

地表覆膜对椪柑果实糖酸品质及矿质元素的影响

高海文 姜妮 刘永忠 彭抒昂

园艺植物生物学教育部重点实验室/华中农业大学园艺林学学院, 武汉 430070

摘要 以 12 年生枳砧椪柑为材料, 研究地表覆膜对椪柑果实汁胞中糖酸和 6 种矿质元素含量的影响。结果表明: 覆膜处理增加了果实的可溶性固形物(TSS), 降低了可滴定酸(TA)含量, 明显改善了其品质; 叶片中 K、Mn 含量明显低于对照, P、Ca、Mg 的含量则显著高于对照, 而 Fe 的含量没有明显差异; 汁胞中元素含量的变化表现出与叶片不一致, 覆膜后 20 d, 汁胞中 P、Mg 的含量没有明显差异, 而 K、Ca 含量显著低于对照, Fe 和 Mn 的含量明显高于对照; 覆膜后 40 d, 汁胞中 P、Mg、Ca、Fe、Mn 的含量都明显高于对照, 而 K 含量极显著低于对照。覆膜可能通过影响柑橘汁胞中矿质元素的积累而影响糖酸积累。

关键词 椪柑; 覆膜; 果实品质; 矿质元素; 可溶性固形物(TSS); 可滴定酸(TA)

中图分类号 S 666.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2013)05-0045-05

覆膜栽培具有改善光照(黑色膜除外)、增温、保水、改善土壤理化性质等效果, 目前在许多果树栽培中得到广泛应用^[1-4]。研究表明, 地膜覆盖可以有效增加柑橘成熟时果实糖分, 对酸积累的影响则存在争议^[5-9]。目前, 在研究地表覆膜对果实品质影响的同时, 对土壤环境(如温、湿度)、树冠层下的光照等方面亦开展了较多研究^[6,8], 但是覆膜条件下果实中矿质元素的积累变化研究较少。矿质元素本身是许多酶的辅酶因子, 是糖酸代谢相关酶的重要活化剂, 与糖酸积累关系密切^[10]。已有研究表明, Fe 元素是细胞质顺乌头酸酶重要的辅酶因子, 细胞体内缺铁将降低该酶活性, 促进柑橘果实柠檬酸积累^[11]。虽然在黄瓜上的研究表明, 覆膜会影响矿质元素的吸收、运输和积累, 对糖酸等物质的运输、分配和积累有着明显的影响^[12], 但是覆膜对果实中矿质元素积累影响及与果实品质之间的关系如何, 目前还未见相关报道。本研究以椪柑为试材, 探讨地膜覆盖对果实汁胞矿质元素的影响并分析其与糖酸积累之间的关系。

1 材料与方法

1.1 试验材料及处理

试验在华中农业大学标本园进行。供试材料为

12 年生枳砧椪柑(*Citrus reticulata*)。选择树势和挂果量相近的果树 6 棵, 其中 3 棵覆膜, 3 棵作为对照。处理时间为 2011 年 8 月 18 日, 采用每棵树单独覆膜的方式, 覆膜材料为银黑反光膜, 覆膜范围超过树冠滴水线外 0.5 m。覆膜后 20 和 40 d 分别采集果样和叶样。

1.2 土壤温度和水势测定

覆膜后安插土壤张力计(TEN-40, 浙江托普仪器有限公司)和曲管温度计(河北省武强仪表厂), 两者埋管深度分别为地表以下 40 和 25 cm 处, 每隔 12 d 于上午 08:00—09:00 读取 1 次土壤水势和温度的数据。

1.3 可溶性固形物和可滴定酸测定

在覆膜后 20 和 40 d 两个时期分别采集果实, 用于可溶性固形物和可滴定酸含量测定。采样方法: 每次每株树从不同方向随机采果 6 个, 每个果取 1/3 的果肉混合榨汁, 以 3 层纱布过滤后用于可溶性固形物(手持折光仪)和可滴定酸(NaOH 滴定法)的测定^[13]。每个指标重复测定 3 次。

1.4 矿质元素测定方法

采集的叶片用纱布蘸取超纯水擦干净, 装在信封中, 105 °C 杀青 30 min, 65 °C 烘干至恒质量。单株树上所采集的果实分离出汁胞、混合, 放在铝盒中,

收稿日期: 2012-11-05

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项(2011PY102)和国家现代农业(柑橘)产业体系专项(CARS-27)

高海文, 硕士研究生, 研究方向: 矿质元素与果实品质形成生理。E-mail: xuanmu999@126.com

通讯作者: 刘永忠, 博士, 副教授, 研究方向: 果树栽培及果实品质生理。E-mail: liuyongzhong@mail.hzau.edu.cn

105 °C 杀青 30 min, 65 °C 烘干至恒质量。将烘干的样品磨成粉末, 过筛(孔径 0.3 mm), 称取 0.3~0.5 g 样品用浓 H₂SO₄-H₂O₂ 消化。P、K、Ca、Mg 参考 Mahouachi 的方法^[14] 进行测定, Fe、Mn 用 ICP-AES 测定^[15]。

1.5 数据处理

试验结果采用 SAS 软件处理, 并用 LSD 法分析。

2 结果与分析

2.1 覆膜对土壤温度和水势的影响

试验结果(图 1)表明, 覆膜处理提高了土壤温度, 降低了土壤的水势。除 8 月 25 日外, 覆膜处理中 25 cm 处的土壤温度一般比对照高 3~4 °C

(图 1-A)。40 cm 处的水势在覆膜 1 周后开始低于对照, 并在 2 周后基本保持在 -45 kPa 水平, 而对照处理由于坚持每周在没有降雨时定时灌溉, 其土壤水势保持在 -25~-10 kPa(图 1-B)。

2.2 覆膜对果实可溶性固形物和可滴定酸的影响

试验测定了覆膜后 20 和 40 d 果实中可溶性固形物(TSS)和可滴定酸(TA)的含量(表 1), 结果表明覆膜并没有改变果实发育过程中 TSS 和 TA 的变化趋势, 即和对照一样, 覆膜后果实中的 TSS 随着果实的发育而增加, 而 TA 则下降。但是覆膜却提高了果实中 TSS 含量而降低了 TA 含量, 其中覆膜后 20 和 40 d 中的果实 TSS 比对照提高了 0.7 个百分点, 而 TA 则分别比对照降低了 0.38 和 0.27 个百分点。

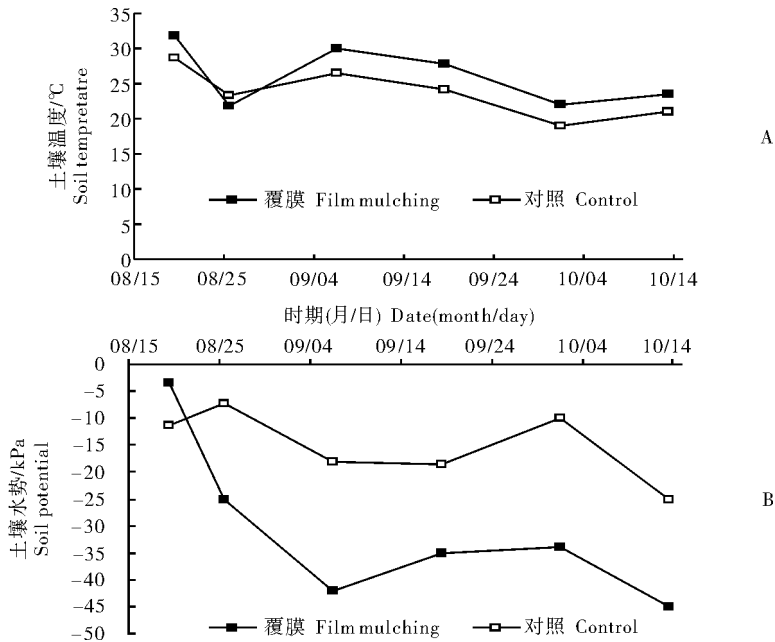


图 1 覆膜对土壤温度(A)和土壤水势(B)的影响

Fig. 1 Effects of film mulching on soil temperature (A) and soil water potential (B)

表 1 覆膜对果实可溶性固形物和可滴定酸的影响¹⁾

Table 1 Effect of film mulching on total soluble solution and titratable acid in citrus fruit

覆膜后时间/d Days after film mulching	处理 Treatment	可溶性固形物/% Total soluble solution	可滴定酸度/% Titratable acid
20	覆膜 Film mulching	9.1±0.37*	3.92±0.288
	对照 Control	8.4±0.20	4.30±0.161
40	覆膜 Film mulching	9.7±0.12*	2.58±0.015*
	对照 Control	9.0±0.24	2.85±0.028

1) 在同一时期内, 星号表示覆膜和与对照之间的差异显著($P < 0.05$), 下同。* shows the difference between film mulching and control in the same time is significant by t -test at $P = 0.05$, the same as follows.

2.3 覆膜对矿质元素的影响

分别测定了覆膜处理叶片和果实汁胞 K、P、Mg、Ca、Fe 和 Mn 等 6 种矿质元素的变化, 结果发现地表覆膜影响了叶片和果实中的矿质元素积累, 但是因矿质元素种类和组织不同表现不同差异(表 2)。正常情况下, 叶片中的 K、Ca 和 Mn 元素、汁胞中的 Fe 元素在覆膜 40 d 的含量显著高于覆膜 20 d 的含量, 其他元素则显著低于覆膜 20 d 的含量(K 除外)。地表覆膜显著降低了叶片和汁胞中 K 的积累, 与对照相比, 覆膜 20 d 叶片和汁胞中 K 的含量分别降低了 12.82% 和 5.63%(表 2 未显示); 随着覆膜时间的延长, 对钾的积累降低效果更加明显, 在覆膜后 40 d 时, 叶片和汁胞中 K 的含量分别比对照降低了 14.12% 和 10.56%。

地表覆膜 P 和 Mg 的积累影响类似, 对叶片 P 和 Mg 的积累有显著促进作用, 覆膜叶片中 P 和 Mg 含量在覆膜 20 d 时分别是对照的 130% 和 136.42%, 到覆膜 40 d 时, 分别是对照的 152.17% 和 146.72%。覆膜汁胞 P 和 Mg 的积累在覆膜 20 d 时与对照相比, 没有明显变化, 但是到了覆膜 40 d 时, 则显著高于对照, 分别增加了 23.44% 和 11.22%。同时, 地表覆膜减少了果实发育过程中 P 和 Mg 的下降速度。对照处理的叶片和汁胞中在覆膜 40 d 时的 P、Mg 含量分别比覆膜 20 d 的 P、Mg 含量下降了 23.33%、19.21% 和 36.00%、20.33%, 而地表覆膜的叶片和汁胞在覆膜 40 d 时的 P、Mg 含量分别比覆膜 20 d 的 P、Mg 含量下降了 10.26%、13.11% 和 20.20%、7.63%。

表 2 覆膜对叶片和果实汁胞中矿质元素的影响

Table 2 Effects of film mulching on the accumulation of mineral elements in leaves and juice sacs

矿质元素含量 Mineral nutrients content	叶片 Leaf		汁胞 Juice sacs		
	对照 Control	覆膜 Film mulching	对照 Control	覆膜 Film mulching	
钾 K	20 d/(g/kg)	1.56±0.03	1.36±0.01	1.42±0.03	1.34±0.02
	40 d/(g/kg)	1.70±0.08	1.46±0.05	1.42±0.01	1.27±0.01
	变化率/% Change percentage	+8.97*	+7.35*	0.00	-5.22*
磷 P	20 d/(g/kg)	0.60±0.03	0.78±0.03	1.00±0.01	0.99±0.01
	40 d/(g/kg)	0.46±0.05	0.70±0.02	0.64±0.02	0.79±0.02
	变化率/% Change percentage	-23.33*	-10.26*	-36.00*	-20.20*
镁 Mg	20 d/(g/kg)	1.51±0.02	2.06±0.04	1.23±0.02	1.18±0.01
	40 d/(g/kg)	1.22±0.08	1.79±0.22	0.98±0.04	1.09±0.02
	变化率/% Change percentage	-19.21*	-13.11*	-20.33*	-7.63*
钙 Ca	20 d/(g/kg)	1.86±0.17	2.51±0.16	2.88±0.06	2.04±0.01
	40 d/(g/kg)	2.37±0.22	2.46±0.09	1.83±0.06	2.42±0.07
	变化率/% Change percentage	+27.42*	-1.99	-36.46*	+18.63*
铁 Fe	20 d/(mg/kg)	161.49±3.77	156.67±11.55	26.48±3.21	50.13±5.02
	40 d/(mg/kg)	127.64±7.38	132.92±5.10	41.82±7.84	84.12±9.68
	变化率/% Change percentage	-20.92*	-15.16%*	+57.93*	+67.80*
锰 Mn	20 d/(mg/kg)	25.96±0.81	23.34±0.51	4.15±0.12	5.66±0.22
	40 d/(mg/kg)	33.17±6.78	21.48±2.78	3.16±0.02	4.42±0.01
	变化率/% Change percentage	+27.77*	-7.97	-23.86*	-21.91*

地表覆膜对 Ca、Fe 和 Mn 积累的影响因组织和时间的不同而表现出差异。地表覆膜促进了叶片 Ca 的积累, 但是其促进效果随着覆膜时间延长而降低。在覆膜 20 d, 其 Ca 含量显著高于对照, 比对照增加了 34.95%, 但是在覆膜 40 d 时, 其 Ca 含量仅比对照增加了 3.8%, 未达到显著水平; 对照叶片中, 覆膜 40 d 的 Ca 含量显著高于覆膜 20 d 的含量, 而覆膜处理叶片中 40 d Ca 含量则略低于覆膜 20 d 的含量。汁胞中的 Ca 在覆膜 20 d 时的含量显著低于对照, 比对照降低了 29.17%, 但是到覆膜

40 d 时, 其含量则显著高于对照, 比对照增加了 32.24%。从表 2 可以发现, Fe 在叶片中的含量随果实发育而降低, 但是在汁胞中则表现相反, 是随果实发育而积累增加。与 Ca 不同的是, 地表覆膜对叶片 Fe 的积累没有显著影响, 但是却显著促进了汁胞中 Fe 的积累。在覆膜 20 和 40 d 时, 汁胞 Fe 含量分别比对照增加了 89.31% 和 101.15%。正常情况下 Mn 的含量在叶片和汁胞中的变化趋势与 Fe 相反, 即在叶片中 Mn 的积累随着果实发育而增加, 汁胞中 Mn 的积累则随着果实发育而降低。但是地

表覆膜则显著降低了叶片中 Mn 的积累,而显著促进了汁胞中 Mn 的积累。在覆膜 20 和 40 d 时,其叶片中 Mn 的含量分别比对照降低了 10.09% 和 35.24%,汁胞中 Mn 的含量分别比对照增加了 36.39% 和 39.87%。

3 讨 论

地表覆膜对土壤具有多种效应,具体体现在土壤增温效应、保水和避水效应、提高土壤肥效和改善土壤物理性状等效应,进而对作物的生长、发育和产量及品质的形成具有重要的影响^[16]。本试验测定了地表覆膜后土壤温度和水势变化,表明在武汉地区 8 月中下旬的地表覆膜可以提高土壤温度和降低土壤水势(图 1),该结果与 Yakushiji 等^[6]测定的结果一致。在许多果树上的地表覆膜研究表明,覆膜确实可以改进果实品质^[1-9]。在柑橘中的研究表明,覆膜可以促进果实的 TSS 增加^[5-9],本研究也得到同样的结果(表 1),但是覆膜对柑橘有机酸的影响结果不一致。Yakushiji 等^[6]和吴黎明等^[7]发现覆膜同样促进了柑橘有机酸的积累,而黄俊等^[8]发现柑橘覆膜降低了果实中的有机酸含量,与陈发兴等^[4]在枇杷覆膜试验中获得的结果一致,不过石学根等^[9]发现覆膜对椪柑果实有机酸积累影响不明显。本研究测定了覆膜两个时期的 TA 含量,发现覆膜确实降低了有机酸的含量(表 1),这种差异的原因可能与品种、覆膜材料、覆膜时间和果实测定时的成熟状态等有关系,有待进一步研究。

地表覆膜对果实中的糖分积累影响机制,目前有少数研究者进行了探讨。对葡萄等落叶果树的研究认为,覆膜可能是通过改善光照条件或光质量,提高了叶片的光合效能,进而促进了糖分积累^[3]。陈发兴等^[4]认为铺反光膜导致枇杷果肉苹果酸下降是由于合成减少、降解增加的缘故。对柑橘的研究认为,地表覆膜是由于输入增加的结果^[6],可能是因为覆膜导致渗透调节发生,进而诱导库细胞中蔗糖合酶活性增加,即库强增强的缘故^[17],但是对柑橘有机酸在覆膜处理的变化原因则几乎未见报道。

矿质元素不仅是植物发育中重要的营养物质,对品质的形成和保持也具有重要作用^[10,18-20]。在其他作物上的研究表明,地表覆膜可以影响植株矿质元素的吸收和积累,对作物产量和品质产生影响^[12,21]。我们在柑橘方面的分析表明,覆膜对柑橘叶片和果实中的矿质元素积累有影响,但是其效果

因元素种类和组织类型不同而存在差异。如 K 元素在覆膜后无论是叶片还是汁胞其含量都明显下降,而 Mn 元素则在覆膜后其含量在两个组织中都明显增加;P、Mg 元素覆膜后在叶片中有明显增加,而在汁胞中在覆膜 20 d 后却没有明显差异,直到覆膜 40 d 后才明显增加;覆膜后叶片中 Fe 元素没有明显变化,但是汁胞中却明显高于对照(表 2)。

已有研究表明,P、K 含量直接与果实中的糖酸含量有关系^[18],而 Fe、Mn 是许多有机酸代谢相关酶的辅酶因子,与有机酸的积累有直接关系^[19]。在实践中也发现叶面增施钾肥会导致柑橘果实 TSS 下降,TA 增加,而增施 P 肥会降低有机酸的含量,缺铁的果实有机酸的含量增加^[22]。Shlizerman 等^[11]通过离体研究发现,缺铁处理可以降低 cyt-Aco 酶活性,提高酸柠檬汁胞愈伤组织的有机酸含量。Mn 是磷酸烯醇式丙酮酸羧化酶、异柠檬酸裂解酶和苹果酸酶等的辅酶因子^[19],陈发兴等^[4]对枇杷覆膜的研究表明,成熟时果实的有机酸的下降与这 3 种酶的活性变化有密切关系。本研究发现覆膜后导致汁胞中 K 积累下降、P 积累在覆膜后 40 d 的显著增加、Fe 和 Mn 等都显著增加,而对应时期其 TSS 增加、TA 下降,说明覆膜很可能通过影响这些元素的积累而改变相关糖酸代谢酶的活性,进而参与了 TSS 和 TA 的调控,不过覆膜是如何影响这些元素的积累,则有待后续研究。

参 考 文 献

- [1] 张学琴,江永,钟阳,等. 银色地膜覆盖对苹果产量及品质影响的研究[J]. 中国农业气象,1993,14(2):25-28.
- [2] JU Z Q, DUAN Y S, JU Z G. Effects of covering the orchard floor with reflecting films on pigment accumulation and fruit coloration in 'Fuji' apples[J]. Scientia Horticulturae, 1999, 82:47-56.
- [3] 刘林,许雪峰,王忆,等. 不同反光膜对设施葡萄果实糖分代谢与品质的影响[J]. 果树学报,2008,25(2):178-181.
- [4] 陈发兴,刘星辉,吴德宜. 树盘铺反光膜降低枇杷果实酸度[J]. 园艺学报,2010,37(11):1836-1842.
- [5] 万勇,李春玲,邹远鹏,等. 几种简易设施对椪柑果实品质的影响[J]. 华中农业大学学报,2011,30(5):572-577.
- [6] YAKUSHIJI H, NONAMI H, FUKUYAMA T, et al. Sugar accumulation enhanced by osmoregulation in Satsuma mandarin fruit[J]. J Amer Soc Hort Sci, 1996, 121:466-472.
- [7] 吴黎明,蒋迎春,王志静,等. 地面覆盖反光膜对温州蜜柑果实着色及品质的影响研究[J]. 中国南方果树,2009,38(6):39-41.

- [8] 黄俊,张弩,闵泽萍.不同地面覆盖材料对早熟温州蜜柑果实品质及橘园土壤温度和水分的影晌效应研究[J].中国南方果树,2010,39(3):15-17.
- [9] 石学根,陈俊伟,徐红霞,等.透湿性反光膜覆盖对椪柑果实品质的影响[J].果树学报,2011,28(3):418-422.
- [10] MARCELL E R. Mineral nutrition and fruit quality[J]. Acta Horticulturae,1995,383:219-226.
- [11] SHLIZERMAN L, MARSH K, BLUMWALD E, et al. Iron-shortage-induced increase in citric acid content and reduction of cytosolic aconitase activity in citrus fruit vesicles and calli[J]. Physiol Plant,2007,131(1):72-79.
- [12] 蔡绍珍,陈建美,朱培生.地膜覆盖栽培对黄瓜干物质积累与养分吸收分配的影响[J].园艺学报,1993,20(1):45-50.
- [13] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2003:77-80.
- [14] MAHOUACHI J. Changes in nutrient concentrations and leaf gas exchange parameters in banana plantlets under gradual soil moisture depletion[J]. Scientia Horticulturae,2009,120:460-466.
- [15] 姜孟军,翟福东,王小逸,等.柑桔皮中微量元素的 ICP-AES 测定方法研究[J].光谱实验室,1994,11(3):48-52.
- [16] 中国农用塑料应用技术学会.新编地膜覆盖栽培技术大全[M].北京:中国农业出版社,1998.
- [17] YAKUSHIJI H, MORINAGA K, NONAMI H. Sugar accumulation and partitioning in Satsuma mandarin tree tissues and fruit in response to drought stress[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science,1998,123:719-726.
- [18] MAATHUIS F J M. Physiological functions of mineral macronutrients[J]. Current Opinion in Plant Biology,2009,12:250-258.
- [19] HÄNSCH R, MENDEL R R. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl) [J]. Current Opinion in Plant Biology,2009,12:259-266.
- [20] 吉前华,郭雁君,姚金明,等.贡柑叶片的矿质营养及其对果实品质影响的研究[J].西南农业学报,2010,23(3):786-790.
- [21] 杨洪强,接玉玲,黄天栋,等.苹果幼树根系越冬期氮代谢及覆膜效应研究[J].园艺学报,1996,3(4):329-333.
- [22] CHAPMAN H. The mineral nutrition of citrus[M]// REUTHER W. The citrus industry. Berkley: University of California Riverside,1968:127-289.

Effects of film mulching on total soluble solution, titratable acid and contents of mineral elements in Ponkan (*Citrus reticulata*) fruit

GAO Hai-wen JIANG Ni LIU Yong-zhong PENG Shu-ang

Key Laboratory of Horticulture Plant Biology, Ministry of Education /
College of Horticulture and Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University,
Wuhan 430070, China

Abstract Effects of film mulching (FM) on the total soluble solution (TSS), titratable acid (TA), the contents of 6 mineral elements (K, P, Mg, Ca, Fe and Mn) in Ponkan (*Citrus reticulata*) fruit was investigated using 12-year-old Ponkan as material. Results showed that FM improved fruit quality by increasing TSS and decreasing TA. Under the FM treatment of leaf, contents of K and Mn decreased significantly while contents of P, Ca and Mg obviously increased. In the juice sacs, FM decreased the contents of K and Ca significantly but increased significantly the contents of Fe and Mn at 20 days after FM. At 40 days after FM, contents of P, Mg, Ca, Fe and Mn were obviously higher than those in the control except for K lower obviously than that in the control. Results indicated that the influence of mineral accumulation in juice sacs by FM might contribute to the improvement of fruit quality via the increase of TSS and the decrease of TA.

Key words Ponkan(*Citrus reticulata*); film mulching; fruit quality; mineral elements; total soluble solution (TSS); titratable acid (TA)