

半夏自毒作用研究

金文进 (甘肃工业职业技术学院, 甘肃天水 741025)

摘要 将半夏叶和块茎水浸提液分别配制不同浓度, 采用生物测定方法, 对半夏连作障碍的自毒作用进行初步研究。结果表明, 低浓度的半夏叶和块茎水浸提液有促进种子萌发的作用, 高浓度有抑制作用, 同时, 不同浓度叶和块茎水浸提液对半夏发芽率、发芽势及发芽指数的自化感作用均为负值, 表现为抑制种子的萌发; 当浓度为 80 mg/mL 时, 叶和块茎水浸提液对种子萌发的自化感效应值最大, 其中, 叶水浸提液对发芽率、发芽势和发芽指数的自化感效应分别为 -0.29、-0.27 和 -0.37, 块茎水浸提液对发芽率、发芽势和发芽指数的自化感效应分别为 -0.41、-0.24 和 -0.46。因此, 半夏具有很强的自毒作用, 而且自毒作用还存在部位差异, 尤其以块茎水浸液的抑制作用最强, 且随浸提液质量浓度的升高, 化感作用加强。

关键词 半夏; 连作障碍; 自毒作用

中图分类号 S 567.23⁺9 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)12-0180-02

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.12.051



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on Autotoxicity of *Pinellia ternate*

JIN Wen-jin (Gansu Polytechnic College, Tianshui, Gansu 741025)

Abstract The aqueous extracts of *Pinellia ternate* leaves and tubers were formulated to different concentrations, and the autotoxicity of *Pinellia ternate* continuous cropping obstacles was studied using bioassay methods. The results showed that the water extraction of leaf and tuber with the low concentration could promote seed germination and the high concentration inhibited seed germination. At the same time, the auto-allelopathy of *Pinellia ternate* germination rate, germination potential and germination index was negative with different concentrations of leaf and tuber water extracts, which showed the inhibition of seed germination. When the concentration was 80 mg/mL, the leaf and tuber water extracts had the largest allelopathy effect on seed germination. Among them, the self-sensitization effects of leaf water extract on germination rate, germination potential and germination index were -0.29, -0.27 and -0.37, respectively. The self-sensitization effects of tuber water extract on germination rate, germination potential and germination index were -0.41, -0.24 and -0.46, respectively. Therefore, *Pinellia ternate* has a strong autotoxic effect, and there are also differences in the location of the autotoxic effect, especially the tuber water extract has the strongest inhibitory effect, and the allelopathic effect increases with the increase of the mass concentration of the extract.

Key words *Pinellia ternate*; Continuous cropping obstacle; Autotoxication

连作障碍是作物栽培中普遍出现的问题, 且连作年限越长其连作障碍就越严重。据统计, 约占 70% 的根类药材都存在不同程度的连作障碍^[1]。半夏 *Pinellia ternate* (Thunb) Breit 作为一种中药临床常用药, 也出现连作障碍现象, 对其连作障碍机理的探讨包括土壤微生态与连作的关系、病害对半夏的影响、半夏的自毒作用等。自毒作用在农作物及中药材的栽培中很普遍, 如大豆、地黄及黄连等都有自毒作用^[2-5], 这是一种特殊类型的化感作用, 也被称为自化感作用, 或自体中毒, 它是植株通过淋溶、残体分解、根系分泌向环境中释放一些化学物质, 对其自身产生直接或间接的毒害作用^[6]。也有学者认为自毒作用是自然界植物种内生长关系的一部分, 主要通过影响植物体细胞膜的透性、植物体酶的活性、植物细胞的分裂、伸长以及植物体对营养物质的吸收和利用, 进而导致作物连作障碍^[7-8]。笔者通过研究半夏叶子和块茎水浸提液对半夏种子萌发的自毒作用, 了解半夏生长过程中的自化感效应, 为揭开半夏连作障碍的作用机理、消除半夏连作障碍、保持半夏种植业持续稳定发展提供一定的理论依据。

1 材料与方

1.1 材料 供试材料为半夏地上部叶子(含叶柄)和地下块茎, 由甘肃省西和县草坪乡村民提供。

1.2 方法

1.2.1 半夏水浸液的制备。 将成熟的半夏植株剪断, 自来水冲洗干净, 并将叶子切成大约 1 cm 长的小段, 并在蒸馏水下冲洗 20 s, 用作浸提材料。块茎自来水冲洗干净自然晾干。将半夏叶子和块茎分别进行充分粉碎后过 20 mm 筛, 后叶子取 50 g、块茎 200 g 各加入 1 000 mL 蒸馏水室温浸泡 48 h 后离心 2 min 弃去沉淀, 叶子上清液定容至 500 mL, 再用蒸馏水稀释至浓度为 50 mg/mL; 块茎上清液定容至 1 000 mL, 再用蒸馏水稀释至 80 mg/mL, 分别置于 4 °C 冰箱中供后续化感自毒试验使用。

1.2.2 种子萌发试验。 在培养皿(直径 12 cm)底部垫放 2 张滤纸, 于 105 °C 高温灭菌; 半夏种子半夏提前浸泡 12 h, 用 3% 次氯酸钠溶液消毒后, 于培养皿内均匀摆放 15 粒, 每皿分别加入 30 mL 不同浓度的半夏水浸液, 以蒸馏水作为对照。每个处理 4 次重复, 25 °C 恒温箱中黑暗培养, 所有处理及时补充相应浓度水浸提液, 始终保持纸床湿润。从种子萌发之日开始, 每 24 h 调查一次, 记录萌发种子数, 直至种子不再萌发。

$$\text{发芽指数} = \sum (G_t / D_t) \quad (1)$$

$$\text{发芽率} = (\text{萌发种子总数} / \text{供试种子总数}) \times 100\% \quad (2)$$

式中, G_t 为第 t 天萌发种子数, D_t 为相应种子萌发天数。发芽率以 20 d 计数; 发芽势 12 d 计数。

参照 Williamson 等^[9]的方法, 采用化感响应指数(RI)度量化感作用强度:

基金项目 甘肃省教育厅高校科研项目([2015]135); 2016 年天水市科技支撑项目“半夏连作障碍因子及生物修复措施的研究”。

作者简介 金文进(1971—), 女, 甘肃天水人, 副教授, 硕士, 从事药用植物教学与科研工作。

收稿日期 2019-11-05

$$RI = 1 - C/T \quad (T \geq C) \quad (3)$$

$$RI = T/C - 1 \quad (T < C) \quad (4)$$

式中, C 为对照值, T 为处理值。 $RI < 0$ 为抑制, $RI > 0$ 为促进, 绝对值的大小与作用强度一致。

1.3 数据处理 采用 SPSS 15.0 软件对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 半夏叶水浸提液对其种子萌发的影响 从表 1 可看出, 半夏叶水浸提液对其种子萌发表现出不同的抑制趋势。这种抑制作用具有浓度梯度效应, 随着水浸液浓度的提高, 半夏种子萌发及幼苗生长的抑制效应渐趋显著。50 mg/mL 时对所有指标显示抑制作用, 到 80 mg/mL 浓度的叶子浸提液对半夏种子发芽率、发芽势和发芽指数的抑制作用均达到显著水平, 与对照相比, 发芽率、发芽势和发芽指数分别下降 29.49%、26.82% 和 36.93%。

表 1 半夏叶水浸提液对半夏种子萌发的影响

Table 1 Effect of leaf water extraction on seed germination of *Pinellia ternate*

处理 Treatment	发芽率 Germination rate//%	发芽势 Germination potential//%	发芽指数 Germination index
CK	51.27±2.33 a	50.11±0.27 a	19.39±0.63 a
50 mg/mL	43.64±1.01 b	50.41±0.08 a	15.33±0.17 b
80 mg/mL	36.15±2.14 c	37.11±0.41 b	12.23±0.34 c

注: 同列不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$)

表 3 半夏叶和块茎水浸提液对其种子萌发的自化感效应

Table 3 Allelopathy effects of water extracts of leaves and tubers on their seed germination of *Pinellia ternate*

处理 Treatment	叶子水浸提液 Leaf water extracts			块茎水浸提液 Tuber water extracts		
	发芽率 Germination rate	发芽势 Germination potential	发芽指数 Germination index	发芽率 Germination rate	发芽势 Germination potential	发芽指数 Germination index
CK	0	0	0	0	0	0
50 mg/mL	-0.15	-0.01	-0.21	-0.30	-0.18	-0.31
80 mg/mL	-0.29	-0.27	-0.37	-0.41	-0.24	-0.46

3 讨论与结论

研究表明, 化感效应在连作障碍产生的机制中占一定的主导作用。半夏块茎有毒, 所以它属于一类独特的大宗药用植物, 块茎在土壤中生长可能也会分泌出能够抑制半夏生长或抑制土壤周围有益微生物繁殖的次生代谢产物, 进而影响其根际微生物群落的分布, 导致连作土壤后期病害严重。该研究结果表明, 半夏叶和块茎水浸提液对其种子萌发表现出明显的抑制作用, 在外观上, 自毒作用表现为种子萌发速度缓慢、发芽率低、发芽指数低, 这种自毒表现出的抑制作用随着水浸提液处理浓度的提高而增强, 这与其他一些学者在地黄和当归等药用植物上的研究结果大体一致^[4, 10-11]。半夏的自毒作用还存在部位差异, 尤其以块茎水浸液的抑制作用最强, 可能是因为该试验采集的半夏叶和块茎均为近成熟期植株, 所以自毒物质主要集中在块茎。这些不同组织的自毒物质对半夏生长的影响很可能通过半夏输导组织进入半夏种

2.2 半夏块茎水浸提液对其种子萌发的影响 从表 2 可看出, 与对照相比, 随水浸液浓度的提高, 半夏种子萌发及幼苗生长的抑制效应渐趋显著。就对所有指标显示抑制作用, 80 mg/mL 的块茎浸提液对其种子发芽率、发芽指数、发芽势的抑制作用均超过 50 mg/mL, 与对照相比, 发芽率、发芽势和发芽指数分别下降 41.46%、24.40% 和 45.84%。

表 2 半夏块茎水浸提液对其种子萌发的影响

Table 2 Effect of tuber water extraction on seed germination of *Pinellia ternate*

处理 Treatment	发芽率 Germination rate//%	发芽势 Germination potential//%	发芽指数 Germination index
CK	43.25±0.16 a	28.11±0.07 a	13.35±0.06 a
50 mg/mL	30.11±0.12 b	23.05±0.09 b	9.26±0.06 b
80 mg/mL	25.32±0.04 c	21.25±0.03 b	7.23±0.01 b

注: 同列不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$)

2.3 半夏不同组织水浸提液自化感作用比较 半夏的自化感(自毒)作用存在部位差异, 叶子和块茎水浸提液处理对半夏种子发芽率、发芽势、发芽指数抑制的大小顺序是地下部 > 地上部(以总平均 RI 值表示), 并且水浸液的自毒效应随处理浓度的增加呈增强的趋势。测定的发芽率、发芽指数和发芽势这 3 项指标对同一浓度水浸提液的敏感程度也有差异, 分别为发芽指数 > 发芽率 > 发芽势(表 3)。

植的土壤, 进而影响周围土壤微生物种群的多样性, 反过来, 土壤微生物种群的多样性改变又影响着半夏的生长。另外该研究还发现, 浸提液浓度为 80 mg/mL 时有些种子未发芽, 甚至块茎明显褐化变软, 因此, 可以认为半夏连作障碍与自毒作用有关。甚至可以推断连作半夏块茎根腐病、病虫害严重很可能是自毒物质在土壤中长期积累的结果。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 孙绍康. 大豆根系分泌物自毒作用的初步研究[J]. 农业科技与信息, 2016(1): 89, 95.
- [3] 李娟, 黄剑, 张重义, 等. 地黄化感自毒作用消减技术研究[J]. 中国中药杂志, 2011, 36(4): 405-408.
- [4] 郭冠瑛, 王丰青, 范华敏, 等. 地黄化感自毒作用与连作障碍机制的研究进展[J]. 中国现代中药, 2012, 14(6): 35-39.
- [5] 银福军, 瞿显友, 普纬, 等. 黄连不同部位水浸液自毒作用研究[J]. 中药材, 2009, 32(3): 329-330.

(下转第 185 页)

原棉内部棉束不均匀结点加强,促进了其结构不均匀和抗压能量波动。

不同压缩量下间隔压缩原棉的能耗均值如图 7 所示。

图 7 中,各压缩量下间隔压缩的能耗均值呈 $w_{y1} > w_{y2} > w_{y3}, w_{s2} >$

$w_{s3} > w_{s1}, e_1 > e_2 > e_3$ 的规律。随着压缩量的增加,间隔压缩的 w_y, w_s, e 值均呈指数函数增加。压缩量与间隔压缩各路传感器采集的 w_y, w_s, e 间均存在极佳的非线性拟合结果,见表 2。

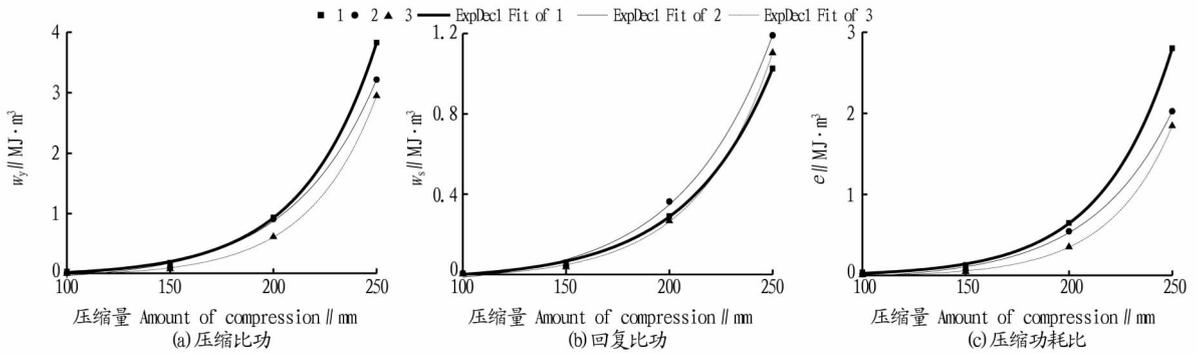


图 7 不同压缩量间隔压缩能耗均值曲线

Fig.7 Average energy change curve of interval loading under different amount of compression

表 2 不同压缩量下间隔压缩能耗均值拟合方程

Table 2 The average energy-deformation curve fitting functions of interval loading with different amount of compression

类别 Category	w_y		w_s		e	
	拟合方程 Fitting equation	拟合系数 Fitting coefficient	拟合方程 Fitting equation	拟合系数 Fitting coefficient	拟合方程 Fitting equation	拟合系数 Fitting coefficient
1	$y=0.0037 \exp(x/35.9789)-0.0300$	0.9997	$y=0.0025 \exp(x/41.4205)-0.02$	0.9996	$y=0.0019 \exp(x/34.1489)-0.0066$	0.9998
2	$y=0.0076 \exp(x/41.1291)-0.1095$	0.9963	$y=0.0045 \exp(x/44.3651)-0.0560$	0.9945	$y=0.0036 \exp(x/39.3196)-0.0552$	0.9971
3	$y=0.0014 \exp(x/32.7449)-0.0346$	0.9997	$y=0.0012 \exp(x/36.4835)$	0.9992	$y=0.0005 \exp(x/30.6312)-0.0134$	0.9998

注: y 指原棉的单位体积能耗 ($\text{MJ} \cdot \text{m}^3$); x 为压缩量 (mm)

Note: y represents the energy consumption per unit volume of raw cotton ($\text{MJ} \cdot \text{m}^3$); x represents the amount of compression (mm)

4 结论

(1) 利用万能试验机压缩亚克力圆筒内的原棉,薄膜压力传感器时时集采其上、中、下 3 层的力值,获得其压缩-回复的力值曲线。分析原棉的压缩特征,发现原棉压缩屈服点之后存在塑性变形,且压缩期间原棉与筒壁间存在摩擦力。塑性变形和摩擦阻力均会引起原棉压缩能量损耗。

(2) 连续加载原棉,对比薄膜压力传感器采集的各层能耗值,发现 $w_{y1} > w_{y2} > w_{y3}, w_{s1} > w_{s3} > w_{s2}, e_2 \geq e_1 > e_3$,表明压缩能量由上向下递减,回复阶段纤维集合体中部松散程度更快,连续压缩可排空纤维间空隙,促使纤维体致密化。间隔加载原棉,各层的能耗值均呈无规律波动,连续压缩的间隔期为棉纤维结合体提供了自由松解的时间。

(3) 对比不同压缩量下连续压缩和间隔压缩原棉各层的能耗均值,发现随着压缩量的增加,各层能耗均值呈指数函数增加,且 $w_{y1} > w_{y2} > w_{y3}$ 。

参考文献

[1] 陈美玉,来侃,孙润军,等.大麻/聚乳酸复合发泡材料的力学性能[J].

纺织学报,2016,37(1):28-34.

[2] DUNLOP J I. On the compression characteristics of fiber masses[J]. Journal of the textile institute, 1983, 74(2): 92-97.

[3] KALIYAN N, VANCE MOREY R. Constitutive model for densification of corn stover and switchgrass[J]. Biosystems engineering, 2009, 104(1): 47-63.

[4] 霍丽丽,赵立欣,田宜水,等.生物质颗粒燃料成型的黏弹性本构模型[J].农业工程学报,2013,29(9):200-206.

[5] 黄文城,王光辉,王德成.秸秆二次压缩中的比能耗试验[J].江苏大学学报,2012,33(2):125-129.

[6] 徐舒,徐信武,吕吉宁,等.木橡胶复合层积材对横向周期性压载的响应特性[J].东北林业大学学报,2017,45(8):70-75.

[7] LEE D H, CARNABY G A. Compressional energy of the random fiber assembly part I; Theory[J]. Textile research journal, 1992, 62(4): 185-191.

[8] LEE D H, CARNABY G A, TANDON S K. Compressional energy of the random fiber assembly part II; Evaluation[J]. Textile research journal, 1992, 62(5): 258-265.

[9] YAN J J, FANG C, WANG F M, et al. Compressibility of the kapok fibrous assembly[J]. Textile research journal, 2013, 83(10): 1020-1029.

[10] YAN J J, WANG F M, XU B G, et al. Compressional resilience of the kapok fibrous assembly[J]. Textile research journal, 2014, 84(13): 1441-1450.

[11] 吴云玉,董玉平,吴云荣.生物质固化成型的微观机理[J].太阳能学报,2011,32(2):268-271.

(上接第 181 页)

[6] 张晓玲,潘振刚,周晓峰,等.自毒作用与连作障碍[J].土壤通报,2007,38(4):781-784.

[7] RICE E L. Allelopathy[M]. New York: Academic Press, 1974.

[8] YU J Q. Autotoxic potential of vegetable crops[M]//NARWAL S S. Allelopathy: Basic and applied aspect. Enfield, New Hampshire, USA: Scientific

Publisher, 1999.

[9] WILLIAMSON G B, RICHARDSON D. Bioassays for allelopathy: Measuring treatment responses with independent controls [J]. Chem Ecol, 1988, 14(1): 181-187.

[10] 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.

[11] 惠继瑞.当归自毒作用研究[D].兰州:西北师范大学,2008.