

连作对三七种子萌发及种苗生长的影响*

张子龙¹ 王文全^{1*} 王勇² 杨建忠² 崔秀明²

(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)

摘要 为进一步明确三七的连作效应,以不同种植年限及不同空间分布的土壤为栽培基质,研究了连作对三七种子萌发及种苗生长的影响。结果表明:连作使三七种子萌发的最大速度增加,种子的发芽势变化不大,而发芽率、发芽指数和快速发芽期则呈明显降低或变短的趋势;与根区外土相比,根区土和根区下土使三七种子的发芽势、发芽率和发芽指数显著降低,对种子萌发的最大速度也有降低的作用;种植1年三七的土壤(1年土)对后茬三七种苗的生长并无明显障碍效应,2年土比3年土具有更强的抑制三七种苗生长的作用。连作对三七种子萌发及种苗生长均会产生明显的障碍效应,自毒作用可能只是造成三七连作障碍的原因之一。

关键词 三七;连作障碍;种子萌发;种苗生长

中图分类号 Q142.3;R282.2 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2010)8-1493-05

Influence of *Panax notoginseng* continuous cropping on seed germination and seedling growth of the plant. ZHANG Zi-long¹, WANG Wen-quan¹, WANG Yong², YANG Jian-zhong², CUI Xiu-ming² (¹College of Chinese Pharmacy, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100102, China; ²Wenshan Research Institute of Sanqi, Yunnan Province, Wenshan 663000, Yunnan, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2010, 29(8):1493-1497.

Abstract: A pot experiment was conducted to explore the influence of *Panax notoginseng* continuous cropping on the seed germination and seedling growth of the plant. Under continuous cropping, the maximum seed germination speed of *P. notoginseng* increased, germination vigor changed little, while the germination rate, germination index, and fast germination stage decreased, compared with those under 1-year cropping. The seed germination vigor, germination rate, and germination index in root region soil and under-root region soil decreased significantly, and the maximum germination speed also decreased, compared with those in outer-root region soil. The 1-year *P. notoginseng*-cropped soil had no obvious obstacle effect on the seedling growth of followed cropped *P. notoginseng*, but the 2-year *P. notoginseng*-cropped soil had stronger inhibitory effect than the 3-year *P. notoginseng*-cropped soil. Our results suggested that *P. notoginseng* continuous cropping could produce obstacle effect on the seed germination and seedling growth of the plant, and autotoxicosis could be one of the main reasons that led to the *P. notoginseng* continuous cropping obstacle.

Key words: *Panax notoginseng*; continuous cropping obstacle; seed germination; seedling growth.

三七(*Panax notoginseng*),又名田七、山漆和金不换,是五加科人参属植物,具有显著的散瘀止血,消肿定痛功效(国家药典委员会,2005)。三七属于

亚热带高山阴性植物,生态幅较为狭窄,主要分布于我国云南文山州和广西百色地区,云南文山的三七栽培面积和产量均占全国的90%以上,是三七的主产区。

近年来,随着人们对三七药用价值认识的逐渐加深,三七的需求量进一步加大,其GAP栽培种植

* 国家十一五科技支撑计划项目(2006BAI09B03)和中国博士后科学基金资助项目(20080440337)。

* * 通讯作者 E-mail: wqw57@126.com

收稿日期:2009-11-08 接受日期:2010-04-23

面积也在不断扩大,栽培过程中的土壤环境恶化及连作障碍危害也日益突出。目前,三七连作区面积高达总种植面积的15%,每年由此造成的损失在上千万元,连作障碍已成为影响道地产区文山州三七产业可持续发展的重要制约因素(马承铸等,2006;孙玉琴等,2008)。对于三七连作障碍效应的相关报道较少,本研究通过种子萌发及种苗生长试验,比较分析了不同连作年限及不同空间分布土壤对三七种子萌发及种苗生长的影响,旨在明确连作对三七种子萌发及种苗生长的障碍效应。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试土壤采自云南省文山州砚山县盘龙彝族乡拖支白村三七种植基地。该基地处于 $23^{\circ}18'06''N$, $104^{\circ}23'45''E$,海拔1487 m,年平均气温 $16.3^{\circ}C$,年降水量996 mm,土壤属于由碳酸盐岩发育而成的红壤。

选择处于相邻位置的,连作0年(新地)、1年、2年和3年三七的地块,于2008年1月三七收获后进行土样采集。各地块土壤的理化性状基本一致:pH值为5.29;有机质 $21.1 g \cdot kg^{-1}$;全氮 $1.69 g \cdot kg^{-1}$,全磷 $0.75 g \cdot kg^{-1}$,全钾 $8.24 g \cdot kg^{-1}$;碱解氮 $140.64 mg \cdot kg^{-1}$,速效磷 $11.59 mg \cdot kg^{-1}$,速效钾 $179.73 mg \cdot kg^{-1}$ 。按照土壤的空间分布,采集三七畦内的土壤(畦面以下0~20 cm)、三七畦下方0~20 cm的土壤以及三七畦两侧0~20 cm的土壤,依次称为根区土、根区下土和根区外土(图1)。每份土样均为根据五点法所取的混合样,共计12份。

三七种子和1年生种苗均由文山三七研究院栽培研究所提供,三七种子于2008年1月采摘后用湿沙(含水量25%左右)埋藏, $5^{\circ}C$ 避光保存备用。

1.2 试验设置

1.2.1 种子萌发试验 将各供试土样于室内阴干,

除去其中残留的石块、植物根系等杂物,过2 mm筛,充分混匀。2008年4月从每份土样中取90 g,均匀平铺于3个事先灭菌的培养皿($\Phi=90 mm$)中, $30 g \cdot 皿^{-1}$ 。适量加入蒸馏水($20 ml \cdot 皿^{-1}$),使土壤湿润。选取大小一致、健康饱满的三七种子(已经过后熟处理),用3%的NaClO溶液表面消毒处理5 min,经蒸馏水反复冲洗后均匀播于培养皿中,每皿50粒。将所有处理置于室内自然光照下培养,培养温度为 $20^{\circ}C$ 左右。播种后次日开始,每天记录萌发的种子数,并及时补充等量的蒸馏水,以保持土壤湿润。连续观察20 d,计算发芽势、发芽率和发芽指数等。

1.2.2 种苗生长试验 2008年1月采用连作0年(新土)、1年、2年和3年三七地块的根区土壤(依次称为新土、1年土、2年土和3年土)进行盆栽试验,试验地点设在云南省文山三七研究院砚山试验场内。采用单因素随机区组设计,4个处理,3次重复。供试土样去除石块、杂质后装盆($32 cm \times 28 cm \times 12 cm$),每盆的土样量保持相等。选择长势一致的三七种苗,用64%杀毒矾+50%多菌灵500倍液浸种15 min,捞出带药液移栽,每盆12株,其他田间管理措施同当地常规。2008年4月开始动态调查各处理的存苗株数,计算存苗率;7月调查各处理三七植株的形态指标,包括株高、茎粗、复叶数、叶面积及根系体积等;测定三七叶片的光合色素含量、可溶性糖含量、根系活力,以及植株的生物量和根冠比等生理生化指标。

1.3 指标测定

播种后10 d统计种子发芽势,发芽势=萌发的种子数/播种数 $\times 100\%$;播后20 d统计发芽率和发芽指数,发芽率=萌发的种子数/播种数 $\times 100\%$,发芽指数= $\sum (G_i/D_i)$,其中 G_i 为*t*日内的发芽数, D_i 为相应的发芽天数(张志勇等,2008;杜玮等,2009)。

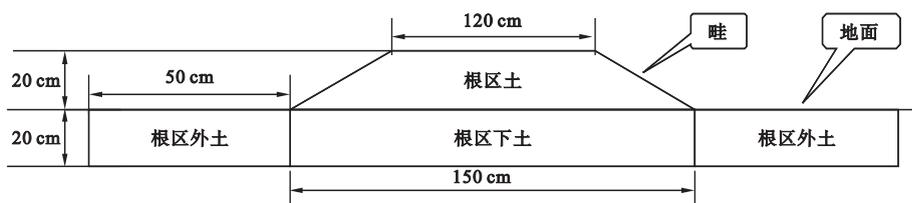


图1 不同空间分布土样采集示意图

Fig. 1 Schematic diagram of spatial distribution of soil samples

种苗存活率=存活种苗数/移栽数×100%。根系体积测定采用排水法(张宪政,1990),根系活力测定采用 TTC 法(侯福林,2004)。可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法(张志良,1990),叶绿素含量测定采用丙酮-无水乙醇浸提法(郝再彬,2004)。采用常规方法测量株高、茎粗、复叶数、叶面积等,之后将植株按照地上、地下部分开,分别置于烘箱内,80℃下烘至恒量,然后在精度为0.001g的天平上称量;根冠比(R/S)=地下生物量/地上生物量。

1.4 统计分析

所有试验数据均在 DPS 7.05 平台上进行处理,先采用 ANOVA 法进行分析,再采用 LSD 法进行显著性测验(唐启义和冯明光,2002)。

2 结果与分析

2.1 三七种子萌发过程模拟

不同土壤条件下,三七种子的萌发曲线具有“S”型曲线特征(图2)。利用 Logistic 方程对其萌发过程进行动态模拟,根据拟合方程求得该曲线的几个特征值:三七种子萌发的最大速度 V_{max} 、达到最大速度的时间 T_{maxv} 及快速发芽时期(fast germination stage, FGS)。由表1可以看出,连作对种子萌发最大速度 V_{max} 和快速发芽时期 FGS 有一定影响,而对 T_{maxv} 影响不大。新土处理下的 V_{max} 为 3.41%/d,而1年土、2年土和3年土的 V_{max} 依次为 3.91%/d、4.40%/d 及 4.20%/d,可见连作有使三七种子萌发最大速度增加的趋势。新土处理下三七种子的快速发芽期 FGS 为 12 d,而连作土壤的为 9~11 d,略有变短。此外,由表1还可看出,不同空间分布土壤条件下,三七种子的 V_{max} 也有明显差异,具体表现为根区外土>根区下土>根区土。可以看出,根区土壤处理的 V_{max} 最小,表明三七根区土壤对其种子萌发有一定的抑制作用。

表1 不同土壤条件下三七种子萌发的 Logistic 方程及其特性

Tab.1 Logistic equation and its characteristics of seed germination in *Panax notoginseng* under different soil conditions

处理	拟合方程	F 值	V_{max} (%/d)	T_{maxv} (d)	FGS (d)
新土	$Y=62.1365/[1+\exp(1.2153-0.2192t)]$	89.2699**	3.41	6	0-12
1年土	$Y=64.7117/[1+\exp(1.5791-0.2419t)]$	241.3392**	3.91	7	1-12
2年土	$Y=55.1411/[1+\exp(1.7256-0.3191t)]$	366.0628**	4.40	5	1-10
3年土	$Y=61.9909/[1+\exp(1.6832-0.2709t)]$	391.9650**	4.20	6	1-11
根区土	$Y=57.7328/[1+\exp(1.5293-0.2556t)]$	209.8970**	3.69	6	1-11
根区下土	$Y=57.2905/[1+\exp(1.5490-0.2632t)]$	245.1792**	3.77	6	1-11
根区外土	$Y=67.2050/[1+\exp(1.5107-0.2594t)]$	404.0325**	4.36	6	1-11

**表示0.01水平上差异显著。

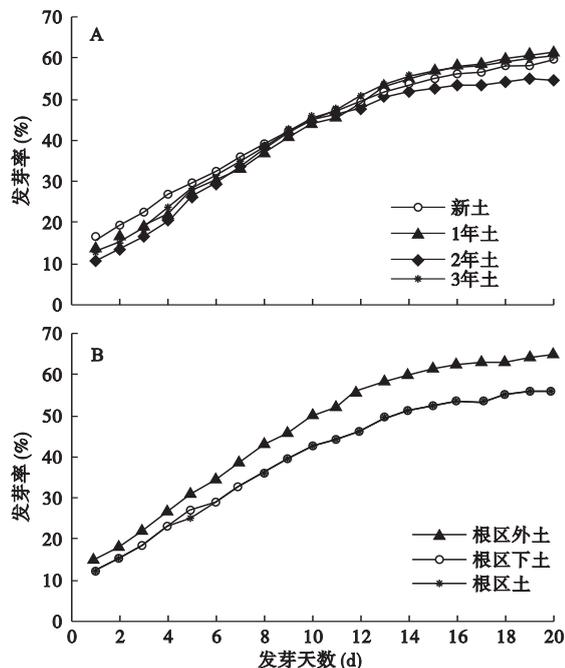


图2 不同连作年限(A)及不同空间分布(B)土壤条件下三七种子的萌发曲线

Fig.2 Germination curves of *Panax notoginseng* seeds in different soils with various years of continuous cropping (A) and various spatial distribution (B)

2.2 连作对三七种子发芽的影响

土壤的连作年限及空间分布对三七种子的发芽指标存在一定影响(表2)。连作年限只对三七种子的发芽率有显著影响,而空间分布对三七种子的发芽势、发芽率和发芽指数等发芽指标均有显著或极显著影响。由此可见,土壤的空间分布比连作年限更易对三七种子萌发产生影响;与发芽势和发芽指数相比,三七种子的发芽率更易受外界环境条件的影响。

不同土壤条件下,三七种子的发芽势、发芽率及发芽指数等都存在一定差异(表3)。总体而言,连作对三七种子的发芽势影响不大,但可使三七种子

表2 不同土壤条件对三七种子发芽指标影响的方差分析(F值)

Tab.2 ANOVA of germination indexes in *Panax notoginseng* under different soil conditions

变异来源	发芽势	发芽率	发芽指数
连作年限	0.139	3.733 *	0.885
空间分布	3.586 *	5.705 **	3.974 *
连作年限×空间分布	0.986	2.806 *	1.243

*, ** 分别示 0.05 和 0.01 水平上差异显著。

表3 不同土壤条件下三七种子发芽指标间的差异

Tab.3 Differences in germination indexes of *Panax notoginseng* under different soil conditions

处理	发芽势 (%)	发芽率 (%)	发芽指数
新土	44.44 a	63.33 ab	6.10 a
1年土	44.44 a	65.93 a	5.54 a
2年土	44.07 a	58.15 b	5.09 a
3年土	46.67 a	61.48 ab	5.48 a
根区土	42.78 ab	59.72 b	5.19 b
根区下土	41.94 b	58.61 b	5.15 b
根区外土	50.00 a	68.33 a	6.32 a

字母表示多重比较的结果,小写字母表示在 0.05 水平上差异显著,下同。

发芽率和发芽指数明显降低。本试验中,连作2年土上三七种子的发芽率和发芽指数最低,依次为58.15%和5.09,分别比新土降低8.18%和16.56%。从土壤的空间分布来看,根区外土上三七种子的发芽势、发芽率和发芽指数均为最高,显著或极显著高于根区土和根区下土。

2.3 连作对三七种苗生长的影响

从图3可以看出,随着时间的推移,三七种苗的存活率总体呈逐渐下降的趋势。比较不同连作年限土壤背景下三七种苗的存活率可以发现,新土与1年土三七种苗的存活率较为接近,尤其是在移栽后15个月以内,二者无显著差异;而2年土和3年土上所栽植三七种苗的存活率,随着生育进程的推进显著降低。说明本试验中所采集的1年土对三七种苗的

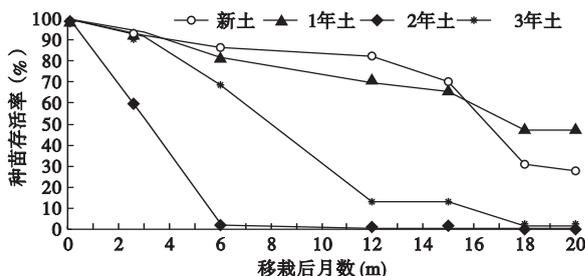


图3 连作对三七种苗存活率的影响

Fig.3 Effects of continuous cropping soil on survival rate of *Panax notoginseng* seedlings

表4 不同连作年限条件下三七植株形态的变化

Tab.4 Plant morphology indexes of *Panax notoginseng* in different soils with various years of continuous cropping

处理	株高 (cm)	茎粗 (cm)	复叶数	叶面积 (cm ²)	根系体积 (cm ³)
新土	8.875 ab	2.000 a	2.25 ab	93.760 ab	5.51 b
1年土	12.750 a	2.750 a	3.25 a	185.954 a	5.84 ab
2年土	4.250 b	1.875 a	1.50 b	45.460 b	1.36 c
3年土	7.250 b	1.625 a	1.50 b	97.402 ab	6.12 a

存活并无明显障碍效应。本试验中2年土上三七种苗存活率的降低幅度最大,到移栽后12个月(2009年1月)三七存苗率几乎为0,而3年土上的三七仍有一定的存苗(13.06%)。

于现蕾期(2008年7月)对不同连作年限土壤条件下三七植株的形态变化进行研究。由表4可见,1年土上三七的株高、茎粗、复叶数、叶面积和根系体积等各项形态指标均与新土上的无显著差异,但随着连作年限的进一步增加,上述各项指标有下降趋势。本试验条件下,2年土上三七的长势最差。

进一步对连作条件下三七植株的生理特性进行研究,结果见表5和表6。与新土处理相比,1年土和3年土处理三七植株叶片的光合色素含量、可溶性糖含量以及植株的根系活力、干物质积累量和根冠比等均较高;而2年土上栽植的三七长势显著变差,上述各项生理指标的值也显著降低,且植株病害发生严重(未列出)。

表5 不同连作年限土壤条件下三七植株部分生理特性的差异

Tab.5 Differences in some physiological characteristics among *Panax notoginseng* plants under different soils with various years of continuous cropping

处理	叶绿素 a (mg · g ⁻¹)	叶绿素 b (mg · g ⁻¹)	类胡萝卜素 (mg · g ⁻¹)	叶片可溶性糖含量 (%)	根系活力 (μg · g ⁻¹ · h ⁻¹)
新土	2.267 ab	1.142 a	0.819 a	22.25 a	0.685 b
1年土	2.352 a	1.235 a	0.874 a	23.37 a	0.795 b
2年土	0.096 c	0.013 b	0.261 c	8.35 b	0.147 c
3年土	2.127 b	1.077 a	0.760 b	25.76 a	0.923 a

表6 不同连作年限土壤条件下三七植株干物质积累的差异

Tab.6 Differences of dry matter accumulation among *Panax notoginseng* plants under different soils with various years of continuous cropping

处理	植株鲜质量 (g · 株 ⁻¹)			植株干质量 (g · 株 ⁻¹)			根冠比 R/S
	根	茎叶	总	根	茎叶	总	
新土	2.72 b	3.20 b	5.92 b	0.85 b	0.60 a	1.45 b	1.426 b
1年土	3.48 ab	3.96 a	7.44 a	1.18 a	0.62 a	1.80 a	1.903 a
2年土	0.60 c	0.58 c	1.18 c	0.15 c	0.16 b	0.31 c	0.938 c
3年土	4.24 a	3.84 a	8.08 a	1.29 a	0.64 a	1.93 a	2.016 a

3 讨论

种植过三七的地块一般要轮作或休闲8~10年才能重新种植,三七连作主要表现为植株基本全部死亡,缩短间隔年限则表现为发病严重和保苗率低等,从而造成产量低、质量差(马承铸等,2006)。本研究分析了不同连作年限土壤对三七种子萌发的影响,结果发现,与新土相比,连作土壤上三七种子萌发的最大速度增加,而发芽势变化不大,发芽率、发芽指数和快速发芽期则呈降低或变短的趋势。由此可见,连作对三七种子萌发存在较为明显的障碍效应。为揭示三七连作障碍土壤的空间分布规律,进一步探讨三七连作障碍形成的可能机理,本研究还比较了根区土、根区下土和根区外土对三七种子萌发的影响。结果表明,与对照(根区外土)相比,供试的根区土和根区下土显著抑制了三七种子的发芽势、发芽率和发芽指数,对三七种子萌发的最大速度也有降低的作用。这可能是由于根区土和根区下土距离三七植株的根系比较接近,尤其是根区土壤,其中积累了大量的根系分泌物、根系浸出物及腐解产物,而这些物质很多又都具有自毒作用,因此导致三七的种子萌发受到一定影响。由此认为,自毒作用可能是造成连作三七种子萌发障碍的重要原因。另外,本实验还发现,根区土和根区下土上未发芽的三七种子均存在不同程度的发霉、腐烂现象。这究竟是因为土壤中的自毒物质抑制了种子吸涨,损伤质膜系统造成的(朱慧等,2009),还是由于化感物质促进了病原微生物增殖,从而使三七种子感病所致,尚待进一步探讨。

以不同连作年限的根区土壤为栽培基质,探讨了连作对三七种苗生长的影响。结果显示,本试验中采集到的1年土对三七种苗的存活并无明显障碍效应。这可能是由于前茬三七生长时间短,自毒物质积累的量少,因此未对后茬三七生长造成影响。照此推测,3年土中积累的自毒物质的量比2年土更多,对后茬三七种苗抑制作用应该更强。但事实上,本试验中得出的结论相反,2年土比3年土具有更强的抑制三七种苗生长的作用,2年土上栽植的三七长势差,而且病害发生严重。这是否暗示除自毒作用外,还有其他方面的因素导致三七连作障碍的发生?事实上植物连作障碍的形成机理是复杂的,化感(自毒)效应只是其中的一个方面(李勇等,2008),连作土壤理化性状恶化(梁银丽等,2004;吕

卫光等,2006;吴凤芝和王学征,2007;申卫收,2008)、微生物群落改变导致病原微生物的增殖(梁银丽等,2004;吕卫光等,2006)等都有可能是造成三七连作障碍的原因。因此,在对三七连作障碍效应研究的基础上,应进一步加强上述几方面内容的研究,以期全面揭示三七的连作障碍机理奠定基础,同时也为更有针对性地对三七连作障碍进行防治提供理论依据。

参考文献

- 杜 玮,何池全,陈玉丽,等. 2009. 入侵植物互花米草水浸液对菖苳的化感效应. 环境科学学报, **29**(4): 869-875.
- 国家药典委员会. 2005. 中华人民共和国药典(2005年版). 北京: 化学工业出版社.
- 郝再彬. 2004. 植物生理实验. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社.
- 侯福林. 2004. 植物生理学实验教程. 北京: 科学出版社.
- 李 勇,黄小芳,丁万隆,等. 2008. 不同土壤提取物对人参种子生长的化感效应及其化学组成. 生态环境, **17**(3): 1173-1178.
- 梁银丽,陈志杰,徐福利,等. 2004. 黄土高原设施农业中的土壤连作障碍. 水土保持学报, **18**(4): 134-136.
- 吕卫光,余廷园,诸海涛,等. 2006. 黄瓜连作对土壤理化性状及生物活性的影响研究. 中国生态农业学报, **14**(2): 119-121.
- 马承铸,顾真荣,李世东,等. 2006. 两种有机硫熏蒸剂处理连作土壤对三七根腐病复合症的防治效果. 上海农业学报, **22**(1): 1-5.
- 马承铸,李世东,顾真荣,等. 2006. 三七连作田根腐病复合症综合治理措施与效果. 上海农业学报, **22**(4): 63-68.
- 申卫收,林先贵,张华勇,等. 2008. 不同栽培条件下蔬菜塑料大棚土壤尖孢镰刀菌数量的变化. 土壤学报, **45**(1): 137-142.
- 孙玉琴,韦美丽,陈中坚,等. 2008. 化感物质对三七种子发芽影响的初步研究. 特产研究, (3): 44-46.
- 唐启义,冯明光. 2002. 实用统计分析及其DPS数据处理系统. 北京: 科学出版社.
- 吴凤芝,王学征. 2007. 设施黄瓜连作和轮作中土壤微生物群落多样性的变化及其与产量品质的关系. 中国农业科学, **40**(10): 2274-2280.
- 张宪政. 1990. 作物生理研究法. 北京: 农业出版社.
- 张志良. 1990. 植物生理学实验指导. 北京: 高等教育出版社.
- 张志勇,汤菊香,韩 静,等. 2008. 不同绿豆品种萌发期的自毒作用研究. 广东农业科学, (10): 25-27, 32.
- 朱 慧,马瑞君,吴双桃,等. 2009. 当归根际土对其种子萌发和幼苗生长的影响. 生态学杂志, **28**(5): 833-838.

作者简介 张子龙,男,1976年生,讲师,博士后,主要从事中药资源生态、中药材规范化栽培与质量调控方面研究。
E-mail: zhangzilong2000@yahoo.com.cn
责任编辑 王 伟