

轮作对三七连作障碍的消减效应研究^①

张子龙¹, 李凯明¹, 杨建忠², 缪作清³,

李世东³, 侯俊玲¹, 王文全⁴

1. 北京中医药大学 中药学院, 北京 100102; 2. 云南省文山三七研究院, 云南 文山 663000;

3. 中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100081; 4. 中国医学科学院 北京协和医学院 药用植物研究所, 北京 100193

摘要: 通过田间移土试验, 研究了轮作对三七连作障碍的消减效应, 并分析了轮作对三七连作土壤微生物区系及理化性状的影响. 结果发现: ① 随轮作年限的增加, 三七的出苗率显著增加, 轮作 5 年和 7 年土壤上所栽植三七的出苗率与新土上的无显著差异. ② 轮作使土壤中的放线菌数量增加, 细菌数量略有下降, 而真菌数量变化不大; 土壤微生物的丰富度指数和物种多样性指数增加. ③ 轮作后土壤中的 N, P, K 等主要养分含量有所降低, pH 值降低, 而有机质含量显著增加. 轮作改善了三七连作土壤的微生物区系结构及理化性状, 对三七连作障碍具有很好的消减作用.

关键词: 三七; 连作障碍; 轮作效应; 土壤微生物区系; 土壤理化性状

中图分类号: R931.2

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2015)08-0039-08

三七(*Panax notoginseng* (Burk) F. H. Chen)属于免耕阴蔽栽培的多年生植物, 喜温暖阴湿. 由于生产上连年大面积单一种植, 导致其根际土壤生态环境恶化, 形成了与人参和西洋参种植上同样发生的“连作障碍”现象^[1]. 调查显示, 连作表现为植株基本全部死亡, 缩短轮作年限则表现为发病严重和保苗率低, 致使产量低、质量差^[2]. 连作障碍严重制约着三七的规模化、集约化栽培, 已成为目前三七生产中亟待解决的难题.

开垦新地是传统解决这一问题最有效的方法, 但随着近年来山林保护政策的实施以及三七规模化种植面积的不断扩大, 此方法已不能满足需要^[2]. 因此, 农民逐渐开始选择经过多年休闲或轮作的老地(即曾经栽种过三七的地块)种植三七. 一般认为, 老地需间隔(休闲或轮作)8~10 年才能再次种植三七^[3]. 由此可见, 轮作对于恢复土壤地力, 消减三七连作障碍效应具有重要作用. 但三七轮作相关报道较少, 轮作消减三七连作障碍的作用机制更是未见报道. 本文通过移土试验, 比较了不同轮作年限土壤上三七的生长状况, 分析了轮作对三七连作土壤微生物区系及理化性状的影响. 旨在阐明轮作年限对于连作三七生长的影响, 并进一步揭示轮作能够消减三七连作障碍的可能机制, 研究结果对于指导三七合理轮作, 提高三七种植最适宜区域的土地利用效率, 以及揭示三七连作障碍的形成机理具有重要理论和现实意义.

① 收稿日期: 2014-11-03

基金项目: 国家自然科学基金项目(81102751); 国家科技支撑计划项目(2006BAI09B03).

作者简介: 张子龙(1976-), 男, 山西天镇人, 副研究员, 主要从事中药资源与生态、中药材规范化生产与质量控制方面研究.

通信作者: 侯俊玲, 教授, 硕士研究生导师; 王文全, 教授, 博士研究生导师.

1 材料与方法

1.1 供试材料

在云南省文山州砚山县盘龙彝族乡分别采集背景相近的未种植过三七的土壤、连续种植 2 年三七的土壤、以及种植 2 年三七后又轮作不同年限的土壤, 分别称为新土、连作 2 年土及轮作土. 依据轮作年限不同, 轮作土又分为轮作 1 年、3 年、5 年和 7 年土. 据调查, 供试土壤属于由碳酸盐岩发育而成的红壤, 轮作植物主要为玉米和小麦.

1 年生三七种苗生长健康、整齐一致, 千条根质量 2.2 kg, 由文山三七研究院栽培研究所提供.

1.2 试验设置

将供试土壤中的石块、残根等杂质除去, 移至文山三七研究院砚山试验场的试验棚内(位于云南省文山州砚山县江那镇郊址村), 进行田间对比试验, 小区面积 6.5 m², 土层厚度 20 cm. 移栽前每土样取 50 g 进行微生物检测, 取 500 g 测试其理化性状. 然后移栽 1 年生三七种苗, 密度为 40 万株/hm², 其余管理措施同当地常规. 翌年 4 月统计三七的出苗数, 计算出苗率; 8 月调查三七的存苗数、根腐苗数, 计算存苗率、根腐率; 11 月收获, 每小区随机取 10 株, 称取三七块根干质量.

1.3 指标测定

1) 三七生长指标测定

三七的出苗率(%)=(出苗数/移栽苗数)×100, 存苗率(%)=(现存苗数/移栽苗数)×100, 根腐率(%)=(根腐苗数/移栽苗数)×100. 将三七植株地下部冲洗干净, 用滤纸吸干表面水分, 按照地上部和地下部分开, 置烘箱内 60 ℃下烘至恒质量, 称其干质量.

2) 土壤微生物区系分析(稀释平板法^[4-5])

对采集的新鲜土壤样品及时处理, 去除可见的未分解和半分解动物、植物残体和较大的石砾, 用玻璃瓶碾碎, 使之全部通过 2 mm 筛, 4 ℃冰箱储存备用. 称取处理好的土壤样品 1 g, 加入有 99 mL 无菌水的三角瓶中, 同时加入适量 TW-20, 振荡 15 min, 使土壤和水样充分混合, 即得 10⁻² 浓度的土壤溶液. 静止 1 min, 用 1 mL 无菌吸管吸取 10⁻² 浓度的土壤溶液 1 mL, 加到一支盛有 9 mL 无菌水的试管内, 吹吸 3 次混匀, 即得 10⁻³ 稀释液, 以此类推, 依次得到 10⁻⁴, 10⁻⁵, 10⁻⁶, 10⁻⁷ 的土壤稀释液.

微生物总量测定采用 NA 培养基, 分离细菌采用 KMB 培养基, 分离真菌采用 PDA 培养基, 分离放线菌采用高氏 1 号培养基^[4, 6]. 将各种培养基融化后趁热倒入无菌平板中(15 mL/皿), 待凝固后编号, 每个编号设 3 次重复. 然后用无菌吸管吸取各土壤稀释液, 加到相应编号的平板上, 0.2 mL/皿, 按稀释度由高到低用无菌玻璃涂棒轻轻地涂布均匀. 将涂抹好的平板平放于桌上 20~30 min, 使菌液渗透入培养基内, 然后将平板倒转, 在相应的温度下(微生物总量、真菌 25 ℃, 细菌 28 ℃, 放线菌 30 ℃)恒温培养 2~7 d, 至菌落长出后即可计数. 结果以 cfu/g, 即每克鲜土所含菌落单位数表示,

每克鲜土的含菌落单位数(cfu/g)=(菌落数×稀释倍数)/[接种量(mL)×(1-土样含水量(%))]

其中, 干土含水量 8.5%, 湿土含水量 12.5%.

3) 土壤微生物多样性测定

本文选取 3 类共计 9 种指数测定土壤微生物多样性.

① 丰富度指数

Patrick 丰富度指数^[7]

S = 群落内的物种总数(每个土样检测出的微生物种类数目)

Margalef 丰富度指数^[8]

$$D = (S - 1) / \ln N$$

② 多样性指数

Simpson 指数^[9]

$$D' = 1 - \sum_{i=1}^S \left[\frac{N_i(N_i - 1)}{N(N - 1)} \right]$$

Shannon-Wiener 指数^[9]

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \lg(p_i)$$

Brillouin 指数^[9]

$$H = \frac{1}{N} \lg \left(\frac{N!}{N_1! N_2! N_3! \cdots} \right)$$

McIntosh 指数^[9]

$$D_{Mc} = \frac{N - \sqrt{\sum_{i=1}^S N_i}}{N - \sqrt{N}}$$

Hill 多样性指数^[8, 10-11]

$$N_1 = e^{H'}, N_2 = 1/(1 - D')$$

③均匀度指数

Pielou 均匀度指数^[9]

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}} = \frac{H'}{\lg S}$$

Alatalo 均匀度指数^[8, 10]

$$E = \frac{[1/(1 - D') - 1]}{e^{H'} - 1} = \frac{N_2 - 1}{N_1 - 1}$$

其中, S 为物种总数; N 为群落中所有物种个体总数; N_i 为群落中第 i 个物种的个体数量; $\lg$ 是以 2 为底的对数; p_i 为第 i 个物种的个体数量占群落中所有物种个体总数的比例, $p_i = N_i/N$; D' 为 Simpson 指数; $H'_{\max}$ 为 H' 的最大值.

4) 土壤理化性状测定

土壤 pH 值测定采用电位法^[12], 土壤有机质测定采用油浴加热— $K_2Cr_2O_7$ 容量法^[13], 土壤全氮分析采用开氏消煮法^[12], 土壤水解性氮测定采用碱解扩散法^[12], 土壤全磷测定采用碳酸钠熔融法^[12], 土壤有效磷的测定采用碳酸氢钠法^[12], 土壤全钾分析采用氢氧化钠熔融法^[12], 速效钾的测定采用乙酸铵提取法^[12].

1.4 统计分析

试验数据剔除异常值后输入计算机, 按照各个试验设计相应的统计分析方法, 利用 Excel, SPSS11.5 及 DPS7.05 软件对其进行处理分析.

2 结果与分析

2.1 轮作对三七连作障碍的消减作用

采集种植 2 年三七之后又轮作 1, 3, 5, 7 年的土壤, 通过田间移土试验, 对比研究轮作年限对三七种苗生长影响. 结果发现, 随轮作年限的增加, 三七的出苗率也显著增加, 轮作 5 年和 7 年土壤上所栽植三七的出苗率与新土上的无显著差异(图 1). 由此表明, 轮作可以显著提高再植三七的出苗率, 栽植过三七的土壤经 5 年轮作以后再次栽植三七, 其出苗率与新土上的差别不大.

不同轮作年限土壤对三七植株后期存苗、根腐病发生及收获期块根质量的影响见表 1. 可以看出, 不同处理下三七植株的存苗率及根腐病发病率有明显差异, 随轮作年限增加, 三七植株存苗率明显上升, 而根腐病的发病率则显著降低. 尤其是轮作 7 年土壤上栽植的三七, 其后期存苗率达到 65.11%, 高于 2 年土处

理 56.02 个百分点,甚至与新土处理无显著差异;其根腐率虽然显著低于 2 年土处理 55.96 个百分点,但仍比新土处理的高 18.44 个百分点.此外,由表 1 还可发现,连作三七植株因根腐病全部死亡,产量为 0,而轮作处理仍可获得较高的三七产量.尤其是轮作 3 年以上土壤上栽植的三七,其块根质量甚至接近或高于新土处理,效果良好.

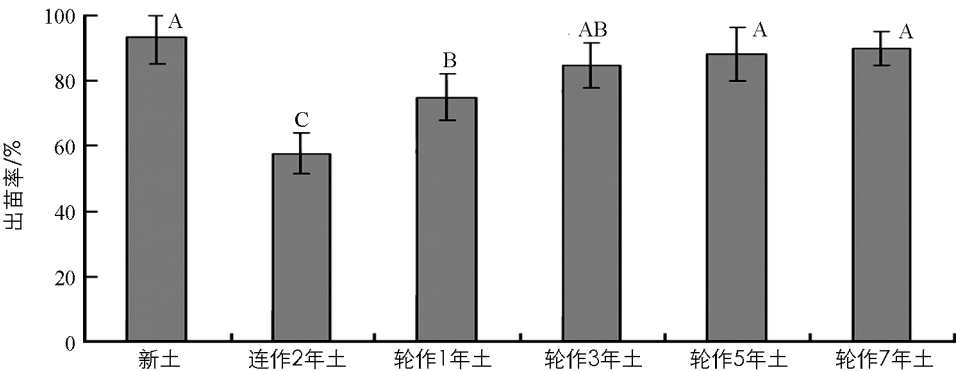


图 1 不同轮作年限土壤对三七出苗率的影响

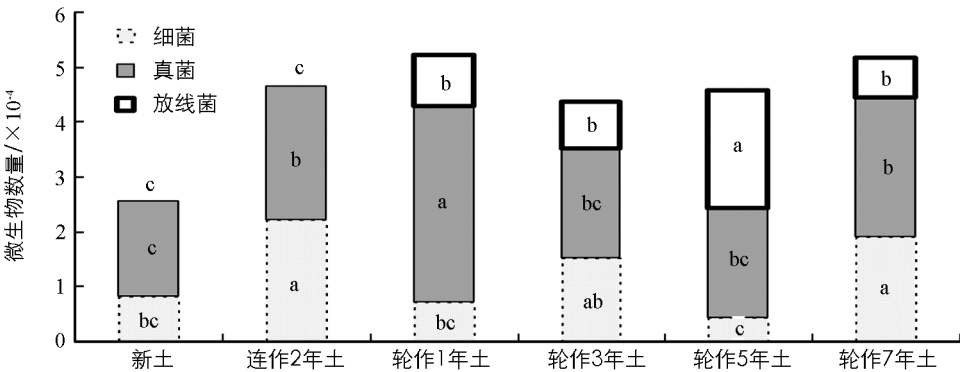
表 1 不同轮作年限土壤对三七植株后期生长的影响

处 理	存苗率/%	根腐率/%	块根质量/g
新土	77.43±8.75A	22.57±7.38D	10.66±4.05B
连作 2 年土	9.09±2.54D	96.97±5.25A	0C
轮作 1 年土	26.06±4.32C	73.99±6.57B	3.02±0.02C
轮作 3 年土	29.58±8.21C	70.42±4.32B	13.42±5.31A
轮作 5 年土	49.43±17.30B	50.57±10.32C	14.23±3.82A
轮作 7 年土	65.11±9.57A	41.01±7.87C	10.39±2.19B

注:表中字母表示多重比较的结果,大写字母表示在 0.01 水平上有统计学意义.

2.2 轮作对三七连作土壤微生物区系的影响

采集种植 2 年三七之后又经多年轮作的土壤,同时以新土和 2 年土为对照,对比分析不同处理间土壤微生物区系的变化.试验结果表明,轮作对土壤微生物数量具有显著影响(图 2).可以看出,种植三七之后,土壤中的细菌和真菌数量都显著增加.土壤中微生物数量的大幅度增加,尤其是病原真菌数量的增加可能是造成三七连作障碍的重要原因之一.轮作使土壤中的放线菌数量增加,细菌数量略有下降,而真菌数量变化不大.



图中字母表示多重比较的结果,小写字母表示在 0.05 水平上有统计学意义.

图 2 轮作对土壤微生物数量的影响

由表 2、表 3 可知,轮作对土壤的微生物多样性指数也有显著或极显著影响.总体而言,轮作使土壤微生物的丰富度指数 S 、 D 和物种多样性指数(D' , H' , H , D_{Mc} , $N1$, $N2$) 增加,而使均匀度指数(J' , E) 略有下降.

表 2 轮作对三七土壤微生物丰富度指数和均匀度指数的影响

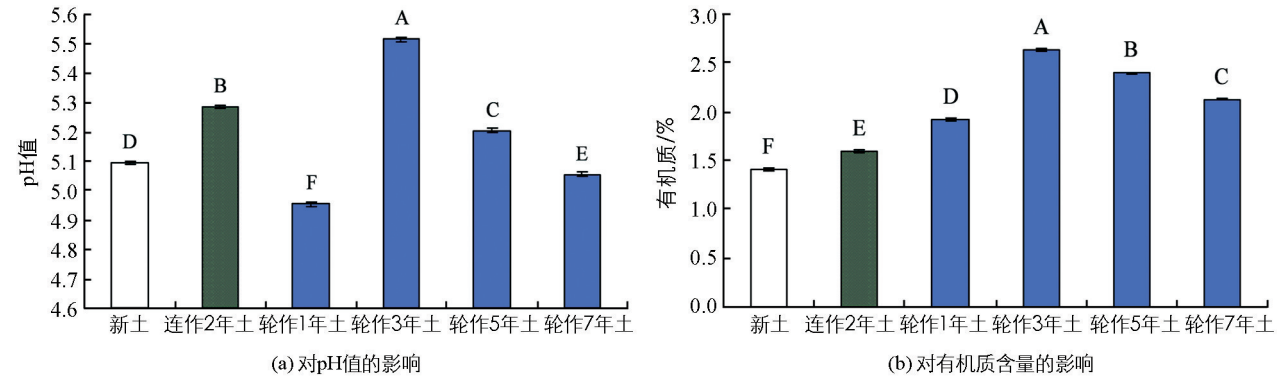
处 理	丰富度指数		均匀度指数	
	S	D	J'	E
F 值	13.000**	12.612**	2.791*	5.52**
新土	2.000±0.000	0.099±0.001	0.877±0.128	0.516±0.063
连作 2 年土	2.000±0.000	0.093±0.002	0.951±0.069	0.553±0.040
轮作 1 年土	3.000±0.000	0.184±0.002	0.752±0.027	0.396±0.003
轮作 3 年土	3.000±0.000	0.188±0.005	0.937±0.041	0.484±0.021
轮作 5 年土	2.667±0.577	0.155±0.052	0.909±0.084	0.504±0.052
轮作 7 年土	3.000±0.000	0.184±0.002	0.902±0.049	0.477±0.016
变化趋势	+	+	—	—

表 3 轮作对三七土壤微生物物种多样性指数的影响

处 理	物 种 多 样 性 指 数					
	D'	H'	H	DMc	N1	N2
F 值	7.118**	10.513**	10.513**	7.472**	10.213**	7.813**
新土	0.419±0.083	0.877±0.128	0.877±0.128	0.241±0.054	2.416±0.304	1.744±0.242
连作 2 年土	0.467±0.046	0.951±0.069	0.950±0.069	0.271±0.031	2.591±0.175	1.884±0.157
轮作 1 年土	0.476±0.013	1.192±0.042	1.192±0.042	0.278±0.009	3.296±0.137	1.910±0.048
轮作 3 年土	0.623±0.029	1.485±0.065	1.484±0.065	0.388±0.024	4.420±0.290	2.660±0.210
轮作 5 年土	0.552±0.076	1.252±0.266	1.252±0.266	0.334±0.057	3.579±0.917	2.276±0.395
轮作 7 年土	0.602±0.032	1.430±0.078	1.430±0.078	0.371±0.026	4.188±0.324	2.525±0.201
变化趋势	+	+	+	+	+	+

2.3 轮作对三七连作土壤理化性状的影响

试验结果表明, 轮作对三七连作土壤理化性状也具有显著影响. 由图 3(a)可知, 与新土相比, 种植三七使土壤的 pH 值升至 5.3, 而经轮作 7 年处理土壤的 pH 值与新土的相同, 降至 5.1, 由此可见, 轮作有使土壤 pH 值降低的趋势. 轮作使土壤的有机质含量显著增加, 本试验中, 轮作 3 年土壤的有机质含量最高, 分别是新土和连作 2 年土的 1.87 和 1.66 倍, 差异极显著如图 3(b).



图中字母表示多重比较的结果, 大写字母表示在 0.01 水平上有统计学意义.

图 3 轮作对土壤 pH 值及有机质含量的影响

图 4 显示了不同类型土壤中全量及速效养分含量的变化情况. 由于种植三七过程中大量施用肥料, 因此种植 2 年三七土壤的全量及速效养分含量均不同程度地增加. 从图 4(a), (b), (c)可以看出, 与连作土相比, 轮作土壤中的全 N 含量有所增加, 全 P 含量变化不大, 而全 K 含量极显著下降. 由图 4(d), (e), (f)还可看出, 轮作土壤的碱解氮、速效 P 和速效 K 含量均有不同程度的下降, 尤以速效 P 含量的下降最为显著.

总体来看, 经轮作处理后的三七连作土壤 N、P、K 主要养分含量有所降低, 肥力下降。

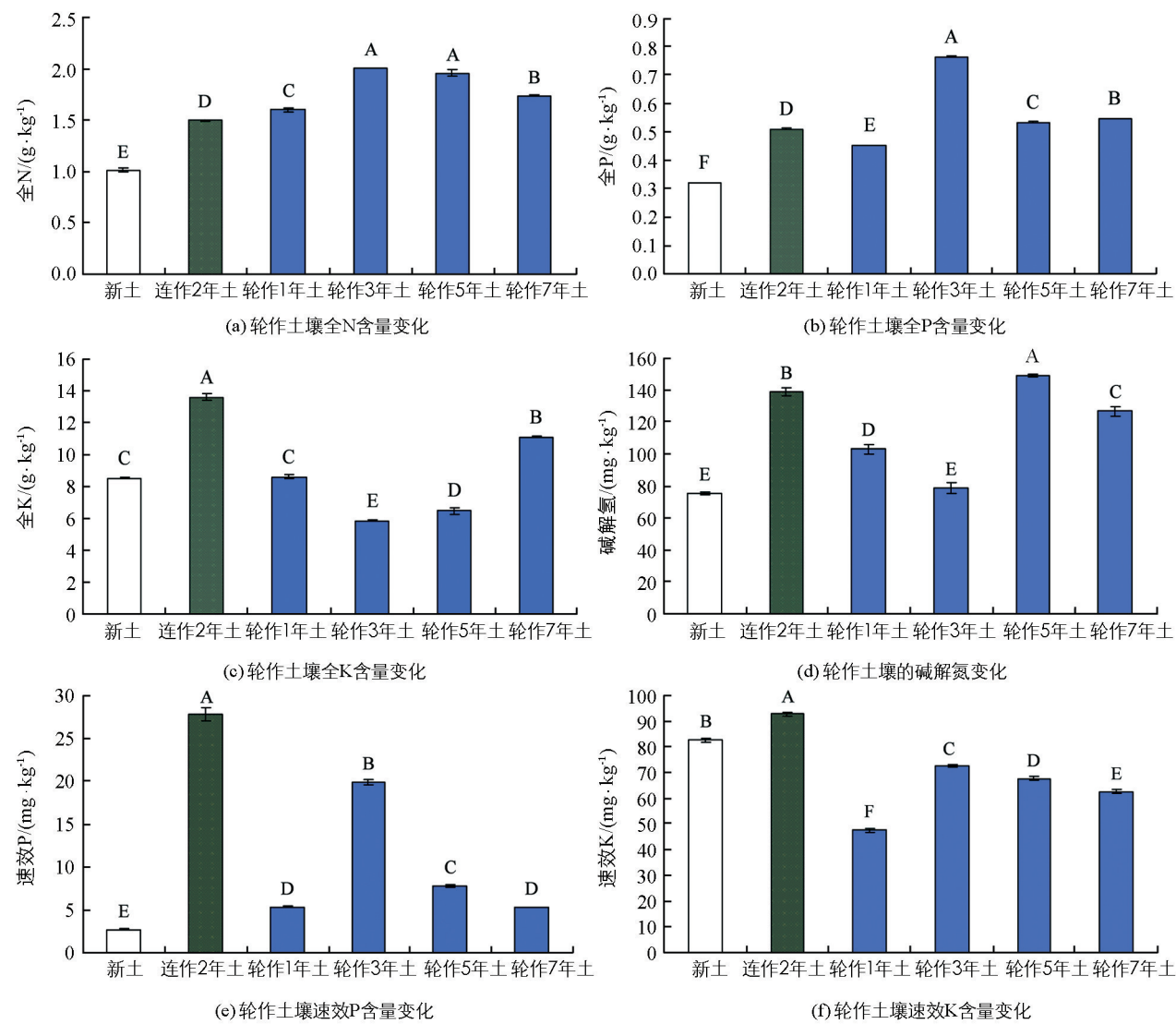


图 4 轮作对土壤主要养分含量的影响

3 讨 论

3.1 三七合理轮作周期的探讨

植物连作障碍的形成机制非常复杂, 牵涉的因素也非常多, 轮作是解决连作障碍的最为简单和有效的方法^[14]。如采用小麦、水萝卜与连作花生实行模拟轮作, 可减轻或解除花生的连作障碍^[15]; 辣椒与茄子轮作, 黄瓜与翻青玉米、翻青黑豆、豇豆轮作也是有效预防和克服土壤连作障碍的较佳种植制度^[16-17]; 水旱轮作可有效减轻大棚蔬菜(水果)生产中的连作障碍问题^[18-21]。据调查, 轮作也是目前消减三七连作障碍效应最为直接有效的技术措施, 但关于三七的轮作效应缺乏量化分析。本文设置了田间移土试验, 分析轮作年限对三七种苗出苗及植株生长的影响。结果发现: 随轮作年限的增加, 三七的出苗率及存苗率和块根质量也显著增加, 轮作 5 年和 7 年土壤上所栽植三七的出苗率与新土的无显著差异, 轮作 3 年以上土壤栽植的三七, 其块根质量接近于与新土处理。本文研究进一步证实, 轮作对于消减三七连作障碍具有显著作用。栽植过三七的土壤经过 5 年轮作以后可再次栽植三七, 且其出苗率与新土上的差别不大。但上述结果为通过小面积的田间移土试验所得出, 且观察时间较短, 大田生产中三七的轮作周期是否可由当前的 8~10 年缩短为 5~7 年, 尚需通过多年研究加以证实。

3.2 轮作对三七连作土壤微生态环境的改善

轮作可以使病菌失去寄主或改变生活环境, 因而消灭或减轻病虫害发生, 同时也可以改善土壤结构, 克服连作障碍. 如采用酸枣、厚朴以及烟草、水稻、萝卜等与杉木苗木轮作可以有效消除连作对杉木苗木生长的障碍效应^[22]. 但轮作消减三七连作障碍的作用机制未见报道, 本文从轮作对三七连作土壤微生物区系及理化性状的影响两个方面进行了探索. 研究发现, 种植三七后土壤中的微生物群落多样性受到破坏, 而轮作使土壤中的放线菌数量增加, 细菌数量略有下降, 但真菌数量变化不大; 土壤微生物的丰富度指数和物种多样性指数明显增加. 总体来看, 经轮作处理后土壤中的速效 N,P,K 等主要养分含量有所降低. 同时, 轮作有使土壤 pH 值降低, 有机质含量显著增加的趋势. 这表明轮作对于三七连作土壤的微生物区系及理化性状都有较大改善, 尤其是使土壤微生物多样性指数、土壤有机质含量增加, 使土壤速效 N,P,K 含量下降. 由此亦可推断, 土壤微生物多样性丧失, 速效 N,P,K 养分含量过高导致的土壤富营养化可能是致使三七连作障碍形成的重要原因.

本研究从土壤微生态环境改善方面揭示了轮作消减三七连作障碍效应的作用机制, 可为进一步制定合理的消减技术措施提供参考, 同时也有助于阐明三七连作障碍的发生机制. 本研究采用了传统实验室培养鉴定的方法对轮作土壤微生物种类数量及其多样性变化进行分析. 事实上, 传统培养方法鉴定的微生物种类数量不到其总数的 1%, 因此, 今后应结合更为简单、快速而准确的 DGGE 技术分析轮作对三七连作土壤微生物群落的动态变化^[23]. 同时, 对于轮作后土壤理化性状的变化规律尚需多年多点试验加以验证. 此外, 化感自毒作用也是导致三七连作障碍的原因之一, 深入探讨轮作土壤中三七化感自毒物质的变化规律对于全面揭示三七的轮作效应机制也具有重要意义.

4 结 论

随土壤轮作年限增加, 三七的出苗率和存苗率明显上升, 而根腐病的发病率则显著降低. 轮作后土壤放线菌数量增加, 细菌数量略有下降, 真菌数量变化不大, 土壤微生物丰富度指数和物种多样性指数增加. 轮作土壤中的速效 N,P,K 含量有所降低, pH 值降低, 而有机质含量显著增加. 轮作改善了三七连作土壤的微生物区系结构及理化性状, 对三七连作障碍具有很好的消减作用.

参考文献:

- [1] 游佩进, 张 媛, 王文全, 等. 三七连作土壤对几种蔬菜种子及幼苗的化感作用 [J]. 中国现代中药, 2009, 11(5): 12—13, 20.
- [2] 马承铸, 李世东, 顾真荣, 等. 三七连作田根腐病复合症综合治理措施与效果 [J]. 上海农业学报, 2006, 22(4): 63—68.
- [3] 张子龙, 王文全, 缪作清, 等. 主成分分析在三七连作土壤质量综合评价中的应用 [J]. 生态学杂志, 2013, 32(6): 1636—1644.
- [4] 姚槐应, 黄昌勇. 土壤微生物生态学及其实验技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2000: 138—140.
- [5] 李振高, 骆永明, 滕 应. 土壤与环境微生物研究法 [M]. 北京: 科学出版社, 2008: 90—92.
- [6] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 263—271.
- [7] 徐振锋, 胡庭兴, 李小艳, 等. 川西亚高山采伐迹地草坡群落对模拟增温的短期响应 [J]. 生态学报, 2009, 29(6): 2899—2905.
- [8] 郝兴明, 陈亚宁, 李卫红. 新疆塔里木河下游物种多样性与地下水位的关系 [J]. 生态学报, 2007, 27(10): 4016—4112.
- [9] 叶朝霞, 陈亚宁, 李卫红. 基于生态水文过程的塔里木河下游植被生态需水量研究 [J]. 地理学报, 2007, 62(5): 451—461.
- [10] 白永飞, 许志信, 李德新. 内蒙古高原针茅草原群落 α 多样性研究 [J]. 生物多样性, 2000, 8(4): 353—360.
- [11] 吴 勇, 苏 智, 方精云. 沱江源森林群落生物多样性垂直格局研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15(4): 447—452.
- [12] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000: 12—14, 147—149, 150—152, 166—168, 180—181, 188—189, 193—195.
- [13] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法 [M]. 北京: 科学出版社, 1983: 74—75.

- [14] 胡繁荣. 设施蔬菜连作障碍原因与调控措施探讨 [J]. 金华职业技术学院学报, 2005, 5(2): 18—22.
- [15] 封海胜, 张思苏, 万书波, 等. 解除花生连作障碍的对策研究 I. 模拟轮作的增产效果 [J]. 花生科技, 1996(1): 22—24.
- [16] 梁银丽, 徐福利, 杜社妮, 等. 黄土高原设施农业种植制度探析 [J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(2): 189—190.
- [17] 李 夏, 周宝利, 陈绍莉, 等. 茄子自毒物质对辣椒种子萌发及枯萎菌的化感作用 [J]. 生态学报, 2009, 29(2): 960—965.
- [18] 何圣米, 杨悦俭, 李必元, 等. 大棚蔬菜—荸荠水旱轮作高效种植模式的应用 [J]. 江苏农业科学, 2005(1): 74—75.
- [19] 何圣米, 杨悦俭, 李必元, 等. 设施蔬菜—水生蔬菜水旱轮作模式的应用 [J]. 浙江农业科学, 2005(1): 10—12.
- [20] 张裕生. 棚栽浅水藕对减轻连作障碍效果试验 [J]. 上海蔬菜, 2006(3): 79—80.
- [21] 杨祥田, 周 翠, 李建辉, 等. 不同轮作方式下大棚草莓产量及土壤生物学特性 [J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(2): 312—315.
- [22] 邱贵云. 林业苗圃地连作和轮作对苗木生长及土壤肥力影响的研究 [J]. 福建林业科技, 2007, 34(2): 109—111, 118.
- [23] 刘晓燕, 张 磊, 韦泽秀, 等. 用 PCR-DGGE 研究菌肥对西藏青稞土壤微生物群落多样性的影响 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2014, 36(7): 1—10.

Effects of Crop Rotation for Reducing Continuous Cropping Obstacles in *Panax notoginseng* Cultivation

ZHANG Zi-long¹, LI Kai-ming¹, YANG Jian-zhong², MIU Zuo-qing³,
LI Shi-dong³, HOU Jun-ling¹, WANG Wen-quan⁴

1. College of Chinese Pharmacy, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100102, China;

2. Wenshan Research Institute of Sanqi of Yunnan Province, Wenshan, Yunnan 663000, China;

3. Institute of Plant Protection (IPP), Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China;

4. Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences and
Peking Union Medical College, Beijing 100193, China

Abstract: In a field experiment, *Panax notoginseng* was cultivated on a new soil and on soils where crop rotation had been practiced successively for some years so as to investigate the effects of crop rotation for reducing continuous cropping obstacle of *P. notoginseng*, and the influences of crop rotation on microflora and the physical and chemical properties of the *P. notoginseng*-grown soils were analyzed. The results showed that with the increase in rotation farming years, *P. notoginseng* emergence rate improved significantly, and no significant difference existed between the 5- or 7-year rotation and planting on the new soil. Rotation increased the number of actinomycetes and slightly decreased the number of bacteria in the soil, while the number of fungi showed little change. Also, rotation increased soil microbial richness index and species diversity index. After rotation, the major nutrient contents in the soil like N, P and K decreased, pH was reduced, and organic matter content increased significantly. In conclusion, soil microbial community structure and soil physical and chemical properties were improved by crop rotation, which reduced continuous cropping obstacles of *P. notoginseng* obviously.

Key words: *Panax notoginseng*; continuous cropping obstacle; crop rotation; soil microflora; soil physical-chemical properties

