

网络出版日期:2017-03-30

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1220.S.20170330.1509.034.html>

地面覆盖对渭北旱地苹果园土壤理化性质与果实产量、品质的影响

张超¹, 李爱梅², 周旭¹, 张玲², 蔺浩然¹, 张立新², 张海¹

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学 生命科学院, 陕西杨凌 712100)

摘 要 为了探讨渭北旱塬地区苹果园不同地面覆盖方式对土壤理化性质及果实的影响, 在 10 a 生‘礼富 9 号’短枝富士果园设置清耕(CK)、覆膜(I)、覆秸秆(II)、覆膜覆秸秆(III)、覆膜覆秸秆+行间生草(IV)、覆膜覆秸秆+行间铺砂石(V)6 个处理, 研究不同覆盖方式下土壤水分、养分以及果实产量、品质的差异。结果表明: 与清耕相比, 覆盖能有效地提高土壤含水量、贮水量、有机质、速效氮、速效磷和速效钾质量分数; 在 0~100 cm 和 100~200 cm 土层分别以处理 V 和 IV 保水效果最好, 土壤含水量分别比对照提高 20.69% 和 19.89%; 处理 V 提高 10 月份 0~80 cm 土层内土壤贮水量, 较 CK 增加 57.98 mm; 土壤养分以处理 IV 效果最好, 其 0~80 cm 土壤有机质、速效氮、速效钾、速效磷累积量分别较 CK 增加 38.11%、166.36%、72.46%、36.20%; 5 种覆盖方式均能提高果实产量和改善果实品质, 处理 III 果实硬度较 CK 增加 7.84%; 处理 IV 果实产量、单果质量、维生素 C、可溶性糖、糖酸比分别较 CK 提高 20.28%、37.83%、30.48%、18.94%、33.73%; 各处理下果实可滴定酸质量分数均有所降低, 但差异不显著。综合上述分析认为, 覆膜覆秸秆+行间生草处理能够有效地保持和调节土壤水分, 改善土壤养分状况, 且有利于果实产量和品质的提高, 可作为该地区果园管理中切实可行的覆盖模式。

关键词 苹果园; 覆盖; 土壤水分; 土壤养分; 果实产量与品质

中图分类号 S156; S661.1

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2017)04-0609-08

黄土高原地区是陕西省主要的苹果产区, 苹果已成为促进该地区经济发展和改善生态环境的支柱产业。其中渭北旱塬地区海拔适中、光照充足、昼夜温差大、土壤深厚、工业污染少, 是中国两大苹果优生区之一, 同时也是国内唯一符合优质苹果生长 7 项气候指标要求的区域^[1-2]。而有效的果园管理模式不仅是苹果高产、优质的重要保证, 而且还可以提高土壤肥力、调节土壤温度和湿度、蓄水保墒、减少水土流失等^[3], 现已成为研究的热点问题, 对此科学工作者进行了大量的研究。高茂盛等^[4]研究认为, 在渭北旱作苹果园采用秸秆覆盖能提高土壤保墒蓄水能力, 并显著增加土壤贮水量; 李会科等^[5]研究表明, 果园生草提高表层土壤的有机质和速效养分, 促进果树对 N、P、K 营养元素的吸收利用; 郭学军等^[6]研究认为, 果园

覆黑膜有利于苹果产量的提高, 而生草覆盖更有利于果实品质的提高。但这些研究基本都集中于单一覆盖模式对土壤理化性质、果实产量与品质等方面的影响, 而对于多种覆盖模式复合使用, 即多元覆盖下的综合效应研究较少。故本研究在前人研究结果的基础上, 结合实际生产, 对比分析 5 种单一覆盖与多元覆盖模式对苹果园土壤水分、养分以及果实产量和品质的影响, 以期筛选一种适合该区域果园地面管理的最佳模式, 为该区域果园的有效管理提供技术支撑, 并最终为实现该地区果业的持续健康发展提供科学指导。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于陕西省乾县梁山镇官地村, 地处

收稿日期: 2016-03-26 **修回日期:** 2016-05-03

基金项目: 农业部公益性行业科研专项(201303104); 陕西省科技统筹创新工程计划项目(2015KTCL02-27); 陕西省水利科技项目(2015slkj-12); 陕西省攻关项目(2013K01-34); 国家农业部科技成果转化项目; 杨凌示范区农业科技示范提升项目(TS-2014-40)。

第一作者: 张超, 男, 硕士研究生, 研究方向为生态环境工程。E-mail: 1098114260@qq.com

通信作者: 张立新, 男, 教授, 主要从事果树营养研究。E-mail: zhanglixin@nwsuaf.edu.cn

张海, 男, 教授, 主要从事植被恢复及生态修复研究。E-mail: ylzhi6@163.com

东经 108°11′57.6″,北纬 34°36′49.6″,海拔 809 m,属暖温带大陆性季风气候,全年无霜期达 224 d 左右,气候温和,年平均温度 13.1℃,年均降水量 580 mm,土壤以塋土为主。试验园区于 2005 年建成,果园面积 1 334 m²,主栽品种为‘礼

富 9 号’短枝富士,株行距 2 m × 3 m,南北走向,无灌溉条件,属雨养果园,常规管理模式。园区果树生长健壮,树势中等,无病虫害。试验前果园土壤基础肥力见表 1。

表 1 供试果园土壤基础肥力($\bar{x}\pm s$)

Table 1 Soil basic fertility of apple orchard before mulching

土层深度/cm Soil depth	有机质/(g·kg ⁻¹) Organic matter	速效氮/(mg·kg ⁻¹) Available N	速效磷/(mg·kg ⁻¹) Available P	速效钾/(mg·kg ⁻¹) Available K
0~20	7.63±0.72	113.28±14.21	12.21±1.13	198.82±20.23
20~40	6.20±0.35	85.92±7.69	9.86±1.05	176.23±15.48
40~60	5.11±0.15	53.46±3.08	4.06±0.52	100.45±12.30
60~80	5.08±0.11	50.03±3.05	1.01±0.18	85.07±9.96

1.2 试验设计

试验于 2014—2015 年进行,2014 年 3 月对试验地进行覆盖处理,以 70 m²为 1 个处理小区(12 棵树),每个处理重复 3 次,共设置 6 个处理:清耕(CK)、覆膜(I)、覆秸秆(II)、覆膜覆秸秆(III)、覆膜覆秸秆+行间生草(IV)、覆膜覆秸秆+行间铺砂石(V)。处理 I 地膜为黑色膜,膜厚 0.02 mm,宽 0.8 m,行间清耕;处理 II 覆麦秆厚度 0.05 m,宽 0.8 m,行间清耕;处理 III 为地膜麦秆双重覆盖(上膜下秸秆,麦秆层厚 0.05 m),行间清耕;处理 IV 行间所种草种为黑麦草,种植密度为 0.75 g·m⁻²;处理 V 行间铺 0.05 m 厚的细砂石。2014 年 10 月果实成熟采收后将上述处理的生草、秸秆翻入土壤进行腐解,于 2015 年 3 月重复相应的覆盖处理。处理时期内施肥水平一致,秋季苹果采收后施入基肥(2/3 氮肥,磷肥和钾肥一次性施入),次年春季追施 1/3 氮肥。本研究中施肥量按照果农常规施肥量,约为 N 450 kg·hm⁻²,P 300 kg·hm⁻²,K 250 kg·hm⁻²。施肥方式均为带状沟施,施肥沟在距离树干约 80 cm 处。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 土样的采集与测定 分别于 2015 年 5 月(幼果期)、8 月(果实膨大期)、10 月(果实成熟期)采集各处理区域距离树干 100~120 cm 处 0~200 cm 土样(20 cm 为一层),取样后立即带回实验室称鲜土质量,随后将土壤样品放在 105℃烘箱内烘干至恒量(一般为 12 h),求出土壤质量含水量。于 2015 年 10 月,即果实成熟后,用环刀法测定 0~80 cm(20 cm 为一层)土壤体积质量,同时采集 0~80 cm 土样(20 cm 为一层),带回实验室风干过筛,用于土壤有机质及养分质量分数的

测定。

根据土壤含水量和体积质量计算土壤贮水量^[7]:土壤贮水量=土壤体积质量×土层厚度×土壤含水量×10。

土壤有机质采用重铬酸钾容量法测定;速效氮采用碱解扩散法测定;速效磷采用 0.5 mol·L⁻¹ NaHCO₃ 浸提,钼锑抗比色法测定;速效钾采用 1 mol·L⁻¹ NH₄OAc 浸提,火焰光度法测定^[8]。

1.3.2 果实样品的采集与测定 待果实成熟后,在每个处理区域从东、南、西、北、中 5 个方向各随机摘取 10 个果实作为样品,将每个处理的果实混合,用于果实品质的测定;在每个处理区域上述 5 个方向随机选取 1 棵树,将果实全部摘下,用于单株产量的测定;将所有果实按处理区域收获,称量,计算每个区域的总产量。果实单果径采用游标卡尺测定;硬度用 HP-230 型硬度仪测定;可溶性糖用蒽酮比色法测定;维生素 C 用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定;可滴定酸用 NaOH 滴定法测定^[9]。

1.4 数据处理

采用 Excel 2003 软件进行数据处理及绘图,采用 Spss 21.0 软件进行单因素方差分析(ANOVA)和多重比较(Duncan’s)。

2 结果与分析

2.1 不同覆盖方式对苹果园土壤含水量和土壤贮水量的影响

图 1 反映了不同时期各覆盖处理土壤含水量变化情况。由于渭北地区年降雨量主要集中于 6—9 月,故 8 月份各处理上层土壤(0~100 cm)含水量高于 5、10 月份。不同时期,各处理 0~

100 cm 土层土壤含水量平均表现为 CK < II < I < III < IV < V, 处理 V 分别较 IV、III、I、II、CK 提高 1.38%、7.31%、10.65%、12.11%、20.69%。出现这些差异的原因主要有以下几方面:清耕模式下,地表无覆盖,土壤水分蒸发快,而覆盖能够有效地控制水分的散失;与地膜相比,秸秆层孔隙大,保水能力不如地膜,但两者复合(覆膜覆秸秆)模式均高于单一模式,揣俊峰等^[10]研究证明,地膜与秸秆双重覆盖更有利于保持土壤水分;覆膜覆秸秆+行间生草虽然有黑麦草的覆盖,但黑麦草生长需要消耗一定水分,以及其蒸腾作用也会导致土壤失水,但该模式远小于清耕模式下土壤水分蒸发而损失的水;覆膜覆秸秆+行间砂石模式下,砂石间孔隙度小、密度大,加之对

土壤的镇压,有效地限制表层土壤的水分蒸发,增强蓄水能力,所以处理 V 在 0~100 cm 土层土壤剖面含水量最高。100~200 cm 土层土壤含水量平均表现为 CK < V < I < II < III < IV, 处理 IV 较 III、II、V、I、CK 分别提高 3.975%、8.72%、12.33%、12.87%、19.89%。与 0~100 cm 土层相比,100~200 cm 土层处理 V 土壤含水量明显降低,IV 在该范围内土壤含水量最高,这与李会科等^[5]生草能够降低浅层土壤体积质量、增加土壤孔隙度,有利于雨水下渗,以及王慧芳等^[11]砂石覆盖条件下会增加对土壤结构的压实作用,降低土壤孔隙度,不利于土壤水分下渗之结论相一致。

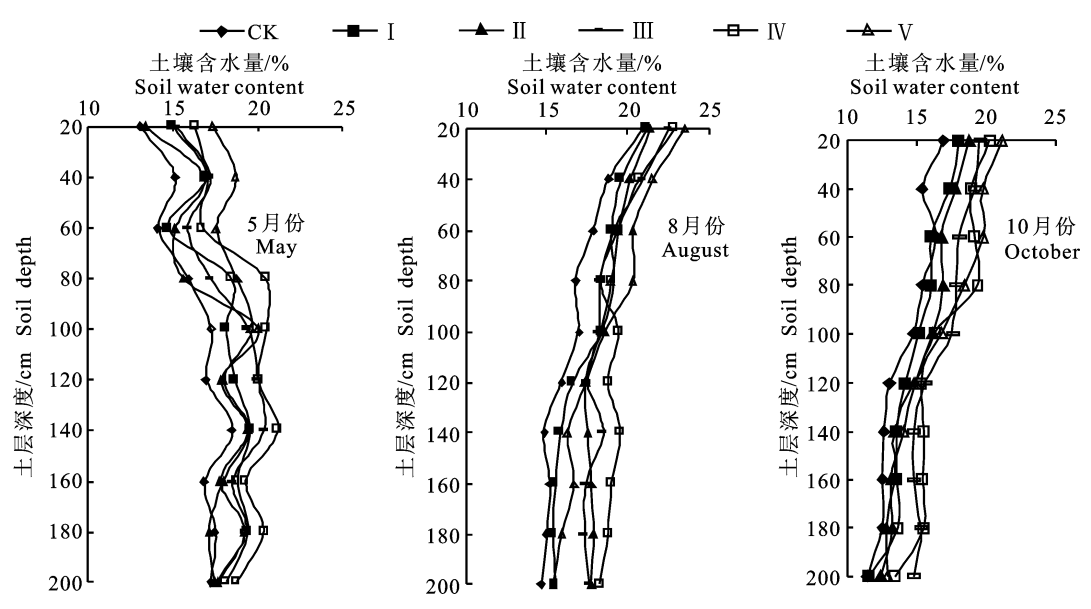


图 1 不同时期各覆盖处理 2 m 土层内土壤含水量
Fig. 1 Soil water mass fraction under mulching treatment within 2 m soil layer in different periods

10 月份不同覆盖处理 0~80 cm 土壤贮水量变化如表 2 所示。0~20 cm 土层,各处理土壤贮水量以处理 V 最高,与其他处理达到显著差异,分别较 CK、I、II、III、IV 提高 62.71、43.11、36.13、24.24、37.4 mm;20~40 cm 和 40~60 cm 土层,各处理土壤贮水量变化与 0~20 cm 土层一致;60~80 cm 土层,处理 IV 和 V 土壤贮水量显著高于其他处理。各处理 0~80 cm 土壤平均贮水量表现为 V > IV > III > II > I > CK, 处理 V 较 CK 增加 57.98 mm。

2.2 不同覆盖方式对土壤有机质和速效养分质量分数的影响

2.2.1 土壤有机质 如图 2-A,处理 CK、I、

II、III、IV、V 0~80 cm 土壤有机质平均质量分数分别为 6.12、5.85、6.16、7.50、8.45、6.81 g·kg⁻¹,除处理 I 外,各处理土壤有机质质量分数均有所增加,且多元覆盖模式均高于单一覆盖,其中处理 IV 0~20 cm、20~40 cm 土层有机质质量分数均显著高于其他处理,40~60 cm、60~80 cm 土层有机质质量分数与处理 III 差异不大,但显著高于其他处理。

2.2.2 土壤速效氮 如图 2-B,0~20 cm 土层,处理 IV 速效氮质量分数最高,分别较 CK、I、II、III、V 提高 180.98%、87.91%、45.89%、29.64%、17.40%,20~40 cm 土层处理 I、III、IV、V 速效氮质量分数无显著性差异,40~60 cm

和 60~80 cm 土层均以处理 IV 速效氮质量分数最高。

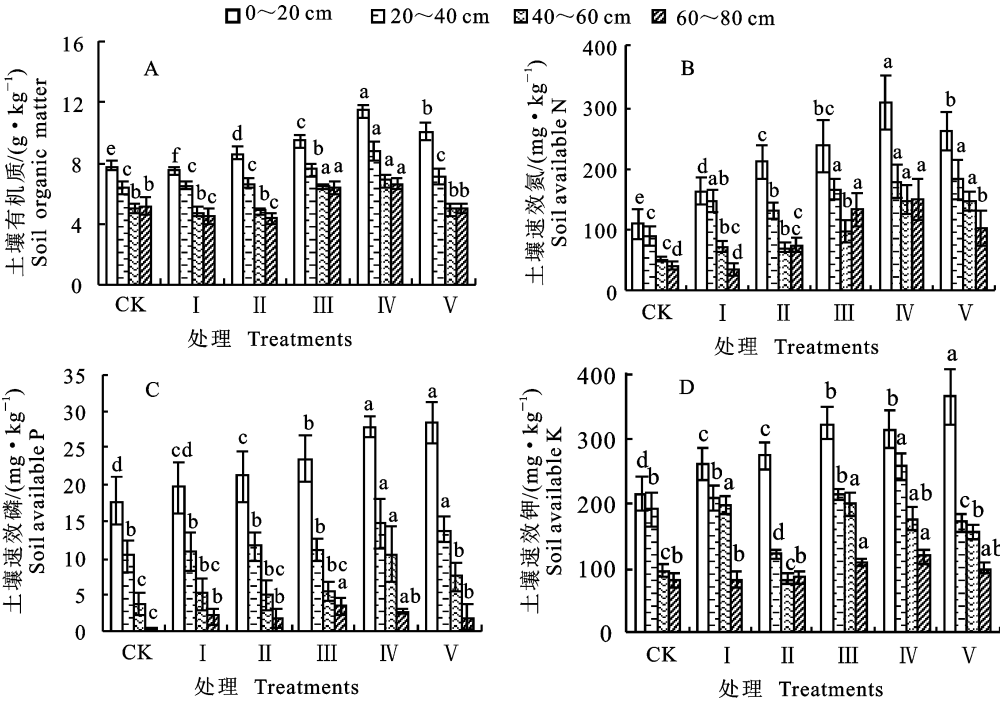
2.2.3 土壤速效磷 如图 2-C,与 CK 相比,各覆盖处理均提高了土壤速效磷质量分数,但不同土层间速效磷质量分数有一定的差异,0~20 cm 土层差异比较明显。各处理 0~80 cm 土层速效

磷累积总量依次为 31.31、37.72、39.46、43.72、55.73、51.83 mg·kg⁻¹,表现为 IV>V>Ⅲ>Ⅱ>I>CK。土壤速效磷质量分数表层土壤(0~20 cm)显著高于下层土壤,表层土壤速效磷质量分数基本相当于 20~80 cm 土壤速效磷累积的总和。

表 2 不同处理 10 月份土壤贮水量

Table 2 Soil water storage of different treatments in October							mm
土层深度/cm Soil depth	处 理 Treatments						
	CK	I	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	V	
0~20	215.55 d	235.15 c	242.13 bc	254.02 b	240.86 bc	278.26 a	
20~40	217.42 d	247.51 c	252.90 c	269.17 b	254.61 c	285.12 a	
40~60	224.82 c	224.14 c	233.24 c	251.58 bc	259.35 b	281.85 a	
60~80	218.82 d	232.15 c	241.67 bc	248.50 b	273.68 a	266.51 a	
平均值 Average	219.15	234.73	242.49	255.82	257.12	277.93	

注:不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。下同。
Note: Different lowercase letters indicate significant difference among treatments($P<0.05$). The same as below.



不同小写字母表示不同处理间显著差异($P<0.05$)。下同。
Different lowercase letters indicate significant difference($P<0.05$) among treatments. The same as below.

图 2 不同处理土壤有机质、速效氮、速效磷和速效钾质量分数

Fig. 2 Mass fraction of soil organic matter, available N, available P, available K under different treatments

2.2.4 土壤速效钾 如图 2-D,土壤速效钾质量分数在不同处理土层间分布差异较大,其中 0~20 cm 和 20~40 cm 土层均以处理 V 和 IV 质量分数最高,分别为 366.87 和 257.80 mg·kg⁻¹,与其他处理呈显著性差异。不同处理下 0~80 cm 土层速效钾平均质量分数依次为 145.64、

187.59、141.47、211.99、216.65、198.37 mg·kg⁻¹,处理 IV 速效钾平均质量分数最高。

2.3 不同覆盖方式对苹果产量和品质的影响

由表 3 可知,5 种覆盖方式均能提高果树产量及改善果实品质。其中,处理 IV 产量最高,较 CK 提高 20.28%;处理 IV 显著增加了单果质

量,增幅达到 37.83%;处理Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ均可有效增加果实硬度,其中Ⅲ的果实硬度为CK的107.8%,差异最为显著;处理Ⅲ和Ⅳ果实维生素C质量分数最高,分别较CK提高21.64%和30.48%;处理Ⅳ的可溶性糖质量分数最高,达

到12.26%;不同覆盖处理可滴定酸质量分数较CK均有所降低,但相互间无显著差异。各覆盖处理均提高了果实的糖酸比,其中处理Ⅰ与CK差异不明显,其余处理的糖酸比显著提高。

表3 不同覆盖处理对苹果产量及品质的影响

Table 3 Effects of different mulching on yield and quality of apple fruit								
处理 Treatment	产量/ (t·hm ⁻²) Yield	单株产量/kg Yield per plant	单果质量/g Fruit mass	硬度/ (kg·cm ⁻²) Hardness	ω(维生素C)/ (g·kg ⁻¹) Vitamin C	ω(可溶性糖)/ (g·kg ⁻¹) Soluble sugar	ω(可滴定酸)/ (g·kg ⁻¹) Titratable acid	糖酸比 Sugar-acid ratio
CK	44.25 c	13.41 b	179.24 e	7.14 d	0.11 e	105.57 d	3.80 a	27.78 b
Ⅰ	47.70 b	14.52 b	192.31 d	7.51 b	0.13 c	114.40 c	3.57 a	31.78 ab
Ⅱ	48.12 b	14.58 b	207.80 c	7.32 c	0.12 d	116.33 bc	3.41 a	34.21 a
Ⅲ	50.45 ab	17.32 a	236.67 b	7.70 a	0.13 a	117.13 bc	3.33 a	35.48 a
Ⅳ	53.23 a	18.16 a	246.97 a	7.62 a	0.14 a	122.57 a	3.28 a	37.15 a
Ⅴ	49.99 ab	17.18 a	233.45 b	7.59 ab	0.13 b	120.30 ab	3.31 a	36.45 a

3 讨论

3.1 覆盖对土壤水分的影响

目前,关于覆盖管理对果园的水土效应已有较多报道^[4,12],均认为覆盖有效抑制土壤水分的无效蒸发,提高土壤水分利用效率。覆膜、覆秸秆、生草、覆砂等是果园管理中常用的覆盖方式,覆膜有利于保持旱地土壤水分的稳定,覆盖秸秆能使地表形成一个虚拟的深松蓄水层,减少降雨产生的径流,提高土壤的入渗性能^[13];生草降低土壤体积质量,增加土壤孔隙度,提高土壤稳性团聚体质量分数,从而增大土壤贮水库容^[14];砂石的镇压作用限制土壤表面的水分蒸发,增强蓄水能力。本研究中,多元覆盖模式下土壤含水量均高于单一覆盖,这是因为多元覆盖吸取了单一覆盖的优点,在渭北地区年降雨量少的情況下更加高效地保持果园土壤中的水分质量分数,提高水分利用效率。

3.2 覆盖对土壤有机质和养分的影响

土壤有机质是制约土壤理化性质与养分有效性的重要因素,一定范围内,有机质质量分数与土壤肥力呈正相关。本研究中,与清耕相比,覆膜降低土壤有机质质量分数,其他处理对土壤有机质均有所提高。这是因为,覆盖秸秆和人工生草模式下,秸秆和草在土壤中腐解的过程中,其中的木质素和蛋白质复合体不易分解而残留于土壤中,从而增加有机质质量分数,武际等^[15]、李会科等^[16]的研究结果均证实了这一结论。伊兴凯等^[17]研究表明,覆膜后果园土壤有机质低于清

耕,与本研究结果基本一致,出现这种现象的原因可能是覆膜状态下土壤升温较快,微生物活性增强,可能会引起有机质的矿化,从而降低有机质质量分数。

土壤速效氮、速效磷、速效钾是作物生长发育所必需的三大基本养分的直接来源。有研究证明,果园覆盖提高土壤速效养分质量分数,但其影响幅度因覆盖物类型及覆盖方式而存在差异^[18]。覆膜后地温升高,水分增多,微生物活性增大,加速了对土壤中有机关营养元素的矿化;秸秆除了能直接补充土壤部分氮、磷、钾元素外,一方面还可以通过固氮微生物的固氮作用提高土壤氮素质量分数,另一方面,秸秆覆盖后土壤有机质质量分数提高,其分解产生的酸性物质对某些含磷化合物有一定的溶解能力并削弱黏土矿物对钾元素的固定作用,从而提高土壤中固定态磷、钾的有效性^[19];果园生草促进了土壤微生物活性,加之牧草根系分泌物的作用,可以使土壤中固定态或者难溶性养分转化为有效性养分^[16]。本研究中,不同覆盖处理均提高土壤中速效养分,处理Ⅳ(覆膜覆秸秆+行间生草)的养分总体提升效果最好,其集覆膜、覆秸秆、生草等单一覆盖各自的优势于一体,最大限度地改善了小范围内的土壤环境,提高了土壤肥力。

3.3 覆盖对果实产量和品质的影响

本研究结果中,覆盖均能提高果树产量及改善果实品质,且多元覆盖下果实产量、品质优于单一覆盖。果实增产的原因可能是,覆盖措施下,土壤中水分、速效养分质量分数显著提高,使苹果各

生育阶段均得到更为充足、持续的矿质营养,进而提高苹果产量,同时改善果实品质。果实品质直接影响着人们的消费取向,其中可溶性糖和可滴定酸是苹果品质的重要组成部分,其糖酸比直接影响着苹果的口感风味,果实糖酸比提高,口感也会得到改善。有研究表明^[20],果实成熟期生草会消耗更多的水分,有利于苹果糖分的累积,从而增加果实的风味口感。苹果硬度的大小决定着其贮存时间,硬度越大,贮存时间越长。本试验中,覆膜覆秸秆+行间生草模式总体上可以增加果实产量和单果质量,提高果实硬度和糖酸比,改善果实鲜食品质,因此建议该地区果园大面积推广这一三元覆盖模式。

参考文献 Reference:

- [1] 张 义,谢永生,郝明德,等. 不同地表覆盖方式对苹果园土壤性状及果树生长和产量的影响[J]. 应用生态学报,2010,21(2):279-286.
ZHANG Y,XIE Y SH,HAO M D,*et al.* Effects of different patterns surface mulching on soil properties and fruit trees growth and yield in an apple orchard [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*,2010,21(2):279-286(in Chinese with English abstract).
- [2] 王小英,同延安,刘 芬,等. 陕西省苹果施肥状况评价[J]. 植物营养与肥料学报,2013,19(1):206-213.
WANG X Y,TONG Y A,LIU F,*et al.* Evaluation of the situation of fertilization in apple fields in Shaanxi province [J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*,2013,19(1):206-213(in Chinese with English abstract).
- [3] ATUCHA A,MERWIN I A,BROWN M G. Long-term effects of four groundcover management systems in an apple orchard[J]. *Horticultrae Science*,2011,46(8):1176-1183.
- [4] 高茂盛,廖允成,李 侠,等. 不同覆盖方式对渭北旱作苹果园土壤贮水的影响[J]. 中国农业科学,2010,43(10):2080-2087.
GAO M SH,LIAO Y CH,LI X,*et al.* Effects of different mulching patterns on soil water-holding capacity of non-irrigated apple orchard in the Weibei plateau[J]. *Scientia Agricultura Sinica*,2010,43(10):2080-2087(in Chinese with English abstract).
- [5] 李会科,张广军,赵政阳,等. 生草对黄土高原旱地苹果园土壤性状的影响[J]. 草业学报,2007,16(2):32-39.
LI H K,ZHANG G J,ZHAO ZH Y,*et al.* Effects of interplanted herbage on soil properties of non-irrigated apple orchards in the Loess Plateau[J]. *Acta Pratac Ltrae Sinica*,2007,16(2):32-39(in Chinese with English abstract).
- [6] 郭学军,韩张雄,马锋旺. 不同覆盖方式对苹果园土壤状况及果树生长与果实的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2013,41(9):112-118.
GUO X J,HAN ZH X,MA F W. Effect of different mulching treatments on changes of soil properties growth of fruit tree,and yield and quality of fruit[J]. *Journal of Northwest A&F University(Natural Science Edition)*,2013,41(9):112-118(in Chinese with English abstract).
- [7] 鲁向晖,隋艳艳,王 飞,等. 秸秆覆盖对旱地玉米休闲田土壤水分状况影响研究[J]. 干旱区资源与环境,2008,22(3):156-159.
LU X H,SUI Y Y,WANG F,*et al.* Study on soil water status of maize fallow under straw mulch in dryland[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*,2008,22(3):156-159(in Chinese with English abstract).
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
BAO SH D. Soil Agrochemical Analysis[M]. Beijing:China Agricultural Press,2000(in Chinese).
- [9] 曹建康,姜微波,赵玉梅. 果蔬采收后生理生化实验指导[M]. 北京:中国轻工业出版社,2007.
CAO J K,JIANG W B,ZHAO Y M. Physiological and Biochemical Guidance of Fruits and Vegetables after Harvest [M]. Beijing: China Light Industry Press,2007(in Chinese).
- [10] 揣峻峰,谢永生,索改弟,等. 地膜与秸秆双重覆盖对渭北苹果园土壤水分及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2013,31(3):26-30.
CHUAI J F,XIE Y SH,SUO G D,*et al.* Effects of dual mulching of film and straw on soil moisture and apple yield in Weibei region[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*,2013,31(3):26-30(in Chinese with English abstract).
- [11] 王慧芳,邵明安. 含碎石土壤水分入渗试验研究[J]. 水科学进展,2006,17(5):604-609.
WANG H F,SHAO M A. Experimental study on water infiltration of soil containing rock fragments[J]. *Advances in Water Science*,2006,17(5):604-609(in Chinese with English abstract).
- [12] 田 飞,谢永生,索改弟,等. 二元覆盖对果园土壤水分的调控效果[J]. 应用生态学报,2014,25(8):2289-2296.
TIAN F,XIE Y SH,SUO G D,*et al.* Controlling effects of dual mulching on soil moisture in an apple orchard[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*,2014,25(8):2289-2296(in Chinese with English abstract).
- [13] COOK H F,VALDES G S B,LEE H C. Mulch effects on rainfall interception, soil physical characteristics and temperature under *Zea mays* L [J]. *Soil and Tillage Research*,2006,91(1):227-235.
- [14] 李会科,张广军,赵政阳,等. 渭北黄土高原旱地果园生草对土壤物理性质的影响[J]. 中国农业科学,2008,41(7):2070-2076.
LI H K,ZHANG G J,ZHAO ZH Y,*et al.* Effects of different herbage on soil quality characteristics of non-irrigated apple orchard in Weibei loess plateau[J]. *Scientia Agricultura Sinica*,2008,41(7):2070-2076(in Chinese with English abstract).

English abstract).

[15] 武 际,郭熙盛,鲁剑巍,等. 水旱轮作制下连续秸秆覆盖对土壤理化性质和作物产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2012,18(3):587-594.

WU J, GUO X SH, LU J W, *et al.* Effects of continuous straw mulching on soil physical and chemical properties and crop yields in paddy-upland rotation system[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2012, 18(3):587-594(in Chinese with English abstract).

[16] 李会科,张广军,赵政阳,等. 黄土高原旱地苹果园生草对土壤养分的影响[J]. 园艺学报,2007,34(2):477-480.

LI H K, ZHANG G J, ZHAO ZH Y, *et al.* Effects of inter-planted herbage on soil nutrient of non-irrigated apple orchard in the loess plateau[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2007, 34(2):477-480(in Chinese with English abstract).

[17] 伊兴凯,张金云,高正辉,等. 不同覆盖方式对砷山酥梨园土养分及果实品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2012,40(10):161-166.

YI X K, ZHANG J Y, GAO ZH H, *et al.* Effect of different covering ways on soil nutrition and fruit quality in Dangs-hansu pear garden[J]. *Journal of Northwest A&F Uni-versity(Natural Science Edition)*, 2012, 40(10):161-166(in Chinese with English abstract).

[18] 张 洋,倪九派,谢德体. 果园覆盖土壤生态效应研究进展[J]. 农业工程,2013(6):1-6.

ZHANG Y, NI J P, XIE D T. Advances on soil ecological effects of orchards covering[J]. *Agricultural Engineer-ing*, 2013(6):1-6(in Chinese with English abstract).

[19] 赵德英. 梨树树盘覆盖的土壤生态效应及树体生理响应研究[D]. 北京:中国农业科学院,2013.

ZHAO D Y. Study on the soil ecological effects and puy-siological response in different groundcover pear tree[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2013(in Chinese with English abstract).

[20] 付学琴,刘琚珥,黄文新. 南丰蜜橘园自然生草对土壤微生物和养分及果实品质的影响[J]. 园艺学报,2015,42(8):1551-1558.

FU X Q, LIU J E, HUANG W X. Effects of natural grass on soil microbiology, nutrient and fruit quality of Nanfeng tangerine yard [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2015, 42(8):1551-1558(in Chinese with English abstract).

Effect of Different Ground-mulching Patterns on Soil Physicochemical Properties and Yield and Fruit Quality in Non-irrigated Apple Orchard in Weibei Highland

ZHANG Chao¹, LI Aimei², ZHOU Xu¹, ZHANG Ling²,
LIN Haoran¹, ZHANG Lixin² and ZHANG Hai¹

(1. College of Natural Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100, China;
2. College of Life Sciences, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100, China)

Abstract The experiment was conducted to investigate effect of different ground mulching patterns on soil physicochemical properties and their implications for fruit productivity and quality in an apple orchard in Weibei highland. In ‘Liquan Fuji 9’ short shoot Fuji apple orchard, six treatments were as follows: clean tillage(CK), film mulching(Ⅰ), straw mulching(Ⅱ), dual mulching of film and straw(Ⅲ), the combination of dual mulching of film and straw and grass mulching between tree lines(Ⅳ), the combination of dual mulching of film and straw and sand mulching between tree lines(Ⅴ). The result suggested that mulching could effectively enhance soil water mass fraction, water-holding capacity, organic matter mass fraction, available nitrogen mass fraction, available phosphorus mass fraction, available potassium mass fraction. The water retention capacity was in the highest value at 0—100 cm and 100—200 cm soil layers under treatments of Ⅴ and Ⅳ, the water mass fraction was increased by 20.69% and 19.89% compared with CK, respectively. It increased soil water storage at 0—80 cm soil layers in October under treatment Ⅴ, which increased by 57.98 mm compared with CK. Treatment Ⅳ had the greatest improvement in terms of soil nutrients. The mass fraction of organic matter, available nitrogen, available phosphorus, available potassium at 0—80 cm soil layers under treatment of Ⅳ increased by 38.11%, 166.36%, 72.46%, 36.20%, respectively. All treatments could improve apple fruit yield and quality. The fruit hardness increased by 7.84% under treatment of Ⅲ. The fruit yield, fruit

mass,vitamin C mass fraction,soluble sugar mass fraction,sugar-acid ratio increased by 20.28%,37.83%,30.48%,18.94%,33.73% under treatment IV, respectively. There was decrease but had no significant difference in fruit titratable acid mass fraction regardless of treatments. In conclusion,the treatment IV,the combination of dual mulching of film and straw and grass mulching between tree lines could effectively keep higher soil water mass fraction and increase soil nutrition mass fraction so as to improve the apple fruit quality and quantity. Therefore,this mulching technology could be practical in apple production in Weibei highland.

Key words Apple orchard; Mulching; Soil moisture; Soil nutrient; Fruit yield and quality

Received 2016-03-26 **Returned** 2016-05-03

Foundation item Special Fund for Agro-scientific Research in the Public Interest of Ministry of Agriculture of P. R. China (No. 201303104); Sci-tech Coordinating Innovative Engineering Project of Shaanxi Province (No. 2015KTCL02-27); Science and Technology Project in Water Resources of Shaanxi Province (No. 2015slkj-12); Scientific and Technological Project of Shaanxi Province (No. 2013K01-34); Agriculture Science and Technology Achievements Transformation Project of Ministry of Agriculture of P. R. China; The Demonstration and Improvements Project of Agricultural Science and Technology of Yangling (No. TS-2014-40).

First author ZHANG Chao,male,master student. Research area:environmental and ecological restoration. E-mail:1098114260@qq.com

Corresponding author ZHANG Lixin, male, professor. Research area: fruit tree nutrition. E-mail: zhanglixin@nwsuaf.edu.cn

ZHANG Hai, male, professor. Research area: vegetation recovery and ecological restoration. E-mail:ylzh6@163.com

(责任编辑:潘学燕 **Responsible editor: PAN Xueyan**)



限制性内切酶的命名和书写

限制性内切酶主要是从原核生物中提取的。现在通用的命名原则是:第一个字母是细菌属名的首字母,第二、三个字母是细菌种名的前二个字母,这些字母都要求斜体;如果同一生物种内又分为不同的血清型和菌株,其菌株名称的第一个字母用正体,并放在第三个字母后面。比如限制性内切酶 *Hinc* II 和 *Hind* III 分别来自流感嗜血菌(*Haemophilus influenzae*)的 c 和 d 血清型菌株。如果同一菌株中有几种不同的内切酶时,则分别用罗马数字 I、II、III……来代表。