

量化修剪与喷施苹果面膜对果园经济效益的影响

白杜娟¹, 牛育华^{2,3}, 白岗栓⁴

(¹杨凌农业高科技发展股份有限公司, 陕西杨凌 712100; ²陕西科技大学化学与化工学院, 西安 710021;

³陕西省腐殖酸农业生态修复工程技术研究中心, 西安 710021; ⁴西北农林科技大学水土保持研究所, 陕西杨凌 712100)

摘要:为减少果园用工费,提高果园经济效益,在渭北旱塬以常规修剪苹果园为对照,监测量化修剪对疏花疏果用工费、果实品质和果园经济效益等的影响;在陕北丘陵沟壑区以苹果套袋(纸袋)为对照,监测喷施苹果面膜(腐殖酸型苹果免套袋膜剂)替代果实套袋对果园用工费、果实品质和果园经济效益等的影响。结果表明,量化修剪在冬季修剪时较常规修剪多支付用工费4500元/hm²,疏花可减少11250元/hm²,疏果可减少2250元/hm²;量化修剪的苹果单果重大,品质高,产值提高13.73%;经济效益提高34860元/hm²。喷施苹果面膜较果实套袋和去袋可减少用工费22850元/hm²,材料费减少8250元/hm²;喷施苹果面膜提高了苹果的外观商品价值和贮藏运输性能,产值提高50.01%;果园经济效益提高192900元/hm²。量化修剪和喷施苹果面膜降低了果园用工费,提高了果园经济效益,果园管理过程中应积极开展量化修剪和喷施苹果面膜。

关键词:苹果;量化修剪;苹果面膜;经济效益

中图分类号:S661.1

文献标志码:A

论文编号:cjas2022-0095

Effects of Quantitative Pruning and Spraying Apple Mask on Economic Benefit of Apple Orchard

BAI Dujuan¹, NIU Yuhua^{2,3}, BAI Gangshuan⁴

(¹Yangling Agricultural High-Tech Development Co., Ltd., Yangling 712100, Shaanxi, China;

²College of Chemistry & Chemical Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, Shaanxi, China;

³Shaanxi Humic Acid Agroecological Restoration Engineering Technology Research Center, Xi'an 710021, Shaanxi, China;

⁴Institute of Soil and Water Conservation, Northwest Agriculture & Forestry University, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: To reduce labor cost and improve economic benefit of apple orchard, taking conventional pruning apple orchard as the control, the effects of quantitative pruning on labor cost of thinning flower and fruit, fruit quality and economic benefit of orchard were monitored in Weibei dry plateau. Taking fruit bagging (paper bag) as the control, the effects of spraying apple mask (humic acid type apple bag-free liquid film agent) instead of fruit bagging on labor cost, apple quality and economic benefit of orchard were monitored in the hilly-gully region of northern Shaanxi. The results showed that quantitative pruning paid 4500 yuan/hm² labor cost more than conventional pruning in winter, but paid 11250 yuan/hm² less when thinning flower, and 2250 yuan/hm² less when thinning fruit. Quantitative pruning increased mean fruit weight and fruit quality, the fruit output value increased by 13.73%, and economic benefit of orchard was 34860 yuan/hm² higher than that of conventional pruning orchard. Compared with fruit bagging and debagging, spraying apple mask reduced labor cost by 22850 yuan/hm² and reduced material consumption by 8250 yuan/hm², improved the appearance commodity value and storage and transportation performance of apple, and the fruit output value increased by

基金项目:国家重点研发计划项目“黄土高原生态修复模式的格局-结构-功能关系”(2016YFC0501602);陕西省重点研发计划项目“陕北大枣裂果防治关键技术集成与乡村振兴特色产品培育示范研究”(2022FP-10);咸阳市科技计划项目“苹果免套袋关键技术集成与果品质量提升示范及推广”(2021ZDYF-NY-0013)。

第一作者简介:白杜娟,女,1991年出生,陕西杨凌人,经济师,学士,主要从事作物栽培及育种方面的研究。通信地址:712100 陕西省咸阳市杨陵区康乐西路农大雅苑,E-mail:616973245@qq.com。

通信作者:白岗栓,男,1965年出生,陕西富平人,研究员,硕士,主要从事果树栽培及农田生态方面的研究。通信地址:712100 陕西省咸阳市杨陵区康乐西路农大雅苑,E-mail:gshb@nwsuaf.edu.cn。

收稿日期:2022-07-26,修回日期:2023-03-03。

50.01%, the economic benefit of orchard was 192900 yuan/hm² higher than that of fruit bagging orchard. In conclusion, quantitative pruning and spraying apple mask can reduce labor cost and improve economic benefit of apple orchard, which should be actively carried out in the process of apple orchard management.

Keywords: apple; quantitative pruning; apple mask; economic benefit

0 引言

中国生产的苹果约占世界的一半以上,陕西省生产的苹果约为中国的1/4^[1]。为生产优质苹果,疏花疏果和果实套袋已经成为优质苹果生产中不可缺少的管理措施。疏花疏果和果实套袋及去袋的时间均相对集中,短期内用工量大且操作要求严格,而农村劳动力却不断减少且价格不断上升,疏花疏果和果实套袋及去袋时的用工荒将越来越严重,用工费已成为果园生产成本的主要支出项。如何减少疏花疏果和果实套袋及去袋的用工费已成为提高果园经济效益的主要因素。量化修剪是在冬季修剪前根据树体的生长状况、果园生态环境和管理水平,在综合评估树体结果能力的前提下修剪,修剪后保留的优质花芽数量仅比预期的结果个数多15%~20%,花芽留量不及常规修剪的1/3,且修剪后留枝量少,树冠小,基本不用疏花,只需疏果,有利于果实套袋和防治病虫害等,不但可提高果实产量和品质,而且可减少果园用工费^[1-2]。套袋可减少果实遭受病虫害危害,提高表面光洁度,促进果实着色,提高果实商品价值^[3-6],但在套袋和去袋过程中需消耗大量的人力和物力,不仅增加了生产成本,而且降低了苹果的风味品质,且废弃的果袋还会造成环境污染^[7-8]。苹果生长期喷施液态膜,相当于给苹果敷了一层面膜,不仅给苹果生长提供了营养元素,促进果实着色,减少病虫害发生,而且可免除套袋及去袋,减少用工量,提高果园经济效益^[9-10]。为精准评价量化修剪和喷施苹果面膜对果园用工费和果园经济效益的影响,2020—2021年在渭北旱塬监测量化修剪对果园经济效益的影响,在陕北丘陵沟壑区监测喷施苹果面膜对果园经济效益的影响。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

量化修剪试验园位于渭北旱塬西南部的中国科学院黄土高原农业生态试验站(35°12'N, 107°40'E, 海拔1220 m),年均降水量为551.7 mm,气温9.1℃,无霜期171 d,土壤为黑垆土。供试苹果园建于1996年,株行距为3.0 m×4.0 m,乔化栽培,品种为‘红富士’,砧木为新疆野苹果(*Malus sieversii*),树形为小冠疏层形。正常年份产量为45000 kg/hm²左右。

喷施苹果面膜试验园位于陕北丘陵沟壑区的延安市

宝塔区临镇镇庙塬村(36°18'N, 110°26'E, 海拔1124 m),年均降水量为550 mm,气温9.7℃,无霜期152 d,土壤为黄绵土。供试苹果园建于1998年,株行距为4.0 m×5.0 m,乔化栽培,品种为‘红富士’,砧木为海棠果(*Malus prunifolia*),树形为开心形和小冠疏层形。正常年份产量为45000 kg/hm²左右。

1.2 试验设计与监测项目

1.2.1 量化修剪 在渭北旱塬以当地常规修剪果园为对照,以量化修剪果园为处理,监测常规修剪和量化修剪果园的冬季修剪用工费、疏花和疏果用工费、果实产量和品质、果实价格、果实产值和果园经济产值。试验重复3次,每个小区面积为0.03 hm²,栽植25株苹果树。

常规修剪是按照当地传统的修剪方法,冬季修剪(2020年11月下旬)时主要去除直立枝、交叉枝及过弱的下垂枝,采用轻剪长放的修剪方法,培养单轴延伸结果枝组和珠帘式结果枝组,保留大量的串花枝及腋花芽,留枝量为165.0万~180.0万根/hm²,其中营养枝与结果枝的比例为(0.8~1.0):1.0,长枝:中短:短枝=0.2:0.8:9.0,短枝及短果枝多于中枝和长枝,结果枝多于营养枝。

量化修剪是根据该园盛果期的正常生产产量45000 kg/hm²(每5个苹果折合为1 kg, 22.5万个/hm²),冬季修剪后保留的结果枝为26.0万~27.0万根/hm²,且以中结果枝和短结果枝为主,留花量较结果个数多15%~20%。冬剪时对串花枝和腋花芽枝重短截,仅保留3~4个花芽,腋花芽保留量仅占总花芽量的15%左右,以防晚霜危害。冬季修剪时去除下垂枝,回缩衰弱枝,保留斜上的结果枝和水平结果枝^[1-3]。冬剪后留枝量为130.0万~140.0万根/hm²,营养枝与结果枝的比例为4:1左右,长枝:中短:短枝=1:2:7。

冬季修剪、疏花和疏果的用工费根据单位面积果园的用工量和当地日工资来计。2021年苹果成熟期在常规修剪与量化修剪果园各小区随机选择6棵苹果树,用于测定果实品质及产量。果实品质测定:在树冠东、西、南和北4个方向外围中部随机采集24个果实,单果重用1/100电子天平测定,果实横径和纵径用游标卡尺测定并计算果形指数(果实纵径/果实横径);果实硬度用GY-1型果实硬度计测定,果实可溶性固形物含量用PR-100型数字糖度计测定,果实可滴定酸含量用GMK-835F果实酸度计测定并计算固酸比(可溶性

固形物含量/可滴定酸含量)。果实价格以当地果实采收时的销售价格为准,并根据苹果产量及价格计算果品产值。由于常规修剪和量化修剪的施肥、病虫害防治、果实套袋与去袋、夏季修剪和采收等生产资料费和用工费等基本一致,故这些指标均不进行测定。量化修剪和常规修剪果园的水、肥、留果量、病虫害防治和果实套袋等管理措施均一致。

1.2.2 喷施苹果面膜 试验园以当地果实套袋(洛川县惠林双层纸袋)为对照,喷施苹果面膜(腐植酸型苹果免套袋膜剂,20 kg/桶,陕西科技大学腐植酸生态修复工程技术研究中心研发,专利号ZL201710289276.X、ZL202110209601.3、CN112980253A)^[11-14]为处理,监测果实套袋和喷施苹果面膜的果园材料费(纸袋和苹果面膜)、用工费(果实套袋、去袋和喷施苹果面膜)、苹果产量、品质和果品产值。试验重复3次,每个小区0.06 hm²,栽植30株苹果树。

苹果面膜的主要成分为腐植酸^[11-14],由A剂(成膜主剂)与B剂(交联剂)组成,喷施时先喷施A剂、后喷施B剂(间隔不超过5 min),其中A剂粘度较大,需选用喷雾压力大于0.4 MPa的喷雾器,而B剂可选用普通电动喷雾器。苹果面膜在苹果开花后20 d(5月20日)左右开始喷施,6—8月每月喷施1次,整个生长期喷施4~5次。本试验园共喷施4次,每次均采用20 L的背负式电动喷雾器,人工喷施。喷施前应根据天气预报,喷施后4~6 d应无降雨,宜晴天早上或下午喷施,喷施时需对果实全面喷洒。

喷施苹果面膜所需的用工费、材料费均以苹果生长期喷施4次计。喷施苹果面膜和果实套袋的用工费均以单位面积果园的用工量和当地的日工资来计,

材料费均以实际消耗的材料费计。苹果产量、品质和产值的测定方法与量化修剪的一致,且在此基础上,目测法测定果实着色面积、果面光洁指数和果锈指数。

$$\text{果面光洁指数} = \frac{\sum(\text{各级果实数} \times \text{其对应级数})}{\text{总果数}} \dots\dots\dots (1)$$

果面光洁指数分为4级,1级果面粗糙,如同自然状态下生长的未套袋果实;2级果面较粗糙,色泽较暗,不光洁;3级果面较光洁,色泽较亮;4级果面光洁细腻,色泽圆润明亮。

$$\text{果锈指数} = \frac{\sum(\text{各级果实数} \times \text{其对应级数})}{\text{总果数}} \dots (2)$$

果锈指数分为5级,1级果面无锈斑,2级果面锈斑在0.5 cm²以下,3级果面锈斑为0.5~1.0 cm²,4级果面锈斑为1.0~2.0 cm²,5级果面锈斑超过2.0 cm²。

果实套袋和喷施苹果面膜果园的水、肥、疏花疏果、留果量和病虫害防治等管理措施均一致。

1.3 数据处理

试验数据用Student T Test检验常规修剪与量化修剪、果实套袋与喷施苹果面膜之间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 量化修剪对果园经济效益的影响

2.1.1 果园用工费 冬季修剪时量化修剪的果树短截的枝条多,用工量大,用工费较常规修剪多4500元/hm²。量化修剪的果树留花量少,不需要疏花,可节约11250元/hm²。量化修剪的果树树冠相对较小且紧凑^[15],便于疏果,较常规修剪可节约2250元/hm²。量化修剪较常规修剪在冬季修剪和疏花疏果方面可节约用工费9000元/hm²(表1)。

表1 不同修剪果园的冬季修剪和疏花疏果用工费

修剪方法	冬季修剪			疏花			疏果			合计/(元/hm ²)	节约用工费/(元/hm ²)
	用工量/(d/hm ²)	日工资/元	小计/(元/hm ²)	用工量/(d/hm ²)	日工资/元	小计/(元/hm ²)	用工量/(d/hm ²)	日工资/元	小计/(元/hm ²)		
常规修剪	45.0bB	300	13500bB	75.0aA	150	11250aA	75aA	150	11250aA	36000aA	-
量化修剪	60.0aA	300	18000aA	0.0bB	150	0.0bB	60bB	150	9000bB	27000bB	9000

注:表中同列数据后的小写和大写字母分别表示差异达显著(P<0.05)和极显著(P<0.01)水平,下同。

2.1.2 苹果产量、品质和产值 量化修剪的果树留花量少,可减少开花坐果对树体营养的消耗^[16-17],且量化修剪后以中短结果枝为主^[18],树冠通风透光良好^[19],因而单果重大,相同留果量下的产量高。量化修剪的果实可溶性固形物和可滴定酸含量均显著高于常规修剪(P<0.05),

但果形指数、果实硬度和固酸比与常规修剪基本一致(表2)。量化修剪的果实产量高(P<0.05),单果重大(P<0.05),可溶性固形物含量高(P<0.05),果实价格略高,故量化修剪的果品产值较常规修剪提高了13.73%,增收25860元/hm²,极显著高于常规修剪(P<0.01)。

表2 不同修剪果园的苹果产量、品质和产值

修剪方法	产量/ (kg/hm ²)	品质						价格/ (元/kg)	产值/ (元/hm ²)	增产值/ (元/hm ²)
		单果重/ g	果形指数	硬度/ (kg/cm ²)	可溶性固形物/ %	可滴定酸/ %	固酸比			
常规修剪	43800bA	214.2bA	0.85aA	9.4aA	13.1bA	0.34bA	38.53aA	4.3aA	188340bB	
量化修剪	47600aA	236.8aA	0.86aA	9.3aA	13.8aA	0.36aA	38.33aA	4.5aA	214200aA	25860

2.2 喷施苹果面膜对果园经济效益的影响

2.2.1 用工费 以当地盛果期正常年份的苹果产量 45000 kg/hm² 为标准产量计, 喷施苹果面膜用工量每

次为 8 d/hm², 生长季共喷施 4 次, 需 32 d/hm², 需支付 6400 元/hm² (表 3)。果实套袋需 90 d/hm², 需支付 15750 元/hm²; 去袋需 90 d/hm², 需支付 13500 元/hm²。

表3 喷施苹果面膜与果实套袋和去袋的果园用工费

果实管理	喷施苹果面膜			套袋			去袋			合计/ (元/hm ²)	节约用工费/ (元/hm ²)
	用工量/ (d/hm ²)	日工资/ 元	小计/ (元/hm ²)	用工量/ (d/hm ²)	日工资/ 元	小计/ (元/hm ²)	用工量/ (d/hm ²)	日工资/ 元	小计/ (元/hm ²)		
套袋	-	-	-	90	175	15750	90	150	13500	29250aA	-
喷施苹果面膜	32	200	6400	-	-	-	-	-	-	6400bB	22850

套袋去袋共需支付 29250 元/hm², 较喷施苹果面膜多支付 22850 元/hm², 极显著高于喷施苹果面膜 ($P < 0.01$)。

2.2.2 材料费 单次喷施苹果面膜需支付 1875 元/hm² 的材料费; 4 次共需支付 7500 元/hm² (表 4)。正常年份

表4 喷施苹果面膜与果实套袋的果园材料费

果实管理	苹果面膜			纸袋			合计/ (元/hm ²)	节约用工费/ (元/hm ²)
	价格/ [元/(次·hm ²)]	次数/ 次	小计/ (元/hm ²)	价格/ (元/个)	纸袋数量/ (个/hm ²)	小计/ (元/hm ²)		
套袋	-	-	-	0.07	225000	15750	15750aA	-
喷施苹果面膜	1875	4	7500	-	-	-	7500bB	8250

当地盛果期果园需套袋 225000 个/hm², 需支付纸袋费 15750 元/hm², 较喷施苹果面膜多支付 8250 元/hm², 套袋支付的材料费极显著高于喷施苹果面膜 ($P < 0.01$)。

2.2.3 苹果品质 喷施苹果面膜的单果重、果形指数、着色面积、可滴定酸和固酸比均略高于套袋果实, 与套袋

果实无显著差异 (表 5)。喷施苹果面膜的果实果面光洁指数和可溶性固形物含量显著高于套袋果实 ($P < 0.05$), 果锈指数显著低于套袋果实 ($P < 0.05$), 果实硬度极显著高于套袋果实 ($P < 0.01$)。喷施苹果面膜的果实果皮厚, 口感较脆较硬, 汁液饱满且香味浓郁。喷

表5 喷施苹果面膜与果实套袋的苹果品质

果实管理	单果重/g	果形指数	着色面积/%	果面光洁指数	果锈指数	硬度/(kg/cm ²)	可溶性固形物/%	可滴定酸/%	固酸比
套袋	225.4aA	0.89aA	94.2aA	3.48bA	1.87aA	9.3bB	13.3bA	0.33aA	40.30aA
喷施苹果面膜	231.2aA	0.92aA	95.1aA	3.82aA	1.62bB	10.4aA	14.0aA	0.34aA	41.18aA

施苹果面膜显著提高了苹果的外观商品价值, 极显著提高了苹果的贮藏运输性能。

2.2.4 果实产量和产值 虽然喷施苹果面膜的苹果单果重略高于套袋苹果, 但其产量却高出 7.11% (表 6), 达

表6 喷施苹果面膜与果实套袋的苹果产量和产值

果实管理	产量/(kg/hm ²)	价格/(元/kg)	产值/(元/hm ²)	增产值/(元/hm ²)
套袋	43600bA	7.0bB	305200bB	-
喷施苹果面膜	46700aA	10.0aA	467000aA	161800

显著差异($P<0.05$),这可能是喷施苹果面膜与果实无直接接触,而套袋和去袋过程中由于操作不当会导致部分果实脱落。喷施苹果面膜提高了苹果的外观商品价值和贮藏运输性能,苹果价格极显著高于套袋果实($P<0.01$),产值提高53.01%,增收161800元/hm²,达极显著差异($P<0.01$)。

3 讨论

3.1 量化修剪对果园经济效益的影响

与常规修剪相比,量化修剪的果树留枝量少,能够有效减少果树对土壤水分的消耗^[20]并提高树体营养^[16-17]。量化修剪是根据预期苹果产量而选留了结果枝及其数量,且选留的结果枝以中果枝和短果枝为主,减少了叶丛枝比例^[18],可免除疏花且利于疏果,因而量化修剪可减少疏花疏果用工量^[1]。量化修剪留枝量少,利于树冠通风透光,提高叶片光合速率,促进果实生长^[19];量化修剪的结果枝比例低,营养枝比例高,可减少开花坐果对树体营养的消耗,促进树体生长,减少腐烂病发生及隔年结果,延长盛果年限,提高果园经济效益^[21-23]。本试验量化修剪提高了果实产量、单果重、可溶性固形物、可滴定酸和苹果销售价格,减少疏花疏果用工量,提高了果园的经济产值,与已有的报道基本一致^[1]。量化修剪可免除疏花,减少果园用工费,提高果园经济效益,有关量化修剪对枝叶生长、果实发育等方面需进一步研究。

3.2 苹果面膜对果园经济效益的影响

苹果面膜的主要成分是腐植酸(黄腐酸),并含有氮、磷、钾和其他营养元素^[24],喷施后在苹果表面迅速形成一层高分子膜,可防御病虫害与日灼危害,让苹果在阳光的滋润下健康生长。苹果面膜中的腐植酸是一种无定形的天然有机高分子混合物,富含羧基、醇羟基、酚羟基、甲氧基、酮基、酯基等多种活性官能团,具有亲水性、界面活性、阳离子交换、酸性、络合作用和吸附分散能力^[25-28],可为作物生长发育提供营养并提高养分利用率,促进作物生长^[29-33]。腐植酸中的有些生物活性物质可能是生长素类物质,会刺激、促进作物生长发育^[34-39]。腐植酸能够减少作物叶片气孔开张度,减少叶片水分蒸发,增强作物抗旱性,同时可抑制真菌生长发育,减少病害发生;腐植酸能够改变细胞膜渗透性,促进无机养分的吸收;腐植酸能够与微量元素络合或螯合,增加微量元素从根部向作物其他部位的运转能力,促进酶的活性,加速各种代谢,促进果实丰满、厚实^[40-44]。低分子量腐植酸可直接作为营养物质被植物体吸收利用,参与植物体内代谢,积累更多的碳水化合物^[45-48]。喷施苹果面膜相当于给苹果叶片和果实补充

了有机营养、氮、磷、钾和其他营养元素。喷施苹果面膜能提高叶片光合速率,促进叶片营养物质向果实运转^[41,43]。苹果面膜在雨季溶胀后自行脱落于地表,可被地面微生物分解为土壤有机质,提高土壤营养且对土壤环境无污染作用。喷施苹果面膜对促进果实生长,提高叶片光合,减少病虫害发生,促进树体营养平衡等具有积极的作用,故喷施苹果面膜提高了苹果产量和品质。苹果品质与苹果价格密切相关,在产量提高及价格提高的基础上,果品产值得到显著提高。喷施苹果面膜较果实套袋,可节约大量劳动力和资金投入。若喷施苹果面膜采用大型机械或无人机喷施,则进一步减少果园投入,增加果园经济产值。喷施苹果面膜,不但可减少果园用工费和材料费,还可提高果实品质,增加果园收入,有关喷施苹果面膜对树体营养、花芽分化、枝叶生长等方面需进一步研究。

4 结论

(1)在渭北旱塬,苹果树冬季修剪时采用量化修剪,不用疏花且便于疏果,可节约用工费9000元/hm²。量化修剪提高了果实产量和品质,可增收25860元/hm²。量化修剪减少的用工费和提质增产增加的收入合计为34860元/hm²。

(2)在陕北丘陵沟壑区,喷施苹果面膜较果实套袋可节约用工费22850元/hm²,节约材料费8250元/hm²。喷施苹果面膜提高了果实产量和品质,可增收161800元/hm²。喷施苹果面膜减少的用工费、材料费和提质增产增加的收入合计为192900元/hm²。

参考文献

- [1] 白杜娟,刘艳玲,白岗栓.渭北旱塬苹果量化更新修剪技术及其研究进展[J].安徽农业科学,2022,50(8):1-6.
- [2] 白岗栓,杜社妮.数量作指标,剪好苹果树[J].西北园艺,1996(4):12-14.
- [3] FENG F J, LI M J, MA F W, et al. The effects of bagging and debagging on external fruit quality, metabolites, and the expression of anthocyanin biosynthetic genes in 'Jonagold' apple (*Malus domestica* Borkh.)[J]. Scientia horticulturae,2014,165(22):123-131.
- [4] LIAO G L, HE Y Q, LI X SH, et al. Effects of bagging on fruit flavor quality and related gene expression of AsA synthesis in *Actinidia eriantha*[J]. Scientia horticulturae,2019,265(15):108511.
- [5] ZHOU HJ, YU ZH F, YE ZH W. Effect of bagging duration on peach fruit peel color and key protein changes based on iTRAQ quantitation[J]. Scientia horticulturae,2019,246(27):217-226.
- [6] WANG X Q, WEI ZH W, MA F W. The effects of fruit bagging on levels of phenolic compounds and expression by anthocyanin biosynthetic and regulatory genes in red-fleshed apples[J]. Process biochemistry,2015,50(11):1774-1782.
- [7] 翟浩,王贵平,李晓军,等.苹果无袋栽培对果实品质和安全性的影

- 响[J]. 中国果树, 2015(1):29-32.
- [8] 马巧荣, 张开祥, 徐福利. 苹果套袋与免套袋栽培比较分析[J]. 安徽农学通报, 2021, 27(21):69-70, 95.
- [9] 王贵平, 薛晓敏, 王金政. 我国苹果套袋技术应用研究进展及发展趋势[J]. 河北农业科学, 2021, 25(4):44-48.
- [10] 樊秀芳, 刘旭峰, 杨海, 等. 液膜果袋对苹果果实生长发育的影响[J]. 果树学报, 2003, 20(4):328-330.
- [11] 张梅. 一“片”苹果“面膜”的诞生[N]. 陕西日报, 2022-09-27(6).
- [12] 牛育华, 宋洁, 薛瑜瑜, 等. 多功能腐植酸型水果免套袋膜剂的制备与性能研究[J]. 腐植酸, 2022(6):28-33.
- [13] 宋洁, 李楠, 牛育华, 等. 一种腐植酸型果实增色膜剂及其制备方法和应用[P]. 中国专利, CN115433038A, 2022-12-06.
- [14] 牛育华, 邱冠钧, 赵栋, 等. 一种腐植酸型水果免套袋膜剂及其使用方法[P]. 中国专利, CN112980253A, 2021-06-18.
- [15] 杜社妮, 李明霞, 耿桂俊, 等. 更新修剪对苹果树冠结构及果实品质的影响[J]. 西北农业学报, 2012, 21(4):106-110.
- [16] 李明霞, 白岗栓, 闫亚丹, 等. 山地苹果树更新修剪对树体营养及生长的影响[J]. 园艺学报, 2011, 38(1):139-144.
- [17] 杜社妮, 李明霞, 耿桂俊, 等. 更新修剪对盛果末期苹果树体营养及品质的影响[J]. 北方园艺, 2011(8):19-22.
- [18] 杜社妮, 白岗栓, 李明霞, 等. 更新修剪对衰老‘富士’苹果枝条生长及树冠结构的影响[J]. 中国农业大学学报, 2012, 17(3):74-80.
- [19] 李明霞, 耿桂俊, 白岗栓, 等. 更新修剪对盛果末期苹果光合能力及果实品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2011, 39(39):179-185.
- [20] 李明霞, 杜社妮, 白岗栓, 等. 苹果树更新修剪对土壤水分及树体生长的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2012, 38(4):467-476.
- [21] 白岗栓, 庞录侠, 燕志辉, 等. 陕北山地苹果“大小年”现象的成因及修剪防御措施[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(5):55-61, 64.
- [22] 白岗栓, 邹超煜, 李晶晶, 等. 更新修剪对苹果隔年结果的影响[J]. 北方园艺, 2014(23):6-10.
- [23] 杜社妮, 白岗栓, 史吉刚, 等. 修剪方法对盛果末期苹果树腐烂病发生的影响[J]. 北方园艺, 2012(5):35-38.
- [24] 刘增照, 郝明德, 牛育华, 等. 施用腐植酸肥料对猕猴桃果实品质和产量的影响[J]. 西北农业学报, 2019, 28(2):219-224.
- [25] XING B SH, LIU J D, LIU X B, et al. Extraction and characterization of humic acids and humin fractions from a black soil of China[J]. Pedosphere, 2005, 15(1):1-8.
- [26] GORDON M K, JOHN F P. Equilibrium parameters for the sorption of copper, cadmium and zinc ions onto peat[J]. Journal of chemical technology and biotechnology, 1998, 69(3):309-320.
- [27] MARCELO A, KEVIN J W. Disaggregation kinetics of a peat humic acid: Mechanism and pH effects[J]. Environmental science and technology, 2003, 36(23):5100-5105.
- [28] CIESLEWICZ J, GONET S S. Properties of humic acids as biomarkers of lake catchment management[J]. Aquatic sciences, 2004, 66:178-184.
- [29] ZANDONADI D B, CANELLAS L P, FAÇANHA A R. Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H⁺ pumps activation[J]. Planta, 2007, 225(6):1583-1595.
- [30] NARDI S, PIZZEGHELLO D, GESSA C, et al. A low molecular weight humic fraction on nitrate uptake and protein synthesis in maize seedlings[J]. Soil biology and biochemistry, 2000, 32(3):415-419.
- [31] ALBAYRAK S, CAMAS N. Effects of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield components of forage turnip (*Brassica rapa* L.) [J]. Journal of agronomy, 2005, 4(2):130-133.
- [32] 周丽平, 袁亮, 赵秉强, 等. 不同用量风化煤腐植酸对玉米根系的影响[J]. 中国农业科学, 2019, 52(2):285-292.
- [33] RASOULI F, NASIRI Y, ASADI M, et al. Fertilizer type and humic acid improve the growth responses, nutrient uptake, and essential oil content on *Coriandrum sativum* L. [J]. Scientific reports, 2022, 12:7437.
- [34] MARINO G, RIGHI V, SIMONI A, et al. Effect of a peat humic acid on morphogenesis in leaf explants of *Pyrus communis* and *Cydonia oblonga*. Metabolomic analysis at an early stage of regeneration[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2013, 61(21):4979-4987.
- [35] AZCONA I, PASCUAL I, AGUIRREOLEA J, et al. Growth and development of pepper are affected by humic substances derived from composted sludge[J]. Journal of plant nutrition and soil science, 2011, 174(6):916-924.
- [36] CANELLAS L P, PICCOLO A, DOBBS L B, et al. Chemical composition and bioactivity properties of size-fractions separated from a vermicompost humic acid[J]. Chemosphere, 2010, 78(4):457-466.
- [37] EI-GHAMRY A M, ABD K M, GHONEEM K M. Amino and humic acids promote growth, yield and disease resistance of faba bean cultivated in clayey soil[J]. Australian journal of basic applied sciences, 2009, 3(2):731-739.
- [38] PIZZEGHELLO D, FRANCIOSO O, ERTANI A, et al. Isopentenyladenosine and cytokinin-like activity of different humic substances[J]. Journal of geochemical exploration, 2013, 129(6):70-75.
- [39] CANELLAS L P, OLIVARES F L, AGUIAR N O, et al. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture[J]. Scientia horticulturae, 2015, 196(9):15-27.
- [40] 裴瑞杰, 袁天佑, 王俊忠, 等. 施用腐植酸对夏玉米产量和氮效率的影响[J]. 中国农业科学, 2017, 50(11):2189-2198.
- [41] 张水勤, 袁亮, 林治安, 等. 腐植酸促进植物生长的机理研究进展[J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23(4):1065-1076.
- [42] FAN H M, WANG X W, SUN X, et al. Effects of humic acid derived from sediments on growth, photosynthesis and chloroplast ultrastructure in chrysanthemum[J]. Scientia horticulturae, 2014, 177(5):118-123.
- [43] 李燕婷, 李秀英, 肖艳, 等. 叶面肥的营养机理及应用研究进展[J]. 中国农业科学, 2009, 42(1):162-172.
- [44] YILDIRM E. Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato[J]. Acta agriculturae scandinavica Section B-Soil & plant science, 2007, 57(2):182-186.
- [45] NARDI S, PIZZEGHELLO D, MUSCOLO A, et al. Physiological

- effects of humic substances on higher plants[J]. *Soil biology and biochemistry*,2002,34(11):1527-1536.
- [46] NARDI S, PIZZEGHELLO D, RENIERO F, et al. Chemical and biochemical properties of humic substances isolated from forest soils and plant growth[J]. *Soil science society of America journal*, 2000,64(2):639-645.
- [47] MALCOLM R E, VAUGHAN D. Humic substances and phosphatase activities in plant tissues[J]. *Soil biology and biochemistry*,1979,11(3):253-259.
- [48] LI Y, FANG F, WEI J L, et al. Humic acid fertilizer improved soil properties and soil microbial diversity of continuous cropping peanut: A three-year experiment[J]. *Scientific reports*,2019,9:12014.