西北林学院学报 2019,34(1):124-129
Journal of Northwest Forestry University

doi:10.3969/j.issn.1001-7461.2019.01.18

生草当年对枣园土壤性状及红枣品质的影响

庞群虎[1],宋丽华[1],王 竞[1],孙 权[1],齐雁冰[2],王 锐[1*]

(1.宁夏大学 农学院,宁夏 银川 750021;2.西北农林科技大学 资源环境学院,陕西 杨陵 712100)

摘 要:探讨生草当年对宁夏灵武枣园土壤水溶性总盐、有机质及酶活性等土壤生化性状及红枣品质的影响。以宁夏灵武长枣为供试材料,以清耕为对照,分别生自然草、黑麦草、蒲公英、三叶草和黑麦草+豌豆,研究不同生草类型当年对枣园土壤性状及长枣品质的影响。所有生草处理在当年均能降低枣园土壤盐分含量,以生蒲公英最为显著,较清耕降低30.36%。生草当年对枣园表层土壤速效养分消耗较大。其中,黑麦草+豌豆对于土壤有机质、有效磷、速效钾和全氮消耗最大。生草当年可降低土壤脲酶和碱性磷酸酶的活性,同时对于提高过氧化氢酶的活性却有显著效果。各生草初期(除黑麦草和蒲公英)均可提升长枣Vc含量,以黑麦草+豌豆最为显著,较清耕提高60.66%;各生草处理可溶性糖含量均>清耕,且蒲公英处理达极显著水平,较清耕提高102.72%;但可溶性固形物含量除蒲公英外均<清耕。长枣纵径除自然草和三叶草外均>清耕;横径除自然草外均>清耕。生草当年能显著降低表层土壤盐分,提升长枣Vc和可溶性糖含量,但对表层土壤速效养分消耗较大。为了提升长枣的品质,确保枣园的健康可持续发展,在生草初期应根据生草带来的营养消耗及时补充矿质营养,避免草树争肥的问题。

关键词:生草;枣园;酶活性;长枣品质;土壤养分

中图分类号:S605.9 **文献标志码**:A **文章编号**:1001-7461(2019)01-0124-06

Effects of Growing Grasses in Jujube Orchards on Soil Properties and Fruit Quality

PANG Qun-hu[1], SONG Li-hua[1], WANG Jing[1], SUN Quan[1], QI Yan-bing[2], WANG Rui[1*]

(1. *School of Agricultural, Ningxia University, Yinchuan* 750021, *Ningxia, China*;
2. *College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling* 712100, *Shaanxi, China*)

Abstract: Effects of growing grasses in jujube orchars in Lingwu of Ningxia on the water-soluble salts, organic matter and enzyme activities of the soils and the fruit quality were studied. A 1-year-long experiment was conducted in a jujube orchard in which cultivar "Lingwu Changzao" (long jujube fruit) was cultivated. Six treatments were designed: grasses growing naturally; planting grass species of ryegrass, dandelion, clover, and ryegrass+pea, and clean tillage (control). It was found that all the grass-growing treatments could decrease the salt contents in the orchard soil. The degree of decrease in dandelion growing soil was the most significant: 30.36% lower than the control. Available nutrients in the surface soil were consumed significantly. Among the treatments, growing ryegrass+peas consumed the most soil organic matter, available phosphorus, available potassium, and total nitrogen. Growing grass could reduce the activities of soil urease and alkaline phosphatase, and had a significant effect on increasing the activity of catalase. Except for ryegrass and dandelion, the Vc content in the jujube fruit increased, especialley in the treatment of growing ryegrass+peas: 60.66% higher than the control. The contents of soluble sugar in the fruit of all grass growing treatments were higher than the control, and the dandelion growing treatment was extremely

收稿日期:2018-04-21 **修回日期**:2018-08-14

基金项目:宁夏西部一流大学重大创新项目(ZKZD2017008);宁夏西部一流学科(园艺学)建设项目(NXYLXK2017B03)。

作者简介:庞群虎,男,在读硕士,研究方向:干旱区农业资源高效利用。E-mail:pangqunhu1994@163.com

* **通信作者**:王 锐,男,博士,副教授,研究方向:干旱区土壤肥料。E-mail:amwangrui@126.com

high:102.72% higher than the control. However,the contents of soluble solids in the grass growing treatments were lower than the control except for dandelion. The fruit longitudinal diameter of grass growing treatment was higher than the control except for the treatments of growing grasses naturally and planting clover. The transverse diameter of grass growing treatment was also higher than the control except for the treatment of growing grasses naturally. It was summarized that growing grasses could significantly reduce the surface soil salinity and increase the contents of Vc and soluble sugar in the fruit,but it consumed a large amount of available soil nutrients. In order to improve the quality of jujube and ensure the healthy and sustainable development of jujube orchard,in the early stage of grass planting,mineral nutrients should be replenished according to the nutrient consumption brought by the grasses,so that to avoid the problem of nutrient competition between grasses and jujube trees.

Key words:growing grass; jujube orchard; enzyme activity; fruit quality; soil nutrient

果园种草或种植绿肥对于果园健康可持续发展具有非常重要的作用,果园生草不仅可以改善土壤环境、提高土壤有机质含量、提高土壤微生物数量和活性,对防止水土流失、提高果实品质等也有积极的意义[1-4]。果园生草技术最初在欧美、日本等国家被广泛应用,虽然我国 1998 年就开始在全国范围内推广果园生草技术,但因受传统耕作观念的影响,目前"清耕除草"仍是果园的主要管理方式[5-8]。宁夏灵武长枣是宁夏优质经济作物之一,在灵武已有 1 500 多 a 的种植历史,目前灵武长枣栽培面积已达到 9 466.67 hm^2,成为农民增收的重要产业[9-11]。进一步提升灵武长枣产业水平与效益,充分利用果园生草技术,减少化肥使用量,提高果实品质,是发展高品质果品的优质选择[12-13]。果园生草因地区和草种不同,对土壤环境及果实品质的影响结果各异。郭昌勋[14]等研究发现,在南方橘园生白三叶草后,能够提升果园肥力,提高单果质量,改善果实品质。霍颖[15]等研究发现,梨园多年种植黑麦草能够促进土壤全 P、速效 N、P、K 含量的提升,多年种植白三叶草有利于土壤全 N 和全 K 含量的提升。果园多年生自然草能够明显提高土壤表层脲酶、碱性磷酸酶、蔗糖酶、蛋白酶和过氧化氢酶活性[16]。刘术新[17]等指出,李园生白三叶草可提升果实总糖、可溶性固形物以及维生素 C 含量,同时降低果实总酸含量及硬度,提升果实风味。

国内外对于果园生草技术研究较多,但由于各研究区域的差异性,生草技术所表现的结果也有很大的不同,比如土壤、气候、作物以及生草品种的差异,都对研究结果产生很大的影响。目前果园生草的研究多集中在降雨条件较好的湿润区,在干旱半干旱区的宁夏灵武长枣上生草研究起步较晚。本研究选择宁夏灵武长枣园,测定分析不同生草类型初期对枣园土壤养分、酶活性以及枣品质的变化特征,以期为宁夏灵武长枣园生草技术以及枣园土壤管理提出合理化建议。

1　材料与方法

1.1　研究区概况

试验地位于宁夏回族自治区灵武市(38°2′59″N,106°39′37″E),海拔 1 250 m,属于典型的大陆性季风气候,年均降水量 206.2～255.2 mm,试验区土壤属灌淤土。光能资源丰富,平均日照时长7.8～8.3 h,年均日照数在 3 000 h 以上,昼夜差 10～15℃,年均温度 8.8℃,年均降水量 200 mm,无霜期 165～175 d,植物生长期持续 170 d。

1.2　试验设计

供试材料为宁夏灵武市大泉林场 6 年生的露地灵武长枣。该试验采用单因素随机区组设计,共设 5 个生草处理区,分别设自然草生草区、黑麦草生草区、蒲公英生草区、三叶草生草区、黑麦草＋豌豆生草区,以清耕处理区为对照。计 6 个处理,重复 3 次,各处理小区面积为 140～150 m^2(16 m×9 m),枣树 13～15 株(株行距 2.5 m×3 m),试验地总面积为 2 595 m^2,统一栽培管理。

试验于 2017 年 4 月中旬开始,生草方式为行间生草且留有树盘,播种方式采取人工撒播,播种深度 1～2.5 cm,黑麦草、蒲公英、三叶草、黑麦草＋豌豆的每公顷播种量分别为:13.5、12、15、22.5～25 kg。每处理之间留有过度行。

1.3　样品采集及测定方法

土壤样品于 2017 年 10 月初(果实成熟期)采集,采取五点采样法,用土钻采取 0～20 cm 土层的土壤并混匀作为 1 个土样,剔除石砾和植物残根等杂物。带回实验室将土样自然风干、磨细、分别过 0.25 mm 及 1 mm 筛用于土壤化学性质及酶活性的测定。所有土样均编号并保存于自封袋内备用。

每个处理随机选取树相一致、生长均匀的枣树 4 株并标注,共标记 24 株。成熟后从每处理每重复

标记树上 4 个方位等高处随机采摘 10 枚果实置于自封袋，带回实验室测定纵横径及品质。

1.3.1 土壤化学性质的测定 pH（水土比为 5∶1）采用 pH 计测定；全盐采用 DDS-11 电导率仪测定；有机质采用重铬酸钾容量法外加-硫酸亚铁滴定法测定；碱解氮采用碱解扩散法测定；有效磷采用 0.5 mol·L^{-1} $NaHCO_3$ 浸提-钼锑抗比色法测定；速效钾采用 1 mol·L^{-1} NH_4Ac 浸提-火焰光度法测定，全氮采用硫酸消煮-凯式定氮法测定，全磷采用 $HClO_4-H_2SO_4$ 消煮钼锑抗法比色法测定[18]。

1.3.2 土壤酶活性的测定 脲酶活性采用苯酚钠-次氯酸钠比色法，以 24 h 后土壤中 NH_3-N 的毫克数表示；蔗糖酶活性采用 3,5-二硝基水杨酸比色法，以 24 h 后干土生成葡萄糖毫克数表示；过氧化氢酶活性采用高锰酸钾滴定法，以 1 h 内每克干土消耗的 0.1 mol·L^{-1} $KMnO_4$ 表示；碱性磷酸酶采用磷酸苯二钠比色法，以 24 h 后土壤中释放出酚的质量(mg)表示[19]。

1.3.3 枣品质的测定 可溶性固形物含量用手持糖量计测定；还原型维生素 C 含量用钼蓝比色法测定；可滴定酸用 NaOH 滴定法测定；可溶性糖用蒽酮法测定[20]；果实纵、横径用数显游标卡尺测定；果形指数为纵径与横径的比值。

1.4 统计分析

试验数据以 Excel 2003 软件整理数据和做图，采用 SPSS 17.0 软件统计分析，用 LSD 法进行显著性检验，显著性水平 $P<0.05$（$n=5$）。

2 结果与分析

2.1 生草当年对长枣园土壤肥力的影响

由表 1 可知，果园土壤 pH＞8，属于碱性土壤，生草后果园土壤 pH 值均＞清耕；土壤全盐基本保持在 0.3～0.6 g·kg^{-1}，生草后受生物及覆盖影响，土壤盐分显著降低，尤其种植蒲公英后土壤全盐降低最为显著，仅为 0.39 g·kg^{-1}。各处理间含盐量表现为：清耕＞黑麦草＋豌豆＞三叶草＞黑麦草＞自然草＞蒲公英。各生草处理较清耕处理有明显地降低土壤含盐量的作用，分别降低 3.57%、14.29%、19.64%、21.43%、30.36%。土壤碱解氮含量以黑麦草＋豌豆处理最高，较清耕处理提高了 2.17%，其他生草处理和清耕处理相比，碱解氮含量均有下降趋势。土壤全磷含量各处理之间差异不显著。土壤碱解氮（除黑麦草＋豌豆）、有机质、有效磷、速效钾以及全氮含量均以清耕处理为最高，各生草处理与清耕处理相比较均有明显降低的趋势。这是由于生草初期需要消耗大量养分，而表层土壤则是生草所需养分的直接供给源。其中，黑麦草＋豌豆处理有机质含量和有效磷含量最低，分别低于清耕 46.39%和 66.08%；而碱解氮含量最高，较清耕提高 2.17%。这是因为豌豆属于豆科植物，生长需要消耗较多有效磷和速效钾，且自身具有固氮作用；黑麦草＋豌豆处理和三叶草处理速效钾含量最低，分别低于清耕 56.89%和 57.50%；黑麦草＋豌豆处理和自然草处理全 N 含量最低，分别低于清耕 42.06%和 44.44%。表明，生草初期可降低果园土壤含盐量，但生草初期对土壤速效养分消耗较大。因此，生草初期应该补充一定的土壤养分，以供生草所需。

2.2 生草当年对长枣园土壤酶活性的影响

由表 2 可知，土壤脲酶和碱性磷酸酶活性都以清耕处理最高，自然草处理最低。各生草处理与清耕处理相比较，土壤脲酶和碱性磷酸酶活性都有明显下降的趋势。这是由于土壤脲酶和碱性磷酸酶活性与土壤全氮和有效磷含量呈正相关。蔗糖酶活性则以黑麦草处理最高，且黑麦草处理与蒲公英处理较清耕处理相比分别达到极显著和显著水平，分别高出 24.04%和 5.64%。其他生草处理与清耕处理相比较，蔗糖酶均有下降趋势，且以黑麦草＋豌豆最低。各生草处理与清耕处理相比，过氧化氢酶活性均有明显升高趋势，且达显著或极显著差异。其中

表 1 生草当年对枣园土壤化学性质的影响

Table 1 Effects of the early growing grass on soil chemical properties of jujube orchard

处理类型	pH	全盐 /(g·kg^{-1})	有机质 /(g·kg^{-1})	碱解氮 /(mg·kg^{-1})	有效磷 /(mg·kg^{-1})	速效钾 /(mg·kg^{-1})	全氮 /(g·kg^{-1})	全磷 /(g·kg^{-1})
清耕	8.42±0.03 c	0.56±0.03 a	14.81±0.16 a	86.33±1.82 ab	100.31±0.24 a	556.67±8.82 a	1.26±0.01 a	0.87±0.01 a
自然草	8.50±0.08 b	0.44±0.00 e	8.93±0.36 c	56.47±1.02 d	64.30±0.22 c	273.33±6.67 c	0.70±0.02 e	0.72±0.01 a
黑麦草	8.43±0.23 c	0.45±0.00 d	11.43±0.44 b	78.40±2.25 c	81.38±0.40 b	283.33±8.82 c	0.91±0.01 c	0.55±0.27 a
蒲公英	8.54±0.12 b	0.39±0.00 f	12.12±0.38 b	85.63±1.23 ab	52.75±0.27 d	340.00±5.77 b	0.97±0.01 b	0.77±0.03 a
三叶草	8.56±0.19 ab	0.48±0.03 c	9.34±0.87 c	81.90±0.81 bc	44.99±0.32 e	236.67±3.33 d	0.78±0.00 d	0.60±0.003 a
黑麦草＋豌豆	8.60±0.24 a	0.54±0.00 b	7.94±0.33 d	88.20±1.46 a	34.03±0.22 f	240.00±5.77 d	0.73±0.01 e	0.60±0.01 a

注：表中所列数据为均值±标准误，同列不同小写英文字母表示在 0.05 水平上差异显著。下同。

表 2　生草当年对土壤酶活性的影响

Table 2　Effects of the early growing grass on soil enzymatic activity of jujube orchard

处理类型	脲酶 /(NH_3-N mg·g^{-1}·24 h^{-1})	碱性磷酸酶 /(mg·g^{-1}·24 h^{-1})	蔗糖酶 /(mg·g^{-1}·24 h^{-1})	过氧化氢酶 /(mg·g^{-1})
清耕	33.68±1.13 a	48.99±0.54 a	30.32±0.15 c	0.91±0.02 e
自然草	17.99±0.24 e	24.13±0.63 d	23.09±0.20 d	1.90±0.01 a
黑麦草	28.26±0.50 c	41.72±0.80 b	37.61±0.41 a	1.18±0.02 d
蒲公英	28.37±0.51 c	34.49±0.58 c	32.03±0.71 b	1.42±0.04 c
三叶草	30.79±1.05 b	35.60±0.60 c	22.63±0.28 d	1.87±0.05 a
黑麦草+豌豆	23.64±0.61 d	43.62±0.66 b	19.60±0.26 e	1.63±0.09 b

以自然草处理和三叶草处理最高,清耕处理最低。自然草处理和三叶草处理之间差异不显著。过氧化氢酶活性表现为:自然草处理>三叶草处理>黑麦草+豌豆处理>蒲公英处理>黑麦草处理>清耕处理。各生草处理较清耕有明显的提高土壤过氧化氢酶活性的作用,分别提高 108.79%、105.49%、79.12%、56.04%、29.67%。表明各生草处理当年均能显著提高枣园土壤过氧化氢酶的活性,枣园种植黑麦草和蒲公英可有效提高土壤蔗糖酶的活性。但生草当年对脲酶和碱性磷酸酶活性均有降低作用。

2.3　生草当年对灵武长枣果型指数的影响

由表 3 可知,黑麦草+豌豆处理、蒲公英处理和黑麦草处理较清耕处理的纵径和横径明显增加,且黑麦草+豌豆处理达显著水平,分别较清耕高出 18.81%和 14.05%。三叶草处理与清耕处理差异不显著,自然草处理较清耕处理有下降趋势,但下降趋势不明显。各处理间果型指数无明显差异,但果实单粒重除自然草和三叶草处理外,其他各生草处理均>清耕处理,且蒲公英处理最高,较清耕处理提高 38.64%。表明枣园种植黑麦草+豌豆、蒲公英和黑麦草能够提升果实纵径、横径和单粒重,黑麦草+豌豆对纵径和横径的提升效果最好,蒲公英对于单粒重提升效果最好。

2.4　生草当年对灵武长枣品质的影响

由表 4 可知,长枣可溶性固形物含量以蒲公英处理和清耕处理最高,分别为 33.30%和 33.10%,二者之间无显著性差异。其他生草处理可溶性固形物含量均<清耕处理,其中以三叶草处理最低,为 29.43%。Vc 含量除黑麦草和蒲公英处理外,其他生草处理均>清耕处理,且以黑麦草+豌豆处理最高,较清耕提高 60.66%。黑麦草+豌豆处理、三叶草处理和自然草处理较清耕相比,Vc 含量分别提高 60.66%、19.75%、0.19%。各生草处理可溶性糖含量均高于清耕。表现为:蒲公英处理>自然草处理>三叶草处理>黑麦草+豌豆处理>黑麦草处理>清耕处理。其中三叶草处理和黑麦草+豌豆处理与黑麦草处理和清耕处理之间差异均不显著。生草处理的可溶性糖含量分别高出清耕处理102.72%、40.25%、27.10%、26.48%、5.74%。蒲公英处理、黑麦草处理和三叶草处理的可滴定酸含量均>清耕处理,分别高出 15%、10%和 5%。自然草和黑麦草+豌豆处理的可滴定酸含量<清耕,其他生草处理均>清耕,但自然草和清耕处理差异不显著。表明枣园生草当年,蒲公英对于提高可溶性固形物、可溶性糖和可滴定酸具有显著效果;黑麦草+豌豆可有效提高 Vc 含量。

表 3　生草当年对枣果型的影响

Table 3　Effects of the early growing grass on shape of jujube

处理类型	果实纵径/mm	果实横径/mm	果形指数	单粒重/g
清耕	41.21±0.84 bc	22.00±0.32 bc	1.87±0.06 a	11.44±0.62 bc
自然草	37.02±0.87 c	21.39±0.14 c	1.73±0.05 a	9.22±0.45 c
黑麦草	45.25±3.65 ab	22.83±0.94 bc	1.98±0.15 a	14.01±1.04 ab
蒲公英	44.64±1.96 ab	23.92±1.10 ab	1.87±0.1 a	15.86±1.31 a
三叶草	40.51±0.17 bc	22.16±0.48 bc	1.83±0.03 a	10.33±0.58 c
黑麦草+豌豆	48.96±0.46 a	25.09±0.48 a	1.95±0.05 a	11.57±1.05 bc

3　结论与讨论

3.1　结论

生草当年能有效降低枣园土壤含盐量,对于管理不善而产生盐渍化的土壤具有显著的改良效果。

生草当年对枣园土壤速效养分消耗较大,生草与枣树之间存在“争肥”现象,但枣园种植豆科植物可以提高土壤碱解氮含量,从而增加土壤氮素营养。

枣园种植黑麦草+豌豆、蒲公英和黑麦草能够提升长枣果型及商品率。种植蒲公英对于提升可溶性固形物、可溶性糖和可滴定酸具有显著效果;种植黑麦草+豌豆可有效提高果实维生素 C 含量。

表 4 生草当年对枣品质的影响

Table 4 Effects of the early growing grass on the quality of jujube

处理类型	可溶性固形物/%	Vc/(mg·100 g^{-1})	可溶性糖/%	可滴定酸/%
清耕	33.10±0.23 a	67.95±0.40 c	16.20±0.05 d	0.20±0.000 cd
自然草	30.23±0.15 c	68.08±0.59 c	22.72±0.48 b	0.19±0.012 cd
黑麦草	31.13±0.12 b	54.53±0.18 d	17.13±0.58 d	0.22±0.003 b
蒲公英	33.30±0.12 a	66.99±0.11 c	32.84±0.14 a	0.23±0.003 a
三叶草	29.43±0.23 d	81.37±0.07 b	20.59±0.27 c	0.21±0.003 bc
黑麦草+豌豆	31.33±0.20 b	109.17±3.53 a	20.49±0.03 c	0.19±0.003 d

3.2 讨论

果园生草能够使土壤养分含量发生改变，主要是由于生草对于土壤水分和温度的调节、物理与化学性质的改变以及生草根系和植株在土壤中的积累和降解，从而改变土壤中矿质养分含量、微生物的种类和数量以及相关土壤酶活性[21-25]。李会科[26]等指出，果园生草初期，果树与牧草在 0～40 cm 土层存在养分竞争。李国怀[27]等研究发现，在柑橘园种植白三叶和百喜草的初期降低了土壤有效 N、P、K 等养分含量。吴玉森[16]等研究表明，梨园生草 2 a 的土壤表层 N、P、K 等主要营养元素含量均＜清耕处理。在本研究中，各生草处理表层土壤含盐量均＜清耕处理，这是由于生草可降低表层土壤温度，从而减少表层土壤的水分蒸发，减弱地下水通过毛管而上升的“返盐”现象。各生草处理有机质、碱解氮(除黑麦草+豌豆)、有效磷、速效钾、全氮和全磷营养元素含量均＜清耕处理。这是由于生草当年生长需要表层土壤直接供给养分，从而消耗较多表层土壤的养分含量。但长期生草对枣园土壤养分的影响需进一步探讨。黑麦草+豌豆处理的碱解氮含量在各处理中最高，这是因为豌豆属于豆科植物，具有固氮作用，因而可以补充土壤中碱解氮的含量。上述研究结果表明，果园生草当年能够有效降低土壤含盐量，但生草与果树之间的确存在“争肥”的关系。因此，在果园生草当年，应该补充一定的营养元素，确保生草与果树的正常生长。

有关果园生草对园区土壤酶活性的研究较多，但结果不尽相同。吴玉森[16]等指出，生草 2 a 的园区 0～20 cm 土层土壤脲酶、碱性磷酸酶、蔗糖酶及过氧化氢酶活性均＜清耕处理。惠竹梅[28]等研究表明，行间生草总体可提高土壤有机质及酶活性，种植白三叶草和紫花苜蓿可提升葡萄园土壤碱解 N、全 N、速效 K 含量，但种植高羊茅却降低脲酶和蔗糖酶活性及矿质营养含量。本试验结果表明，生草当年对土壤脲酶和碱性磷酸酶活性有降低作用，但可显著提高土壤过氧化氢酶的活性，枣园种植黑麦草和蒲公英可有效提高土壤蔗糖酶的活性，这与前人研究结果基本一致。生草之所以能够降低土壤脲酶和碱性磷酸酶活性，可能是由于生草当年对土壤表层有机质及速效养分消耗较大，而有机质和速效养分含量又与脲酶及碱性磷酸酶活性呈正相关。因而，生草当年对土壤脲酶及碱性磷酸酶活性有降低作用。

随着人们生活水平的提高，对于果实品质的提升也是大势所趋。本试验结果表明，各生草处理均可提升长枣可溶性糖含量，维生素 C 含量除黑麦草处理外均有所提升，但可溶性固形物含量(除蒲公英外)均＜清耕，这与郑伟尉[29]等的研究结果基本一致。本试验对于灵武长枣园生草的研究，目前还停留在生草初期阶段，探讨多年生草对灵武长枣园土壤生化性状及果实品质的影响，是下一步研究的重点和切入点。

参考文献：

[1] 巩庆利，翟丙年，郑伟，等. 渭北旱地苹果园生草覆盖下不同肥料配施对土壤养分和酶活性的影响[J]. 应用生态学报，2018，29(1)：205-212.
GONG Q L，ZHAI B N，ZHENG W，*et al*. Effects of grass cover combined with different fertilization regimes on soil nutrients and enzyme activities in apple orchard in Weibei dryland，China [J]. Chinese Journal of Applied Ecology，2018，29(1)：205-212. (in Chinese)

[2] 魏倩倩，杨文权，韩明玉，等. 白三叶返园对苹果园土壤微生物群落的影响[J]. 草业科学，2016，33(3)：385-392.
WEI Q Q，YANG W Q，HAN M Y，*et al*. Influences of white clover returning to apple orchard on soil microbial community [J]. Pratacultural Science，2016，33(3)：385-392. (in Chinese)

[3] 陈学森，张瑞洁，王艳廷，等. 苹果园种植长柔毛野豌豆结合自然生草对土壤综合肥力的影响[J]. 园艺学报，2016，43(12)：2325-2334.
CHEN X S，ZHANG R J，WANG Y T，*et al*. Effects of growing hairy vetch(*Vicia villosa*)on the soil nutrient，enzyme activities and microorganisms in apple orchard [J]. Acta Horticulturae Sinica，2016，43(12)：2325-2334. (in Chinese)

[4] 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.

[5] 李会科，赵政阳，张广军. 果园生草的理论与实践--以黄土高原南部苹果园生草实践为例[J]. 草业科学，2005，22(8)：32-37.

[6] 王艳廷,冀晓昊,吴玉森,等.我国果园生草的研究进展[J].应用生态学报,2015,26(6):1892-1900.
WANG Y T,JI X H,WU Y S,*et al*. Research progress of cover crop in Chinese orchard [J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2015,26(6):1892-1900. (in Chinese)

[7] MEYER A H,WOOLDRIDGE J,DAMES J F. Effect of conventional and organic orchard floor management practices on arbuscular mycorrhizal fungi in a 'Cripp's Pink'/M7 apple orchard soil[J]. Agriculture Ecosystems & Environment,2015,213:114-120.

[8] MORENO B,GARCIARODRIGUEZ S,CAÑIZARES 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 & Environment,2009,131(3):333-339.

[9] 宋丽华,曹兵,张向东.不同药剂喷施处理对设施栽培'灵武长枣'的影响[J].中国农学通报,2014,30(4):190-194.
SONG L H,CAO B,ZHANG X D. Effect of different chemical treatment on 'Lingwu Changzao' planted in greenhouse [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2014,30(4):190-194. (in Chinese)

[10] 宋丽华,秦芳,白祥,等.气温升高与干旱胁迫对灵武长枣坐果与果实品质的影响[J].西北林学院学报,2015,30(2):129-133.
SONG L H,QIN F,BAI X,*et al*. Effect of elevated temperature and drought stress on fruit setting rate and fruit quality of Lingwu long jujube[J]. Journal of Northwest Forest University,2015,30(2):129-133. (in Chinese)

[11] 周丽,王长柱,李新岗.新疆现代红枣栽培模式研究[J].西北林学院学报,2015,30(2):139-143.
ZHOU L,WANG C Z,LI X G. Modern cultivated mode of Chinese jujube in Xinjiang[J]. Journal of Northwest Forestry University,2015,30(2):139-143. (in Chinese)

[12] 党娜娜.行间生草对灵武长枣园区土壤特性与果实品质的影响[D].银川:宁夏大学,2017.

[13] 樊保国,李月梅,李登科.鲜食枣品质性状的综合评价[J].西北林学院学报,2012,27(2):79-82.
FAN B G,LI Y M,LI D K. Comprehensive assessmet of the quality characters of fresh-jujube cultivars[J]. Journal of Northwest Forestry University,2012,27(2):79-82. (in Chinese)

[14] 郭昌勋,谢宗周,潘志勇,等.生草栽培对橘园土壤肥力和红肉脐橙果实品质的影响[J].华中农业大学学报,2016,35(4):25-28.
GUO C X,XIE Z Z,PAN Z Y,*et al*. Effects of white clover culture on orchard soil fertility and fruit quality of Cara Cara naval orange [J]. Journal of Central China Agricultural University,2016,35(4):25-28. (in Chinese)

[15] 霍颖,张杰,王美超,等.梨园行间种草对土壤有机质和矿质元素变化及相互关系的影响[J].中国农业科学,2011,44(7):1415-1424.
HUO Y,ZHANG J,WANG M C,*et al*. Effects of inter-row planting grasses on variations and relationships of soil organic matter and soil nutrients in pear orchard [J]. Scientia Agricultura Sinica,2011,44(7):1415-1424. (in Chinese)

[16] 吴玉森,张艳敏,冀晓昊,等.自然生草对黄河三角洲梨园土壤养分、酶活性及果实品质的影响[J].中国农业科学,2013,46(1):99-108.
WU Y S,ZHANG Y M,JI X H,*et al*. Effects of natural grass on soil nutrient,enzyme activity and fruit quality of pear orchard in Yellow River Delta [J]. Scientia Agricultura Sinica,2013,46(1):99-108. (in Chinese)

[17] 刘术新,丁枫华,朱伟清,等.山地李园生草对土壤理化性质和果实品质的影响[J].中国果树,2014(5):39-41.

[18] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3 版.北京:中国农业出版社,2007.

[19] 关松荫.土壤酶及其研究方法[M].北京:农业出版社,1986.

[20] 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,2000.

[21] SÁNCHEZ E E,GIAYETTO A,CICHÓN L,*et al*. Cover crops influence soil properties and tree performance in an organic apple (*Malus domestica* Borkh) orchard in northern Patagonia[J]. Plant & Soil,2007,292(1/2):193-203.

[22] 寇建村,杨文权,韩明玉,等.行间种植豆科牧草对苹果园土壤微生物区系及土壤酶活性的影响[J].草地学报,2013,21(4):676-682.
KOU J C,YANG W Q,HAN M Y,*et al*. Effects of interplanted legumes in apple orchard on soil microbial population and enzymc activities[J]. Acta Agrectir Sinica,2013,21(4):676-682. (in Chinese)

[23] 刘灵芝,吕德国,秦嗣军.果园土壤生态系统功能微生物多样性研究进展[J].北方果树,2014(6):1-4.

[24] 杨洪晓,周美华,李俊良,等.温带果园护土生草鼠茅草的腐解和养分释放[J].草业学报,2015,24(4):208-213.
YANG H X,ZHOU M H,LI J L,*et al*. Decay and nutrient release in *Vulpia myuros* grasses,a species suitable for soil conservation in temperate zone orchards[J]. Acta Prataculturae Sinica,2015,24(4):208-213. (in Chinese)

[25] CERCIOGLU M,ANDERSON S H,UDAWATTA R P,*et al*. Effects of cover crop and biofuel crop management on computed tomography-measured pore parameters[J]. Geoderma,2018,319:80-88.

[26] 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.

[27] 李国怀,伊华林.生草栽培对柑橘园土壤水分与有效养分及果实产量、品质的影响[J].中国生态农业学报,2005,13(2):161-163.

[28] 惠竹梅,岳泰新,张瑾,等.西北半干旱区葡萄园生草体系中土壤生物学特性与土壤养分的关系[J].中国农业科学,2011,44(11):2310-2317.
HUI Z M,YUE T X,ZHANG J. Relationship between soil biological characteristics and nutrient content under intercropping system of vineyard in northwestern semiarid area [J]. Scientia Agricultura Sinica,2011,44(11):2310-2317. (in Chinese)

[29] 郑伟尉,徐凯,刘兴泉,等.自然生草对梨园小气候生态因子和果实品质的影响研究[J].中国南方果树,2013,42(5):28-32.