

黄土丘陵区仁用杏园不宜间作沙打旺

杜社妮^{1,2}, 白岗栓^{1,2*}

(¹ 西北农林科技大学水土保持研究所, 陕西杨凌 712100; ² 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西杨凌 712100)

摘要: 在陕北黄土丘陵沟壑区对清耕和间作沙打旺 (*Astragalus adsurgens*) 6年、4年、2年仁用杏园 0~500 cm 土层土壤水分、有机质、全氮、全磷、速效氮、速效磷、速效钾含量及树体生长状况进行了测定, 结果表明, 间作沙打旺, 除了在秋季提高了 0~100 cm 土层土壤水分以外, 在春季、夏季和秋季均显著降低了 0~500 cm 土层土壤水分, 且间作沙打旺年限越长, 降低越显著。间作沙打旺提高了 0~100 cm 土层土壤有机质和全氮含量, 间作年限越长效果越显著, 但对 100 cm 土层以下的土壤有机质和全氮无显著影响。间作沙打旺对土壤全磷含量无显著影响。间作沙打旺显著降低了土壤速效养分含量, 其中速效氮降低深度达 500 cm 土层, 速效磷、速效钾达 300 cm 土层, 且间作年限越长, 降低越显著。间作沙打旺显著削弱了树体的长势, 降低了坐果率和杏仁产量。间作沙打旺存在着与仁用杏争水争肥的矛盾, 黄土丘陵沟壑区仁用杏园不宜间作沙打旺。

关键词: 仁用杏; 沙打旺; 间作; 土壤水分; 土壤养分; 树体生长

中图分类号: S 662 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2007) 05-1135-06

Astragalus adsurgens Is not Suitable Interplant in *Armeniaca vulgaris* × *A. sibirica* Orchard in Loess Hilly and Gully Region

DU She-ni^{1,2} and BAI Gang-shuan^{1,2*}

(¹ Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; ² Institute of Soil and Water Conservation, the Chinese Academy of Sciences & Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The experimentation of interplant *Astragalus adsurgens* in *Armeniaca vulgaris* × *A. sibirica* orchard had been done in loess hilly and gully region of northern Shaanxi. The moisture, organic matter, total N, total P, available N, available P, available K of 0–500 cm soil layers and the growth status of *A. vulgaris* × *A. sibirica* of clean tillage, interplant six years, interplant four years and interplant two years had been determined. The results showed that the soil moisture of interplant *As. adsurgens* increased in 0–100 cm soil layer in autumn, but the soil moisture of the treatments of interplant *As. adsurgens* reduced significantly in springtime, summertime and autumn in 0–500 cm soil layer, and the soil moisture reduced obviously as interplant years increasing. In 0–100 cm soil layers, organic matter and total N of the treatments of interplant *As. adsurgens* were higher than clean tillage, and increased obviously as interplant years increasing, but the soil organic matter and total N under 100 cm soil layers weren't significant difference than clean tillage. Between the treatments of interplant *As. adsurgens* and clean tillage, soil total P didn't have significant difference. Soil available N, available P and available K of the treatments of interplant *As. adsurgens* were significant lower than clean tillage, soil available N reduced from 0 cm to 500 cm soil layers, soil available P and available K reduced from 0 cm to 300 cm soil layers, and the content of available N, available P and available K in soil decreased obviously as interplant years increasing. The *A. vulgaris* × *A. sibirica* growth of the treatments of in-

收稿日期: 2007-05-16; 修回日期: 2007-08-22

基金项目: 国家“十一五”科技支撑项目 (2006BAD09B07); 中国科学院水利部水土保持研究所领域前沿项目 (SW05103); 中国科学院知识创新工程项目 (KZCX2-05)

* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: baig@cem.ac.cn; gshb@nwsuaf.edu.cn)

terplant *As. adsurgens* were significant weaker, and fruit set percentage and the almond yield were significant lower than clean tillage. Between *As. adsurgens* and *A. vulgaris* × *A. sibirica* there were a contention for water and nutrient, *A. vulgaris* × *A. sibirica* orchard wasn't suitable interplant *As. adsurgens* in loess hilly and gully region.

Key words: *Armeniaca vulgaris* × *A. sibirica*; *Astragalus adsurgens*; Interplant; Soil moisture; Soil nutrient; Growth status

有研究表明, 果园种植草本植物, 可改良果园土壤结构, 提高土壤水分和土壤肥力, 调节果园微生态环境, 减少水土流失, 减少病虫害, 促进果树生长发育, 提高果品品质 (郝淑英 等, 2003; 刘蝴蝶 等, 2003; 张先来 等, 2005; 李会科 等, 2007), 但也有报道称果园生草与果树存在着争水争肥的矛盾 (Tan & Crabtree, 1990; Thomas et al., 2001; 赵政阳和李会科, 2006)。黄土丘陵沟壑区为干旱半干旱地区, 果园常见的间作物, 如白三叶、多年生黑麦草等越冬后死亡较多, 故多间作紫花苜蓿和沙打旺。沙打旺 (*Astragalus adsurgens*) 为豆科多年生草本植物, 耐寒耐旱耐瘠薄, 地上部生长量大, 对土壤养分有一定的积累作用 (曾宪竟 等, 1997; 孙启忠和桂荣, 2000)。沙打旺根系发达, 一年生植株根系深达 100 cm, 6 年生深达 500 ~ 600 cm, 对土壤水分有一定的消耗 (程积民 等, 2004)。仁用杏 (*Armeniaca vulgaris* × *A. sibirica*) 耐寒耐旱, 是黄土丘陵沟壑区栽培的主要果树。开展仁用杏园间作沙打旺的试验研究, 可为生产实践提供指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料与试验设计

试验园位于陕北黄土丘陵沟壑区安塞县建华寺镇仙人桥村, 海拔 1 100 m, 梯田 (宽 25 ~ 30 m)。该地年平均气温 8.8℃, ≥10℃活动积温 3 171.2℃, 日照 2 415.6 h, 无霜期 159 d。该地年平均降水量 535.0 mm, 其中 1 ~ 3 月 26.4 mm, 4 ~ 6 月 128.8 mm, 7 ~ 9 月 326.3 mm, 10 ~ 12 月 53.5 mm。试验园土壤为黄绵土, 厚度 50 ~ 60 m。试验园耕层土壤田间持水量 196.4 g · kg⁻¹, 有机质 4.65 g · kg⁻¹, 全氮 0.34 g · kg⁻¹, 全磷 0.56 g · kg⁻¹, 速效氮 34.92 mg · kg⁻¹, 速效磷 2.21 mg · kg⁻¹, 速效钾 56.24 mg · kg⁻¹。试验地无灌溉条件, 受降水的影响, 3 ~ 6 月为土壤水分散失阶段, 7 ~ 9 月为土壤水分累积阶段, 10 ~ 11 月为土壤水分缓慢散失阶段, 12 月到翌年 2 月由于封冻, 为土壤水分稳定阶段。

仁用杏园建于 1996 年春, 品种为 '龙王帽', 株行距 2.5 m × 4.0 m。1999 年结果, 距地面 30 cm, 树干直径 4 ~ 5 cm, 树高 250 ~ 260 cm, 冠径 230 ~ 240 cm。一年生枝长 60 ~ 70 cm, 粗 0.6 ~ 0.8 cm。

试验期 1999 ~ 2004 年。设清耕、间作 6 年、间作 4 年和间作 2 年等 4 个处理, 重复 3 次。小区长 25 m, 宽 10 m, 每个小区种植 20 株。清耕: 从 1999 ~ 2004 年杏园不生草, 杂草及时锄除。间作 6 年: 1999 ~ 2004 年行间种植沙打旺草带, 株间清耕。间作 4 年: 1999 ~ 2000 年清耕, 2001 ~ 2004 年行间种植沙打旺草带, 株间清耕。间作 2 年: 1999 ~ 2002 年清耕, 2003 ~ 2004 年行间种植沙打旺草带, 株间清耕。草带分别在 1999、2001 和 2003 年的 3 月下旬种植, 宽 2.0 m。草带内行距 40.0 cm, 穴距 25.0 cm, 播种深度 1.0 ~ 2.0 cm, 播种量约 6.0 kg · hm⁻²。试验期间每个处理的水肥、修剪、病虫害防治等管理均相同, 每年 11 月对沙打旺近地面收割, 清除出杏园。

1.2 测试项目与方法

2004 年在春季坐果期 (4 月 5 日)、夏季果实成熟期 (7 月 17 日)、秋季落叶期 (11 月 7 日) 每个小区均选取 3 个采样点, 用土钻每间隔 20 cm 土层采样 1 次, 烘干法测定 0 ~ 500 cm 土层土壤水分。2004 年秋季每个小区选取 5 个采样点, 用土钻每间隔 20 cm 土层采样 1 次, 采取 0 ~ 500 cm 土层土样, 然后以小区为整体, 分层混合均匀后测定有机质 (重铬酸钾氧化—外加热法), 全氮 (半微量开氏法),

全磷 (硫酸—高氯酸消煮—钼锑抗比色法), 有效氮 (碱解扩散法), 速效磷 (碳酸氢钠浸提—钼锑抗比色法), 速效钾 (乙酸铵浸提—火焰光度法) (南京农业大学, 1992)。2004 年开花坐果期用常规方法测定各小区仁用杏的坐果率, 成熟期测定单株杏仁产量, 落叶期测定仁用杏的树干直径、树高、冠径、当年新梢长度和粗度。测试数据均采用新复极差法检验不同处理间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 不同处理的土壤水分

春季 0~500 cm 土层水分, 清耕平均为 $88.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 间作 2 年为 $77.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 间作 4 年为 $59.7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 间作 6 年为 $46.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 清耕 > 间作 2 年 > 间作 4 年 > 间作 6 年 ($P < 0.01$, 图 1)。

夏季 0~500 cm 土层水分, 清耕平均为 $63.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 间作 2 年为 $43.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 间作 4 年为 $34.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 间作 6 年为 $28.7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 差异极显著 ($P < 0.01$), 但各处理均比春季低 (图 1)。

经过 7~9 月雨季, 秋季不同处理土壤水分得到恢复, 其中 0~100 cm 土层水分表现为间作 4 年、间作 2 年显著高于清耕; 101~200 cm 土层清耕极显著高于间作 6 年, 显著高于间作 4 年; 201~300 cm 土层不同处理之间达到显著差异; 300 cm 土层以下达到极显著差异 (表 1, 图 1)。

表 1 秋季落叶期不同土层的土壤水分

Table 1 The soil moisture of different soil layers of different interplant years in

Armeniaca vulgaris × *A. sibirica* orchard in autumn

($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)

处理 Treatments	0~100 cm	101~200 cm	201~300 cm	301~400 cm	401~500 cm
清耕 Clean tillage	111.7 b	137.4 aA	135.0 aA	132.2 A	109.7 A
间作 2 年 Interplant two years	119.0 a	133.4 aAB	117.3 bB	96.8 B	77.1 B
间作 4 年 Interplant four years	119.7 a	126.4 bAB	98.0 cC	86.3 C	68.1 C
间作 6 年 Interplant six years	114.0 ab	121.1 bB	88.9 dC	72.5 D	58.4 D

注: 表中数据采用新复极差法检验, a、b、c、d 表示显著水平达 0.05, A、B、C、D 表示显著水平达 0.01。下同。

Note: Data in the table were tested by SSR, a, b, c and d mean significantly different at 0.05 level, A, B, C and D mean significantly different at 0.01 level. The same below.

2.2 不同处理的土壤养分

0~60 cm 土层土壤有机质, 清耕平均为 $3.50 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 间作 2 年为 $4.02 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 间作 4 年为 $4.46 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 间作 6 年为 $4.66 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 间作处理均极显著高于清耕, 间作 4 年、间作 6 年极显著高于间作 2 年 ($P < 0.01$)。61~100 cm 土层土壤有机质, 清耕平均为 $2.71 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 间作 2 年为 $2.78 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 间作 4 年为 $2.97 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 间作 6 年为 $3.12 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 间作 6 年极显著高于清耕、间作 2 年 ($P < 0.01$), 间作 4 年显著高于清耕 ($P < 0.05$)。100 cm 以下土壤有机质, 差异不显著 (图 2)。

0~60 cm 土层土壤全氮, 清耕平均为 $0.30 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 间作 2 年为 $0.32 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 间作 4 年为 $0.33 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 间作 6 年为 $0.35 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 间作 4 年、间作 6 年均极显著高于清耕 ($P < 0.01$), 间作 2 年显著高于清耕 ($P < 0.05$), 且间作 6 年显著高于间作 2 年 ($P < 0.05$)。61~100 cm 土层土壤全氮, 清耕平均为 $0.23 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 间作 2 年为 $0.24 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 间作 4 年为 $0.25 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 间作 6 年为 $0.25 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 间作 4 年、间作 6 年均显著高于清耕 ($P < 0.05$)。100 cm 以下不同处理土壤全氮含量均相近, 无显著差异 (图 2)。

0~20 cm 土层土壤全磷, 清耕平均为 $0.58 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 间作 2 年为 $0.57 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 间作 4 年为 $0.55 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 间作 6 年为 $0.53 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 清耕显著高于间作 6 年 ($P < 0.05$)。20 cm 土层以下土壤全磷虽表现为清耕 > 间作 2 年 > 间作 4 年 > 间作 6 年, 但不同处理含量均相近, 无显著差异 (图 2)。

0~500 cm 土层土壤速效氮均表现为清耕 > 间作 2 年 > 间作 4 年 > 间作 6 年, 即间作年限越长, 土壤速效氮含量越低, 且土层越浅, 不同处理间的差异越大 (表 2)。

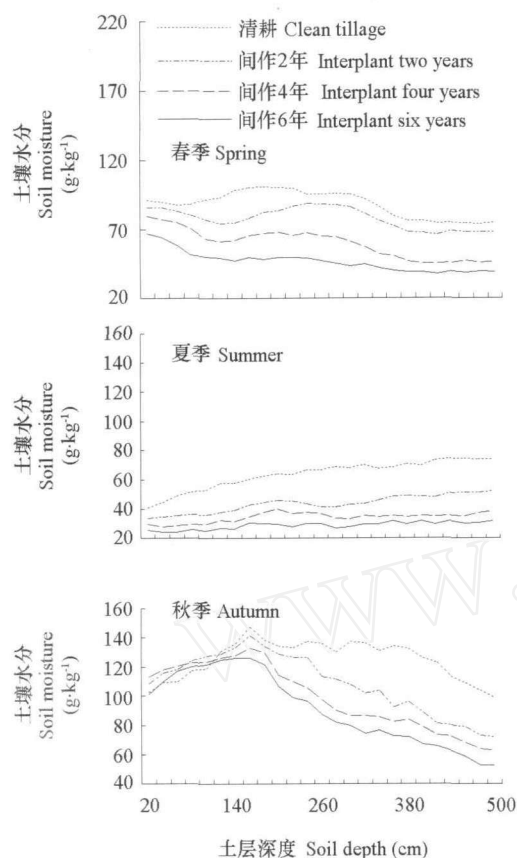


图 1 不同间作年限仁用杏园土壤水分

Fig. 1 The soil moisture of different interplant years in *Armeniaca vulgaris* × *A. sibirica* orchard

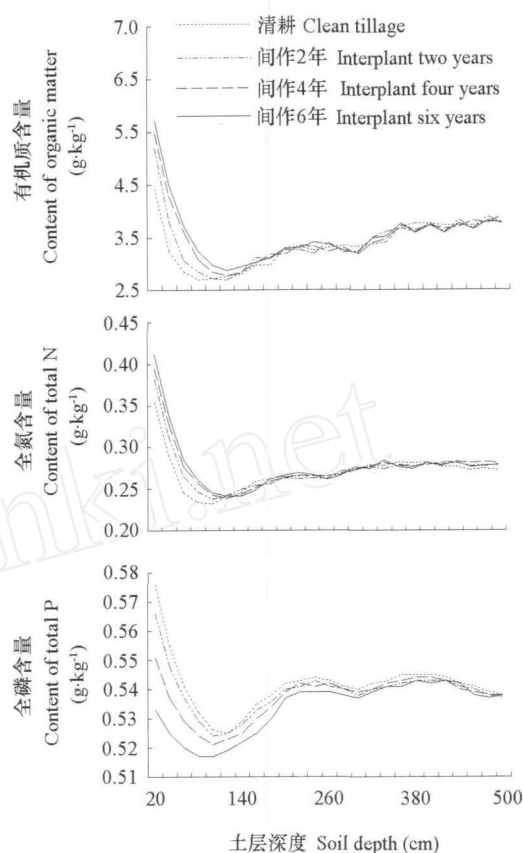


图 2 不同间作年限仁用杏园的土壤有机质、全氮、全磷含量

Fig. 2 Contents of organic matter, total N, total P of different interplant years in *Armeniaca vulgaris* × *A. sibirica* orchard

表 2 不同处理不同土层的土壤速效氮含量

Table 2 The content of available N of different soil layers of different interplant years in

处理 Treatments	<i>Armeniaca vulgaris</i> × <i>A. sibirica</i> orchard						(mg · kg ⁻¹)
	0 ~ 60 cm	61 ~ 100 cm	101 ~ 200 cm	201 ~ 300 cm	301 ~ 400 cm	401 ~ 500 cm	
清耕 Clean tillage	33.14 A	22.21 A	20.07 aA	22.58 aA	22.21 aA	21.98 aA	23.12 A
间作 2 年 Interplant two years	26.28 B	18.00 B	18.62 bA	21.04 bA	20.36 bA	20.32 bA	20.66 B
间作 4 年 Interplant four years	22.39 C	15.81 C	16.76 cB	18.19 cB	18.19 cB	17.70 cB	18.12 C
间作 6 年 Interplant six years	17.57 D	13.25 D	14.90 dC	16.23 dC	15.61 dC	15.75 dC	15.67 D

间作降低了 0 ~ 300 cm 土层土壤速效磷含量, 其中 0 ~ 60 cm、61 ~ 100 cm、101 ~ 200 cm 土层不同处理之间均达到极显著差异 ($P < 0.01$); 间作对 300 cm 以下土层影响不显著 (表 3)。不同处理不同土层土壤速效磷含量表现为间作年限越长, 速效磷含量越低; 土层越深, 间作的影响力越小。

表 3 不同处理不同土层的土壤速效磷含量

Table 3 The content of available P of different soil layers of different interplant years in

处理 Treatments	<i>Armeniaca vulgaris</i> × <i>A. sibirica</i> orchard						(mg · kg ⁻¹)
	0 ~ 60 cm	61 ~ 100 cm	101 ~ 200 cm	201 ~ 300 cm	301 ~ 400 cm	401 ~ 500 cm	
清耕 Clean tillage	1.99 A	1.00 A	1.42 A	2.20 a	2.57	3.10	2.18 aA
间作 2 年 Interplant two years	1.65 B	0.85 B	1.20 B	2.19 a	2.53	3.08	2.06 bA
间作 4 年 Interplant four years	1.40 C	0.61 C	0.99 C	2.04 b	2.49	3.03	1.93 cB
间作 6 年 Interplant six years	1.20 D	0.52 D	0.93 C	1.94 b	2.47	3.02	1.86 cB

间作降低了 0~300 cm 土层土壤速效钾含量, 其中 0~60 cm 土层降幅较大, 间作 4 年、间作 6 年与清耕达到极显著差异 ($P < 0.01$); 61~100 cm、101~200 cm 土层降幅居中, 间作 6 年与清耕达到极显著差异 ($P < 0.01$); 201~300 cm 土层降幅较小, 间作 6 年与清耕达到显著差异 ($P < 0.05$); 间作对 300 cm 以下土层土壤速效钾含量影响不显著 (表 4)。

表 4 不同处理不同土层的土壤速效钾含量

Table 4 The content of available K of different soil layers of different interplant years in

Armeniaca vulgaris × A. sibirica orchard							
处理 Treatments	0~60 cm	61~100 cm	101~200 cm	201~300 cm	301~400 cm	401~500 cm	0~500 cm
清耕 Clean tillage	54.35 aA	43.05 aA	50.12 aA	57.61 a	61.54	58.65	55.55 a
间作 2 年 Interplant two years	49.64 bAB	41.50 abAB	48.37 abAB	55.71 ab	59.36	56.54	53.27 ab
间作 4 年 Interplant four years	46.66 cB	40.35 bcAB	46.56 bcAB	54.83 ab	60.49	57.66	52.73 ab
间作 6 年 Interplant six years	44.51 cB	39.49 cB	44.75 cB	54.39 b	60.02	57.36	51.80 b

2.3 不同处理的树体生长状况

不同处理的树干直径、树高、冠径、新枝长、新枝粗、坐果率和杏仁产量均表现为清耕 > 间作 2 年 > 间作 4 年 > 间作 6 年 (表 5)。间作显著削弱了仁用杏的长势, 降低了仁用杏的坐果率和杏仁产量, 且间作年限越长, 削弱越严重。

表 5 不同处理仁用杏的生长状况

Table 5 Growth status of Armeniaca vulgaris × A. sibirica of different treatments

处理 Treatments	树干直径 Diameter of trunk (cm)	树高 Height of tree (cm)	冠径 Diameter of crown (cm)	新枝长 Length of new shoot (cm)	新枝粗 Diameter of new shoot (cm)	坐果率 Fruit set percentage (%)	杏仁产量 Yield of almond (kg · tree ⁻¹)
清耕 Clean tillage	9.78 A	348 aA	354 × 368 aA	18.6 A	0.64 A	3.24 A	0.89 A
间作 2 年 Interplant two years	8.44 B	336 bAB	324 × 336 bAB	16.4 B	0.51 B	2.46 B	0.74 B
间作 4 年 Interplant four years	7.48 C	308 cBC	296 × 312 cBC	11.4 C	0.46 C	1.18 C	0.28 C
间作 6 年 Interplant six years	6.68 D	285 dC	264 × 286 dC	7.6 D	0.42 D	0.64 D	0.14 D

3 讨论

本试验在春季、夏季和秋季测定 0~500 cm 土层土壤水分, 间作沙打旺在秋季提高了 0~100 cm 土层土壤水分, 这与多数试验结果相同; 间作沙打旺在春季和夏季均显著降低了 0~500 cm 土层的水分, 在秋季显著降低了 101~500 cm 土层土壤的水分, 且间作年限越长, 土壤水分降低越显著, 间作的沙打旺存在着与仁用杏争水的矛盾, 这与少数试验结果 (Tan & Crabtree, 1990; Thomas et al., 2001; 赵政阳和李会科, 2006) 相同。仁用杏园间作沙打旺, 造成土壤水分降低的主要原因是 5~8 月为沙打旺快速生长期, 沙打旺生长量大, 耗水量大, 因此在春季和夏季显著降低了土壤水分含量; 由于沙打旺根系发达, 可大量吸收深层土壤的水分, 造成深层土壤水分过度消耗, 经过 7~9 月雨季土壤水分的恢复与积累, 深层土壤水分没能得到充分恢复, 即 101~500 cm 土层土壤水分仍处于较低水平, 低于清耕, 从而使 0~500 cm 土层土壤水分也低于清耕; 沙打旺在 1~6 龄期间, 年龄越大, 根系生长量越大且分布越深, 吸收的土壤水分越多, 吸取的土层越深, 故造成间作年限越长, 土壤水分越低。

间作沙打旺在雨季结束后提高了 0~100 cm 土层土壤水分, 主要原因是 7~9 月为土壤水分恢复与积累的阶段, 且 9 月份沙打旺生长缓慢, 耗水量少, 10 月份沙打旺开始枯萎凋落, 大量的枯枝落叶覆盖于地面, 减少了水分蒸发, 从而使 0~100 cm 土层土壤水分高于清耕。

由于沙打旺枯枝落叶量大, 0~100 cm 土层根系分布量大, 且根系具有根瘤菌, 可固定空气中的氮素; 沙打旺在 1~6 龄期间, 年龄越大, 枯枝落叶量越大, 0~100 cm 土层根系分布越密, 因此间

作沙打旺提高了 0~100 cm 土层土壤有机质、全氮含量,且间作年限越长土壤有机质、全氮含量提高越显著;由于 100 cm 土层以下沙打旺根系较少,故对 100 cm 土层以下的土壤有机质和土壤全氮含量无显著影响。由于沙打旺从土壤中大量吸取速效养分并可吸取深层土壤的养分,因此显著降低了 0~500 cm 土层土壤速效氮和 0~300 cm 土层土壤速效磷、速效钾的含量,且间作年限越长,降低量越大。间作沙打旺存在着与仁用杏争夺速效养分的矛盾。

间作沙打旺在秋季提高了 0~100 cm 土层土壤水分,但此期仁用杏进入落叶期,需水量小,对树木生长影响小,且 100 cm 土层以下土壤水分显著降低,不利于上层土壤水分补给,不利于树木越冬及来年春季开花萌芽。间作沙打旺提高了 0~100 cm 土层土壤有机质和全氮含量,但降低了 0~500 cm 土层速效氮和 0~300 cm 土层速效磷、速效钾含量,不利于仁用杏根系吸收。

黄土丘陵沟壑区土壤养分贫乏,降水偏少又分布不均,间作的沙打旺大量吸收、消耗土壤中的水分和速效养分,存在着与仁用杏争水争肥的现象。黄土丘陵沟壑区间作沙打旺显著削弱了仁用杏树木的生长,降低了坐果率和杏仁产量,故仁用杏园不宜间作沙打旺。

References

- Cheng Ji-min, Wan Hui-e, Wang Jing, Yong Shao-ping. 2004. Over depletion and recovery of soil moisture on *Astragalus adsurgens* grasslands in the loess hilly-gully region. *Acta Ecologica Sinica*, 24 (12): 2979–2983. (in Chinese)
- 程积民, 万惠娥, 王 静, 雍邵萍. 2004. 黄土丘陵区沙打旺草地土壤水分过耗与恢复. *生态学报*, 24 (12): 2979–2983.
- Hao Shu-ying, Liu Hu-die, Niu Jun-ling, Xie Xiao-hong, Li Deng-ke. 2003. Effects of herbage-mulching to the apple yield and soil water and other soil physical properties in the loess plateau. *Soil and Fertilizer*, 183 (1): 25–27. (in Chinese)
- 郝淑英, 刘蝴蝶, 牛俊岭, 解晓红, 李登科. 2003. 黄土高原区果园生草覆盖对土壤物理性状、水分及产量的影响. *土壤肥料*, 183 (1): 25–27.
- Li Hui-ke, Zhang Guang-jun, Zhao Zheng-yang, Li Kai-rong. 2007. Effects of interplanting of herbage on soil nutrient of non-irrigated apple orchard in the loess plateau. *Acta Horticulturae Sinica*, 34 (2): 477–480. (in Chinese)
- 李会科, 张广军, 赵政阳, 李凯荣. 2007. 黄土高原旱地苹果园生草对土壤养分的影响. *园艺学报*, 34 (2): 477–480.
- Liu Hu-die, Hao Shu-ying, Cao Qin, Zhao Guo-ping. 2003. Effect of grass cover on soil nutrient and yield and quality of apple. *Chinese Journal of Soil Science*, 34 (3): 184–186. (in Chinese)
- 刘蝴蝶, 郝淑英, 曹 琴, 赵国平. 2003. 生草覆盖对果园土壤养分、果实产量及品质的影响. *土壤通报*, 34 (3): 184–186.
- Nanjing Agricultural University. 1992. Analysis of soil agricultural chemistry. 2nd. Beijing: Agricultural Press. (in Chinese)
- 南京农业大学. 1992. 土壤农化分析. 第 2 版. 北京: 农业出版社.
- Sun Qi-zhong, Gui Rong. 2000. Research on decline law and recovery technique of *Astragalus adsurgens* meadow on Kerqin sand land. *Acta Agrestia Sinica*, 8 (4): 253–260. (in Chinese)
- 孙启忠, 桂 荣. 2000. 科尔沁沙地沙打旺草地衰退规律与恢复技术研究. *草地学报*, 8 (4): 253–260.
- Tan S, Crabtree G D. 1990. Competition between perennial ryegrass sod and 'Chardonnay' wine grapes for mineral nutrients. *HortScience*, 25 (5): 533–535.
- Thomas J, Tworowski D, Michael Glenn. 2001. Yield, shoot and root growth, and physiological responses of mature peach trees to grass competition. *HortScience*, 36 (7): 1214–1218.
- Zeng Xian-jing, Cai Duo-zhen, Tao Yi-shou. 1997. The effect of water and fertility of sandy soil by planting of *Astragalus adsurgens*. *Journal of China Agricultural University*, 2 (3): 59–67. (in Chinese)
- 曾宪竟, 蔡朵珍, 陶益寿. 1997. 栽培沙打旺对沙荒地水肥状况影响的研究. *中国农业大学学报*, 2 (3): 59–67.
- Zhang Xian-lai, Li Hui-ke, Zhang Guang-jun, Zhao Zheng-yang. 2005. Effects of interplanting different herbage on soil moisture in apple orchard of Weibei plateau. *Journal of Northwest Forestry University*, 20 (3): 56–59. (in Chinese)
- 张先来, 李会科, 张广军, 赵政阳. 2005. 种植不同牧草对渭北苹果园土壤水分影响的初步研究. *西北林学院学报*, 20 (3): 56–59.
- Zhao Zheng-yang, Li Hui-ke. 2006. The effects of interplant different herbage on soil water in apple orchards in the area of Weibei plateau. *Acta Horticulturae Sinica*, 33 (3): 481–484. (in Chinese)
- 赵政阳, 李会科. 2006. 黄土高原旱地苹果园生草对土壤水分的影响. *园艺学报*, 33 (3): 481–484.