

枣树与紫花苜蓿间作模式的根系分布及土壤理化性质研究

梁威¹, 吕瑞恒², 梁继业¹, 姜黎³, 王玉丽^{1*}

(1. 右江民族医学院, 广西 百色 533000; 2. 塔里木大学, 新疆 阿拉尔 843300; 3. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要:【目的】研究枣树间作紫花苜蓿的根系分布情况、枣树的侧根分布情况和土壤理化性质, 为成龄果园行间间作牧草提供科学依据。【方法】以14年枣树园为试验地, 在行距为5 m×5 m的果树行间播种紫花苜蓿, 培育3年后随机选取3个1 m×1 m土壤剖面测定枣树、紫花苜蓿的根系生物量, 测定土壤pH值、电导率、有机质等土壤理化性质。【结果】枣树根系垂直深度达到140 cm, 侧根生物量在土壤中的垂直分布主要集中在40~80 cm土层。紫花苜蓿在不同土层的根系分布情况呈倒金字塔型, 根系深度达到160 cm, 根系生物量主要分布在0~40 cm。与枣树清耕地相比, 枣树间作紫花苜蓿模式可降低0~40 cm土层的pH值, 可降低0~60 cm土层的电导率, 可有效增加0~40 cm土层的有机质含量。【结论】枣树间作紫花苜蓿的栽培模式, 可以改善枣树果园的土壤理化性质, 促进土壤有机质的积累, 有利于促进枣树和紫花苜蓿的生长发育。

关键词: 枣树; 紫花苜蓿; 间作; 根系分布; 土壤性质

中图分类号: S541 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-5500(2025)02-0216-06

DOI: 10.13817/j.cnki.cyycp.2025.02.024



果园生草栽培是在果树行间或全园种植草本植物作为覆盖物的一种果园管理方法^[1]。果园生草对于改良土壤基础品质^[2]、改善果园生态环境^[3]、推动果树产业^[4]等具有重要意义。果树间作牧草, 可有效避免果园清耕地引起的土壤侵蚀、果园微生物群落多样性和酶活性下降、土壤养分严重失衡等问题。紫花苜蓿(*Medicago sativa*)是种植最广泛的多年生豆科牧草, 也是优良的林下间作生草, 具有适应性强、高产优质、生态功能齐全等优良特点^[5-6], 还可提高土壤有机质含量, 改善土壤和果园小气候^[1]。

有研究表明苹果^[1]、杏树^[7-8]、枣树^[9]、梨树^[10]和核

桃^[11]等果树间作苜蓿的生产模式切实可行, 在国内外果园管理上已被广泛利用。该间作模式既可以优化果园生态环境、提高果树产量和品质, 还有利于保持果园水土环境、提高土壤肥力等土壤理化性质。土壤理化性质作为控制植物生长发育的关键生态因子, 是土壤的基本属性和本质特征, 也是综合评价土壤质量或肥力的重要指标^[12]。在干旱地区果树和牧草的根系发育直接影响其抗旱、耐盐能力, 并最终影响它们的产量、品质。目前对枣树林下间作紫花苜蓿模式对两者根系生长、土壤理化性质的影响研究较少。因此, 本试验通过对枣树间作紫花苜蓿的根系分布和土壤理化性质进行研究, 旨在为果园间作紫花苜蓿的果园生草复合系统的合理性、可行性提供科学依据和技术支撑, 并对加强果园生草管理提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验区概况

本试验区位于塔克拉玛干沙漠南缘策勒绿洲外围(37°00' N, 80°43' E), 属温带大陆性干旱气候, 常

收稿日期: 2023-11-30; 修回日期: 2024-09-26

基金资助: 兵团重点领域科技攻关计划项目(2021AB022)

作者简介: 梁威(1990-), 男, 广东肇庆人, 硕士, 讲师, 研究方向为药用植物生理生态。

E-mail: liangwei1809373@163.com

*通信作者, 研究方向为果树学。

E-mail: wangyuli_6@163.com

年多风并以西北风为主;年均气温 11.9℃,极端最高气温 41.9℃,极端最低气温-23.9℃;年均降水量仅 35.1 mm,且主要集中在 5 月和 7 月,年均蒸发量高达 2 595.3 mm。

1.2 材料及处理

试验地为 14 年枣树园,果树南北行向,株行距为 5 m×5 m,平均基径 18 cm,平均树高 5 m,平均冠幅 450 cm×495 cm。试验第 1 年 4 月在枣树行间条播紫花苜蓿,品种为新疆大叶苜蓿(*M. sativa* cv. Xinjiang-daye),紫花苜蓿密度是 150~180 株/m²,分布均匀。从第 2 年 3 月中旬开始,田间管理采用漫灌,每月灌溉 1 次,灌溉量为 1 350 m³/hm²。整个紫花苜蓿生长季均及时除草,至第 3 年 10 月进行试验指标的测定。

1.3 测定指标

1.3.1 根系生物量的测定 在试验的第 3 年 10 月中旬,在树干一侧,取样点距离树干 1.0~1.2 m,在枣树清耕地里随机选取 3 个 1 m×1 m 土壤剖面样方进行挖掘,作为清耕地样方土壤;同时选择紫花苜蓿密度分布均匀的林下挖掘 3 个 1 m×1 m 样方,作为枣树间作紫花苜蓿样方土壤。然后以 20 cm 为 1 层,用小土铲取根系,并将根系除杂、洗净,挖至无根系为止。按粗细把根系直径(D)大小分为粗根 D(疏导根 D>1 mm)和细根 D(吸收根 D<1 mm),将 2 份样品烘干至恒重、冷却后称质量,即为根系干重^[8]。

1.3.2 土壤理化性质的测定 试验区土壤以风沙土为主。将 1.3.1 的样方土壤风干后,粉碎至全部通过 0.25 mm 筛孔,供分析土壤理化性质。采用梅特勒 Seven Easy 型 PH 计测定土壤的 pH 值,采用 DDSJ-308A 型电导率仪测定土壤的电导率,采用重铬酸钾容量法—外加热法测定土壤的有机质含量^[8]。

1.4 数据分析

试验数据采用 Excel 2021 和 SPSS22.0 进行统计分析,采用 LSD 法在 $P=0.05$ 水平进行比较分析。

2 结果与分析

2.1 枣树与紫花苜蓿的地下生物量垂直分布特征

枣树侧根生物量在土壤中的垂直分布主要集中在 0~80 cm 土层,且有较粗的侧根,细根在土壤中垂直分布不均匀,根系垂直深度达到了 140 cm。从枣树

的根系质量垂直分布来看,枣树的侧根主要分布在 40~80 cm 土层,占总侧根生物量的 50.08%(图 1)。

枣树间作下的紫花苜蓿在不同土层的根系分布情况呈倒金字塔型,其根系深度达到地下 160 cm。紫花苜蓿的根系生物量主要分布在 0~40 cm,超过整个根系生物量的 50%,而且 0~20 cm 的根系生物量占 47%(图 2)。

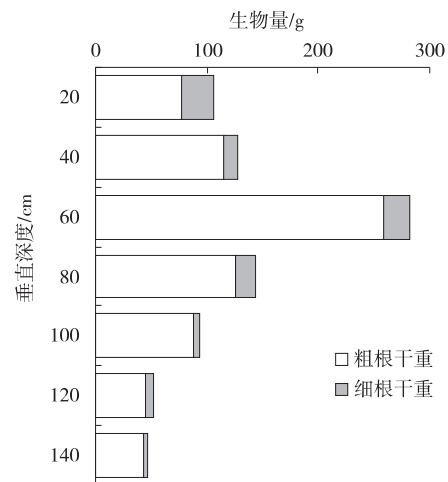


图 1 枣树根系生物量的垂直分布

Fig. 1 The vertical distribution of root biomass in jujube trees

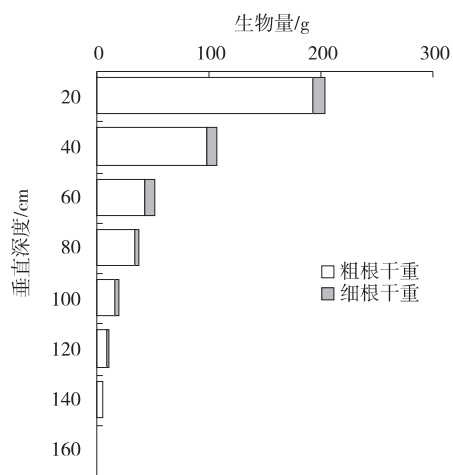


图 2 紫花苜蓿根系生物量的垂直分布

Fig. 2 The vertical distribution of root biomass in alfalfa

2.2 枣树清耕地与枣树间作紫花苜蓿地的土壤 pH 值垂直分布特征

在 0~140 cm 土层的每层,枣树清耕地中的土壤 pH 值变化是 8.34~8.58(图 3-A),枣树间作紫花苜蓿地中土壤的 pH 值变化是 8.18~8.59(图 3-B)。在 0~20、20~40 和 40~60 cm 土层,枣树间作紫花苜蓿地的

土壤 pH 值与枣树清耕地的相比均略有下降,但差异不显著。在 60~80、80~100、100~120、120~140 cm

土层,枣树间作紫花苜蓿地的土壤 pH 值与枣树清耕地的相比均变化较小,且差异不显著。

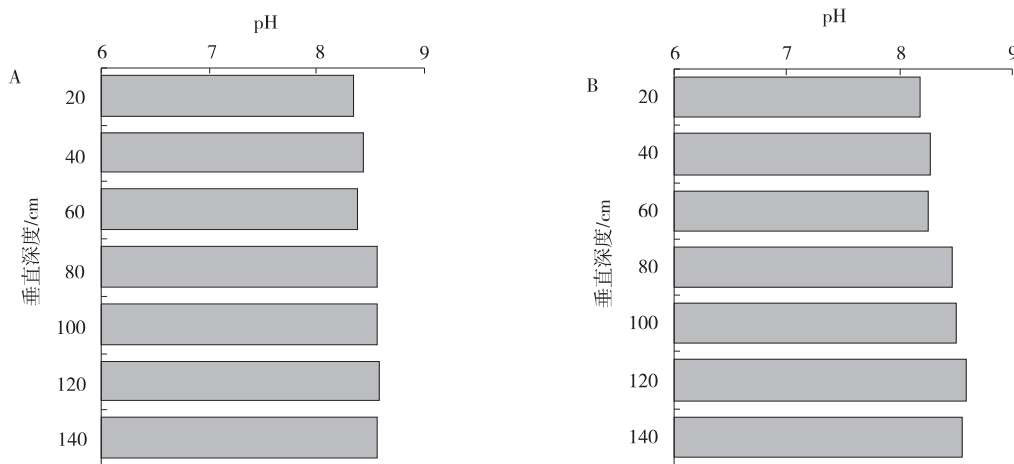


图3 枣树清耕地(A)与枣树间作(B)紫花苜蓿地的土壤 pH 值垂直分布

Fig. 3 The vertical distribution of soil pH values in both clean-tilled jujube fields(A) and intercropped fields(B) with alfalfa under jujube trees

2.3 枣树清耕地与枣树间作紫花苜蓿地的土壤电导率垂直分布特征

与枣树清耕地相比,枣树间作紫花苜蓿地各土层的土壤电导率变化主要集中在 0~60 cm 土层(图 4-A, 图 4-B)。其中,在 0~20、20~40 和 40~60 cm 土层,枣

树间作紫花苜蓿地的土壤电导率比枣树清耕地中的分别下降了 23.53%、25.00% 和 17.65%,均达到显著水平 ($P<0.05$)。在 60~80、80~100、100~120 和 120~140 cm 土层,枣树清耕地与枣树间作紫花苜蓿地的土壤电导率变化均不明显,差异不显著。

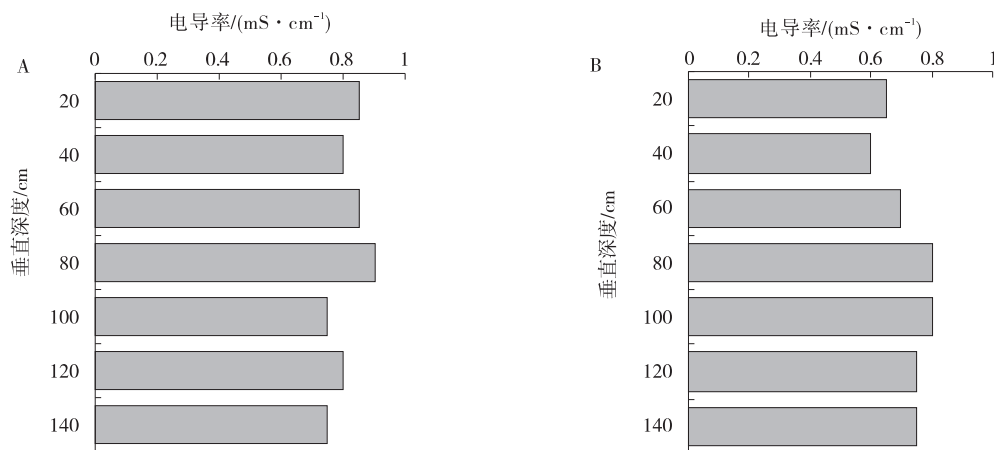


图4 枣树清耕地(A)与枣树间作(B)紫花苜蓿地的土壤电导率垂直分布

Fig. 4 The vertical distribution of soil electrical conductivity in both clean-tilled jujube fields(A) and intercropped fields(B) with alfalfa under jujube trees

2.4 枣树清耕地与枣树间作紫花苜蓿地的土壤有机质含量垂直分布特征

土壤有机质含量在不同土层中的垂直分布表明,与枣树清耕地相比,枣树间作紫花苜蓿地的土壤有机质含量随土层深度增加而逐渐减少。其中,在 0~20 cm 土层,枣树间作紫花苜蓿地的土壤有机质含量

比枣树清耕地的增加了 23.01%,且差异显著 ($P<0.05$)。在 20~40 cm 土层,间作紫花苜蓿地的土壤有机质含量比清耕地中的增加了 35.81%,差异显著 ($P<0.05$)。在 40~140 cm 土层,枣树清耕地与枣树间作紫花苜蓿地的土壤有机质含量差异不显著(图 5-A、图 5-B)。

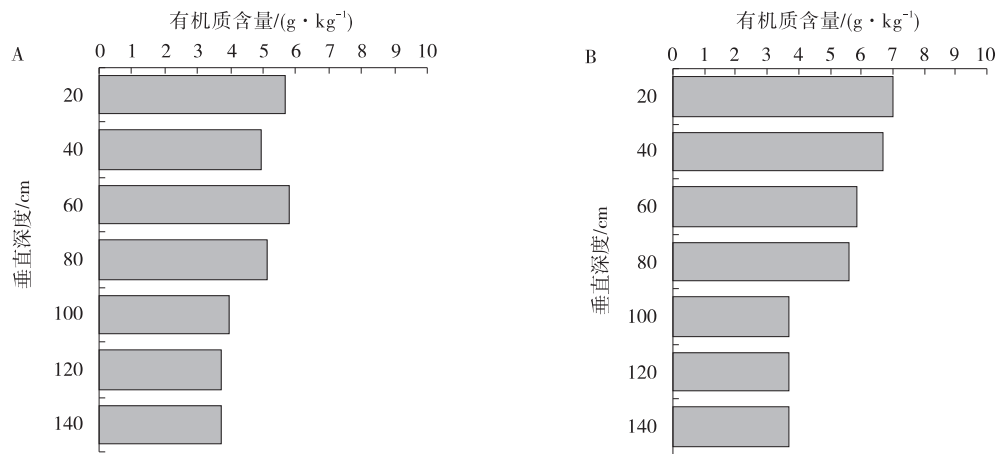


图 5 枣树清耕地(A)与枣树间作(B)紫花苜蓿地的土壤有机质含量垂直分布

Fig. 5 The vertical distribution of soil organic matter content in both clean-tilled jujube fields(A) and intercropped fields(B) with alfalfa under jujube trees

3 讨论

植物根系的垂直分布影响植物拥有地下营养空间的大小和对土壤营养及水分的利用,深层土壤中的少量根系对植物生长发挥着极其重要的作用^[13]。枣树的根系在土壤中的垂直分布达到了 140 cm,且根系主要集中分布在 40~80 cm 土层,而相关研究表明成龄红枣的根系一般分布在 40~80 cm 土层^[14],说明间作紫花苜蓿后的枣树根系生长更加旺盛。通常情况下,紫花苜蓿根系生物量在 0~30 cm 土层的分布比例为 60%~90%,0~60 cm 土层为 65%~95%^[15]。紫花苜蓿根系分布情况表明,枣树间作下的紫花苜蓿的根系达到了 160 cm,且主要分布在 0~40 cm 的土层,这与刘国军等^[11]的研究结果相似。紫花苜蓿根系入土深度受到很多因子的影响,其中土层厚度、地下水位、土壤特性和生长年限对紫花苜蓿根系入土深度的影响较大^[16]。本试验地土壤属于砂质土壤,说明松散土质有利于枣树间作下的紫花苜蓿的根系向下生长。

有研究指出 0~20 cm 土层是牧草有效根系的集中分布区,是各牧草水肥利用的主要区域^[17]。从枣树与紫花苜蓿的根系分布来看,枣树的根系主要分布在 40~80 cm 的土层,而紫花苜蓿的根系分布主要在 0~40 cm 的土层,与枣树根系在空间尺度上不重叠,且基本呈镶嵌分布。这表明枣树与紫花苜蓿的根系不会存在明显的根系分布竞争,此外紫花苜蓿具有固氮作用,可提高氮素利用效率。由此可见,枣树间作紫花苜蓿的栽培模式,对提高枣树园地的土壤固氮能力有

帮助。

还有研究指出紫花苜蓿的根系与土壤电导率、土壤 pH 值有一定的相关性^[18]。与枣树清耕地相比,枣树间作紫花苜蓿可以有效降低土壤 0~60 cm 的电导率,轻微降低土壤 0~60 cm 的 pH 值,表明两者的变化主要集中在枣树果园的表层土壤。枣树间作紫花苜蓿地的土壤电导率下降,一方面是种植紫花苜蓿后的地表植被覆盖度较高,有效地减少了土壤的水分蒸发,显著抑制了土壤盐渍化过程^[15];另一方面是灌溉水可能降低了 0~60 cm 土层的盐分含量,以及紫花苜蓿在生长过程中可能将土壤中的矿质元素逐渐吸收到了地上部分,导致表层土壤矿质元素含量发生改变而引起电导率下降。因此,枣树间作紫花苜蓿还可以适度改善土壤的理化性质。

果园间作牧草模式不仅可优化土壤养分和改善土壤理化性质,还可提高果实品质,而且牧草密集的根系和牧草腐烂后丰富的腐殖质有利于良好土壤结构的形成^[19-21]。从枣树清耕地与枣树间作紫花苜蓿地的有机质含量垂直分布相比较,间作紫花苜蓿可有效增加土壤的有机质含量,且以 0~40 cm 土层最为明显,可能是紫花苜蓿生长过程中枯枝落叶及根系腐烂分解的结果。说明枣树间作紫花苜蓿所增加的有机质含量主要积累在间作地的表层土壤,而且有机质含量会随土层深度增加而逐渐减少,这与枣树园^[21]和桃园^[22]的研究结果相似。因此,间作紫花苜蓿将有利于枣树生长、提高果实产量和果实品质,同时可以适时刈割紫花苜蓿,进一步增加果园的经济收益。

4 结论

本研究结果表明枣树与紫花苜蓿间作模式有利于改善枣树果园表层的土壤理化性质。

1) 枣树根系垂直深度达到 140 cm,侧根生物量主要集中在 0~80 cm 土层处,且以 40~80 cm 分布的侧根为主(50.08%)。紫花苜蓿在不同土层的根系分布情况呈倒金字塔型,根系深度达到 160 cm,根系生物量主要分布在 0~40 cm 土层。

2) 枣树清耕地和枣树间作紫花苜蓿地中的土壤 pH 值变化幅度未达到显著水平,说明枣树间作紫花苜蓿模式对土壤 pH 值影响有限,其中是否存在其他因素的干扰等原因还需要进一步的研究。

3) 与枣树清耕地相比,枣树间作紫花苜蓿地 0~60 cm 土层的土壤电导率有明显下降,表明枣树间作紫花苜蓿的模式可有效改善 0~60 cm 土层中的土壤电导率。表明这种间作模式对于干旱区盐渍化土地的改良有一定作用,更有益于枣树和苜蓿的生长。

4) 与枣树清耕地相比,在枣树间作紫花苜蓿地 0~40 cm 土层的有机质含量有明显增加,表明枣树间作紫花苜蓿的模式可有效增加表层土壤(0~40 cm)中的土壤有机质含量。显示出紫花苜蓿对枣树园地土壤改良有较为显著的作用。

参考文献:

- [1] 张硕,刘锦,陈鹏,等. 紫花苜蓿不同种植布局对苹果害虫及其天敌的影响[J]. 中国果树,2019(4):53—57.
- [2] 张露荷,管利兵,黄华梨,等. 不同覆盖方式对土壤温湿度及枣树生理的影响[J]. 西北农业学报,2018,27(10):1454—1460.
- [3] 李晓光,龙兴洲,高颖,等. 行间种植长柔毛野豌豆对苹果园生态环境的影响[J]. 中国果树,2018(6):24—26.
- [4] 杜志敏,郭雪白,王继雯,等. 果园生草的生态效应·经济效益·栽培技术[J]. 安徽农业科学,2016,44(36):70—73.
- [5] 马琦,Shahzad Ali,贾倩民,等. 滴灌与施肥对河西灌区紫花苜蓿光合生理特性和干物质量的影响[J]. 草原与草坪,2022,42(4):72—82.
- [6] 刘美君,丁鹿,王丽娜,等. 低温胁迫对紫花苜蓿根系呼吸作用的影响[J]. 草原与草坪,2020,40(4):22—26+33.
- [7] 姜黎,郑银,王平,等. 刈割对枣树间作的紫花苜蓿根系和土壤理化性质的影响[J]. 北方园艺,2017(24):123—128.
- [8] 姜黎,郑银,刘国军,等. 果园间作模式下杏树与苜蓿的根系分布特征及其土壤理化性质研究[J]. 西北植物学报,2017,37(12):2489—2495.
- [9] 王雪,陈国栋,张金龙,等. 枣园间作条件下不同灌水处理对紫花苜蓿产量及水分利用率影响[J]. 新疆农业科学,2016,53(12):2187—2193.
- [10] 叶尔兰·对山别克,早热古丽·热合曼,艾比布拉·伊马木. 苜蓿间套种对库尔勒香梨果园土壤养分的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(6):123—126.
- [11] 刘国军,曾凡江,雷加强,等. 核桃—紫花苜蓿复合栽培的根系分布及生长动态[J]. 干旱区研究,2015,32(3):504—508.
- [12] 吴勇,刘晓静,童长春,等. 施氮对西北荒漠灌区紫花苜蓿土壤理化性质及微生物数量的影响[J]. 草原与草坪,2020,40(6):58—64.
- [13] 郭正刚,刘慧霞,王彦荣. 刈割对紫花苜蓿根系生长影响的初步分析[J]. 西北植物学报,2004,24(2):215—220.
- [14] 哈斯亚提·托逊江,刘晨,哈丽代·热合木江,等. 苏丹草套种红枣和核桃对其产量及土壤水分含量的影响[J]. 新疆农业科学,2013,50(12):2241—2245.
- [15] 元炳成. 紫花苜蓿改良盐渍土对土壤微生物活性和养分含量的影响[J]. 生态环境学报,2011,20(3):415—419.
- [16] 李扬,孙洪仁,沈月等. 紫花苜蓿根系生物量垂直分布规律[J]. 草地学报,2012,20(5):793—799.
- [17] 李会科,郑秋玲,赵政阳,等. 黄土高原果园种植牧草根系特征的研究[J]. 草业学报,2008,17(2):92—96.
- [18] 赵阳安,芦光新,金鑫,等. 高寒地区紫花苜蓿根系吸收资源空间与土壤性质的相关性研究[J]. 草原与草坪,2023,43(6):155—161.
- [19] 曹铨,沈禹颖,王自奎,等. 生草对果园土壤理化性状的影响研究进展[J]. 草业学报,2016,25(8):180—188.
- [20] 高露,岳坤,唐文林,等. 枣园生草对土壤养分及果实品质的影响[J]. 新疆农业科学,2020,57(1):86—96.
- [21] 哈斯亚提·托逊江,刘晨,哈丽代·热合木江,等. 红枣与牧草间作对果园土壤养分及小环境的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(1):327—329.
- [22] 谷艳蓉,张海伶,胡艳红. 果园自然生草覆盖对土壤理化性状及大桃产量和品质的影响[J]. 草业科学,2009,26(1):103—107.

Root distribution and soil physicochemical properties of jujube tree and alfalfa intercropping model

LIANG Wei¹, LYU Rui-heng², LIANG Ji-ye¹, JIANG Li³, WANG Yu-li^{1*}

(1. Youjiang Medical University for Nationalities, Baise Guangxi 533000, China; 2. Tarim University, Alar, Xinjiang 843300, China; 3. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi Xinjiang 830011, China)

Abstract: 【Objective】 To study the root distribution, lateral root distribution, and soil physicochemical properties of alfalfa under intercropping of jujube trees, providing a scientific basis for forage cultivation in mature fruit orchards. 【Method】 A 14—year—old jujube orchard was used as the experimental site. Alfalfa was sown between rows of fruit trees with a spacing of 5 m×5 m. After 3 years of cultivation, three 1 m × 1 m soil profile plots were randomly selected to measure the root biomass of both jujube trees and alfalfa, as well as soil pH value, soil conductivity, soil organic matter, and other soil physicochemical properties. 【Result】 The jujube tree's root system extended vertically to a depth of 140 cm, with lateral root biomass in the soil mainly concentrated at 40~80 cm. Alfalfa roots in different soil layers exhibited an inverted pyramid distribution shape, reaching a root depth of 160 cm, with most of the root biomass located in the 0~40 cm layer. Compared with the monocropping of jujube trees, intercropping alfalfa with jujube trees slightly reduced the soil pH value in the 0~40 cm soil layer, significantly decreased soil conductivity in the 0~60 cm soil layer, and effectively increased soil organic matter content in the 0~40 cm soil layer. 【Conclusion】 Intercropping jujube trees with alfalfa is a feasible cultivation strategy. Although there may be local competition between the two root systems, this approach can improve the soil physicochemical conditions of jujube orchards and facilitate the growth and development of both jujube trees and alfalfa.

Key words: jujube tree; alfalfa; intercropping; root distribution; soil properties

(责任编辑: 靳奇峰)