

文章编号:1001-7380(2020)03-0031-07

## 生草对桃园土壤及桃果实品质的影响

胡 枫,杨熠路,倪照君,田传正,卢炫羽,高志红\*

(南京农业大学园艺学院,江苏 南京 210095)

**摘要:**为了研究桃园行间生草对桃园土壤和果实品质的影响,在南京农业大学白马教学园区,桃园中,分别以行间播种黑麦草和紫花苜蓿作为处理,以清耕为对照,测定不同生草模式下桃园果实品质和不同土层土壤有机质、营养元素、酶活性等指标。结果表明:2种生草处理均能改善桃园土壤状态,其中紫花苜蓿和黑麦草处理后20—40 cm土层中的土壤有机质含量分别提高了31%和40%。生草处理下果园土壤氮素有所下降,不同土层下降程度不同;但磷、钾及其他微量元素含量却显著上升,增量视草种不同而异;与清耕对照相比,黑麦草的全磷和全钾的含量上升了40%和18%,以黑麦草处理的全磷含量最高,为1.13 g/kg,以黑麦草处理的全钾含量最高,为17.31 g/kg。与清耕相比,行间生草显著增加了桃果实单果重、可溶性固形物、可溶性糖含量、 $V_C$ 和可滴定酸含量,紫花苜蓿与黑麦草处理下的可溶性固形物含量分别提升了32%和16%;紫花苜蓿和黑麦草处理下的 $V_C$ 含量分别提升了46%和51%;紫花苜蓿和黑麦草处理下的可溶性糖含量分别提升18.5%和11.15%;紫花苜蓿和黑麦草处理下的可滴定酸含量分别提升了29%和37%,以黑麦草处理的可滴定酸含量最高,达到0.33%。但生草对果实硬度和果形指数未见显著影响。综上所述,生草对桃园土壤的改善和桃果实品质有积极的作用。

**关键词:**桃园;生草;土壤;养分;土壤酶;果实品质

**中图分类号:**S151.9<sup>+</sup>3;S153.6<sup>+</sup>21;S154.2;S344.2;S662.1 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2020.03.007

## Effects of sod culture on fruit quality and soil in peach orchard

Hu Feng, Yang Yilu, Ni Zhaojun, Tian Chuangzheng, Lu Xuanyu, Gao Zhihong\*

(Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** In order to study the effects of sod culture on soil and fruit quality in orchard, experiments were carried out in Baima Teaching Park of Nanjing Agricultural University. With ryegrass and alfalfa interplant, the fruit quality and soil indexes of different soil layers were measured in different sod culture modes in peach orchard with clearance as control. The results showed that the soil condition of the garden could be improved by two cultures. The contents of soil organic matter in 20—40 cm soil layer with alfalfa interplant were increased by 31%, and with ryegrass, by 40%. But the soil total N of orchard got decreased, with different degrees of decline in different soil layers while the contents of total P, total K and other trace elements got increased significantly, with the increment varied according to grass species. Compare to control, the contents of soil total P and total K with ryegrass interplant got increased by 40% (1.13 g/kg) and 18% (17.31 g/kg). Compared with clearance, sod culture significantly increased single fruit weight, soluble solids, soluble sugar content,  $V_C$  and titratable acid content of peach fruit, with the soluble solids content in the fruit increased by 32% with alfalfa interplant and by 16% with ryegrass,  $V_C$  content by 46% and 51%, the soluble sugar content by 18.5% and 11.15%, and the titratable acid content by 29% and 37% respectively. Interestingly, there was no significant effect on fruit hardness and shape index. In conclusion, the growth of grass has a positive effect on the improvement of soil and fruit quality.

**Key words:** Peach orchard; Sod culture; Soil; Nutrition; Soil enzyme; Fruit quality

收稿日期:2020-04-05;修回日期:2020-04-25

基金项目:江苏现代农业桃产业体系专项资金项目(JATS[2018]297);南京农业大学大学生创新创业训练计划“生草和覆盖对桃果实品质和根际微生物的影响”(1914A06)

作者简介:胡 枫(1995-),男,江苏南京人,在读研究生。

共同第一作者:杨熠路(1998-),男,浙江杭州人,在读本科生。

\*通信作者:高志红(1971-),女,天津人,教授,博士。主要研究方向为果树种质资源的收集、保存与评价。

清耕是我国果园的传统栽培方式,其操作简单也较容易为农民所接受。但近年来的研究发现,长期采用清耕管理的果园存在有机质缺乏<sup>[1]</sup>、生物多样性减少<sup>[2]</sup>、系统抗逆性减弱等一系列次生问题<sup>[3-4]</sup>,这些问题的出现不利于果园的可持续发展。果园生草是在裸露的土地上进行生草栽培,可采用1年生草种和多年生草种,不使土壤暴露的一种土壤管理方法<sup>[5-6]</sup>,这种生草栽培的方式能够逐渐改变果园环境<sup>[7-9]</sup>,从而克服清耕所带来的弊端<sup>[10-13]</sup>。然而与发达国家相比,国内关于生草栽培对果园的影响研究起步较慢<sup>[14]</sup>,最开始是在山东开始探索性试验<sup>[15]</sup>。果园生草栽培不仅可以为农业生产者节省氮肥的使用,同时还缓解 $N_2O$ 的排放<sup>[16]</sup>;而且还具有一定生态价值,有助于改善土壤和土壤微生物群落的结构与数量,减少外力侵蚀<sup>[17]</sup>;果树在与草争水争肥的过程中,可以促进根系向土壤深处生长以期获得更多水分和营养物质,减少表层土壤沉降现象和改善生物活性<sup>[18]</sup>。除此以外,生草可发挥保持水土、调控地温、加速有机质分解、提高土壤中各类酶的活性等作用<sup>[19]</sup>。因此,果园采取行间生草的技术有利于从多个方面改良生产效率,实现果树产业可持续发展的管理模式<sup>[20-22]</sup>。

桃树是江苏省重要的果树树种,目前,桃树种植面积约4.67万 $hm^2$ ,生草栽培相关研究基础还比较薄弱。本试验通过研究不同生草栽培模式对桃园土壤和果实品质影响,从而为推广科学的生草栽培提供依据和指导。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验地概况

试验在江苏省南京市溧水区南京农业大学白马教学园中的桃园进行,试验地为典型的亚热带季风气候,夏季高温多雨,冬季温和干燥,年降水量约为1200 mm,试验桃树品种为油桃(树龄4 a),南北行向种植。

### 1.2 试验设计

采取随机区组设计,设清耕为对照组(CK),种植黑麦草(*Lolium perenne* L.)、紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)为试验组,共3个处理,每处理重复3次,每重复设桃树1行9株。于2019年3月10日按50 kg/ $hm^2$ 的播种量均匀撒播于桃树行间,播种深度约为1—2.5 cm,桃树左右各留空50 cm。同时播种,每处理之间留有保护行,不另外施肥。所有桃树皆

采用树盘覆盖,其他田间管理措施同一般果园,每周清理1次杂草以保证各组处理效果。各小区面积约为125  $m^2$ (25 m $\times$ 5 m),株行距为0.6 m $\times$ 2 m,试验地总面积约为1200  $m^2$ ,采取相同的田间管理。

### 1.3 样品采集

1.3.1 果样采集 2019年6月下旬,每处理选取长势相近的桃树3株,从标记树的树冠东、南、西、北4个方位随机采摘果实6个,每处理共9个果实。

1.3.2 土样采集 2019年9月下旬采用5点取样法,分别在每株桃树根旁(距离0 cm)用土钻采集深度范围在0—20和20—40 cm的土样;用无菌塑料袋装好,迅速带回实验室。

### 1.4 测定指标与方法

1.4.1 果实品质测定指标与方法 采用紫外分光法<sup>[23]</sup>测定果实 $V_c$ 含量,采用蒽酮比色法<sup>[23]</sup>测定果实可溶性糖含量,采用酸碱滴定法<sup>[24]</sup>测定果实可滴定酸含量,使用Pocket PAL-1手持糖度计<sup>[25]</sup>测定果实可溶性固形物。将采摘后的果实带回实验室,其单果重用百分之一天平测量,果形指数用MNT-150T游标卡尺测量,果实硬度用GY-4硬度计测量。

1.4.2 土壤性质测定指标与方法 土壤全磷、全钾以及其他微量元素含量使用电感耦合等离子体光谱仪(ICP)测定;有机质测定采用重铬酸钾经典油浴法测定,土样的全氮含量采用凯氏定氮法测定,以上测定方法均参照土壤农化分析书籍<sup>[26]</sup>。pH采用电位法测定。测定3次,取平均值。蔗糖酶活性使用Solarbio土壤蔗糖酶(S-SC)活性检测试剂盒测定,脲酶活性使用Solarbio脲酶(S-UE)活性检测试剂盒测定,过氧化氢酶活性使用Solarbio过氧化氢( $H_2O_2$ )含量检测试剂盒测定,酸性磷酸酶使用Solarbio土壤酸性磷酸酶(S-ACP)活性检测试剂盒测定。测定3次,取平均值。

### 1.5 数据分析

使用Excel 2007对试验所得数据进行整理;使用SPSS软件对整理后的数据进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 生草处理对土壤有机质的影响

不同的生草处理对土壤有机质产生了不同程度的影响(见表1)。从总体上来看,各生草处理的土壤有机质均随着土壤土层加深而降低,在0—20, 20—40 cm的土层中,行间种植紫花苜蓿和黑麦草,

有机质含量与清耕对照之间均有显著差异。在 0—20 cm 的土层中,各处理土壤有机质含量显著高于清耕。与清耕对照相比,种植紫花苜蓿和黑麦草,土壤有机质含量分别提升了 11% 和 10%,以紫花苜蓿处理的有机质含量最高 (12.43 g/kg); 在 20—40 cm 土层中,各处理土壤有机质含量显著高于清耕。与清耕对照相比,紫花苜蓿和黑麦草土壤有机质含量分别提升了 31% 和 40%,以种植黑麦草处理的有机质含量最高 (7.56 g/kg)。可见生草处理相对于清耕来说可显著提高土层有机质含量。以上结果说明,行间生草相较于清耕来说,均能有效地提高土壤有机质的含量,其中 0—20 cm 的土层含量种植紫花苜蓿提升效果最好; 20—40 cm 的土层含量黑麦草的提升效果最好。

表 2 生草对土壤氮、磷、钾含量及 pH 的影响

土层深度/cm	处理	全氮/(g/kg)	全磷/(g/kg)	全钾/(g/kg)	pH
0—20	清耕	1±0.01 a	0.81±0.02 c	14.66±0.25 c	7.39±0.01 b
	紫花苜蓿	0.81±0.01 b	0.94±0.01 b	16.01±0.01 b	7.43±0.02 b
	黑麦草	0.78±0.01 c	1.13±0.01 a	17.31±0.16 a	8.43±0.01 a
20—40	清耕	0.87±0.02 a	0.87±0.02 b	16.30±0.35 b	7.45±0.08 b
	紫花苜蓿	0.75±0.04 b	0.93±0.01 a	17.59±0.36 a	7.45±0.04 b
	黑麦草	0.69±0.01 c	0.96±0.02 a	18.24±0.36 a	8.43±0.03 a

注:表中数据为平均值±标准误;方差分析在同土层处理与清耕结果之间进行,不同字母表示处理间存在显著差异  $P<0.05$ 。

与清耕对照相比,紫花苜蓿或黑麦草种植,可致使 0—20 cm 土层的全氮含量分别降低 19% 或 22%,以黑麦草处理的全氮含量降低最为明显,为 0.78 g/kg;可使土壤全磷含量上升 16% 或 40%,以黑麦草处理的全磷含量最高,为 1.13 g/kg;可使土壤的全钾含量上升 9% 或 18%,以黑麦草处理的全钾含量最高,为 17.31 g/kg;可以致使 20—40 cm 土层的全氮含量分别降低 14% 和 21%,以黑麦草处理的全氮含量降低最为明显,为 0.69 g/kg;全磷含量上升了 7% 和 10%,以黑麦草处理的全磷含量最高,为 0.96 g/kg;全钾含量上升了 8% ( $P<0.05$ ) 和 12%,以黑麦草处理的全钾含量最高,为 18.24 g/kg;与清耕对照相比,种植紫花苜蓿的土壤 pH 值未见显著性差异,种植黑麦草的土壤 pH 值提高了 13% ( $P<0.05$ ),呈显著性差异。

由此可推断这些生草模式无法为土壤增加氮素,甚至草种的生长可能消耗了一部分氮素,但却可以提高土壤磷素与钾素。以上结果说明:行间生草能有效提高全磷、全钾含量,但全氮含量有所下降。

表 1 生草对土壤有机质含量的影响 g/kg

土壤深度/cm	清耕	紫花苜蓿	黑麦草
0—20	11.20±0.02 b	12.43±0.01 a	12.36±0.02 a
20—40	5.39±0.08 b	7.07±0.05 a	7.56±0.27 a

注:表中数据为平均值±标准误;方差分析在同土层处理与清耕结果之间进行,不同字母表示处理间存在显著差异  $P<0.05$ 。

## 2.2 桃园生草处理对土壤全氮、全磷、全钾及 pH 的影响

种植紫花苜蓿和黑麦草,在 0—20 cm 土层和 20—40 cm 土层,全氮含量相比于清耕对照,均有所下降;而全磷和全钾含量相比于清耕对照,均有所上升。0—20 cm 土层的全磷和全钾均高于 20—40 cm 的土层。可见,行间种植紫花苜蓿或黑麦草,相较于清耕来说,可以显著增加土壤中的养分含量(见表 2)。

## 2.3 生草处理对土壤酶活性的影响

由表 3 可知,由于酶的种类及土壤深度的不同,紫花苜蓿和黑麦草处理后的根际土的酶活性均显著高于清耕对照。

0—20 cm 土层中,不同生草模式下的土壤过氧化氢酶活性的大小处理顺序为黑麦草>紫花苜蓿>清耕。相比于清耕对照,种植紫花苜蓿和黑麦草,土壤过氧化氢酶活性分别提高了 120% 和 196%;生草处理可提高 20—40 cm 土层土壤过氧化氢酶活性 7% 和 16%,增加最显著的为黑麦草,为 1.56 mL/(g·d)。0—20 cm 土层中,种植紫花苜蓿和黑麦草,土壤蔗糖酶活性比清耕分别提高了 2.89 和 3.94 倍,种植黑麦草增强效果最为显著,为 22.23 mg/(g·d); 20—40 cm 的土层,相较于清耕,种植紫花苜蓿和黑麦草,土壤蔗糖酶活性提高了 6% 和 11%,黑麦草种植土壤的蔗糖酶活性最为显著,为 19.5 mg/(g·d)。0—20 cm 土层中,与清耕对照相比,种植紫花苜蓿和黑麦草,土壤脲酶活性分别提高了 1.55 倍和 1.95 倍,提高最为显著的是种

植黑麦草,为 2.24 mg/(g·d);20—40 cm 土层脲酶活性,相较于清耕,种植紫花苜蓿和黑麦草均显著性下降,分别下降了 25% 和 35%,降低效果最为显著的是种植黑麦草,为 0.41 mg/(g·d)。0—20 cm 的土层酸性磷酸酶活性比清耕分别提高了 3.26,

3.61 倍,说明种植黑麦草可使土壤酸性磷酸酶活性增强;20—40 cm 的土层土壤酸性磷酸酶活性相较于清耕,分别提高了 32% 和 62%,效果最佳为种植黑麦草,为 0.6 mg/g。综合而言,不同土层中 4 种土壤酶活性均有所增加。

表 3 生草对酶活性的影响

土层深度/cm	处理	过氧化氢酶/ [mL/(g·d)]	蔗糖酶/ [mg/(g·d)]	脲酶/ [mg/(g·d)]	酸性磷酸酶/ [mg/(g·d)]
0—20	清耕	0.75±0.02 c	4.52±0.65 c	0.76±0.03 c	0.65±0.02 c
	紫花苜蓿	1.65±0.03 b	17.60±0.10 b	1.94±0.02 b	2.12±0.01 b
	黑麦草	2.22±0.10 a	22.33±0.55 a	2.24±0.05 a	2.35±0.02 a
20—40	清耕	1.35±0.02 c	17.5±0.61 c	0.63±0.06 a	0.37±0.01 c
	紫花苜蓿	1.45±0.02 b	18.5±0.3 b	0.47±0.02 b	0.49±0.02 b
	黑麦草	1.56±0.04 a	19.5±1.5 a	0.41±0.02 b	0.60±0.02 a

注:表中数据为平均值±标准误;方差分析在同土层处理与清耕结果之间进行,不同字母表示处理间存在显著差异  $P<0.05$ 。

#### 2.4 生草处理后土壤微量元素的含量

由表 4 可知,在 0—20 cm 的土层中,不同生草处理方式对桃园微量元素的影响不同,与清耕对照相比,紫花苜蓿处理和黑麦草处理中土壤 Mn、Cu、Zn 含量均增加。对土壤 Mn 元素来说,行间种植紫花苜蓿、行间种植黑麦草相较于清耕均有不同程度的提高,分别提高了 30.24%,33.02%,差异达到显著水平,行间种植黑麦草效果最为显著;对土壤 Cu 元素来说,行间种植紫花苜蓿、行间种植黑麦草相较于清耕均有不同程度的提高,分别提高了 9.79%,8.39%,差异达到显著水平。对土壤 Zn 元素来说,行间种植紫花苜蓿、行间种植黑麦草相较于清耕均有不同程度的提高,分别提高了 16.30%,18.48%,差异达到显著水平。在 20—40 cm 的土层中,行间种植黑麦草,Mn 的微量元素提高最为显著,为 6.01 mg/kg,较清耕增加了 33%;行间种植黑麦草 Cu 微量元素的提高最为显著,为 0.29 mg/kg,较清耕增加了 29%;行间种植紫花苜蓿 Zn 微量元素提高最为显著,较清耕增加了 21%。结果表明,生草处理在不同的土层中微量元素均有所增加。

表 4 生草对土壤微量元素的影响 mg/kg

土层深度/cm	处理	Mn	Cu	Zn
0—20	清耕	5.39±0.02 c	0.29±0.02 b	0.37±0.03 b
	紫花苜蓿	7.02±0.04 b	0.31±0.02 a	0.43±0.03 a
	黑麦草	7.17±0.04 a	0.31±0.03 a	0.44±0.01 a
20—40	清耕	4.49±0.15 c	0.22±0.01 b	0.33±0.01 b
	紫花苜蓿	5.22±0.09 b	0.23±0.03 b	0.40±0.02 a
	黑麦草	6.01±0.02 a	0.29±0.03 a	0.35±0.02 b

注:表中数据为平均值±标准误;方差分析在同土层处理与清耕结果之间进行,不同字母表示处理间存在显著差异  $P<0.05$ 。

#### 2.5 生草处理对果实品质的影响

2.5.1 不同生草处理对果实单果质量、硬度和果形指数的影响 各处理统计的单果质量、硬度和果形指数如表 5 所示,其中果形指数与生草处理并没有直接关系,果形指数更多的与相关基因表达有关,生草处理并不会对其造成明显影响。

由表 5 可知,不同生草模式下的桃单果质量从大到小排序为紫花苜蓿(202.66 g)>黑麦草(202.00 g)>清耕(186.33 g)。从试验结果来看,生草处理对于果实质量增加具有极佳的效果,不同处理质量增加的幅度无较大差异,行间种植紫花苜蓿和行间种植黑麦草相对于清耕处理增幅为 8%,差异达到显著水平;果实硬度与果实的耐贮性有较大的关系,较高硬度的果实往往成熟度偏低,酸度偏大。低硬度果实在冷库的贮藏、出库的运输中可能会造成机械损失,只有硬度适宜的果实对于果实贮藏运输才有较高的性价比。不同的生草处理与果实硬度之间不存在相关性,各处理中果实硬度最大组是种植黑麦草处理,硬度值为 2.31 lb,清耕(CK)处理的硬度为 2.27 lb,生草处理的硬度与清耕对照相比差异并不明显,因此生草处理可能对果实硬度产生一定的影响,但不显著。

表 5 生草对单果重、果实硬度、果形指数的影响

处理	单果质量/g	果实硬度	果形指数
清耕	186.33±11.9 b	2.27±0.07 a	0.52±0.01 a
紫花苜蓿	202.66±8.08 a	2.30±0.15 a	0.54±0.01 a
黑麦草	202.00±8.18 a	2.31±0.15 a	0.54±0.02 a

注:表中数据为平均值±标准误;同列数据后不同字母表示处理间存在显著差异  $P<0.05$ 。

2.5.2 不同生草处理对果实可溶性固形物、V<sub>C</sub>、可溶性糖和可滴定酸的影响 果实的营养品质往往决定着果实的口碑,如表6所示,生草模式对这4个指标都有显著的影响,生草模式对果实的营养指标发挥着作用。行间种植紫花苜蓿和黑麦草的可溶性固形物含量与清耕相比,均有上升趋势,显著高于清耕。与清耕对照相比,行间种植紫花苜蓿与黑麦草处理分别提升了32%和16%,行间种植紫花苜蓿处理的可溶性固形物含量最高为20%;行间种植紫花苜蓿和黑麦草的V<sub>C</sub>含量与清耕相比,均有上升趋势。与清耕对照相比,行间种植紫花苜蓿和黑麦草分别提升了46%和51%,以行间种植黑麦草处理的V<sub>C</sub>含量最高,为6.07 mg/100 g;行间种植紫花苜蓿和黑麦草的可溶性糖含量与清耕处理相比较,均有上升趋势。与清耕对照相比,行间种植紫花苜蓿和黑麦草处理分别提升18.5%和11.15%,以紫花苜蓿处理的可溶性糖含量最高,达到9.03%;行间种植紫花苜蓿和黑麦草的可滴定酸含量与清耕处理相比较,各处理均有上升趋势;与清耕对照相比,行间种植紫花苜蓿和黑麦草处理分别提升了29%和37%,以黑麦草处理的可滴定酸含量最高,达到0.33%。结果表明,紫花苜蓿和黑麦草对于桃园果实品质的提升均有显著效果。其中行间种植紫花苜蓿对可溶性糖、可溶性固形物提升效果最好;黑麦草对可滴定酸、V<sub>C</sub>含量提升效果最好。

表6 不同生草处理对果实品质的影响

处理	可溶性糖 含量/%	可滴定酸 含量/%	可溶性固形物 含量/%	V <sub>C</sub> 含量 /(mg/100 g)
清耕	7.62±0.35 b	0.24±0.03 b	15.2±1.95 b	4.02±0.22 b
紫花苜蓿	9.03±0.06 a	0.31±0.02 a	20.0±1.86 a	5.86±0.63 a
黑麦草	8.47±0.32 a	0.33±0.03 a	17.66±0.75 ab	6.07±0.16 a

注:表中数据为平均值±标准误;同列数据后不同字母表示处理间存在显著差异P<0.05。

### 3 讨论

土壤变化是个长期缓慢过程<sup>[27]</sup>。生产上主要受草与果树争水、争肥的传统观念影响<sup>[28]</sup>,生产上对生草接受度还处在一个较低的状态。因此,需要用科学的技术手段来探讨生草对果园土壤的影响。桃园生草可以有效减少水分蒸发<sup>[29]</sup>。秦文利<sup>[30]</sup>发现不同的生草管理方式改变了土壤养分含量。良好的土壤栽培制度有利于土壤肥力的不断提高。生草有利于改善土壤的理化性质<sup>[31]</sup>、提高土壤酶活性<sup>[32]</sup>,从而使得各种营养物质加速转化<sup>[33]</sup>。短期

生草覆盖对土壤具有改良作用<sup>[34]</sup>,本试验结果表明,生草提高了土壤有机质,这与大多数研究相一致,主要原因可能是紫花苜蓿和黑麦草生长迅速,随着时间的推移,生草对土壤的穿插能力增强,使得土壤孔隙度发生变化,加大了与外界气体的交换,这或许可以促进果园桃树根系往土壤更深处生长,获得更加健壮根系。我国绝大多数桃园土壤有机质都比较贫瘠,可通过生草处理将有机质增加至理想的水平,将成为有机肥的有益补充。但是本试验中,生草处理对提高土壤氮素含量的效果并不理想,与前人的研究不一致,行间种植紫花苜蓿和行间种植黑麦草均显著提高了土壤有机质含量,其全氮含量却仅仅只有清耕的81%和78%,这说明行间生草之后会活化氮元素,增加桃树对氮元素的吸收,可能会消耗一部分土壤氮素,尤其是草营养生长旺盛时期,可能会出现桃树与草争肥争水,可通过后期追肥进行缓解;另一方面,这也说明生草处理使土壤碳氮比有所提高。本试验中生草处理相比于清耕对照,土壤磷、钾均有明显的提高,这一方面是因为果园生草处理,可以阻止磷、钾元素向深层土壤淋失的过程<sup>[35]</sup>;另一方面因为果园生草刈割之后,产生了大量的枝叶和根系,这些有机物添加到土壤中,为土壤中的微生物提供了大量的可供降解的有机碳源,保证了土壤有机质的增加<sup>[36]</sup>;除此之外,也可能和草种特性、草的长势有关。生草后,有机物质被土壤中的微生物分解,在一定程度上增强了土壤基础肥力。

结合生草条件下土壤酶活性的试验结果来看,在0—20 cm的土层中,生草条件下土壤4种酶的活性均显著高于清耕对照,其中以黑麦草效果最佳,分别提高了1.96,3.94,1.95,3.61倍,行间种植紫花苜蓿稍逊之,但效果同样不俗。由于土壤在进行生草覆盖之后可以抑制水分流失,调节土壤结构,而且黑麦草和紫花苜蓿本身为有机物质,在经过一些外力的影响下比如风吹雨打和微生物腐解后慢慢渗漏到深层的土壤中去,形成一个有益的循环;在覆盖草之后,草的根系增大了对土壤的穿插,出现土质的孔隙度提高的现象,开始变得疏松,增大了与外界交换气体的空间,在对土壤的逐渐改良中,土壤中的细菌多为那些喜欢高温、高湿的细菌和真菌,这些微生物可以向土壤中分泌更多的酶<sup>[37]</sup>。土壤酶在很大程度上来源于土壤微生物,一方面,生草下土壤长期处于适宜的温度和湿度中,

土表温度条件和通气状况良好,有利于土壤酶类的作用,从而加速营养转化。生草刈割后,少量枯枝落叶和腐殖质可以转化为土壤养分,导致微生物生长旺盛、代谢活跃,土壤酶活性得到提高<sup>[38]</sup>;土壤酶类还来源于植物和土壤动物。另一方面,植物根系对土壤酶活性具有影响。生草后的草根能分泌胞外酶,刺激着土壤微生物的生长。Skujins<sup>[39]</sup>的研究表明,根际土壤比非根际土壤,更能增加诸如磷酸酶、蔗糖酶、脲酶、过氧化氢酶等的活性。土壤酶也可能来源于土壤动物,已有报道表明,脲酶活性来源于蚯蚓的排泄物<sup>[40]</sup>,而生草后蚯蚓的生物量有所增大。土壤酶活性提高有助于提高桃树抗逆性,增强对土壤养分的吸收与利用。本试验结果表明,4种酶活性随着土层深度的增加而逐渐降低,这可能是因为表层土壤中的有机质含量、物理结构、水分及养分状况大于深层土壤,所以酶代谢活力相较于表层土壤会减弱,微生物分泌、分解有机质和腐殖质影响了酶活性,因此深层土壤中土壤酶活性较低。生草会影响果实的内在品质和外在品质,多数研究结果认为:生草对单果重并无显著影响。本试验结果表明,生草处理可以在一定程度提高果实Vc含量和可溶性糖含量,但对果实可滴定酸含量无明显影响。生草对果实的硬度、果形指数、可溶性固形物也无明显影响,这一结果和前人不一致,可能是由于果实品质的好坏受到诸多因素的综合作用,不同的立地条件、气候管理、管理方式等都对结果造成影响,关于具体的原因与相应的对策还需进一步研究。

在土层0—20,20—40 cm土壤中的微量元素上升最为直接的因素是生草之后增加的有机质含量有助于提高土壤微量元素<sup>[41]</sup>,土壤的根际微生态环境会在微生物的参与中增加抗逆性,提高了土壤矿质营养向植物容易吸收利用的形态转化效率<sup>[42]</sup>。有助于土壤矿质营养赋存形态的转化<sup>[43]</sup>。生草处理之后在0—20 cm土层中的有机质增加幅度均低于20—40 cm土层中的有机质,其中黑麦草相差较大,推测是深层土壤中的有机质比较贫瘠,在生草模式下提高显著。

pH的变化会影响土壤养分的含量。pH一方面可以起保持水和养分的作用,另一方面H<sup>+</sup>能与周围环境中的其他离子互相代换,从而提高土壤的抗逆性,逐渐降低土壤中盐分的含量<sup>[44]</sup>,在绝大多数的生草研究当中pH值都是下降的趋势。但在Chen

等的研究中,果园覆盖能够提高南方酸性土壤的pH值<sup>[45]</sup>,本文的研究中黑麦草出现了上升的趋势,与陈凯研究一致。因此,对我国大部分桃园来说,可因地制宜采取生草覆盖的措施,同时还应根据树势及产量水平配合施用足量的有机肥,坚持多年实施这种栽培技术,可改善土壤条件。

## 4 结论

与清耕相比,行间种植黑麦草和紫花苜蓿对果实的内在品质和外在品质均有有一定程度的提高,其中黑麦草使20—40 cm土层的土壤有机质含量提高了40%,效果最为显著。

紫花苜蓿和黑麦草对土壤的影响虽有一定差别,但生草对桃园土壤和果实品质的改善都具有正向的效应。综上所述,行间种植紫花苜蓿和黑麦草是南京地区桃园种植可选择的草种,对提高土壤质地和果实品质有较好的效果。

### 参考文献:

- [1] 陈久红,马建江,李永丰,等.行间生草对‘库尔勒香梨’果园气候、光合特性及果实品质的影响[J].北方园艺,2019(22):49-59.
- [2] 杜丽清,吴浩,郑良永.果园生草栽培的生态环境效应研究进展[J].中国农学通报,2015,31(11):217-221.
- [3] 林利.板栗抗旱丰产关键栽培技术研究[D].北京:北京林业大学,2006.
- [4] 周建国,生静雅.园艺地布在现代果园行间管理中的应用[J].安徽农业科学,2013,41(30):11972-11973.
- [5] 吕德国,秦嗣军,杜国栋,等.果园生草的生理生态效应研究与应用[J].沈阳农业大学学报,2012,43(2):131-136.
- [6] 孟林.果园生草技术[M].北京:化学工业出版社,2004.
- [7] 陈学森,韩明玉,苏桂林,等.当今世界苹果产业发展趋势及我国苹果产业优质高效发展意见[J].果树学报,2010,27(4):598-604.
- [8] GREENHAM D W P. The environment of the fruit tree: Managing fruit soils[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1995, 12:25-31.
- [9] MORENO B, GARCIA-RODRIGUEZ S, CANIZARES R, et al. Rainfed olive farming in south-eastern Spain: Long-term effect of soil management on biological indicators of soil quality[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2009, 131:333-339.
- [10] 李广文,王周玉,李红英,等.陕西省渭北地区果园的生草模式[J].落叶果树,2020,52(1):60-61.
- [11] 钱雅丽,王先之,来兴发,等.多年生牧草种植对苹果园土壤真菌群落特征的影响[J].草业学报,2019,28(11):124-132.
- [12] 周吉生,张耀锋,李少英.怎样提高果园土壤肥力[J].果农之友,2019(11):15-17.

- [13] 姜莉莉,宫庆涛,武海斌,等.不同生草处理对苹果园土壤微生物群落的影响[J].应用生态学报,2019,30(10):3482-3490.
- [14] 李会科.渭北旱地苹果园生草的生态环境效应及综合技术体系构建[D].杨凌:西北农林科技大学,2008.
- [15] 寇建村,杨文权,韩明玉,等.我国果园生草研究进展[J].草业科学,2010,27(7):154-159.
- [16] TURNER P A, BAKER J M, GRIFFIS T J, et al. Impact of Kura clover living mulch on nitrous oxide emissions in a corn-soybean system [J]. *Journal of Environment Quality*, 2016, 45 (5): 1782-1787.
- [17] RADICETTIE, BARESEL J P, EIHADDOURY E J, et al. Wheat performance with subclover living mulch in different agro-environmental conditions depends on crop management [J]. *European Journal of Agronomy*, 2018, 94:36-45.
- [18] KESHAVARZ A R, CHEN C, ECKHOFF J, et al. Impact of a living mulch cover crop on sugar beet establishment, root yield and sucrose purity[J]. *Field Crops Research*, 2018, 223:150-154.
- [19] 白瑞霞,王越辉,马之胜,等.桃园生草研究进展[J].河北农业科学,2016,20(1):38-41.
- [20] 王世明.覆膜和生草能提升酿酒葡萄园表层土壤养分及果实品质[J].中国果业信息,2019,36(10):53-54.
- [21] 曹群虎,黎旭涛,蔡宏兰.渭北旱塬果园生草技术[J].西北园艺(果树),2019(6):19-22.
- [22] 张立功.为什么有机果园一定要生草[J].果农之友,2019(3):44-47.
- [23] 赵世杰,刘华山,董新纯.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业科技出版社,1998.
- [24] 谢 音,屈小音.食品分析[M].北京:科学技术文献出版社,1989.
- [25] 王秀奇,秦淑媛,高天慧,等.基础生物化学实验,2版[M].北京:高等教育出版社,1999.
- [26] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [27] 范少辉,赵建诚,苏文会,等.不同密度毛竹林土壤质量综合评价[J].林业科学,2015,51(10):1-9.
- [28] 闫光周,张 婧,张 勇,等.果园生草在果树肥药减施提质增效中的作用及应用[J].山西果树,2019(5):26-29.
- [29] 高志红.生草覆盖栽培对果园生态的影响研究进展[J].江苏林业科技,2019,46(1):44-48.
- [30] 秦文利.果园生草在田园综合体建设中的功能[J].河北农业科学,2019,23(6):13-17.
- [31] 冯志国.不同覆盖材料对苹果园土壤水分、养分状况的影响[J].防护林科技,2019(6):21-23.
- [32] 焦润安,张舒涵,李毅等.生草影响果树生长发育及果园环境的研究进展[J].果树学报,2017,34(12):1610-1623.
- [33] 关秋竹,王金政,聂佩显.地面覆盖对苹果园土壤生态效应和树木生长发育影响的研究进展[J].中国果树,2017(2):58-66.
- [34] NZEYIMANA I, HARTEMINK A E, RITSEMA C, et al. Mulching as a strategy to improve soil properties and reduce soil erodibility in coffee farming systems of Rwanda[J]. *Catena*, 2017, 149:43-51.
- [35] 张先来.果园生草的生态环境效应研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2005.
- [36] 苏海兰.覆盖、生草对福建葡萄园微生态和葡萄产量品质的影响[D].福州:福建农林大学,2007.
- [37] 陈月星,温晓霞,孙瑜琳,等.地表覆盖对渭北旱作苹果园土壤细菌群落结构及多样性的影响[J].微生物学报,2015,55(7):892-904.
- [38] 王理德,姚 拓,何芳兰,等.石羊河下游退耕区次生草地自然恢复过程及土壤酶活性的变化[J].草业学报,2014,23(4):253-261.
- [39] SHKJIN J. History of abiotic soil enzyme research [M] // Burns R G. *Soil Enzymes*. New York: Academic Press, 1978:51-84.
- [40] SYERS J K, SHARPLEY A N, KEENEY D R. Cycling of nitrogen by surface-casting earth worms in a pasture ecosystem[J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 1979, 11:181-185.
- [41] 邓邦良,袁知洋,李真真,等.武功山草甸土壤有效态微量元素与有机质和 pH 的关系[J].西南农业学报,2016,29(3):647-650.
- [42] 班春果.土壤有机质对苹果幼树生长、生理及矿质元素吸收的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2016.
- [43] 管 冠,何天养,姚锋先,等.土壤改良剂对赣南果园土壤磷及微生物的影响[J].赣南师范大学学报,2016,37(6):88-91.
- [44] 郑重祿.柑桔园生草栽培的生态效应综述[J].中国南方果树,2012,44(1):30-35.
- [45] CHEN K, HU G Q, RAO H, et al. Ecological effects of planting vetiver grass in citrus groves on sloping red soil fields[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1994, 14(3):249-254.