6] 赵维峰,杨文秀,魏长宾,等.菠萝间作覆盖技术对云南橡胶幼龄林地水土流失的影响[J].南方农业学报,2011,42(9):1 104-1 107.
ZHAO W F, YANG W X, WEI C B, *et al.* Effect of different mulching methods on soil and water loss in young rubber plantation intercropping with pineapple in Yunnan[J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2011, 42(9): 1 104-1 107.
- [7] 姚丕芬,凌丽娟,陈盛录,等.无纺布遮阳网浮面覆盖在冬季生菜栽培中的温度效应[J].南京农业大学学报,1994,17(2):121-122.
YAO H F, LING L J, CHEN S L, *et al.* Temperature effects of nocloth cover and sunshade net on romaine lettuce growing in winter [J]. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 1994, 17(2): 121-122.
- [8] 秦志敏,付晓青,肖润林,等.不同颜色遮阳网遮光对丘陵茶园夏秋茶和春茶产量及主要生化成分的影响[J].生态学报,2011,31(16):4 509-4 516.
QIN Z M, FU X Q, XIAO R L, *et al.* Effects of colour shading on the yield and main biochemical components of summer-autumn tea and spring tea in a hilly tea field[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(16): 4 509-4 516.
- [9] 朱慧森,王太亮,张 燕,等.冬季覆盖物对山西野生狗牙根形态

- 特征和生理特性的影响[J]. 草地学报, 2015, **23**(2): 346-351.
- ZHU H S, WANG T L, ZHANG Y, *et al.* Effects of winter cover on the morphological and physiological characteristics of Shanxi wild bermudagrass[J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2015, **23**(2): 346-351.
- [10] 全月澳, 周厚基. 果树营养诊断法[M]. 北京: 农业出版社, 1982.
- [11] LIU C, LIU Y, YI G, *et al.* Effects of film mulching on aroma components of pineapple fruits[J]. *Journal of Agricultural Science*, 2011, **3**(3): 196-201.
- [12] 陈日远, 关佩聪, 翟英芬. 凉爽纱覆盖对生菜产量、品质及其生理效应的研究[J]. 华南农业大学学报, 1994, **15**(3): 82-87.
- CHEN R Y, GUAN P C, ZHAI Y F. Effects of covering gauze on the yield, quality and its physiological effect in lettuce (*Lactuca sativa* L.) [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 1994, **15**(3): 82-87.
- [13] 吴振海, 陈家金, 徐宗焕. 遮阳网的小气候效应及其对蔬菜生长的影响[J]. 福建农业大学学报, 2001, **30**(2): 185-190.
- WU Z H, CHEN J J, XU Z H. Micro-climate effect of sun-shading-net and its influence on vegetable growth[J]. *Journal of Fujian Agricultural University*, 2001, **30**(2): 185-190.
- [14] 刘厚诚, 雷雨, 陈日远. 遮光处理对节瓜光合作用特性的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2005, **14**(3): 33-36.
- LIU H C, LEI Y, CHEN R Y. Effect of shading on photosynthetic characteristics in *Benincasa hispida* var. *chiehqua* [J]. *Journal of Plant Resources and Environment*, 2005, **14**(3): 33-36.
- [15] 符冠富, 李 华, 陶龙兴, 等. 灌浆期遮光对水稻籽粒生长和 Q 酶活性的影响[J]. 生态学杂志, 2009, **28**(3): 438-444.
- FU G F, LI H, TAO L X, *et al.* Effects of shading at grain-filling stage on the growth and Q enzyme activity of rice grain [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2009, **28**(3): 438-444.
- [16] 唐志鹏. 菠萝[M]//陈杰忠. 果树栽培学各论(南方本). 北京: 中国农业出版社, 2011.
- [17] 刘传和, 刘 岩, 廖美敬, 等. 地膜覆盖对菠萝植株生物量的影响及其成本分析[J]. 广东农业科学, 2011, (9): 29-31.
- LIU C H, LIU Y, LIAO M J, *et al.* Effects of film mulching on biomass of pineapple plants and analysis of production cost [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2011, (9): 29-31.
- [18] POMPELLI M F, MARTINS S C V, ANTUNES W C, *et al.* Photosynthesis and photoprotection in coffee leaves is affected by nitrogen and light availabilities in winter conditions[J]. *Journal of Plant Physiology*, 2010, **167**: 1 052-1 060.
- [19] 木合塔尔·扎热, 李 疆, 罗淑萍, 等. 全光和遮光下库勒香梨果实品质的比较分析[J]. 经济林研究, 2012, **30**(4): 27-31.
- MUHTAR · ZARI, LI J, LUO S P, *et al.* Comparison of fruit quality of Korla fragrant pear under full sunlight and shade conditions[J]. *Nonwood Forest Research*, 2012, **30**(4): 27-31.
- [20] 罗 宵, 郑国琦, 郑紫燕, 等. 宁夏枸杞果实遮光处理对果实糖积累和相关酶活性的影响[J]. 西北植物学报, 2008, **28**(5): 984-989.
- LUO X, ZHENG G Q, ZHENG Z Y, *et al.* Sugar accumulation and related enzyme activity in fruit of *Lycium barbarum* L. with shielding light[J]. *Acta Bot. Boreal. -Occident. Sin.*, 2008, **28**(5): 984-989.
- [21] 孔 云, 王绍辉, 马承伟, 等. 轻度遮光对温室油桃结果枝光合碳同化物积累和分配的影响[J]. 农业工程学报, 2007, **23**(3): 169-173.
- KONG Y, WANG S H, MA C W, *et al.* Effect of slight shading on accumulation and partitioning of carbon assimilation in fruit-bearing limb of greenhouse-grown nectarine[J]. *Transactions of the CSAE*, 2007, **23**(3): 169-173.
- [22] 张上隆, 陈昆松. 果实品质形成与调控的分子生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [23] PRESTON C, RICHLING E, ELSS S, *et al.* On-line gas chromatography combustion/pyrolysis isotope ratio mass spectrometry (HRGC-C/P-IRMS) of pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.) volatiles [J]. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2003, **51**: 8 027-8 031.
- [24] ELSS S, PRESTON C, HERTZIG C, *et al.* Aroma profiles of pineapple fruit [*Ananas comosus* (L.) Merr.] and pineapple products[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2005, **38**: 263-274.
- [25] 温可睿, 黄敬寒, 潘秋红, 等. 葡萄香气物质及其影响因素的研究进展[J]. 果树学报, 2012, **29**(3): 454-460.
- WEN K R, HUANG J H, PAN Q H, *et al.* Research progress of aromatic compounds and influencing factors in grapes[J]. *Journal of Fruit Science*, 2012, **29**(3): 454-460.
- [26] COLQUHOUN T A, SCHWIETERMAN M L, GILBERT J L, *et al.* Light modulation of volatile organic compounds from petunia flowers and select fruits[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2013, **86**: 37-44.
- [27] LIU C, LIU Y. Impacts of shading in field on micro-environmental factors around plants and quality of pineapple fruits [J]. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 2012, **10**(2): 741-745.

(编辑: 潘新社)