

# 间作植物和茬口对连作党参生长和品质产量的影响

杜毛笑<sup>1</sup>, 邱黛玉<sup>1\*</sup>, 任凤英<sup>1</sup>, 王思嘉<sup>2</sup>, 胡芳弟<sup>3</sup>

(1 甘肃农业大学 农学院, 甘肃省干旱生境作物学重点实验室, 兰州 730070; 2 西安利君制药有限公司, 西安 710077; 3 兰州大学药学院, 兰州 730000)

**摘要:** 选择两种茬口(轮作茬、连作茬)和 6 种植物材料(党参、大蒜、玉米、黄芪、苦参、向日葵), 组成党参单作和间作 6 种植模式, 设置茬口和间作模式两因素田间随机区组试验, 通过监测不同生长时期党参的生长指标(蔓长、主根长、主根直径、地下部分鲜干重)、根部产量及品质指标(根部多糖含量、炔苷含量、醇溶性浸出物含量和灰分含量)的变化衡量不同茬口和间作植物对党参连作障碍的缓解效应。结果表明:(1) 轮作茬口下党参单作及各间作处理对党参生长、品质和产量的改善效果都较连作茬口下明显, 且两茬口下各间作处理的改善效果都较党参单作明显。(2) 与向日葵、大蒜和玉米间作处理对两茬口党参的主根长、主根直径、地下部分鲜干重的提升效果比党参单作和其余间作处理(与黄芪、苦参间作)更显著。(3) 大蒜和向日葵间作处理能够显著提高两茬口党参根部产量, 尤其大蒜表现最优, 与其间作的轮作茬和连作茬党参分别较各自对照增产 49.92% 和 22.55%。(4) 与大蒜间作能有效提升两茬口党参根部多糖含量、炔苷含量和醇溶性浸出物的含量, 党参单作和其余间作处理对两茬口连作党参的品质提升效果不及大蒜间作处理理想。研究发现, 从党参长势及根部产量和品质综合分析, 两茬口下党参与大蒜间作最有利于党参植株生长, 能有效缓解党参连作障碍, 并显著提高其药用部位的产量和品质, 且轮作茬口下的提高效应更明显。

**关键词:** 党参; 连作障碍; 间作作物; 茬口; 生长; 产量; 品质

**中图分类号:** Q945.79; S344.6 **文献标志码:** A

## Effects of Intercropping Crops and Stubbles on Growth, Yield and Quality of *Codonopsis pilosula*

DU Maoxiao<sup>1</sup>, QIU Daiyu<sup>1\*</sup>, REN Fengying<sup>1</sup>, WANG Sijia<sup>2</sup>, HU Fangdi<sup>3</sup>

(1 College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Gansu Provincial Key Laboratory of Aridland Crop Science, Lanzhou 730070, China; 2 Xi'an Lijun Pharmaceutical Co., Ltd, Xi'an, 710077; 3 College of Pharmacy, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** Two stubbles (rotation stubble and continuous cropping stubble) and six plant materials (*Codonopsis pilosula*, *Allium sativum*, *Zea mays*, *Astragalus mongholicus*, *Sophora flavescens* and *Helianthus annuus*) were selected to form six planting modes of *Codonopsis pilosula* monoculture and intercropping, and a field random block test of two factors of the stubble and the intercropping mode was set up. The alleviation effect of different stubbles and intercropping crops on continuous cropping obstacle of *C. pilosula* was

收稿日期: 2021-05-11; 修改稿收到日期: 2021-08-28

基金项目: 国家自然科学基金(31960395); 国家重点研发计划项目(2018YFC1706301)

作者简介: 杜毛笑(1998-), 女, 在读硕士研究生, 研究方向为中药学。E-mail: 2995847011@qq.com

\* 通信作者: 邱黛玉, 博士, 副教授, 从事药用植物栽培与鉴定工作。E-mail: qiudy@gsau.edu.cn

measured by monitoring the changes of growth indexes (vine length, main root length, main root diameter, fresh and dry weight of the underground part), root yield and quality indexes (root polysaccharide content, alkyinin content, alcohol-soluble extract content and ash content) of the roots. The results showed that: (1) the effects of single cropping and intercropping on the growth, quality and yield of *C. pilosula* under rotation are more obvious than those under continuous cropping, and the effects of intercropping under two stubbles are more obvious than those under single cropping. (2) The intercropping treatment with *H. annuus*, *A. sativum* and *Z. mays* had more significant effects on the main root length, the main root diameter and the fresh and dry weight of underground part of *C. pilosula* than *C. pilosula* monoculture and other intercropping treatments (intercropping with *A. mongholicus* and *S. flavesces*); (3) The intercropping treatment of *A. sativum* and *H. annuus* could significantly increase the root yield of *C. pilosula* during two seasons. Especially, *A. sativum* performed best. The crop rotation and continuous cropping *C. pilosula* intercropped with *A. sativum* increased the yield by 49.92% and 22.55% respectively as compared with the control; (4) Intercropping with *A. sativum* could effectively increase the polysaccharide content, alkyinin content and alcohol-soluble extract content in the roots of *C. pilosula* during two seasons. The effect of *C. pilosula* monoculture and other intercropping treatments on the quality improvement of *C. pilosula* during two seasons was not as good as that for *A. sativum* intercropping. The study found that, based on the comprehensive analysis of the growth status, root yield and quality of *C. pilosula*, the participation of the party in *A. sativum* intercropping was the most beneficial for the plant growth of *C. pilosula* under two crop rotation, which could effectively alleviate the continuous cropping obstacle of *C. pilosula* and significantly improve the yield and quality of its medicinal parts. Moreover, the enhance effect under crop rotation was more significant than that under continuous cropping.

**Key words:** *Codonopsis pilosula*; continuous cropping obstacle; intercropping crops; stubbles; growth; yield; quality

中药党参为桔梗科党参 [*Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf.]、素花党参 [*Codonopsis pilosula* Nannf. var. *modesta* (Nannf.) L. T. Shen] 或川党参 [*Codonopsis tangshen* Oliv.] 的干燥根, 据《中国药典》记载<sup>[1]</sup>, 党参具有补中益气 and 健脾益肺的功能, 是中国大宗药材之一。随着人们养生意识的提高, 近年来市场对党参的需求量大幅上升, 由于党参易栽培、周期短和产量可观的优势, 国内目前已形成较为成熟的党参种植和供应体系, 其中以甘肃产量最大<sup>[2]</sup>。党参倒茬所需年限较长, 因需求量的上升连年耕作已成为党参主产地的生产常态, 因此党参栽培目前面临的最大问题就是连作障碍<sup>[3]</sup>。药用植物连作障碍多发已成为制约多数中药产业发展的因素之一, 连作障碍会使得药用植物的存苗率降低、长势变弱、药用部位发育不完善、药效成分含量下降, 严重影响药用植物的产量和质量, 最终限制中药产业的发展。容易发生连作障碍的药用植物除党参之外还有附子、人参、三七、地黄、半夏等等<sup>[4-7]</sup>。

有研究表明<sup>[8-9]</sup>连作障碍的发生往往与土壤理化性质和土壤生物环境的改变及植物自身分泌的自毒物质有关。以此为突破口前人已经探索了多种缓解连作障碍的措施, 有人通过施用各种肥料来调节土壤的理化性质<sup>[10-13]</sup>, 比如用石灰和石灰氮等碱性

肥料能够改善土壤酸化的问题; 施用有机肥及菌肥能起到调节土壤微生态的作用; 配施不同种类的肥料以发挥其复合作用等等, 这些肥料还能通过增加土壤肥力来达到消减连作障碍目的。有学者通过添加能降解自毒物质的试剂或者通过筛选自毒物质降解菌来缓解连作障碍, 有人证明褪黑素<sup>[14]</sup>、油菜素内酯<sup>[15]</sup>、硅肥<sup>[16]</sup>等在降解自毒物质缓解连作障碍中有较大潜力。也有很多学者探索筛选拮抗菌, 如解灵军<sup>[17]</sup>等筛选出了能够降解连作草莓自毒物质对羟基苯甲酸的降解菌菌株 B3512, 并通过盆栽试验证明了该菌株对自毒物质具有较好的降解效果。除此之外有学者证明了与其他作物间作也能起到缓解连作障碍的作用, 如苏世鸣等<sup>[18]</sup>报道, 连作西瓜与旱作水稻间作能够有效改善土壤微生物区系, 对西瓜枯萎病的发生具有较好的防控作用; 连作当归与大蒜间作<sup>[19]</sup>能够提高当归的产量和有效成分含量, 还能一定程度防控病害, 对消减连作对当归的危害有一定作用。目前, 将党参与不同作物间作来缓解党参连作障碍的研究鲜有报道, 本试验即聚焦于此, 期望为该方面的研究提供一些借鉴。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验区概况

本试验于 2019 年在甘肃省陇南市宕昌县理川

镇拉沙村进行,该区海拔 2 390 m,年降雨量 450 mm,年平均气温 10 ℃,无霜期 180 d。试验地土壤基础肥力:pH 值 7.39,有机质 14.22 g/kg,速效磷 23.68 mg/kg,硝态氮 17.95 mg/kg,铵态氮 13.59 mg/kg,速效钾 188.67 mg/kg。

## 1.2 供试材料

供试种苗为宕昌县六合中药材合作社提供的大小均匀、无病害的党参苗(苗长  $22 \pm 4$  cm、直径  $3.27 \pm 1.22$  mm、单苗鲜重  $2.17 \pm 1.11$  g)。间作材料黄芪苗、大蒜、玉米种子、向日葵种子等均采于宕昌县理川镇,苦参苗采于河北保定。供试肥料包括尿素(含 N 46%)和磷酸二铵(含  $P_2O_5$  46%,N 18%)。

## 1.3 试验设计与处理

**1.3.1 间作试验设计** 采用双因素随机区组试验设计,设不同茬口与不同间作物两因素。茬口包括轮作茬(R)和连作茬(C)两种,连作年限为 1 年,轮作前茬为黄芪。间作模式设党参单作(CK),党参与大蒜间作(DS)、党参与玉米间作(YM)、党参与黄芪间作(HQ)、党参与苦参间作(KS)、党参与向日葵间作(XRK)共 6 种。两因素共组成 12 个处理组合,每处理重复 3 次,共 36 个小区,小区面积为  $19.25 \text{ m}^2$  ( $3.5 \text{ m} \times 5.5 \text{ m}$ ),小区间距 0.4 m,四周设 1 m 保护行。

**1.3.2 间作试验方法** 试验党参苗于 2019 年 3 月 29 日移栽,行距 25 cm、株距 8 cm,每小区栽 14 行,同日播种间作材料;各小区行距统一,苦参株距为 20 cm,黄芪株距为 15 cm;玉米、向日葵、大蒜要求穴播,穴距分别为 30 cm、40 cm、10 cm;玉米每穴播 1 粒、向日葵每穴播 2 粒、大蒜每穴播 1 粒。出苗后,生长期视需要进行除草。试验分别于党参快速生长期(6 月 29 日)、党参根系生长旺盛期(8 月 29 日)及当地党参最佳采收期(10 月 18 日)进行采样,测定其各项指标。

## 1.4 党参相关指标测定

**1.4.1 生长指标** 在 3 个生长期分别采样测定,各小区随机挖取 5 株党参植株,测定其蔓长、主根长、根直径、地下部分鲜干重等生长指标。蔓长为党参地上部分从地面到植株茎最高点的最大长度,主根长为党参地下部分主根的最大长度,根直径用游标卡尺测定党参地下部分最宽处,地下部分鲜重为切除地上部分后全根重,自然阴干为其地下部分干重。

**1.4.2 产量** 2019 年 10 月 18 日于每小区随机取样 15 株进行测产,以单根鲜重和收获株数计算公顷产量。产量( $\text{kg}/\text{hm}^2$ ) = 单根鲜重(g) × 收获株数

(株/ $\text{hm}^2$ )/1 000。

**1.4.3 品质** 党参采收后自然阴干粉碎,用于测定党参根部多糖含量、炔苷含量、灰分含量和醇溶性浸出物含量。党参根部多糖含量的测定采用苯酚-硫酸比色法;党参根部炔苷含量、灰分含量、醇溶性浸出物含量的测定均采用《中国药典》(2020 版)记载的测定方法。灰分含量采用灰分测定法;醇溶性浸出物采用热浸法;炔苷含量采用高效液相色谱法。

## 1.5 数据处理方法

试验数据分析采用 Office 2010、Excel 和 SPSS 19.0 统计软件进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 间作和茬口对党参生长的影响

**2.1.1 蔓长** 党参地上部分生长盛期在 6 月至 8 月份,其地上部分长势在后期渐弱。从表 1 可知,在连作茬下,党参蔓长于 6 月至 8 月下旬的增长较快,增幅大于 8 月至 10 月,并以党参与向日葵间作处理(C-XRK)的增幅最大;在 8 月至收获期,党参蔓长增长变慢,其与玉米、向日葵间作(C-YM、处理 C-XRK)的蔓长显著高于对照,并以同期向日葵间作(C-XRK)处理蔓长最高,且与对照差异显著。就轮作茬而言,党参蔓长增幅在 6 月至 8 月下旬以玉米、向日葵间作处理(R-YM、R-XRK)的最大,两者在 8 月下旬也均表现较好,并与对照差异显著;党参蔓长在收获期仍以玉米、向日葵间作(R-YM、R-XRK)处理表现突出,较对照分别显著增加 107.06%、152.09%,其中向日葵间作(R-XRK)的表现最优。

两种茬口间相比较,从 6 月到 8 月,轮作茬口及轮作茬口下各间作处理的党参蔓长的增长幅度均大于连作茬口;并且两茬口各处理的党参蔓长的增长幅度都优于两茬口党参单作。8 月到 10 月,轮作茬口下与黄芪、苦参、向日葵间作处理(R-HQ、R-KS、R-XRK)的党参蔓长的增长略逊于连作茬口下该 3 种处理的增长,其余处理均表现为轮作茬口处理下的蔓长的增长优于连作茬口。以上结果说明连作茬口的党参地上部分的长势弱于轮作茬口的党参地上部分的长势,而且在轮作茬口上施以与不同的间作处理更有利于改善党参地上部分的生长。

**2.1.2 主根长** 各处理的党参主根长在生长前期增长缓慢,在收获期均达到顶峰;在整个生长期,两茬口各处理的党参主根长均较对照有所提高(表 2)。其中,在 6 月下旬,党参主根长在两茬口不同处理间均差异不显著。连作茬下,党参地下部分生长于

表 1 不同茬口和间作模式下党参蔓长的变化

Table 1 The tendril length of *C. pilosula* under different stubble and intercropping crop modes

试验处理 Treatment	蔓长 Tendril length/cm		
	6月29日 June 29th	8月29日 August 29th	10月18日 October 18th
C-CK	34.90±1.68c	50.85±2.90f	58.87±0.95e
C-DS	39.35±0.59c	66.60±3.10de	69.87±1.23de
C-YM	47.93±4.56a	90.93±12.13c	107.20±8.30c
C-HQ	38.13±2.55c	54.43±4.93ef	63.57±6.37de
C-KS	33.33±5.80c	51.15±5.55f	60.50±6.15de
C-XRK	50.60±5.46a	103.93±3.56b	131.33±17.19b
R-CK	36.97±5.65c	56.02±0.73ef	64.70±7.82de
R-DS	35.40±1.57c	70.80±3.39d	76.48±6.55d
R-YM	53.93±2.11a	110.00±13.31b	133.97±12.54b
R-HQ	38.20±2.02c	58.20±2.17def	65.50±3.73de
R-KS	40.37±2.97bc	63.05±2.34def	71.53±6.18de
R-XRK	47.00±6.37ab	139.50±15.73a	163.10±12.50a

注:R. 轮作茬; C. 连作茬; CK. 党参单作; DS, YM, HQ, KS, XRK 分别表示党参与大蒜、玉米、黄芪、苦参、向日葵间作; 图表中数据均为平均值±标准差(n=3); 表中同列小写字母表示同期处理间在 5% 水平下差异显著性(P<0.05)。下同

Note; R. Rotation stubble; C. Continuous cropping stubble; CK. *Codonopsis pilosula* monoculture; DS, YM, HQ, KS and XRK indicate that the party participates in *Allium sativum* intercropping, *Zea mays* intercropping, *Astragalus mongholicus* intercropping, *Sophora flavescens* intercropping and *Helianthus annuus* intercropping, respectively; The data in the table are mean ± standard error ( $\bar{x} \pm s$ , n=3); The normal letters in the table indicate the significance of the differences at the 5% level for all treatments at the same measurement period (P<0.05). The same as below

8月下旬加快, C-DS、C-XRK 处理主根长较对照分别显著增加 18.36% 和 17.99%, 并以 C-DS 处理表现最好; 在收获期, C-DS、C-YM、C-XRK 处理的主根长均显著高于对照。轮作茬下, R-DS、R-YM、R-XRK 处理党参主根长在 8 月下旬显著高于相应对照, 其中以 R-DS 最突出; 在收获期, R-DS、R-YM、R-HQ、R-XRK 处理主根长较对照 R-CK 分别增加了 20.15%、19.82%、17.61%、20.91%, 其中以 R-XRK 和 R-DS 处理表现较好, 分别达到 36.37 cm 和 36.60 cm。两种茬口间相比较, 6 月到 8 月的党参主根长的增长幅度低于 8 月到 10 月的党参主根长的增长幅度, 并且轮作茬口各间作处理的增长优于连作茬口各间作处理的增长。以上结果说明轮作茬口相较于连作茬口更有利于党参主根长的增加, 并且在轮作茬口下进行间作处理, 会更有利于党参地下部分的生长。

**2.1.3 根直径** 从表 2 可知, 除 C-XRK 处理外, 两茬口其余处理党参根直径的增长幅度均为 8 月下旬到收获期大于 6 月到 8 月下旬。连作茬下, 党参地下部分前期生长缓慢, 根直径在各处理间无显著差异; 于 8 月下旬, 党参根直径增长加快, 其中以 C-HQ 处理表现最优, 与对照差异显著; 在收获期, C-DS、C-YM、C-HQ 处理根直径均显著高于对照, 其中以 C-HQ 处理最为突出(13.70 mm)。轮作茬下, R-DS、R-XRK 处理党参根直径表现突出, 两者在 6 月下旬较对照分别显著增加 20.95%、35.68%, 至 8

表 2 不同茬口和间作模式下党参主根长和根直径的变化

Table 2 The main root length and root diameter of *C. pilosula* under different stubble and intercropping crop modes

试验处理 Treatment	主根长 Main root length/cm			根直径 Root diameter/mm		
	6月29日 June 29th	8月29日 August 29th	10月18日 October 18th	6月29日 June 29th	8月29日 August 29th	10月18日 October 18th
C-CK	18.73±2.73b	21.57±1.05c	25.23±1.77e	4.42±0.32d	6.56±0.63d	10.42±2.51e
C-DS	20.60±3.61ab	25.53±3.84ab	33.07±1.79abc	5.03±0.32bcd	8.06±0.25abcd	12.73±0.12bcd
C-YM	22.83±0.38ab	24.30±1.78abc	32.53±1.27abc	4.63±0.73d	7.99±0.18abcd	12.86±0.95abcd
C-HQ	19.13±3.64b	23.73±1.88abc	26.33±0.58de	5.07±0.58bcd	8.66±0.80ab	13.7±2.27abcd
C-KS	22.43±4.71ab	22.47±1.85bc	26.87±4.12de	4.24±0.78d	7.78±0.82abcd	12.25±0.48de
C-XRK	21.77±1.81ab	25.45±1.70ab	30.13±3.52cd	4.56±0.27d	8.63±1.29ab	12.41±1.20cde
R-CK	21.63±2.15ab	22.37±1.91bc	30.27±2.67cd	4.82±0.13cd	7.28±1.09bcd	11.85±0.33de
R-DS	21.83±1.34ab	27.57±1.66a	36.37±1.16ab	5.83±0.71ab	9.36±0.89a	14.9±0.39ab
R-YM	21.67±1.24ab	26.50±0.50a	36.27±1.06ab	5.78±0.40abc	8.94±0.42ab	15.10±0.92a
R-HQ	19.70±1.39ab	26.07±2.06ab	35.60±2.05ab	4.28±0.55d	6.84±1.19cd	13.95±0.59abcd
R-KS	23.23±0.87ab	23.80±2.71abc	32.33±0.95bc	4.63±0.14d	8.37±1.21abc	13.22±1.32abcd
R-XRK	24.53±2.89a	26.43±0.61a	36.60±2.03a	6.54±0.86a	9.03±0.75a	14.63±0.89abc



月下旬分别显著增加 28.57%、24.04%，其余处理与对照无显著差异；在收获期，R-DS、R-YM、R-XRK 处理根直径显著高于对照，其中以 R-YM 处理效果最好。从表 2 中可以观察到，两茬口间，轮作茬口各间作处理的党参根直径在 8 月和收获期的积累要优于同时期连作茬口的各间作处理，增长幅度也普遍为轮作茬口优于连作茬口。这说明轮作茬口各间作处理对于党参根直径的增加相较于连作茬口各间作处理具有更显著的促进作用。

**2.1.4 地下部分鲜重** 表 3 显示，在 6 月下旬，两茬口各间作处理间的党参地下部分鲜重均无显著差异。连作茬下，在 8 月下旬，党参地下部分鲜重除 C-KS 外的间作处理均较对照有显著提升；在收获期，C-DS、C-YM、C-HQ 间作处理较对照分别显著增长 36.94%、31.97%、23.93%，且都高于 C-KS、C-XRK 处理。轮作茬下，各处理党参地下部分鲜重在 8 月均较对照有所增长，其中 R-DS、R-YM 和 R-XRK 处理较对照差异显著；在收获期，R-DS、R-HQ、R-YM 及 R-XRK 处理的党参地下部分鲜重均显著高于对照，处理效果较好的 R-DS 和 R-HQ 分别较对照显著增加 61.37% 和 55.40%。两种茬口间相比较，8 月到 10 月轮作茬口各间作处理党参地下部分干重的增长大于连作茬口各间作处理的，且收获期的最终积累量也表现为轮作茬口各处理优于连作茬口各处理。这说明轮作茬口更利于党参地下

部分的生长与积累，在轮作茬口下各间作处理党参地下部分鲜重的增长均优于连作茬口，并且均优于其相应对照。

**2.1.5 地下部分干重** 在前期(6 月下旬)，轮作和连作茬口各处理党参地下部分干重普遍较低，且各处理间差异不显著(表 3)。连作茬下，党参地下部分干重在 8 月份以 C-DS 间作处理表现突出，较对照显著提高 35.92%，其余处理与对照无显著差异；在收获期，各处理干重均达到高峰，并均不同程度地高于对照 C-CK，且 C-DS、C-YM、C-HQ 处理与对照差异达到显著水平，其中以 C-DS 间作处理最大，增幅达到 40.79%，而 C-KS、C-XRK 处理与对照无显著差异。轮作茬下，各处理党参地下部分干重在 8 月下旬均与对照无显著差异；在收获期，R-DS、R-YM、R-HQ 处理干重分别较 R-CK 显著提高 53.89%、42.43%、53.17%，而 R-KS、R-XRK 处理与对照无显著差异。两种茬口间相比较，8 月到 10 月是党参地下部分积累的快速期，轮作茬口党参地下部分干重的积累量大于连作茬口，轮作茬口下各间作处理同样表现出相同的趋势。这说明轮作茬口更利于党参地下部分干重的增加，且轮作茬口下各间作处理均优于连作茬口。

## 2.2 间作模式和茬口对党参药材品质的影响

**2.2.1 根部多糖含量和炔苷含量** 党参根部多糖含量除连作茬 C-HQ 处理显著高于轮作茬外，其余

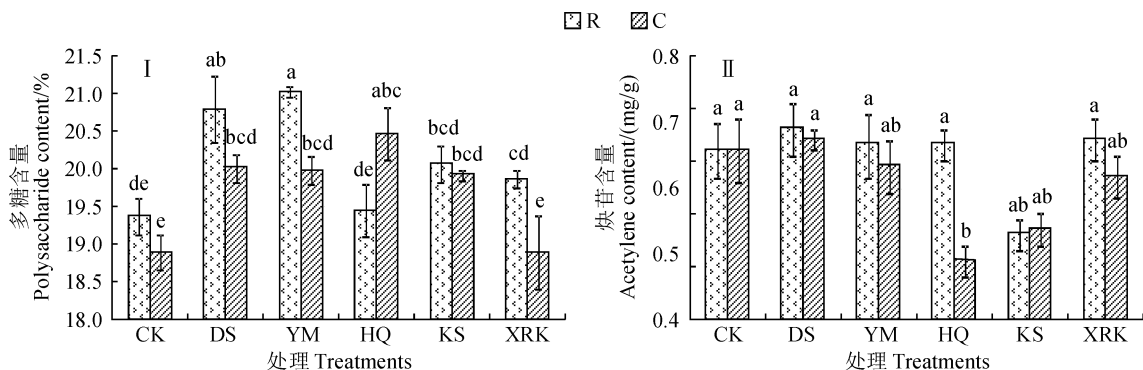
表 3 不同茬口和间作模式下党参地下部分鲜重和干重的变化

Table 3 The fresh and dry weight of underground part of *C. pilosula* under different stubble and intercropping crop modes

试验处理 Treatment	地下部分鲜重 Fresh weight of underground part/g			地下部分干重 Dry weight of underground part/g		
	6月29日 June 29th	8月29日 August 29th	10月18日 October 18th	6月29日 June 29th	8月29日 August 29th	10月18日 October 18th
C-CK	2.97±0.50b	10.35±0.79e	29.59±3.19f	0.42±0.08ab	2.45±0.35e	8.94±0.58f
C-DS	3.30±0.34ab	13.9±1.00bc	40.52±1.30bc	0.51±0.05ab	3.33±0.46abcd	12.53±0.54c
C-YM	3.35±0.21ab	12.89±1.34c	39.05±2.45bcd	0.54±0.09ab	3.00±0.22bcde	10.83±0.76d
C-HQ	3.01±0.12b	12.71±0.28cd	36.67±2.76cd	0.45±0.09ab	2.85±0.25cde	10.61±0.86de
C-KS	2.93±0.59b	10.73±0.62de	29.00±0.14f	0.39±0.11b	2.55±0.20de	8.90±0.64f
C-XRK	3.86±0.12a	13.24±1.93c	30.44±1.44f	0.57±0.16ab	3.17±0.45abcde	9.66±0.45ef
R-CK	3.29±0.36ab	13.45±0.45c	31.32±1.14ef	0.50±0.11ab	3.19±0.19abcde	9.78±0.52def
R-DS	3.61±0.38ab	17.44±1.53a	50.54±1.45a	0.56±0.10ab	3.86±0.83a	15.05±0.61a
R-YM	3.91±0.44a	16.17±2.06b	41.53±4.40b	0.61±0.08a	3.79±0.58ab	13.93±0.35b
R-HQ	3.14±0.63ab	13.75±0.68bc	48.67±2.38a	0.47±0.06ab	3.26±0.41abcde	14.98±0.49a
R-KS	3.26±0.48ab	11.98±0.48cde	35.19±2.62de	0.49±0.18ab	2.83±0.45cde	10.22±0.64de
R-XRK	3.34±0.17ab	15.75±0.98ab	35.70±2.45d	0.51±0.05ab	3.65±0.43abc	10.34±0.54de

处理均表现为轮作茬不同程度高于连作茬,且 YM 和 XRK 间作处理达到显著水平;党参根部多糖含量在轮作茬口下以 R-DS、R-YM 间作处理提升较为明显,均显著高于相应对照。在连作茬口下以 C-DS、C-YM、C-HQ、C-KS 间作处理对党参根部多糖含量的提升效果较好,均显著高于对照,并以 C-HQ 处理最好(图 1, I)。党参炔苷含量除连作茬 C-KS 处理高于轮作茬外,其余处理亦为轮作茬不同程度高于相应连作茬,但仅 HQ 间作处理中茬口间差异达到显著水平;轮作茬党参炔苷含量除 KS 间作处理较低外,其余处理均与对照相近,并以 R-DS 处理最高,但所有处理均与对照间无显著差异;连作茬党参炔苷含量以 HQ 和 KS 处理明显较低,其余处理与对照相近,但仅 HQ 处理与对照差异显著,表现最优的处理为 C-DS(图 1, II)。因此,综合分析可知与 DS 间作处理对两茬口党参根部多糖含量和炔苷含量的提升效果更突出。

**2.2.2 醇溶性浸出物含量和根部灰分含量** 党参根部醇溶性浸出物含量除 C-KS 处理稍高于相应轮作茬外,其余处理均表现为轮作茬较明显高于连作茬,但仅在 XRK 处理中差异显著;两茬口下党参醇溶性浸出物含量均以 DS 处理最高,且与 CK、HQ、KS、XRK 处理均差异显著,而其余处理与对照间均无显著差异(图 2, I)。党参根部灰分含量在各处理中均符合药典规定的质量标准,除 C-YM 和 C-XRK 处理灰分含量低于相应轮作茬外,其余连作茬处理均高于相应轮作茬,但仅 CK、DS、HQ 处理中茬口间差异显著;党参根部灰分含量以 C-HQ 和 C-KS 处理较高,与 C-CK 和 R-KS 处理相近,但显著高于两茬口其余处理;轮作茬 R-KS 处理显著高于对照 R-CK, R-DS 处理显著低于对照 R-CK,其余处理均与对照无显著差异(图 2, II)。各间作处理灰分含量的差异可能是由于党参采收后阴干前清洗不当导致的,也可能是由于栽培地区气候环境和海



不同小写字母表示间作处理间在 5% 水平下存在显著性差异 ( $P < 0.05$ )。下同

图 1 不同茬口和间作模式下党参根部多糖和炔苷含量的变化

The different normal letters indicate significant differences among treatments at the 0.05 level ( $P < 0.05$ ). The same as below

Fig. 1 The polysaccharide and alkyne contents in roots of *C. pilosula* under different stubble and intercropping crop modes

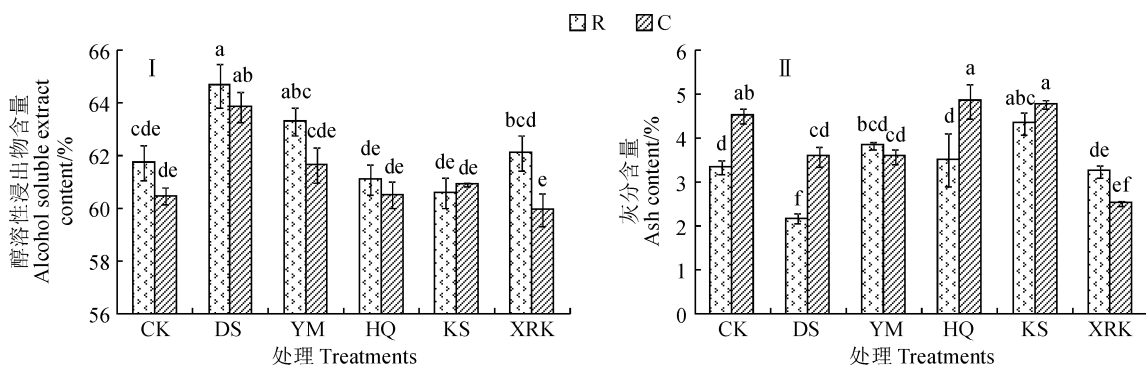


图 2 不同茬口和间作模式下党参醇溶性浸出物和根部灰分含量的变化

Fig. 2 The alcohol-soluble extract and root ash contents of *C. pilosula* under different stubble and intercropping crop modes

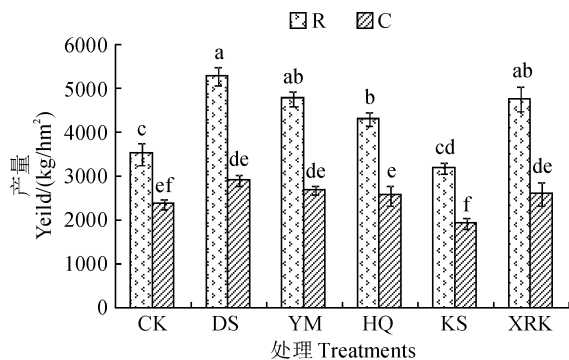


图3 不同茬口和间作模式下党参药材产量的变化

Fig. 3 The yield of *C. pilosula* under different stubble and intercropping crop modes

拔因素造成的。总体看来两茬口均以DS间作处理对党参药材品质的改善效果较佳。

### 2.3 间作模式和茬口对党参根部产量的影响

图3显示,连作茬口各处理党参根部产量均显著低于相应轮作茬口,整体减产幅度达到41.65%;与对照相比较,除KS间作处理外,其余间作处理的党参产量较对照均有不同程度的提高,但仅轮作茬口增幅达到显著水平。其中,连作茬下,党参产量以C-DS处理最优(2 899.22 kg/hm<sup>2</sup>),但仅显著高于C-KS处理,而与其余间作处理和对照间均无显著差异。轮作茬下,各处理党参产量仍以R-DS处理最高(5 264.25 kg/hm<sup>2</sup>),较对照增产49.92%,其次为R-YM、R-XRK、R-HQ,四者均显著高于对照R-CK,而以R-KS处理最低,与对照无显著差异。这说明轮作茬口对党参根部产量的提升效果优于连作茬口,并且轮作茬口下不同间作处理对党参根部产量的提升效果更为明显,其中与DS间作处理对党参的增产效果最好。

## 3 讨论

对于大部分根类药用植物来说,长期在同一片土地上种植容易导致连作障碍的发生,连作障碍会造成土地养分过度消耗、病虫害多发、自毒物质积累,致使药用植物减产降质。因此选择其他的栽培模式是缓解连作障碍的一个重要途径,而轮作通常作为首要选择,因为科学轮作不仅可以防治多种病虫害还能均衡利用土壤养分,防治土壤养分的片面消耗。因此轮作茬口对连作党参的生长,品质和产量的提升效果都优于连作茬口。不同作物间的间作,只要合理搭配,就能起到“取长补短”的良好结果,比如藤蔓植物和高秆作物间作能大大增加藤蔓植物的受光和底部通风面积,不仅有利于提高植物

光合利用率还能降低发病率;有些植物间作还能起到互补的作用,常见的就是豆科与禾本科间作有利于补充土壤氮元素的消耗等;因此选择不同的间作搭配也不失为探索缓解连作障碍的一种方式。其实通过与其他作物间作来改善某些作物的生长及其产量的研究已有初步探索<sup>[20-23]</sup>,如棉花与其他作物间作可以提高棉花产量,还能改善土壤微生态环境及提高多种土壤酶活性;间作玉米与大豆的产量要高于两者任一单作的产量;间作还能够缓解某些作物的病虫害,改善一些作物的光合效应等等。以连作障碍产生的原因为突破口,间作处理在缓解药用植物连作障碍的领域也有着较大潜力,广藿香间作紫苏<sup>[24]</sup>能够显著提高其生长指标及药效成分含量,对于缓解广藿香连作障碍具有积极意义;烤烟-丹参间作<sup>[25]</sup>能改善土壤微生物环境,增加丹参药效成分含量等。

通过与大蒜间作来缓解连作障碍可以说是近些年的一大热点,比如大蒜伴生连作西瓜<sup>[26]</sup>,能够显著抑制西瓜根腐病的发生,改善连作西瓜的生长指标和品质;大蒜秸秆还田能够改善连作番茄土壤的微生态环境,减轻根结线虫的发生率<sup>[27]</sup>;大蒜套作连作茄子<sup>[28]</sup>能够提高茄子干物质的量,增加其可溶性糖和可溶性蛋白含量,对土壤环境的改善也十分有效,在一定范围内,套种蒜量越多,对连作茄子自身及生长环境的改善效果就越好。本试验也发现与大蒜间作对连作党参的生长、产量及品质都有较好的改善作用,这与前人的研究结果一致。在本研究整个试验过程中,不同间作作物处理下连作茬党参的生长指标均低于轮作茬;但两茬口下,与高秆作物向日葵、玉米间作的党参蔓长增幅均较大,这是由于党参植株直立性较差,长到一定程度茎蔓开始盘绕倒伏,如果以高秆作物为支架,党参茎蔓便会缠绕其上生长,从而促进了党参蔓长的增长。根是党参的主要药用部位,两茬口下党参与大蒜、玉米间作处理的根鲜干重均表现较优,但与大蒜间作处理的结果更突出。这可能是与大蒜间作改善了连作土壤的理化性质与土壤的微生态环境,大蒜根系分泌物以及活体挥发物还能调节连作作物的生长和生理活动,此外这些物质还能抑制根类作物地下病虫害,从而促进了作物根部的生长<sup>[29-31]</sup>。

另外,本试验还对比了两茬口各间作处理对党参药材产量和品质指标的影响,发现与大蒜间作的党参产量及品质指标均表现较优。党参根部醇溶性浸出物、多糖和炔苷含量的高低是衡量党参药用品

质的重要指标,与大蒜、玉米间作对两茬口党参根部醇溶性浸出物、多糖和炔苷含量的增加都有明显作用;而与黄芪间作处理对连作茬口党参多糖含量的提升有突出效果。但综合分析来看,两茬口下党参与大蒜间作的几个处理对这几方面都有较好的提升作用,因此与大蒜间作对党参产量、活性成分和药效成分的提升效果均较明显。张新慧<sup>[32]</sup>、李林强<sup>[33]</sup>等研究表明,大蒜不仅能抑制病原菌的生长和病害的发生,还能提高植株体内的保护酶活性,提高作物自身抗性,从而改善了作物的连作障碍。因此,党参与大蒜间作可有效缓解党参连作障碍,并能改善连作党参的产量和品质。

综合分析,轮作茬口相较于连作茬口对党参的生长、药效成分的提升以及产量的提高都更有利,因

为连作茬口由于长时间种植党参,造成了土壤中党参所需特定养分的过度消耗,土传病害的加重以及党参自毒物质的积累,这些因素都是导致党参持续连作最终减产降质的根本原因。两种茬口不同间作模式处理间均表现为轮作茬口的处理效果均不同程度地优于连作茬口;个别处理在两茬口党参地上部分或地下部分生长或单一有效成分的增加等某些方面较其余处理表现较为突出,例如高秆作物玉米和向日葵更有利于党参蔓长的增长,与黄芪间作明显增加了连作茬口下党参多糖含量等。但是综合来看,与大蒜间作的处理不仅可有效促进连作党参的生长,而且对连作党参增产提质作用最为明显,因此与大蒜间作是缓解党参连作障碍的最佳间作模式。

## 参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 281-282.
- [2] 邹荫甲. 党参的本草学考证[J]. 中草药, 2000, **31**(6): 466-467. ZOU Y J. Herbal textual research on *Codonopsis pilosula* [J]. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 2000, **31**(6): 466-467.
- [3] 谢敏, 燕志强, 李秀壮, 等. 党参自毒作用研究[C]//中国植物保护学会植物化感作用专业委员会. 中国第八届植物化感作用学术研讨会论文摘要集, 南京, 2017: 1.
- [4] 张欢强, 慕小倩, 梁宗锁, 等. 附子连作障碍效应初步研究[J]. 西北植物学报, 2007, **27**(10): 2 112-2 115. ZHANG H Q, MU X Q, LIANG Z S, et al. Pilot study of obstruction effect of continuous cropping on *Aconitum carmichaeli* [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2007, **27**(10): 2 112-2 115.
- [5] 杨利民, 陈长宝, 王秀全, 等. 长白山区参后地生态恢复与再利用模式及其存在的问题[J]. 吉林农业大学学报, 2004, **26**(5): 546-553. YANG L M, CHEN C B, WANG X Q, et al. Ecological restoration and reused modes of old ginseng land in the in Changbai Mountainous area and its existing problems[J]. *Journal of Jilin Agricultural University*, 2004, **26**(5): 546-553.
- [6] 刘莉, 刘大会, 金航, 等. 三七连作障碍的研究进展[J]. 山地农业生物学报, 2011, **30**(1): 70-75. LIU L, LIU D H, JIN H, et al. Overview on the mechanisms and control methods of sequential cropping obstacle of *Panax notoginseng* F. H. Chen [J]. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 2011, **30**(1): 70-75.
- [7] 李振方, 杨燕秋, 谢冬凤, 等. 连作条件下地黄药用品质及土壤微生物生态特性分析[J]. 中国生态农业学报, 2012, **20**(2): 217-224. LI Z F, YANG Y Q, XIE D F, et al. Effects of continuous cropping on the quality of *Rehmannia glutinosa* L. and soil micro-ecology[J]. *Chinese Journal of Ecological Agriculture*, 2012, **20**(2): 217-224.
- [8] 张重义, 林文雄. 药用植物的化感自毒作用与连作障碍[J]. 中国生态农业学报, 2009, **17**(1): 189-196. ZHANG C Y, LIN W X. Continuous cropping obstacle and allelopathic autotoxicity of medicinal plants [J]. *Chinese Journal of Ecological Agriculture*, 2009, **17**(1): 189-196.
- [9] 孙雪婷, 李磊, 龙光强, 等. 三七连作障碍研究进展[J]. 生态学杂志, 2015, **34**(3): 885-893. SUN X T, LI L, LONG G Q, et al. The progress and prospect on consecutive monoculture problems of *Panax notoginseng* [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2015, **34**(3): 885-893.
- [10] 于宁, 关连珠, 娄翼来, 等. 施石灰对北方连作烟田土壤酸度调节及酶活性恢复研究[J]. 土壤通报, 2008, **39**(4): 849-851. YU N, GUAN L Z, LOU Y L, et al. Lime application regulates soil acidity and restores enzyme activities in the fields cultivated continuously with tobacco, Northern China [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2008, **39**(4): 849-851.
- [11] 张学鹏, 宁堂原, 杨燕, 等. 不同浓度石灰氮对黄瓜连作土壤微生物生物量及酶活性的影响[J]. 应用生态学报, 2015, **26**(10): 3 073-3 082. ZHANG X P, NING T Y, YANG Y, et al. Effects of different application rates of calcium cyanamide on microbial biomass and enzyme activity in cucumber continuous cropping [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2015, **26**(10): 3 073-3 082.
- [12] 沈宗专, 孙莉, 王东升, 等. 石灰碳铵熏蒸与施用生物有机肥对连作黄瓜和西瓜枯萎病及生物量的影响[J]. 应用生态学报, 2017, **28**(10): 3 351-3 359. SHEN Z Z, SUN L, WANG D S, et al. Effects of lime-ammonium bicarbonate fumigation and biofertilizer application on Fusarium wilt and biomass of continuous cropping cucumber and watermelon [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*



- gy, 2017, **28**(10): 3 351-3 359.
- [13] 赵瑞红. 不同肥料对缓解甜叶菊连作障碍的效果研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2020.
- [14] 李娟起. 褪黑素缓解自毒物质胁迫下黄瓜种子萌发和幼苗生长的相关生理机制[D]. 北京: 中国农业大学, 2017.
- [15] 李杰, 张金宝, 罗江宏, 等. 油菜素内酯对自毒作用下黄瓜幼苗生长和光合生理的影响[C]//中国园艺学会2019年学术年会暨成立90周年纪念大会论文集, 郑州, 2019: 180.
- [16] 吕海龙, 师桂英, 贾喜霞, 等. 硅肥及油菜素内酯对茄子连作障碍的缓解作用及土壤生物化学效应[J]. 甘肃农业大学学报, 2020, **55**(3): 105-112.  
LÜ H L, SHI G Y, JIA X X, *et al.* Soil biochemical effects of silicon fertilizer and brassinolide on alleviating the obstacles of continuous cropping of eggplant in facilities[J]. *Journal of Gansu Agricultural University*, 2020, **55**(3): 105-112.
- [17] 解灵军, 尹宝重, 高峰, 等. 草莓根系自毒物质降解菌的筛选及降解效果研究[J]. 河北农业大学学报, 2009, **32**(4): 76-78.  
XIE L J, YIN B Z, GAO F, *et al.* Screening of the degradation bacterium to strawberry root auto-toxic chemical and the effect of its degradation[J]. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 2009, **32**(4): 76-78.
- [18] 苏世鸣, 任丽虹, 霍振华, 等. 西瓜与旱作水稻间作改善西瓜连作障碍及对土壤微生物区系的影响[J]. 中国农业科学, 2008, **41**(3): 704-712.  
SU S M, REN L X, HUO Z H, *et al.* Effects of intercropping watermelon with rain fed rice on *Fusarium* wilt and the microflora in the rhizosphere soil[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2008, **41**(3): 704-712.
- [19] 王田涛, 王琦, 王惠珍, 等. 连作条件下间作模式对当归生长特性和产量的影响[J]. 草业学报, 2013, **22**(2): 54-61.  
WANG T T, WANG Q, WANG H Z, *et al.* Effects of intercropping patterns on growth characters and yield of *Angelica sinensis* under continuous mono-cropping planting[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2013, **22**(2): 54-61.
- [20] 崔爱花, 黄国勤. 间作对棉花产量、土壤微生物数量及酶活性的影响[J]. 江西农业学报, 2021, **33**(4): 22-26.  
CUI A H, HUANG G Q. Effects of intercropping on yield of cotton, microorganism quantity and enzyme activities in soil[J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2021, **33**(4): 22-26.
- [21] 高阳, 段爱旺, 刘祖贵, 等. 间作种植模式对玉米和大豆干物质积累与产量组成的影响[J]. 中国农学通报, 2009, **25**(2): 214-221.  
GAO Y, DUAN A W, LIU Z G, *et al.* Effects of intercropping patterns on dry matter accumulation and yield components of maize and soybean[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2009, **25**(2): 214-221.
- [22] 焦念元, 宁堂原, 赵春, 等. 玉米花生间作复合体系光合特性的研究[J]. 作物学报, 2006, **32**(6): 917-923.  
JIAO N Y, NING T Y, ZHAO C, *et al.* Characters of photosynthesis in intercropping system of maize and peanut[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2006, **32**(6): 917-923.
- [23] 吴凤芝, 周新刚. 不同作物间作对黄瓜病害及土壤微生物群落多样性的影响[J]. 土壤学报, 2009, **46**(5): 899-906.  
WU F Z, ZHOU X G. Effects of different intercropping of cucumber with different crops on cucumber diseases and soil microbial community diversity[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2009, **46**(5): 899-906.
- [24] 周界, 潘丽萍, 李明. 广藿香间作紫苏对其连作障碍的缓解效应[J]. 北方园艺, 2020, (13): 111-117.  
ZHOU J, PAN L P, LI M. Relieving effects of *Pogostemon cablin* intercropping with *Perilla frutescens* on its continuous cropping obstacle[J]. *Northern Horticulture*, 2020, (13): 111-117.
- [25] 周广苗. 烤烟和丹参轮间作对土壤生物学性状及烟叶品质的影响[D]. 山东泰安: 山东农业大学, 2020.
- [26] 吴绍军, 孟佳丽, 沈虹, 等. 大蒜伴生对连作西瓜生长、产量及品质的影响[J]. 江西农业学报, 2021, **33**(3): 44-49.  
WU S J, MENG J L, SHEN H, *et al.* Effects of garlic-associated watermelon on growth, yield and quality of continuous cropping watermelon[J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2021, **33**(3): 44-49.
- [27] 徐金强, 刘素慧, 刘庆涛, 等. 大蒜秸秆还田对温室番茄连作土壤微生物及根结线虫病的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, **45**(7): 91-93+97.  
XU J Q, LIU S H, LIU Q T, *et al.* Effects of garlic straw returning on soil microorganism and root-knot nematode disease of tomato continuous cropping in greenhouse[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2017, **45**(7): 91-93+97.
- [28] 王梦怡. 连续套作大蒜对大棚连作茄子的生物效应和生态效应研究[D]. 陕西杨陵: 西北农林科技大学, 2016.
- [29] 邱黛玉, 沈鹏瑞, 张磊, 等. 大蒜对膜侧栽培当归连作、轮作土壤环境及产量的影响[J]. 中国实验方剂学杂志, 2021, **27**(3): 156-162.  
QIU D Y, SHEN P R, ZHANG L, *et al.* Effects of garlic on soil environment and yield of continuous cropping and rotation of *Angelica sinensis* under membrane cultivation[J]. *Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae*, 2021, **27**(3): 156-162.
- [30] 肖雪梅. 套作大蒜或青蒜消减大棚黄瓜连作障碍的效果及机理研究[D]. 陕西杨陵: 西北农林科技大学, 2013.
- [31] 王田涛. 间套种植对当归连作障碍的修复机理[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2013.
- [32] 张新慧. 当归连作障碍机制及其生物修复措施研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2009.
- [33] 李林强, 邱黛玉, 贾雪. 连作轮作模式下当归大蒜间作对当归质量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2017, **35**(3): 53-58.  
LI L Q, QIU D Y, JIA X. Effects of continuous cropping and rotation planting patterns on the quality of *Angelica* under intercropping of *Angelica* and garlic[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2017, **35**(3): 53-58.