

# 翻压油菜绿肥对枸杞产量和土壤养分含量的影响

张树杰, 陈 灿, 张红升, 魏 鹏, 安 磊

(宁夏职业技术学院, 宁夏广播电视大学, 宁夏 银川 750002)

**摘要:**通过田间试验研究了化肥施用量减半条件下,种植绿肥对宁夏5号枸杞果实产量和土壤养分含量的影响,试验包括化肥减半+配施有机肥(T1)、化肥减半+翻压油菜(T2)和全施化肥(CK)三个处理。结果显示:与CK相比,T1和T2处理分别使枸杞干果年产量显著增加24.1%和19.1%;在秋果采收后,T1和T2处理分别使枸杞地土壤有机质、碱解氮、速效磷、速效钾含量较CK显著增加12.8%、13.2%、36.0%、28.2%和60.2%、23.1%、28.5%、57.9%。说明在化肥施用量减半条件下,配施有机肥或翻压油菜绿肥均可以提高枸杞地土壤养分含量,增加枸杞干果产量;而且在提高土壤养分含量方面,翻压绿肥油菜效果更为显著。枸杞行间套种油菜作为绿肥翻压,可以减少化肥施用量,也是提高枸杞产量和枸杞地土壤养分含量的重要技术措施。

**关键词:**枸杞;翻压油菜绿肥;减施化肥;土壤养分;产量

**中图分类号:**S153.6;S567.1<sup>+</sup>9 **文献标志码:**A

## Effects of rapeseed green manuring on the fruit yield and soil nutrient content of wolfberry

ZHANG Shu-jie, CHEN Can, ZHANG Hong-sheng, WEI Peng, AN Lei

(Ningxia Polytechnic College, The Open University of Ningxia, Yinchuan, Ningxia 750002, China)

**Abstract:** A field experiment was conducted to study the effects of green manure on the fruit yields of Ningqi No. 5 wolfberry and soil nutrient status, under the condition of halving the amount of fertilizer, which included half chemical fertilizer with organic manure (T1), half chemical fertilizer spreading rapeseed straw manuring (T2), and chemical fertilizer only (CK) treatments. Results showed that, compared with CK, the dry fruit yield of T1 and T2 treatments was significant increased by 24.1% and 19.1%, respectively. Contents of soil organic matter, alkali hydrolysable N, available P, available K of T1 and T2 treatment significant increased by 12.8%, 13.2%, 36.0%, 28.2%, and 60.2%, 23.1%, 28.5%, 57.9%, respectively, at the end of autumn when fruits were harvested. These results indicated that, under the condition of halving the amount of fertilizer, both added organic manure and rapeseed straw manuring could increase the wolfberry fruit yield and the soil nutrient content, and the rapeseed straw manuring was more significant than added organic manure. Therefore, wolfberry interplanting with rapeseed as green manure not only reduced the chemical fertilizer application, but also increased the fruit yield and soil nutrient content of wolfberry.

**Keywords:** wolfberry; rapeseed green manure; reduced fertilization; soil nutrient; yield;

枸杞(*Lycium barbarum* L.)是茄科枸杞属多年生落叶灌木,其果实是我国传统名贵中药材和滋补食品,在增强免疫、抗衰老、抗肿瘤、抗氧化等多方面具有重要的药理作用。枸杞又是中国西北地区重要的经济作物之一,对宁夏特色农业产业起着重要

的支撑作用<sup>[1-2]</sup>。虽然枸杞耐盐碱、耐瘠薄,但却属于喜肥作物,在一定的施肥量范围内,产量随施肥量的增加而增加<sup>[3-4]</sup>。但由于缺乏配方施肥技术和施肥标准,枸杞的施肥管理基本停留在以经验为主阶段,盲目施肥、随意施肥,注重化肥、轻视有机肥

的现象普遍存在<sup>[4-5]</sup>。大量的研究发现,长期单一施用化肥,不仅会引起枸杞植株提早发黄、干枯、早衰、采果期缩短和产量、品质的下降,还会造成紧实板结、盐渍化严重、理化性质恶化等土壤问题<sup>[4-7]</sup>。而配施有机肥料,不仅可以提高枸杞产量,还利于土壤肥力的维持<sup>[7-9]</sup>。

种植绿肥不仅可以提高土壤有机质含量,促进植物生长和产量提高,还可以改良土壤结构,促进土壤团粒结构形成,从而增加土壤疏松性,改善土壤通气、透水性;油菜茎枝直立生长,株体高大,光合和生长效率相对较高,不仅鲜草产量高,而且其体内富含的含硫化合物在降解过程中能够产生硫甙类物质,对土壤起到显著的熏蒸作用。大量研究表明,硫甙能够有效地抑制杂草及病虫害,可以作为绿色有机杀虫剂和除草剂,以替代有害的合成农药<sup>[10-13]</sup>。因此,油菜作为绿肥的应用研究逐渐成为近年来的一个热点。本文通过田间试验,研究种植和翻压油菜对枸杞产量及土壤养分含量的影响,旨在为枸杞科学管理提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验地概况

试验地选定在宁夏职业技术学院现代农业实训中心园内,地处北纬 38°25′、东经 106°10′,位于银川平原中部、贺兰山东麓洪积扇下缘腹部沙地,平均海拔 1 115 m。该区属于典型的暖温带大陆性季风气候区,四季分明,昼夜温差大,春迟夏短、秋早冬长,年均日照时数 2 800 h,年均气温 8.5℃,年均降水量 180 mm。试验地地势平坦、土层深厚,土质为沙性壤土,微碱性,耕性良好,特别适宜于枸杞生长(表 1)。

### 1.2 试验材料

供试枸杞品种为宁杞 5 号,株行距 1 m×3 m,树龄 2 a,平均树高 1.1 m,平均地径 2.5 cm,树势中庸。供试氮、磷、钾肥分别为尿素(N<sub>2</sub>≥46%)、过磷酸钙(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>≥12%)和硫酸钾(K<sub>2</sub>O≥24%);供试有机肥为“顺宝”纯鸡粪发酵固体有机肥,由宁夏顺宝现代农业有限公司生产(宁夏青铜峡市);供试油菜为甘蓝型油菜“甘油杂 1 号”,种子由天水市农科所提供。

表 1 试验地土壤基本理化性质

Table 1 Physical and chemical properties of studied soil

pH	有机质 (g·kg <sup>-1</sup> )	碱解氮 (mg·kg <sup>-1</sup> )	速效磷 (mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾 (mg·kg <sup>-1</sup> )
8.4	5.9	29.3	26.1	142.6

### 1.3 试验设计

本研究分别设置单施化肥对照(CK)、配施有机肥(T1)和翻压油菜(T2)等 3 个处理,每个处理 3 次重复,小区面积 10 m×20 m(共 6 行,每行 10 株,共 60 株),随机排列,各小区四周均留保护行 2 行。试验开始前,每个小区选定 3 株地径 2.5 cm 左右、生长势一致的枸杞树作为土样采样株进行标记。施肥量:CK 为常规施肥量,即尿素 200 g·株<sup>-1</sup>,过磷酸钙 400 g·株<sup>-1</sup>,硫酸钾 300 g·株<sup>-1</sup>;T1 处理化肥施入量为 CK 的 50%,即尿素 100 g·株<sup>-1</sup>,过磷酸钙 200 g·株<sup>-1</sup>,硫酸钾 150 g·株<sup>-1</sup>,配施有机肥 5 kg·株<sup>-1</sup>(“顺宝”纯鸡粪发酵固体有机肥,有机质含量≥46%,N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+K<sub>2</sub>O 含量≥6%);T2 处理化肥施入量同 T1 处理,不施有机肥。施肥时间:CK 分 3 次施肥,第一次在 3 月 25 日,施肥量为全年施肥量的 50%;第二次在 6 月 15 日,施肥量为全年施肥量的 30%,第三次在 8 月 10 日,施肥量为全年施肥量的 20%(氮磷钾肥均按照此比例分 3 次施用);T1 和 T2 处理均为一次性施肥,时间在 3 月 25 日。施肥方法:采用穴施法,在树冠外缘垂直投影处(距树干基部 30~40 cm)沿对角线开挖 4 个 15~20 cm 深的施肥穴,将称量好的肥料分每株 4 份放入穴中,覆土灌水。田间管理:CK 和 T1 处理采用清耕管理,及时进行松土除草,保持小区内无杂草;T2 处理 3 月 25 日在枸杞行间播种油菜,每米 3 行,4 月上旬油菜出苗后定苗,密度保持在 40~50 株·m<sup>-2</sup>,待大部分油菜进入盛花期进行翻压(8 月 10 日),油菜鲜草产量 20 000 kg·hm<sup>-2</sup>,翻压量 2 kg·m<sup>-2</sup>。翻压方法:采用“亿阳”YY-130 秸秆收割粉碎机(山东省曲阜市亿阳农业机械厂生产)分小区将油菜收割、粉碎,并均匀覆盖地面后旋耕翻压;留茬高度 5 cm 左右,切草长度 2~10 cm(长度 2~5 cm 占 50%以上),丝条状;翻耕深度 15 cm 以上。

### 1.4 采样及分析方法

1.4.1 产量测定 在果实成熟期,每 10 d 采收 1 次,采后立即称鲜果质量,烘干称重后保存,计算含水率,并于 10 月份统计各小区夏果、秋果及全年干果产量。

1.4.2 土样采集 夏果采收 6 次,分别是 6 月 25 日、7 月 5 日、7 月 15 日、7 月 25 日、8 月 3 日和 8 月 13 日。秋果采收 4 次,分别是 9 月 1 日、9 月 11 日、9 月 21 日和 10 月 1 日。分别在 3 月 25 日、8 月 30 日夏果采收结束后和 10 月 10 日秋果采收后用取土钻采集土样,取土深度 25 cm(取土钻采样直径 7 cm,采样长度 25 cm)。采样方法:以采样株树干为

中心,沿对角线四角等距离(距树干基部 15 cm)取土样 4 份,在采样株与右侧相邻枸杞树株距正中间取土样 1 份,将 5 份土样混合均匀,风干待测<sup>[3]</sup>。测定方法:土壤有机质含量用重铬酸钾外加热法测定;碱解氮用  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$  水解,扩散法测定;速效磷用  $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaHCO}_3$  浸提,钼锑抗比色法测定;速效钾用  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NH}_3\text{OAc}$  浸提,火焰光度计测定<sup>[2]</sup>。

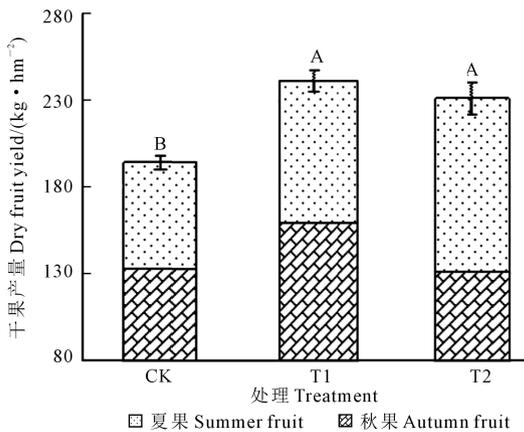
### 1.5 数据处理

所有数据均为 3 个重复平均值 $\pm$ 标准误,SPSS 22.0 软件进行单因素方差统计分析,Duncan 法检验,差异显著性定义为  $P < 0.05$  和  $P < 0.01$ ,Excel 13 制作相应图表。

## 2 结果与分析

### 2.1 各处理枸杞干果产量

试验结果显示,无论是配施有机肥处理(T1),还是翻压油菜处理(T2)均对宁杞 5 号枸杞干果产量有显著影响,但两个处理对夏果和秋果产量的影响规律却不完全一致(图 1)。与单施化肥对照 CK 处理相比,T1 和 T2 处理分别使枸杞干果年产量显著增加( $F = 12.427, P = 0.007$ ) 24.1% 和 19.1%。从枸杞夏果产量来看,T1 处理较 CK 显著增加( $F = 10.568, P = 0.011$ ) 19.8%,而 T2 处理较 CK 降低 1.4%;从枸杞秋果产量来看,T1 和 T2 处理分别较 CK 显著增加( $F = 12.626, P = 0.007$ ) 33.5% 和 63.5%。



注:1. 误差线表示各处理标准差( $n=3$ ); 2. 不同大、小写字母分别表示处理间在 0.01 和 0.05 水平差异显著, Duncan 检验。下同。

Note: 1. Error bars represent standard error ( $n=3$ ); 2. Different capital letter or lowercase letter denote statistically difference between treatment groups according to Duncan's test ( $P < 0.01$  or  $P < 0.05$ ), respectively. the same below.

图 1 宁杞 5 号枸杞干果产量

Fig.1 Dried fruit yields of Ningqi No. 5 wolfberry

### 2.2 各处理枸杞地土壤有机质含量

从图 2 可以看出,T1 和 T2 处理均对枸杞地土壤有机质含量有显著影响。与 CK 相比,第二次采样时 T1 和 T2 处理分别使枸杞地土壤有机质含量显著增加( $F = 20.287, P = 0.002$ ) 26.1% 和 16.4%;第三次采样时 T1 和 T2 处理分别使枸杞地土壤有机质含量显著增加( $F = 114.636, P = 0.000$ ) 12.8% 和 60.2%。从时间进程来看,CK 枸杞地土壤有机质含量随时间呈下降趋势,但未达到显著性差异( $F = 0.674, P = 0.544$ ),第二次和第三次采样时分别比第一次采样时降低了 0.5% 和 3.5%;T1 处理枸杞地土壤有机质含量随时间则表现为显著的先升高后降低趋势( $F = 12.940, P = 0.007$ ),第二次和第三次采样时分别比第一次采样时升高了 25.4% 和 9.0%;T2 处理枸杞地土壤有机质含量随时间则表现为先缓慢升高、后快速升高趋势( $F = 111.409, P = 0.000$ ),第二次和第三次采样时分别比第一次采样时升高了 15.8% 和 54.7%(图 2)。

### 2.3 各处理枸杞地土壤碱解氮含量

不同处理之间枸杞地土壤碱解氮含量在不同采样时期存在显著差异(图 3)。与 CK 相比,第二次采样时 T1 和 T2 处理分别使枸杞地土壤碱解氮含量显著增加( $F = 30.422, P = 0.001$ ) 27.9% 和 11.1%;第三次采样时 T1 和 T2 处理分别使枸杞地土壤碱解氮含量显著增加( $F = 25.416, P = 0.001$ ) 13.2% 和 23.1%。从时间进程来看,CK 枸杞地土壤碱解氮含量随时间呈显著下降趋势( $F = 3.374, P = 0.104$ ),第二次和第三次采样时分别比第一次采样时降低 6.4% 和 6.5%;T1 处理枸杞地土壤碱解氮含量随时间表现为显著的先升高后降低趋势( $F = 23.473, P = 0.001$ ),第二次和第三次采样时分别比第一次采样时升高了 19.7% 和 5.9%;T2 处理枸杞地

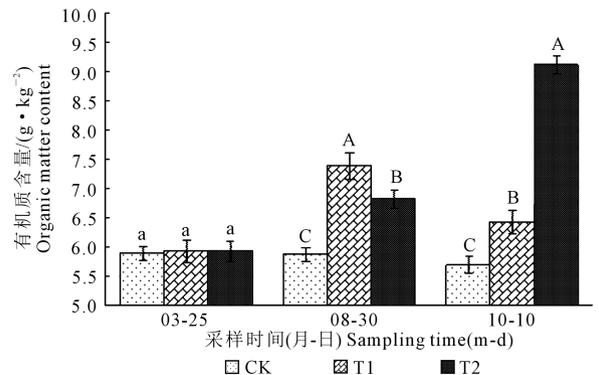


图 2 不同采样时间枸杞试验地土壤有机质含量

Fig.2 The organic matter content during the different sampling periods of wolfberry

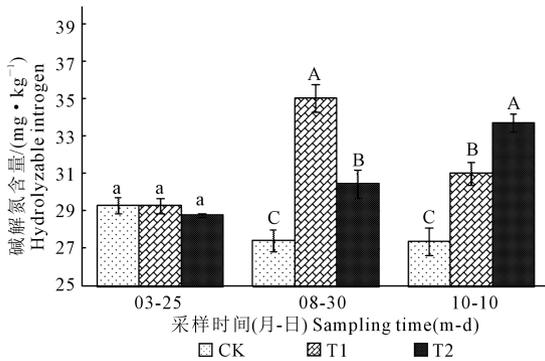


图 3 不同采样时间枸杞试验地土壤碱解氮含量

Fig.3 The alkali hydrolysable soil nitrogen content during the different sampling periods of wolfberry

土壤碱解氮含量随时间表现出显著升高趋势 ( $F = 23.357, P = 0.001$ ), 第二次和第三次采样时分别比第一次采样时升高了 4.0% 和 15.1%。

#### 2.4 各处理枸杞地土壤速效磷含量

试验结果显示, 无论是配施有机肥还是翻压油菜均对枸杞地土壤速效磷含量有显著影响 (图 4)。与 CK 相比, 第二次采样时 T1 和 T2 处理分别使枸杞地土壤速效磷含量显著增加 ( $F = 79.35, P = 0.000$ ) 44.7% 和 6.8%; 第三次采样时 T1 和 T2 处理分别使枸杞地土壤速效磷含量显著升高 ( $F = 65.197, P = 0.000$ ) 36.0% 和 28.5%。从时间进程来看, CK 枸杞地土壤速效磷含量随时间呈显著下降趋势 ( $F = 10.905, P = 0.010$ ), 第二次和第三次采样时分别比第一次采样时降低了 1.3% 和 8.4%; T1 处理随时间表现为显著的先升高后降低趋势 ( $F = 51.292, P = 0.000$ ), 第二次和第三次采样时分别比第一次采样时升高了 42.9% 和 24.5%; T2 处理随时间则表现为显著的增长趋势 ( $F = 18.943, P = 0.003$ ), 第二次和第三次采样时分别比第一次采样时增长了 5.5% 和 17.6%。

#### 2.5 各处理枸杞地土壤速效钾含量

与 CK 相比, 第二次采样时 T1 和 T2 处理分别使枸杞地土壤速效钾含量显著升高 ( $F = 20.562, P = 0.002$ ) 45.6% 和 22.5%, 第三次采样时 T1 和 T2 处理分别使枸杞地土壤速效钾含量显著升高 ( $F = 65.647, P = 0.000$ ) 28.2% 和 57.9%。从时间进程来看, CK 枸杞地土壤速效钾含量随时间呈显著下降趋势 ( $F = 9.730, P = 0.013$ ), 第二次和第三次采样时分别比第一次采样时下降了 5.8% 和 13.5%; T1 处理枸杞地土壤速效钾含量随时间表现为显著的先升高后降低趋势 ( $F = 15.360, P = 0.004$ ), 第二次和第三次采样时分别比第一次升高了 37.2% 和 10.9%; T2 处理枸杞地土壤速效钾含量随时间表现出显著升高趋势 ( $F = 36.371, P = 0.000$ ), 第二次和第三次采样时分别比第一次采样时升高了 15.4% 和 36.6%。

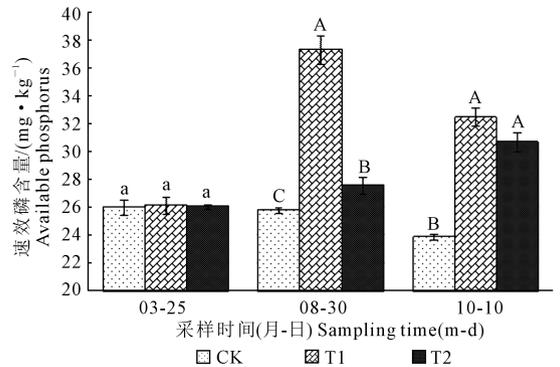


图 4 不同采样时间枸杞试验地土壤速效磷含量

Fig.4 The available soil phosphorus content during the different sampling periods of wolfberry

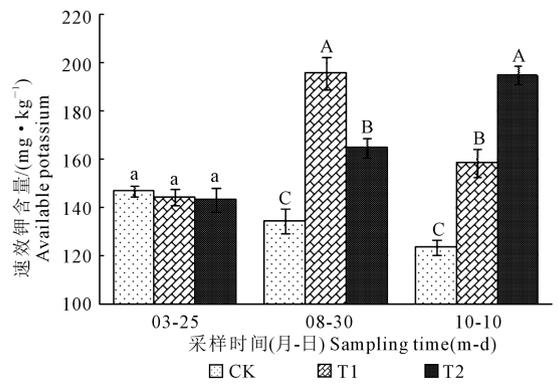


图 5 不同采样时间枸杞试验地土壤速效钾含量

Fig.5 Available soil potassium content during the different sampling periods of wolfberry

### 3 讨论

研究结果显示, 在化肥施用量减半条件下, 配施有机肥处理 (T1) 使 2 a 生宁杞 5 号枸杞干果年产量较常规施肥量单施化肥对照 (CK) 显著增加 24.1% (图 1), 这个结果与前人许多类似研究结果一致。王三英等<sup>[1]</sup>研究发现, 不同的配方施肥处理均可使宁杞 1 号枸杞鲜果产量较对照显著增加, 增加值最大可达 80.83%。鲍瑞等<sup>[8]</sup>研究发现, 配施牛粪等有机肥可显著提高宁杞 1 号枸杞干果产量, 特别是配施精品有机肥较对照增加 69.1%。周倩倩等<sup>[9]</sup>研究发现, 配施沼液可以使 4 a 生宁杞 1 号枸杞干果产量显著增加, 在沼液施用量  $10 \text{ kg} \cdot \text{株}^{-1}$  时, 单株干果产量较对照增加 34.07%。这些研究结果说明, 适宜的施肥量与合理的肥料配比可以显著提高枸杞产量, 特别是配施有机肥料, 不仅可以提高枸杞产量, 还利于土壤肥力的维持<sup>[1-5, 8-9]</sup>。而长期单施化肥, 不仅会引起枸杞产量和品质的下降, 还会造成紧实板结、盐渍化严重、理化性质恶化等土壤问题<sup>[4-7]</sup>。此外, 在本试验中, 种植和翻压油菜处理 (T2) 与配施有机肥处理 (T1) 有相同的增产效

果,在化肥施用量减半条件下,T2处理仍使枸杞干果产量较对照显著增加19.1%(图1)。这个研究结果与油菜作为绿肥显著增加玉米产量22.39%<sup>[14]</sup>、水稻产量5.70%~14.55%<sup>[11]</sup>、烤烟产量24.7%<sup>[13]</sup>等农作物的研究结果一致。

李惠霞等<sup>[15]</sup>研究发现,施用不同有机物料或有机物料配施化肥能够显著提高土壤有机质、碱解氮、有效磷含量,促进枸杞当季新枝萌发、叶片形成、枝条生长和干物质的形成。本研究结果也表明,配施有机肥(T1)处理显著提高了枸杞地土壤有机质、碱解氮、速效磷和速效钾的含量,进而显著提高枸杞产量(图1~图5)。许多研究发现,翻压油菜能够提高土壤有机质、全氮和全磷含量,改善土壤物理结构,增加土壤脲酶和酸性磷酸酶活性,从而提高了供试作物的产量<sup>[11-12,16-17]</sup>。例如,王丹英等<sup>[11]</sup>研究发现,翻压油菜能够提高土壤有机质、全氮和全磷含量,增加了土壤脲酶和酸性磷酸酶活性,从而提高了供试水稻的产量。李红燕等<sup>[16]</sup>研究发现,无论是麦后种植还是麦田套种油菜均可以显著提高土壤养分含量,与夏季裸露对照相比,麦后播种油菜分别使土壤有机质、速效磷和速效钾含量分别显著增长12.4%、39.7%和13.7%;麦田套种油菜分别使土壤有机质、速效磷和速效钾含量分别显著升高11.7%、25.4%和19.0%。本试验也得出相同的研究结果,行间种植和翻压油菜显著提高了枸杞地土壤有机质、碱解氮、速效磷和速效钾含量,进而显著提高了枸杞干果年产量,而且在提高土壤养分含量方面,翻压油菜的效果较配施有机肥更显著(图1~图5)。这些研究结果表明,枸杞行间套种和翻压油菜不仅可以增加枸杞干果产量,还可以减少化肥的投入,提高枸杞地土壤养分含量。

但在本试验中,土壤有机质、碱解氮、速效磷、速效钾含量,都在处理当年就较CK显著增加,特别是土壤有机质含量增加了60.2%(图2~图5),这与前人的研究结果并不完全一致。如刘晓霞等<sup>[17]</sup>研究发现,绿肥连续还田2a对土壤养分含量的影响不大,但连续还田3~4a,土壤有机质、全氮和有效磷含量显著升高。何亮珍等<sup>[12]</sup>研究发现,种植冬油菜可以显著提高土壤全氮和矿化氮、全磷和有效磷含量,但对土壤有机质含量无显著影响。这些差异可能与目标作物、试验地土壤及气候条件、油菜翻压时间及方法等因素的不同有关。油菜生物量在盛花期最大,鲜草产量可达30 000~45 000 kg·hm<sup>-2</sup>,此时翻压对作物产量、土壤养分含量影响最为显著,而且此时油菜秸秆碳氮比接近25:1,最利于

微生物对有机物的分解与转化<sup>[10-11,18-19]</sup>。此外,有机物的物理状态也是影响其分解转化的关键因素,通过粉碎还田,可以破碎秸秆体表抗微生物物质的保护作用,增加秸秆与微生物的接触面积,从而加快其分解转化的速度。王丹英等<sup>[11]</sup>研究发现,油菜盛花期还田,可以使水稻田有机质含量增加4.52 g·kg<sup>-1</sup>,达到60.79 g·kg<sup>-1</sup>;而在本试验中土壤有机质含量仅增加了3.20 g·kg<sup>-1</sup>,达到9.13 g·kg<sup>-1</sup>(图2),这可能是由于土壤质地及含水量、土壤微生物群落结构及活性不同,进而引起油菜秸秆降解速度不一致有关。

#### 参考文献:

- [1] 王三英,蔡国军,张宝琳,等.配方施肥对枸杞品质及产量的影响[J].经济林研究,2012,30(3):61-65.
- [2] 南雄雄,王昊,常红宇,等.不同施肥量对风沙土区枸杞生长的影响[J].经济林研究,2014,32(3):104-108.
- [3] 刘赛,徐荣,陈君,等.宁夏中宁不同施肥方式下土壤肥力及枸杞子品质比较研究[J].中国中药杂志,2011,36(19):2641-2644.
- [4] 徐常青,刘赛,徐荣,等.我国枸杞主产区生产现状调研及建议[J].中国中药杂志,2014,39(11):1979-1984.
- [5] 韩宏伟,王建友,李勇,等.沙壤土条件下不同施肥水平对成龄枸杞生长及产量的影响[J].中南林业科技大学学报,2015,35(4):46-50.
- [6] 康萍芝,张丽荣,沈瑞清.宁夏枸杞落叶病发生原因及防治对策[J].北方园艺,2012,23:170-172.
- [7] 李云翔,王少东,柯英,等.宁夏主要枸杞产区施肥现状与土壤养分特征[J].干旱地区农业研究,2016,34(2):113-118.
- [8] 鲍瑞,周筠,康建宏,等.不同有机肥对枸杞活性成分的影响[J].土壤与肥料,2013,(5):174-177.
- [9] 周倩倩,王有科,李捷,等.施用沼液对景电灌区枸杞生长及品质的影响[J].华南农业大学学报,2013,34(1):12-17.
- [10] 傅廷栋,梁东华,周广生.油菜绿肥在现代农业中的优势及发展建议[J].中国农技推广,2012,28(8):37-39.
- [11] 王丹英,彭建,徐春梅,等.油菜作绿肥还田的培肥效应及对水稻生长的影响[J].中国水稻科学,2011,26(2):85-91.
- [12] 何亮珍,郭嘉,付爱斌,等.双季稻冬闲田种植绿肥对土壤理化性质的影响[J].作物研究,2017,31(4):405-414.
- [13] 刘领,李继伟,任鹏,等.不同芸苔属绿肥对烤烟生长及产量的影响[J].河南农业科学,2017,46(8):52-56.
- [14] 吴大鸿.油菜秸秆还土改良中低产旱地试验效果[J].贵州农业科学,2004,32(2):45-47.
- [15] 李惠霞,何文寿,王秀娟,等.不同培肥措施对枸杞园盐化土壤性质及枸杞生长的影响[J].干旱地区农业研究,2010,28(5):79-84.
- [16] 李红燕,胡铁成,曹群虎,等.旱地不同绿肥品种和种植方式提高土壤肥力的效果[J].植物营养与肥料学报,2016,22(5):1310-1318.
- [17] 刘晓霞,陶云斌,章日亮.不同绿肥连续还田对水稻产量和土壤肥力的影响[J].浙江农业科学,2016,57(9):1379-1382.
- [18] 席莹莹.绿肥种类和种植方式对水稻产量、养分吸收及土壤肥力的影响[D].武汉:华中农业大学,2014.
- [19] 赵慧娟.油菜作为绿肥的栽培技术与田间肥效试验研究[D].武汉:华中农业大学,2014.