

老参地土壤对东北地区十二种作物化感作用的研究

杨 莉¹, 刘兴龙², 宋 杰², 李小华², 刘芳君¹

(1. 吉林农业大学 省部共建生态恢复与生态系统管理国家重点实验室, 吉林 长春 130118; 2. 吉林农业大学 中药材学院, 吉林 长春 130118)

摘 要:以东北山区常见的 12 种农作物为受体, 研究了老参地土壤水溶性物质对其生长发育的影响, 探讨参地土壤的化感作用及适宜的农田参粮、参菜轮作植物。结果表明: 参土水提液对受体植物的作用主要通过影响其萌发率和幼根生长实现, 主要存在 4 种作用类型, 即促进、抑制、低促高抑、低抑高促; 不同受体植物对参地土壤水溶性化感物质的敏感性不同, 苦苣和茄子最敏感; 12 种受试植物中, 除黄瓜、茄子、番茄外, 其余植物均可作为老参地的后茬植物。

关键词:人参轮作; 农田栽参; 根系分泌物; 连作障碍; 生物测定

中图分类号:S 154.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)23-0152-04

人参(*Panax ginseng* C. A. Mey.) 属五加科人参属植物, 是我国名贵中草药, 由于野生人参数量极其稀少, 目前使用的绝大部分人参来源于人工栽培。栽培过人参的土地俗称老参地, 由于人参忌连作, 短期内老参地不能再栽培人参, 因此人参栽培业的发展必然导致宜参林地资源的紧张, 而不断的伐林栽参必将带来水土流失等种种生态恶果^[1-5]。因此, 改造、利用现有的老参地, 发展农田栽参, 成为了人参栽培业发展急需解决的重要问题。

多年来, 国内外学者围绕老参地再利用的课题, 从土壤消毒、施肥改土、生物轮作等多个方面进行了尝试, 尤其是生物轮作, 取得了很多有益的结果^[6-8]。目前, 朝鲜的主要轮作物为玉米, 日本主要轮作物为水稻、玉米、花卉、蔬菜, 我国虽然也开展了相关的研究, 但目前尚鲜见有最佳轮作模式和轮作植物方面的报道^[9]。该试验对适宜与人参轮作的粮食、蔬菜进行了初步筛选, 主要对比了东北地区常见的、大量栽培的 12 种作物在老参地土壤浸提液中的生长发育情况, 为进一步研究适宜我国吉林省东部山区老参地的参粮、参菜轮作模式奠定基础。

此外, 研究认为人参根系分泌物的化感作用是老参地形成的重要原因之一, 根际土壤是富集这些分泌物的重要区域, 由于微生物的参与, 这些分泌物必然将在土

壤中发生迁移和转化^[10-14]。因此, 参地土壤是仅对后茬人参产生自毒作用, 还是可对多种植物产生影响, 目前尚鲜见相关报道。该试验研究了老参地土壤浸提液对其它生物的化感作用, 也为深入研究人参的自毒作用, 分析老参地的成因提供了有益的参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以吉林省抚松县人参栽培示范基地为土壤样品采集区, 五点法采集作物收获后 10 年老参地土壤。

1.2 试验方法

1.2.1 取样方法 去除参床地表杂物和表层 2 cm 的土壤, 移取人参植株栽培痕迹其周围 10 cm 范围内的土壤, 土壤取样深度 15~20 cm。采集后的土壤自然风干, 去除杂物, 过 40 目筛后, 备用。

1.2.2 土壤浸提液的制备 精密称取一定量土壤样品, 按照 1:20 的比例加入蒸馏水, 采用先恒温振荡(28℃, 24 h)然后超声萃取(50 Hz, 25℃, 30 min)的方法进行提取, 重复 3 次, 合并提取液, 过滤, 减压回收至浸膏, 计算得率, 稀释成 50、100、150、200、250 mg/L 5 个浓度的供试液, 备用。

1.2.3 受体种子的预处理 受体种子包括大白菜、小白菜、水萝卜、大萝卜、苦苣、辣椒、玉米、大豆、番茄、茄子、黄瓜、葱共 12 种植物, 其中玉米、大豆、番茄、茄子、黄瓜、葱进行了浸种催芽处理, 处理方法为: 种子置 28℃ 恒温蒸馏水中浸泡 12 h。

1.3 项目测定

1.3.1 人参土壤浸提液对受体种子与幼苗生长影响的生物测定 采用培养皿滤纸法进行测定^[15]。挑选籽粒饱满的受体种子, 蒸馏水冲洗表面后, 滤纸吸干水分,

第一作者简介:杨莉(1981-), 女, 博士, 硕士生导师, 研究方向为化学生态学。E-mail: yangliff@126.com.

基金项目:国家青年科学基金资助项目(31200241); 国家级大学生创新创业训练计划资助项目。

收稿日期:2014-09-11

转移至铺有双层滤纸的培养皿中,每皿 50 粒种子(玉米、大豆、黄瓜为 25 粒/皿)。各皿中分别加入 3 mL 不同浓度的土壤水浸提液,以蒸馏水为对照,3 次重复,置于(25±0.2)℃的恒温气候箱中培养,每天添加 1 mL 相应浸提液以保证滤纸湿润。以胚根或胚轴突破种皮达 1~2 mm 为种子萌发标准,分别于种子开始萌发时与萌发率稳定时计算种子发芽率,其中小白菜、大白菜、萝卜为 24 h(开始时间)、48 h(稳定时间);玉米、大豆、黄瓜、苦苣为 24、96 h;葱 24、240 h;水萝卜 48、96 h;番茄 48、240 h;茄子 96、240 h;辣椒 120、216 h。萌发率稳定后 24 h 测定受体幼苗根长与苗高。

1.3.2 人参根际土壤水浸提液化感效应的评价 采用 Williamson 的方法评价化感作用效应^[16]。即: $RI = (T_1/T_0 - 1)$, 其中, RI 为化感作用效应指数, T_1 为人参土壤浸液处理后植物苗高和根生长量, T_0 为未处理对照植物苗高与根生长量。当 $RI > 0$ 为促进, $RI < 0$ 为抑制,绝对值的大小与作用强度成正比^[17]。

1.4 数据分析

试验数据均采用 DPS 2000 处理分析,采用 Duncan's 新复极差法检验结果的显著性。

2 结果与分析

2.1 人参土壤浸提液对受体种子萌发率的影响

由表 1 可知,12 种植物中,仅大豆、苦苣、水萝卜、黄瓜、茄子、辣椒 6 种种子的初始萌发率与对照有显著差异,表明人参土壤水浸提液对这 6 种种子萌发有显著影响。其中,对大豆种子表现为显著的抑制作用,5 个浓度的水浸提液处理的萌发率均低于 CK,且随浓度增加,抑制作用增加,250 mg/L 处理萌发率仅为 CK 的 29%。参土水浸液对苦苣、水萝卜种子萌发呈显著的促进作用,5 个浓度的水浸液处理的萌发率均高于 CK,苦苣表现为随水浸液浓度增加,促进作用减小,50 mg/L 处理促进作用最强,萌发率提升了 64%;水萝卜表现为单峰形,促进作用最强的是 100 mg/L,萌发率增加了 71%。参土水浸液对黄瓜、茄子、辣椒 3 种种子的影响程度与浓度密切相关。其中低浓度处理对前二者种子萌发表现为促进,对辣椒表现为抑制;高浓度对前二者表现为抑制,对辣椒表现为促进。目前的研究认为自然环境中化感物质的浓度较低,因此,根据低浓度处理结果更接近实际的原则,综合上述分析可见,老参地土壤浸提液(50~100 mg/L)对苦苣、水萝卜、黄瓜、茄子萌发有利;不利于大豆和辣椒种子的萌发;对其余 6 种种子萌发无显著影响。

由表 1 可知,12 种种子的稳定萌发率均较初始萌发率有所提升。除苦苣和茄子外,其余种子的水浸液处理

与 CK 之间的萌发率差异逐渐缩小,至无显著差异;而苦苣和茄子均表现为水浸液处理后,萌发率显著增加,二者作用最强的处理分别是 50、150 mg/L,萌发率分别增加了 28% 和 69%。上述分析表明,若以这 12 种种子为老参地后茬作物,在没有病虫害、水分等其它影响的情况下,老参地土壤中水溶性物质对其出苗率没有显著影响,对苦苣和茄子还有明显的促进作用。

表 1 人参土壤浸提液对受体种子萌发率影响 %

萌发率	受体植物	CK	人参土壤浸提液/(mg·L ⁻¹)				
			50	100	150	200	250
初始萌发率	小白菜	60.66	0.00	-0.12	-0.14	-0.09	-0.03
	大白菜	97.34	0.00	-0.01	0.01	0.01	0.01
	萝卜	94.00	-0.02	-0.10	-0.01	-0.01	-0.05
	苦苣	28.00b	0.64a	0.60a	0.57a	0.29ab	0.19ab
	水萝卜	18.67c	0.11bc	0.71a	0.50ab	0.46abc	0.21bc
	辣椒	27.33b	-0.20b	-0.05b	0.00b	0.46a	0.49a
	葱	6.67	0.00	-0.10	0.20	0.50	0.20
	玉米	65.33	0.06	-0.08	-0.12	-0.14	-0.18
	大豆	22.67a	-0.06a	-0.41b	-0.53bc	-0.53bc	-0.71c
	黄瓜	56.00ab	-0.05ab	0.26a	0.10ab	-0.05ab	-0.17b
	番茄	21.33	0.09	0.03	-0.19	-0.19	-0.25
	茄子	16.67c	0.04bc	0.52a	0.40ab	0.16abc	-0.04c
稳定萌发率	小白菜	80.00	0.00	-0.03	-0.09	0.01	-0.01
	大白菜	97.34	-0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
	萝卜	97.34	0.01	-0.02	-0.01	-0.01	-0.03
	苦苣	45.33b	0.28a	0.25a	0.18ab	0.01b	0.00b
	水萝卜	32.67	0.06	0.12	0.16	0.14	0.08
	辣椒	92.67	-0.03	-0.08	-0.04	-0.03	-0.04
	葱	50.00	-0.01	-0.04	0.00	-0.03	-0.07
	玉米	80.00	-0.02	-0.08	-0.10	-0.10	-0.22
	大豆	97.33	0.00	0.01	-0.01	0.00	-0.05
	黄瓜	81.33	0.05	0.13	0.11	0.03	-0.03
	番茄	73.33	0.00	-0.04	-0.08	-0.09	-0.12
	茄子	34.00d	0.1c	0.29bc	0.69a	0.49ab	0.14c

注:CK 值为萌发率(萌发率%)=处理值/供试种子总数×100%;其余为 RI 值。小写字母表示有显著差异, $P < 0.05$,没有字母标注的均表示无显著差异,下同。

2.2 人参土壤浸提液对受体幼苗苗高的影响

由表 2 可知,12 种受体植物中,参土水浸液仅对 6 种植物幼茎生长具有显著影响。其中,单峰型/低促高“抑”型:参土提取液对其幼茎表现为低浓度促进,随浓度增加,促进作用达到峰值后逐渐减小(辣椒、玉米),或降为负值,即转为抑制作用,并随浓度增加抑制作用增强(苦苣、大豆)。抑制型:参土提取液对其幼茎生长表现为抑制作用,且随浓度增加,负值的绝对值增加,即抑制作用增强(茄子)。低抑高促型:对其幼茎生长表现为低浓度抑制,随浓度增加,抑制作用减小,促进作用增强(番茄)。

进一步分析不同浓度参土提取液对幼茎生长的影响发现:同为“单峰型”的 4 种植物其促进作用峰值对应

的参土提取液浓度并不一致:玉米、辣椒为 200 mg/L,苦苣为 150 mg/L,大豆为 100 mg/L。茄子组 5 个浓度处理均与对照有显著差异;苦苣组 4 个处理与对照有显著差异;玉米、辣椒组仅高浓度处理与对照有显著差异;大豆、番茄组各处理与对照均无显著差异。以低浓度(50~100 mg/L)处理为代表,参土水提液对其幼茎生长呈促进作用的包括:小白菜、苦苣、水萝卜、辣椒、玉米、大豆;呈抑制作用的包括:大白菜、萝卜、葱、黄瓜、番茄、茄子;仅苦苣与茄子与对照差异显著。上述分析说明,参土提取液对受体幼茎生长的影响与其浓度密切相关,不同受体植物幼茎对人参根系水溶性化感物质的敏感性不同,其中,茄子、苦苣最敏感。

表 2 人参土壤浸提液对受体幼苗苗高影响 cm

受体植物	CK	人参土壤浸提液/(mg·L ⁻¹)				
		50	100	150	200	250
小白菜	2.53	0.024	0.026	0.071	-0.020	-0.032
大白菜	2.37	-0.127	-0.117	-0.088	-0.042	-0.106
萝卜	4.42	-0.007	-0.054	-0.088	-0.090	-0.124
苦苣	1.19c	0.123ab	0.201a	0.214a	0.078bc	-0.141d
水萝卜	1.98	0.054	0.214	0.168	0.129	0.118
辣椒	2.79c	0.051bc	0.153b	0.168b	0.308a	0.134bc
葱	6.52	-0.008	0.043	0.093	0.161	-0.003
玉米	3.63b	0.003b	0.049b	0.182ab	0.318a	0.105ab
大豆	5.61ab	0.013ab	0.077a	-0.021ab	-0.076b	-0.087b
黄瓜	5.46	-0.130	-0.116	-0.122	-0.121	-0.099
番茄	4.43ab	-0.053b	-0.009ab	0.035ab	0.048ab	0.072a
茄子	4.46a	-0.174b	-0.165b	-0.213b	-0.222b	-0.223b

2.3 人参土壤浸提液对受体幼苗根长的影响

由表 3 可知,12 种受体中,8 种受体植物幼根生长受到了参土水提液的显著影响,参土水提液对其的生长影响与其对幼茎生长的影响存在较多类似之处。单峰型/低促高“抑”型:变化趋势与幼茎类似,促进减小的(萝卜、玉米、番茄);抑制作用增强的(小白菜、大白菜)。抑制型:趋势同幼茎(黄瓜、茄子)。促进型:参土水提液浓度增加,促进作用增强(水萝卜)。

表 3 人参土壤浸提液对受体幼苗根长影响 cm

受体植物	CK	人参土壤浸提液/(mg·L ⁻¹)				
		50	100	150	200	250
小白菜	6.92ab	0.103a	0.025ab	-0.069bc	-0.181c	-0.299d
大白菜	5.18ab	0.062a	0.053a	0.005ab	0.005ab	-0.075b
萝卜	7.50d	0.204b	0.503a	0.287b	0.160bc	0.049cd
苦苣	3.85	0.047	0.042	0.008	-0.003	-0.013
水萝卜	2.26c	0.397b	0.454b	0.441b	0.572b	1.083a
辣椒	4.92	-0.001	0.018	0.047	0.049	-0.012
葱	3.15	-0.259	-0.132	-0.117	-0.243	-0.251
玉米	8.39b	0.004b	0.285a	0.366a	0.306a	0.204a
大豆	7.32	-0.023	-0.021	-0.023	0.113	0.112
黄瓜	11.45a	-0.009ab	-0.033abc	-0.081abc	-0.095bc	-0.100c
番茄	6.42b	-0.003b	0.157ab	0.280a	0.242a	0.234a
茄子	6.51a	-0.180bc	-0.063a	-0.092ab	-0.211c	-0.256c

进一步分析不同浓度参土提取液对幼根生长的影响发现:同为“单峰型”的 5 种植物其促进作用峰值对应的参土提取液浓度并不一致。水萝卜组 5 个浓度处理均与对照有显著差异;萝卜、玉米组 4 个处理与对照有显著差异;番茄、茄子、黄瓜、小白菜组仅高浓度处理与对照有显著差异;大白菜组各处理与对照均无显著差异。以低浓度(50~100 mg/L)处理为代表,参土水提液对其幼根生长呈促进作用的包括:小白菜、大白菜、萝卜、苦苣、水萝卜、玉米;呈抑制作用的包括:辣椒、葱、大豆、黄瓜、番茄、茄子;仅萝卜、水萝卜、茄子与对照差异显著。综合上述分析可见,参土提取液对受体幼根生长的影响与其浓度密切相关,不同受体植物幼根对人参根系水溶性化感物质的敏感性不同,其中,萝卜、水萝卜、茄子最敏感。

2.4 人参土壤浸提液对受体生长发育的综合比较

由表 4 可知,参土水提液对苦苣、萝卜、水萝卜的初始萌发率、稳定萌发率、苗高和根长 4 项指标中 3 项或 1 项具有显著的促进作用,无抑制项,表明参土水提液对其具有显著的促进作用,对苦苣作用最强。其次,参土水提液对黄瓜、番茄、茄子的 4 项指标中 2 项具有抑制作用,尤其是对幼根生长均具有抑制,表明参土提取液对其生长具有不利影响,对茄子影响最大。此外,参土水提液抑制了辣椒、大豆的初始萌发率,但稳定萌发率未受影响,因此辣椒、大豆,以及小白菜、大白菜、葱、玉米均可以作为老参地的后茬植物。

表 4 人参土壤浸提液对受体植物影响的综合比较

	初始萌发率	稳定萌发率	幼茎高度	幼根长度
小白菜	0	0	0	✓
大白菜	0	0	0	✓
萝卜	0	0	0	✓*
苦苣	✓*	✓*	✓*	0
水萝卜	✓	0	0	✓*
辣椒	×	0	✓	0
葱	0	0	0	0
玉米	0	0	✓	✓
大豆	×	0	✓	0
黄瓜	×	0	0	×
番茄	0	0	×	×
茄子	✓	✓*	×	×

注:“0、×、✓”分别表示该指标项下处理组与对照无显著差异、有显著差异(抑制)、有显著差异(促进)。“*”表示该指标项下最低浓度处理(50 mg/L)与对照有显著差异。

3 结论与讨论

综合上述分析可见,人参土壤水提液对受体植物的作用形式主要分为 4 种,即促进、抑制、低促高抑、低抑高促。参土提取液对受体植物生长的影响与其浓度密切相关,不同受体植物对人参根系水溶性化感物质的敏感

性不同,总体看来苦苣和茄子最为敏感。

选择了初始萌发率、稳定萌发率、苗高、根长 4 项指标作为衡量参土提取液化感作用的标准。其中,参土提取液对苦苣、辣椒、玉米、大豆、番茄 5 种植物初始萌发率的化感影响大于其余指标;对小白菜、萝卜、水萝卜、葱、茄子 5 种植物根长的化感影响最强;对大白菜、黄瓜苗高的化感作用强于其余指标,表明参土提取液的化感作用主要通过影响受体植物种子萌发和幼根生长来表达。

化感作用是近年来解释老参地成因的一个重要理论,研究人参及其根系分泌物的化感作用须以人参为受体才能真实的反映自然情况。但是人参种子具有长达 6~12 个月的休眠期,幼苗生长期长且移栽后成活率较低,这些特点都给人参化感作用的研究检测带来了巨大的困难。目前很多化感作用的研究都采用蔬菜等种子作为受体,如小白菜等,使得这类种子几乎成为了化感作用研究的“模式植物”,其主要原因是这些植物对化感物质敏感,萌发时间短,萌发整齐。因此,在这样的背景下,研究人参对其它植物的化感作用,有助于筛选对人参化感物质敏感的受体,但这些植物是否可以用于人参化感作用的检测,还需要与人参种子、幼苗一起对比等更多的试验进一步研究。

参考文献

- [1] 张连学,陈长宝,王英平,等. 人参忌连作研究及其解决途径[J]. 吉林农业大学学报,2008,30(4):481-485.
- [2] 蒋红云,张燕宁,冯平章,等. 大蒜对萝卜、黄瓜、番茄和油菜幼苗的化感效应[J]. 应用生态学报,2006,17(9):1655-1659.

- [3] 孔垂华. 新千年的挑战:第三届世界植物化感作用大会综述[J]. 应用生态学报,2003,14(5):837-838.
- [4] 李勇,朱殿龙,黄小芳,等. 不同土壤浸提物对人参种子生长抑制作用的初步研究[J]. 中草药,2008,39(7):1070-1074.
- [5] 胡元森,李翠香,杜国营,等. 黄瓜根分泌物中化感物质的鉴定及其化感效应[J]. 生态环境,2007,16(3):954-957.
- [6] 郑殿家,钱少军,越晓龙,等. 集安老参地再利用试验情况初报[J]. 人参研究,2001,13(3):16-18.
- [7] 田义新,尹春梅,韩东,等. 老参地再利用研究-参参轮作[J]. 人参研究,2002,14(3):3-9.
- [8] 田义新,王本有,盛吉明,等. 老参地短期轮作技术体系的建立[J]. 人参西洋参轮作体系[J]. 吉林农业大学学报,2002,24(3):46-49.
- [9] 姜岚. 关于老参地利用问题研究情况的报告[J]. 吉林林业科技,1990,10(5):57-59.
- [10] 郑丽,冯云龙. 入侵植物的生理生态特性对碳积累的影响[J]. 生态学报,2005,25(10):2782-2787.
- [11] 高兴祥,李美,高宗军,等. 苍耳对不同植物幼苗的化感作用研究[J]. 草业学报,2009,18(2):95-101.
- [12] 陈长宝,王艳艳,刘继永,等. 人参根际土壤中化感物质鉴定[J]. 特产研究,2006(2):12-14.
- [13] 王今堆,傅学奇,李铁津,等. 人参种子生长抑制物质的特性及其分离鉴定[J]. 吉林大学学报(自然科学版),1994,9(1):94-95.
- [14] 何军,王三根,丁伟. 青蒿浸提物对小麦化感作用的初步研究[J]. 西南农业大学学报(自然科学版),2004,26(3):281-284.
- [15] 曾任森. 化感作用研究中的生物测定方法综述[J]. 应用生态学报,1999,10(1):123-126.
- [16] 骆世明,林象联,曾任森,等. 华南农区典型植物的他感作用研究[J]. 生态科学,1995,15(2):114-128.
- [17] 许春媚,杨莉,韩梅,等. 加拿大蓬水浸液对植物幼苗生长的影响[J]. 安徽农业科学,2010,38(19):10031-10033.

Allelopathic Effect of Extract from Planted *Panax ginseng* Filed on Twelve Kinds of Crops in the Northeast of China

YANG Li¹, LIU Xing-long², SONG Jie², LI Xiao-hua², LIU Fang-jun¹

(1. State Key Laboratory of Jilin Province and Ministry of Sciences & Technology for Ecological Restoration and Ecosystem Management, Changchun, Jilin 130118; 2. College of Chinese Medicinal Material, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118)

Abstract: Taking 12 kinds of plants of the northeast mountain areas as receptors, the effect of allelopathic of extract from long-cultivated land of *Panax ginseng* on seed germination was investigated, to provide reference for farmland planted *ginseng* crop rotation and the theory foundation of autotoxicity research on *P. ginseng*. The results showed that the influence on germination rate and root growth was the main expression pattern of *ginseng* soil extracts. Different receptor plants showed different sensitivity and lettuce and eggplant were the most sensitive receptors. Except cucumber, eggplant, tomatoes, the other plants could be used as following plants of the *ginseng*-grown land.

Keywords: *ginseng* rotation; cultivate *ginseng* in farmland; root exudates; continuous cropping obstacle; biological assay