

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2014.03.015

拱健婷, 张子龙, 王雄飞, 等. 三七自毒与化感作用初步研究[J]. 广西植物, 2014, 34(3):362-368

Gong JT, Zhang ZL, Wang XF, et al. Preliminary study on autointoxication and allelopathy of *Panax notoginseng*[J]. *Guihaia*, 2014, 34(3):362-368

## 三七自毒与化感作用初步研究

拱健婷, 张子龙\*, 王雄飞, 刘凤波, 赵志刚

(北京中医药大学 中药学院, 北京 100102)

**摘要:** 采用生物测定方法,对三七的自毒与化感作用进行初步研究。结果表明:(1)三七种子萌发过程中的自毒作用随其播种密度不同而有一定差异,但无明显规律性。三七种子萌发过程中的分泌物对油菜生长具有化感作用,主要表现为对油菜种子发芽率、发芽指数及苗高的抑制效应;(2)三七水浸液对不同受体植物的化感作用不尽相同,对小麦主要表现为对苗鲜重、苗干重、根鲜重、苗高及须根数有不同程度的促进或抑制作用;对油菜则表现为对其种子发芽率具有抑制作用,而对苗鲜重、苗干重、根鲜重、最长根长具有促进作用;(3)三七存在明显的化感自毒作用,其自毒物质可能为影响其连作的一个重要因素。

**关键词:** 三七; 水浸液; 自毒作用; 化感作用

**中图分类号:** Q945.7      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-3142(2014)03-0362-07

## Preliminary study on autointoxication and allelopathy of *Panax notoginseng*

GONG Jian-Ting, ZHANG Zi-Long\*, WANG Xiong-Fei,  
LIU Feng-Bo, ZHAO Zhi-Gang

(School of Chinese Materia Medica, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100102, China)

**Abstract:** Germination and early seedling growth bioassays were used to assess the autointoxication and allelopathy potential of *Panax notoginseng* which served as donors and *P. notoginseng*, wheat (*Triticum aestivum*), rape (*Brassica campestris*) as receptors. The results were as follows: (1) the autointoxication of *P. notoginseng* appeared some differences in different density, but showed no obvious regularity. The exudates from seed germination of *P. notoginseng* inhibited seed germination rate, germination index and seedling height of rape; (2) The allelopathic effects of water extract of *P. notoginseng* differed among receptors. The wheat showed different promotion or inhibition which mainly manifested in the seedling fresh weight, seedling dry weight, root fresh weight, root number of wheat growth. The water extract inhibited the germination rate, promoted the seedling fresh weight, seedling dry weight, root fresh weight, root length of rape; (3) The allelopathy and autointoxication of *P. notoginseng* was obvious, the substances may be an important factor affecting the continuous cropping.

**Key words:** *Panax notoginseng*; water extract; autointoxication; allelopathy

三七 (*Panax notoginseng*) 是五加科人参属植物,为我国特有的名贵中药材,具有散瘀止血,消肿定痛功效(国家药典委员会,2010)。三七主要分布

于我国云南文山州和广西百色地区,目前,均为人工栽培(缪作清等,2006)。调查显示,三七的连作障碍现象十分严重,种植过三七的地块一般要间隔(轮作

收稿日期: 2013-08-07      修回日期: 2013-10-13

基金项目: 国家自然科学基金(81102751)

作者简介: 拱健婷(1992-),女,广西桂林人,主要从事中药资源、中药分析方面研究,(E-mail) gongxiaolele@126.com。

\*通讯作者: 张子龙,博士,副研究员,硕士生导师,主要从事中药资源与生态方面研究,(E-mail) zhangzilong76@163.com。

或休闲)8~10 a 才能重新种植。三七连作障碍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,2006a,b)。三七连作障碍的成因有土壤微生物引起的危害、根际化感作用、土壤营养不足三个方面,其中化感作用是植物连作障碍的重要原因(刘莉等,2011;罗群等,2010;张晓玲等,2007)。

化感作用是一种植物(包括微生物)通过向环境释放化学物质对另一种植物(包括微生物)产生的直接或间接有害的或有益的作用(Rice,1974)。自毒作用是化感作用的一种特殊形式(惠继瑞等,2008),是植物通过淋溶、挥发、残体分解和根系分泌向环境中释放化学物质,而对自身产生的直接或间接的有害或有利作用,即供体与受体为同一种植物(Singh *et al.*,1999)。由于药用植物体内常含有大量的次生代谢产物,这些物质可通过分泌或雨雾淋溶进入土壤,从而引起植物的化感自毒作用(孔垂华等,2004;张远莉等,2003;阎飞等,2001)。

本文以三七、小麦(当地常与三七进行轮作的植物之一)和油菜(常用于化感作用生物测定)作为受体植物,采用生物测定方法,研究三七种子萌发过程中的化感自毒作用,探讨不同生育时期三七植株水浸液的化感作用,为深入揭示三七化感作用变化规律,阐明三七连作障碍形成机理提供参考,同时也可作为筛选合理轮作植物提供一定理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试材料

供体植物为三七,受体植物包括三七、小麦和油菜。三七种子、种苗均来自云南文山三七研究院。将经过后熟处理的三七种子沙培得三七幼苗,三七种苗沙培得二年生三七植株,再将三七幼苗、二年生三七植株分为地上和地下部分,分别在自然通风条件下阴干备用。小麦品种为轮选 987,油菜品种为泰科华盛油菜,均购自中国农科院作物所。

### 1.2 实验设计

#### 1.2.1 三七种子萌发过程中的化感自毒作用

(1)自毒作用:选取大小一致的经后熟处理的三七种子,表面消毒后播于 540 mm×280 mm 圆形 32 穴育苗盘中,各穴置等量石英砂( $d < 0.4$  mm)。播种密度设 2、4、6、8、10、12、14、16、18、20、40(粒/穴)11 个水平,8 次重复。将育苗盘置于 25 °C 恒温、

自然光照下培养,播后第二天开始调查每穴的发芽状况,播后 45 d 调查每穴的存苗数,计算发芽率,考查幼苗生长情况。

(2)对油菜的化感作用:选取大小一致,经后熟处理的三七种子,表面消毒后均匀播于经灭菌的布氏漏斗( $\Phi = 60$  mm)中沙培,密度设 0、5、10、20、50(粒/漏斗)5 个水平,3 次重复。将布氏漏斗置于烧杯上固定,烧杯内放入一定量石英砂( $d < 0.4$  mm),播种经表面消毒的油菜种子,20 粒/杯。整套装置放在 25 °C 恒温、自然光照下培养,播后第二天开始调查烧杯中油菜种子的发芽状况,记录每天发芽的种子数。连续观察 7 d,计算发芽率和发芽指数,考查油菜幼苗的生长情况。

#### 1.2.2 三七植株水浸液化感作用

(1)水提物的制备:分别称取剪碎的三七幼苗及二年生三七植株的地上和地下部分,在室温下用蒸馏水浸泡 48 h,配制为 0.1 g/mL 的水浸液原液,经微孔滤膜(0.45  $\mu\text{m}$ )过滤后放入 4 °C 冰箱备用。将水浸液原液稀释成不同浓度,其中二年生植株地下部分水浸液 0.002 g/mL、0.004 g/mL,地上部分水浸液 0.000 75 g/mL;幼苗地下部分水浸液 0.0011 g/mL、地上部分水浸液 0.002 5 g/mL,备用。

(2)水提物化感作用检测:在经高压灭菌的培养皿中添加一定量的石英砂( $d < 0.4$  mm),以蒸馏水为对照,将上述供试水浸液各 30 mL 添加到相应培养皿中,使石英砂保持湿润。分别选取大小一致、经表面消毒的小麦和油菜种子,均匀播于培养皿中,20 粒/皿,6 次重复。将培养皿置于 25 °C 恒温、自然光照下培养,连续观察 7 d,计算小麦和油菜种子的发芽率,考察幼苗生长情况。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 指标测定方法

发芽率 = 发芽数 / 播种种子数  $\times 100\%$ ;发芽指数  $GI = \sum(GT/DT)$ ,GT 是  $t$  日的发芽数,DT 是  $t$  d。

采用常规方法测量苗高,最长根长,观察其根数,叶片数。之后将植株按照地上和地下部分开,称重记录后,分别置于烘箱内,80 °C 下烘至恒重,然后在千分之一天平上称量。

1.3.2 统计分析方法 用 EXCEL、DPS 7.05 软件进行数据统计分析,用邓肯氏新复极差法(DMRT)测验分析不同处理的差异显著性,对不符合方差分析条件的数据用 Kruskal-Wallis 检验处理。每组样本中的观察数  $n \geq 5$ ,样本统计量 KW 很接近自由度为

$k-1$  ( $k$  为样本数) 的卡方分布, 故可用卡方分布来决定 KW 统计量的显著性检验。在一定显著水平下 ( $\alpha=0.05$ ), KW 值大于相应卡方临界值,  $P<0.05$ , 则各组间存在显著差异, 反之无显著差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 三七种子萌发过程中的化感自毒作用

2.1.1 自毒作用 经检验, 自毒作用实验数据不符合正态分布, 故而采用非参数检验中的 Kruskal-Wallis 检验进行数据分析 (其中 2 粒/穴、8 粒/穴处理的数据为 0, 未参与此检验)。不同播种密度下, 三七种子萌发及幼苗生长指标的 Kruskal-Wallis 检验结果见表 1。  $\alpha=0.05$ , 对应的  $\chi^2(8)$  为 15.51, 表 1 中 5 项指标 KW 值均小于此临界值,  $P>0.05$ , 故可认为

各组间无显著差异, 即播种密度对三七幼苗的发芽率、苗鲜重、苗干重、根鲜重、根干重无显著影响。

表 1 三七播种密度试验 Kruskal-Wallis 检验结果  
Table 1 Kruskal-Wallis test results for the density effects of *Panax notoginseng*

指标 Indicators	发芽率 Germination rate	苗鲜重 Seedling fresh weight	苗干重 Seedling dry weight	根鲜重 Root fresh weight	根干重 Root dry weight
KW 统计量 KW statistics	3.71	3.81	4.21	3.34	1.90

在不同播种密度下, 三七发芽指标及幼苗生长指标间的差异见表 2。对不同处理间的差异进行两两比较, 结果发现, 在苗鲜重、苗干重、根鲜重三个指标中, 第 2 组和第 11 组 (即播种密度为 4 粒/穴与 40 粒/穴) 之间有显著差异, 其它各个组之间的差异不显著 (表 3)。

表 2 不同播种密度下三七种子萌发及幼苗生长情况

Table 2 *Panax notoginseng* seed germination and seedling growth in different densities

组别 Groups	播种密度 Density (粒/穴)	发芽率 Germination rate (%)	苗鲜重 Seedling fresh weight ( $10^{-1}$ g/株)	苗干重 Seedling dry weight ( $10^{-1}$ g/株)	根鲜重 Root fresh weight ( $10^{-1}$ g/株)	根干重 Root dry weight ( $10^{-1}$ g/株)
1	2	6.25	0	0	0	0
2	4	12.50	134.38	11.56	12.19	3.75
3	6	6.25	196.25	18.25	17.38	7.25
4	8	0	0	0	0	0
5	10	22.50	370.94	46.40	36.72	5.25
6	12	21.88	435.38	48.75	44.90	8.65
7	14	4.46	106.25	10.06	26.94	5.10
8	16	15.62	330.00	38.75	46.25	6.25
9	18	18.06	430.59	58.81	57.09	6.72
10	20	16.25	370.94	25.62	75.00	40.31
11	40	25.72	1223.62	167.44	189.31	24.78

由表 2 可知, 本试验中, 密度为 40 粒/穴的处理, 三七的苗鲜重、苗干重、根鲜重均高于 4 粒/穴处理, 并有显著差异; 而密度为 8 粒/穴时三七的发芽率最低, 为 0, 密度为 2 粒/穴的发芽率为 6.25%, 存苗率为 0。

2.1.2 对油菜的化感作用 三七在不同播种密度下, 其种子萌发过程中产生的分泌物对油菜种子萌发及幼苗生长的影响见表 4、表 5。

从表 4 可知, 不同播种密度下, 三七种子萌发过程中的根系分泌物对油菜种子的发芽指数、发芽率及苗高等均有显著影响。由表 5 可知, 与对照组比较, 漏斗中播种三七种子后, 烧杯中供试油菜种子的发芽指数、发芽率及苗高等均受到抑制。三七播种密度为 20 粒/漏斗时抑制作用最严重, 发芽指数、发芽率、苗高等均低于其他处理组, 分别为对照组的

14.96%、21.43% 和 40.25%。由此可见, 三七种子萌发过程中的分泌物对油菜种子的萌发、幼苗生长有抑制作用。

### 2.2 三七植株水浸液的化感作用

2.2.1 对小麦的化感作用 不同生育时期三七植株水浸液对小麦种子萌发及幼苗生育的影响见表 6、表 7 和表 8。从表 6 可知, 不同生长时期三七植株水浸液对小麦发芽率的影响未达到显著水平, 对苗鲜重有极显著影响, 对苗干重有显著影响。实验数据检验发现根鲜重、苗干重、叶片数、须根数、苗高等 5 项指标不符合方差分析的条件, 故而选用 Kruskal-Wallis 检验, 结果见表 7。  $\alpha=0.05$ , 对应的  $\chi^2(5)$  为 11.07, 而实验指标中根鲜重、苗高、须根数的 KW 值均大于此临界值, 近似卡方分布的显著性检验及采用 Monte Carlo 随机抽样方法计算得到的

表 3 不同播种密度下三七种子萌发及幼苗生长两两比较结果

Table 3 Pairwise comparison results of *Panax notoginseng* seed germination and seedling growth in different densities

指标 Indicators 比较组别 Comparison group	苗鲜重 Seedling fresh weight			苗干重 Seedling dry weight			根鲜重 Root fresh weight		
	组间差 Inter-group difference	<i>t</i> 值 <i>t</i> value	<i>P</i> 值 <i>P</i> value	组间差 Inter-group difference	<i>t</i> 值 <i>t</i> value	<i>P</i> 值 <i>P</i> value	组间差 Inter-group difference	<i>t</i> 值 <i>t</i> value	<i>P</i> 值 <i>P</i> value
2<->3	3.12	0.36	0.72	3.38	0.39	0.70	2.88	0.33	0.74
2<->5	6.00	0.69	0.49	5.50	0.63	0.53	4.62	0.53	0.59
2<->6	5.88	0.68	0.50	5.94	0.68	0.50	5.62	0.65	0.52
2<->7	2.75	0.32	0.75	3.00	0.35	0.73	3.94	0.46	0.65
2<->8	5.25	0.60	0.55	5.56	0.64	0.52	5.62	0.65	0.52
2<->9	8.50	0.98	0.33	10.00	1.15	0.25	9.25	1.07	0.29
2<->10	8.12	0.94	0.35	7.25	0.84	0.41	10.44	1.21	0.23
2<->11	17.75	2.04	0.05	17.88	2.06	0.04	18.38	2.12	0.04
3<->5	2.88	0.33	0.74	2.12	0.24	0.81	1.75	0.20	0.84
3<->6	2.75	0.32	0.75	2.56	0.30	0.77	2.75	0.32	0.75
3<->7	0.38	0.04	0.97	0.38	0.04	0.97	1.06	0.12	0.90
3<->8	2.12	0.24	0.81	2.19	0.25	0.80	2.75	0.32	0.75
3<->9	5.38	0.62	0.54	6.62	0.76	0.45	6.38	0.74	0.46
3<->10	5.00	0.58	0.57	3.88	0.45	0.66	7.56	0.87	0.39
3<->11	14.62	1.68	0.10	14.50	1.67	0.10	15.50	1.79	0.08
5<->6	0.12	0.01	0.99	0.44	0.05	0.96	1.00	0.12	0.91
5<->7	3.25	0.37	0.71	2.50	0.29	0.77	0.69	0.08	0.94
5<->8	0.75	0.09	0.93	0.06	0.01	0.99	1.00	0.12	0.91
5<->9	2.50	0.29	0.77	4.50	0.52	0.61	4.62	0.53	0.59
5<->10	2.12	0.24	0.81	1.75	0.20	0.84	5.81	0.67	0.50
5<->11	11.75	1.35	0.18	12.38	1.43	0.16	13.75	1.59	0.12
6<->7	3.12	0.36	0.72	2.94	0.39	0.74	1.69	0.20	0.85
6<->8	0.62	0.07	0.94	0.38	0.04	0.97	0	0	1.00
6<->9	2.62	0.30	0.76	4.06	0.47	0.64	3.62	0.42	0.68
6<->10	2.25	0.26	0.80	1.31	0.15	0.88	4.81	0.56	0.58
6<->11	11.88	1.37	0.18	11.94	1.38	0.17	12.75	1.47	0.15
7<->8	2.50	0.29	0.77	2.56	0.30	0.77	1.69	0.20	0.85
7<->9	5.75	0.66	0.51	7.00	0.81	0.42	5.31	0.61	0.54
7<->10	5.38	0.62	0.54	4.25	0.49	0.63	6.50	0.75	0.46
7<->11	15.00	1.73	0.09	14.88	1.71	0.09	14.44	1.67	0.10
8<->9	3.25	0.37	0.71	4.44	0.51	0.61	3.62	0.42	0.68
8<->10	2.88	0.33	0.74	1.69	0.19	0.85	4.81	0.56	0.58
8<->11	12.50	1.44	0.16	12.31	1.42	0.16	12.75	1.47	0.15
9<->10	0.38	0.04	0.97	2.75	0.32	0.75	1.19	0.14	0.89
9<->11	9.25	1.07	0.29	7.88	0.91	0.37	9.12	1.05	0.30
10<->11	9.62	1.11	0.27	10.62	1.22	0.23	7.94	0.92	0.36

表 4 三七种子萌发过程中的分泌物对油菜化感作用方差分析

Table 4 Variance analysis for the allelopathic effects of exudates from seed germination on rape

变异来源 Source of variation	发芽指数 Germination index	发芽率 Germination rate	苗高 Shoot length
三七播种密度 Density	84.43 <sup>*</sup>	11400.00 <sup>*</sup>	2413.73 <sup>*</sup>
试验误差 Experimental error	38.84	5000.00	1663.42

注：\*，\*\* 分别表示 0.05,0.01 水平上的差异显著，下同。

Note: \*, \*\* means significant difference, respectively at 0.05,0.01 level. The same below.

表 5 三七播种密度对油菜种子萌发及生长的影响

Table 5 Density effects of *Panax notoginseng* on seed germination and growth of rape seed

三七播种密度 Density (粒/漏斗)	发芽指数 Germination index	发芽率 Germination rate (%)	苗高 Shoot length (mm)
0	7.62a	93.33a	55.20a
5	1.78b	23.33b	19.89b
10	1.69b	23.33b	27.33b
20	1.14b	20.00b	22.22b
50	3.44b	40.00b	33.73ab

注：小写字母表示在  $P < 0.05$  水平上差异显著；大写字母表示在  $P < 0.01$  水平上差异显著，下同。Note: lowercase letters mean significant differences at  $P < 0.05$  level; capital letters mean significant differences at  $P < 0.05$  level. The same below.

表 6 三七水浸液对小麦种子萌发及  
幼苗生长化感作用方差分析

Table 6 Variance analysis for the allelopathic effects of the water extracts from *Panax notoginseng* on wheat

变异来源 Source of variation	发芽率 Germination rate	苗鲜重 Seedling fresh weight	苗干重 Seedling dry weight
水浸液处理 Water extracts treatment	2684.38	1819750.00**	19376.33*
试验误差 Experimental error	4481.25	768850.00	22841.50

表 7 三七水浸液对小麦幼苗生长化感作用  
Kruskal-Wallis 检验结果

Table 7 Kruskal-Wallis test results for the allelopathic effects of the water extracts from *Panax notoginseng* on wheat seedling growth

指标 Indicators	根鲜重 Root fresh weight	根干重 Root dry weight	叶片数 Leaf number	须根数 Root number	苗高 Shoot length
KW 统计量 KW statistics	16.99**	7.15	2.41	11.10*	12.71*

概率  $P$  值均小于 0.05, 故可认为各个组之间的有显著差异, 且根鲜重有极显著差异。

不同三七水浸液处理对小麦种子的萌发与幼苗

表 8 三七水浸液处理下小麦种子萌发及幼苗生长情况

Table 8 Seed germination and seedling growth of wheat under the treatments of water extracts from *Panax notoginseng*

水浸液处理 Water extracts treatment ( $10^{-2}$ g/mL)	发芽率 Germination rate (%)	苗鲜重 Seedling fresh weight ( $10^{-4}$ g/株)	苗干重 Seedling dry weight ( $10^{-4}$ g/株)	根鲜重 Root fresh weight ( $10^{-4}$ g/株)	根干重 Root dry weight ( $10^{-4}$ g/株)	叶片数 Leaf number	须根数 Root number	苗高 Shoot length
对照 Control (0)	55.00a	437.50B	85.75abc	78.75	52.25	1.65	4.25	94.95
二年生植株地下部 (0.2) Underground parts of biennial plants	23.75b	345.00B	52.50c	22.75	22.50	0.90	2.25	77.20
二年生植株地下部 (0.4) Underground parts of biennial plants	36.25ab	907.50A	132.00a	78.75	78.75	2.08	5.75	171.93
二年生植株地上部 (0.075) Aboveground parts of biennial plants	28.75b	535.00AB	97.00abc	157.50	190.00	1.65	5.68	127.88
幼苗地下部 (0.11) Underground parts of seedling	25.00b	230.00B	60.75bc	990.00	118.75	1.84	4.47	182.52
幼苗地上部 (0.25) Aboveground parts of seedling	37.50ab	965.00A	117.50ab	224.25	48.50	1.75	4.39	154.70

2.2.2 对油菜的化感作用 不同生育时期三七植株水浸液对油菜种子萌发及幼苗生育影响见表 9、表 10。从表 9 可知, 不同生育时期三七植株水浸液对苗鲜重、最长根长有极显著影响, 对油菜的苗干重、根鲜重有显著影响, 而对发芽率、根干重的影响未达显著水平。从表 10 可知, 三七水浸液对油菜种子发芽率的影响未达显著水平, 但经处理的油菜种子发

生长具有一定的影响, 且各生长指标的敏感度不同。从表 8 可知, 水浸液处理对小麦种子发芽率的影响虽未达到显著水平, 但仍可看出小麦种子发芽率呈降低趋势, 水浸液可能对小麦的发芽具有抑制作用。二年生三七植株水浸液对小麦的化感作用, 随植株部位不同、水浸液浓度不同而有一定差异。地上部水浸液处理对小麦的苗鲜重、苗干重、根鲜重、叶片数、须根数、苗高均有不同程度促进作用。地下部水浸液浓度为 0.002 g/mL 时, 苗高、叶片数、根数、苗干重、苗鲜重及根鲜重均低于对照组; 而浓度为 0.004 g/mL 时, 除根鲜重无变化外, 其余几项生长指标均高于对照。可见, 二年生三七植株的地下部水浸液在低浓度时抑制小麦生长, 高浓度则具有促进作用。

总体而言, 三七幼苗水浸液对小麦幼苗生长具有一定促进作用, 但三七幼苗地上部和地下部的化感作用存在一定差异。地上部水浸液处理组对小麦的苗鲜重、苗干重、根鲜重、叶片数、须根数、苗高均有不同程度的促进作用; 地下部水浸液处理组的苗干重、苗鲜重均低于对照组, 而根鲜重、叶片数、须根数、苗高明显高于对照。

芽率呈降低的趋势, 表明三七水浸液可能抑制油菜种子的萌发。三七水浸液处理对油菜幼苗的苗鲜重、苗干重、根鲜重、最长根长都有不同程度的提高, 其中对苗鲜重、最长根长的影响达极显著水平, 对苗干重、根鲜重影响达显著水平。同时可以发现, 二年生三七植株地下部水浸液浓度增大, 对幼苗生长促进作用有增大的趋势。可见, 三七水浸液对油菜幼



表 9 三七水浸液对油菜种子化感作用实验结果方差分析

Table 9 Variance analysis for the allelopathic effects of the water extracts from *Panax notoginseng* on rape

变异来源 Source of variation	发芽率 Germination rate	苗鲜重 Seedling fresh weight	苗干重 Seedling dry weight	根鲜重 Root fresh weight	根干重 Root dry weight	最长根长 Root length
水浸液处理 Water extracts treatment	145.83	62460.21**	52.01*	4009.12*	8.32	414.22**
试验误差 Experimental error	300.00	15266.75	46.44	3978.77	44.50	184.28

表 10 不同三七水浸液处理下油菜种子萌发及幼苗生长情况

Table 10 Seed germination and seedling growth of rape treated with water extracts from *Panax notoginseng*

水浸液处理 Water extracts treatment(10 <sup>-2</sup> g/mL)	发芽率 Germination rate (%)	苗鲜重 Seedling fresh weight (10 <sup>-4</sup> g/株)	苗干重 Seedling dry weight (10 <sup>-4</sup> g/株)	根鲜重 Root fresh weight (10 <sup>-4</sup> g/株)	根干重 Root dry weight (10 <sup>-4</sup> g/株)	最长根长 Root length (mm)
对照 Control(0)	100.00a	98.25C	18.00b	14.08b	6.65a	22.15C
二年生植株地下部 (0.2) Underground parts of biennial plants	98.75ab	175.00B	18.50b	35.50ab	5.15a	27.45ABC
二年生植株地下部 (0.4) Underground parts of biennial plants	98.75ab	250.00A	21.50a	37.50ab	5.45a	30.95AB
二年生植株地上部 (0.075) Aboveground parts of biennial plants	98.75ab	222.50AB	20.50ab	56.25a	5.42a	34.00A
幼苗地下部 (0.11) Underground parts of seedling	92.50b d	237.50AB	22.00a	24.25b	6.22a	30.95AB
幼苗地上部 (0.25) Aboveground parts of seedling	98.75abc	215.00AB	19.50ab	35.00ab	6.55a	24.00BC

苗的生长有一定促进作用。

### 3 讨论

自毒作用是造成植物连作障碍的一个重要原因。三七是多年生宿根植物,根系分泌物较为复杂。近年来,三七的自毒作用虽有一些研究,但相关研究仍不够系统和深入。本研究初步探讨了播种密度对三七种子萌发及幼苗生长的影响,结果表明,三七种子播种密度不同,其发芽率、苗干重、苗鲜重、根干重、根鲜重出现一定的差异性。这说明三七种子在萌发过程中可能会产生一些与播种密度有关的化感物质。这可能是由于不同密度条件下,种子或植株所处的竞争性逆境条件能显著变化感物质合成和释放的种类及浓度,从而造成其化感作用发生改变(孔垂华等,2000)。但本研究中不同处理的差异多数没有达到显著水平,其中的原因有待于进一步探讨。本研究还比较了不同播种密度下,三七种子萌发过程中的分泌物对油菜的化感作用。结果发现,油菜的种子发芽率、发芽指数及苗高均降低,播种密度为 20 粒/漏斗时抑制作用最为严重。由此表明,三七种子萌发及幼苗生长过程中,可能会分泌某些化感物质,进而抑制油菜种子的发芽及幼苗生长。

化感物质对植物的作用具有浓度效应,一般随

浓度增加而增大,即当化感物质达到特定浓度后才对受体植物产生较强的作用(黄小芳等,2009;游佩进等,2009;邵庆勤等,2006)。孙玉琴(2010)已证实三七鲜根水浸液对小麦幼苗生长有明显的抑制作用,随水浸液浓度增加,抑制作用增强。而本实验结果中,二年生三七植株地下部水浸液在不同浓度处理下的作用不同,低浓度抑制小麦幼苗生长,而高浓度却能促进小麦幼苗生长,与前者研究结果不一致。这可能是由于本实验采用了风干的三七植株为实验材料,所得水浸液中化感物质的种类、含量与新鲜植株水浸液有所差异造成的。

此外,不同生育时期三七植株不同部位的水浸液对小麦、油菜均有一定化感作用,但其影响不尽相同,且与水浸液浓度有一定关系。因此,为全面了解三七水浸液的化感作用,今后需进一步扩大水浸液浓度的设置范围,以便深入探讨水浸液浓度与化感作用强弱之间的关系。本研究的实验设计中排除了土壤微生物的影响,对于土壤微生物在三七连作障碍形成机理中发挥的作用尚待深入研究。

### 参考文献:

- China Pharmacopeia Committee(国家药典委员会). 2010. Pharmacopeia of the People's Republic of China(中华人民共和国药典)[M]. Beijing(北京): Chemical industry press(化学工业出版社):11
- Huang XF(黄小芳),Li Y(李勇),Ding WL(丁万隆). 2009. Au-

- tototoxicity effect of ginseng root exudates on seeds germination (人参根系分泌物对种子萌发的自毒效应)[J]. *Seed* (种子), **28**(10):4-7
- Kong CH(孔垂华), Hu F(胡飞). 2004. Plant allelopathy and its application(植物化感(相生相克)作用及其应用)[M]. Beijing (北京): Chemical industry press(中国农业出版社)
- Kong CH(孔垂华), Xu T(徐涛), Hu F(胡飞), et al. 2000. Allelopathy under environmental stress and its induced mechanism(环境胁迫下植物的化感作用及其诱导机制)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **20**(5):849-854
- Liu L(刘莉), Liu DH(刘大会), Jin H(金航), et al. 2011. Overview on the mechanisms and control methods of sequential cropping obstacle of *Panax notoginseng* F.H.Chen(三七连作障碍的研究进展)[J]. *J Mount Agric Biol*(山地农业生物学报), **30**(1):70-75
- Luo Q(罗群), You CM(游春梅), Guan HL(官会林). 2010. Analysis of influences of environmental factors on the growth of *Panax notoginseng*(环境因子对三七生长影响的分析)[J]. *Sci Technol West Chin*(中国西部科技), **9**(9):7-8
- Ma CZ(马承铸), Gu ZR(顾真荣), Li SD(李世东), et al. 2006. Control efficacy of soil fumigation by Dazomet and K-Vapam on root rot complex in *Panax notoginseng* continuous cropping field(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)[J]. *Acta Agric Shanghai*(上海农业学报), **22**(1):1-5, 12
- Ma CZ(马承铸), Li SD(李世东), Gu ZR(顾真荣), et al. 2006. Measures of integrated control of root rot complex of continuous cropping *Panax notoginseng* and their control efficacy(三七连作田根腐病复合症综合治理措施与效果)[J]. *Acta Agric Shanghai*(上海农业学报), **22**(4):63-68
- Miu ZQ(缪作清), Li SD(李世东), Liu XZ(刘杏忠), et al. 2006. The causal microorganisms of *Panax notoginseng* root rot disease(三七根腐病原研究)[J]. *Sci Agric Sin*(中国农业科学), **39**(7):1 371-1 378
- Rice EL. 1974. Allelopathy[M]. Orlando: Academic Press: 1 320-1 344
- Shao QQ(邵庆勤), Li ML(李孟良), Yang AZ(杨安中). 2006. The effects of Allelochemicals on commom vetch seed germination and seedling growth(几种化感物质对大巢菜种子萌发及幼苗生长的影响)[J]. *Chin Agric Sci Bull*(中国农学通报), **22**(7):294-297
- Singh HP, Batish DR, Kohli RK. 1999. Autotoxicity: concept, organisms, and ecological significance[J]. *Crit Rev Plant Sci*, **18**: 757-772
- Sun YQ(孙玉琴), Yang L(杨莉), Wei ML(韦美丽), et al. 2010. Preliminary study on allelopathy mechanism of *Panax notoginseng* F.H.Chen(三七化感作用机理的初步研究)[J]. *J Chin Med Mat*(中药材), **33**(10):1 536-1 537
- Yan F(阎飞), Yang ZM(杨振明), Han LM(韩丽梅). 2001. Allelopathy in sustainable development of agriculture(论农业持续发展中的化感作用)[J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **12**(4):633-635
- You PJ(游佩进), Zhang Y(张媛), Wang WQ(王文全), et al. 2009. Allelopathic effects of extracts from root-zone soil of *Panax notoginseng* on *Notoginseng*'s seedlings(三七根区土壤提取物对三七幼苗的化感作用)[J]. *Southwest Chin J Agric Sci*(西南农业学报), **18**(1):139-142
- Zhang YL(张远莉), Chen JQ(陈建群), Wei C(卫春), et al. 2003. Effects of mint allelochemicals and its preliminary isolation(薄荷化感物质的作用及其初步分离)[J]. *Chin J Appl Environ Biol*(应用与环境生物学报), **9**(6):611-615
- Zhang XL(张晓玲), Pan ZG(潘振刚), Zhou XF(周晓锋), et al. 2007. Autotoxicity and continuous cropping obstacles: a review(自毒作用与连作障碍)[J]. *Chin J Soil Sci*(土壤通报), **38**(4):781-784

(上接第 319 页 Continue from page 319)

- [J]. *Acta Pratac Sin*(草业学报), **18**(4):61-66
- Du XH(杜晓华), Wang DY(王得元), Gong ZH(巩振辉). 2006. Development and refinement of a new marker technique-Restriction site amplified polymorphism(RSAP)(一种新型 DNA 标记技术—限制性位点扩增多态性(RSAP)的建立与优化)[J]. *Northwest Sci-Tech Univ Agric For; Nat Sci Edit*(西北农林科技大学学报·自然科学版), **34**(9):45-49
- Hong SH(洪淑华). 2009. Spectral and chromatographic fingerprint of *Rhizoma Paridis*(重楼光谱和色谱指纹图谱研究)[C]. Chengdu(成都): Southwest Jiaotong University(西南交通大学):41-53
- Huang Y, Wang Q, Cui LJ. 2005. Primary comments on chemotaxonomy of *Paris* spp. based on saponins analysis[J]. *J Chin Pharma Sci*, **14**(3):176-180
- Ji YH(纪运恒). 2006. Development and biogeography of the system of *Paris*(重楼属系统发育与生物地理学研究)[C]. Kunming(昆明): Kunming Plant Research Institute of Academy of Sciences of China(中国科学院昆明植物研究所):1-20
- Li H(李恒). 1998. The Genus *Paris*(重楼属植物)[M]. Beijing (北京): Science Press(科学出版社):1-134
- Li J(李娟), Huang L(黄霖), Wei ZQ(韦中强), et al. 2008. POD isoenzyme analysis on several types of *Rhizoma Paridis*(几种重楼属植物的 POD 同工酶分析)[J]. *Res pharm Chin Med*(现代中药研究与实践), **22**(5):20-21
- Weng Z(翁周), Wang L(王丽), Tang R(唐锐), et al. 2008. Study of the morphological variation on *Paris polyphylla* smith(多叶重楼的形态变异研究)[J]. *J Sichuan Univ; Nat Sci Edi*(四川大学学报·自然科学版), **45**(5):1 228-1 233
- Xin BH(辛本华), Tian ML(田孟良), Wu BL(吴滨翎), et al. 2011. Genetic diversity of the genus *Paris* using RSAP markers(重楼属植物遗传多样性的 RSAP 标记)[J]. *Chin J Chin Mat Med*(中国中药杂志), **36**(24):3 425-3 427
- Yang YH(杨永红), Lu JB(陆峻波), Wang MH(王明辉), et al. 2008. See progress in *Paris* in China from the literature analysis(从文献分析看我国重楼研究进展)[J]. *J Chin Med Mat*(中药材), **31**(1):165-167
- Zhao WS(赵万顺), Gao WY(高文远), Huang XX(黄贤校), et al. 2010. Numerical taxonomy of *Paris* plants(重楼属药用植物的数量分类学研究)[J]. *China J Chin Mat Med*(中国中药杂志), **35**(12):1 518-1 520
- Zhao YZ(赵亚周), Huang JX(黄家兴), An JD(安建东), et al. 2009. The influencing factors and primary research methods on genetic diversity of the honeybee(蜜蜂遗传多态性的影响因素及主要研究方法)[J]. *Chin Bull Entom*(昆虫知识), **46**(5): 692-693