

# 盐城药用菊花连作障碍形成原因初步研究<sup>①</sup>

刘晓珍, 肖逸, 戴传超\*

(南京师范大学生命科学学院, 江苏省微生物资源产业化工程技术研究中心, 江苏省微生物与功能基因组学重点实验室, 南京 210046)

**摘要:** 以连作1年、3年、7年、15年的菊花田土壤和菊花为研究对象, 考察各处理组菊花产量、发病率、土壤及菊花样品中的元素含量、土壤中可培养微生物数量及酚酸类化感物质的含量, 进一步探讨不同浓度对羟基苯甲酸、香草酸、香豆酸、香豆素等化感物质对菊花组培苗生长的影响。结果表明: 随着连作年限的增加, 菊花的产量逐渐降低, 发病率逐渐增加, 连作15年的菊花产量仅为初茬菊花产量的19.80%, 种植15年菊花的发病率达到100%。土壤中硼元素含量随连作年限的增加而逐渐减少。连作15年的菊花植株中的氮、磷、钾、铁、锰、铜、锌、硼8种元素含量, 与其他组相比均有较大程度的降低。随着连作年限的增加, 土壤真菌化严重, 细菌和放线菌数量在3年达到最大, 15年显著降低。土壤中香豆酸含量随着种植年限的增加而逐渐增加, 连作7年后土壤中检测出香豆素残留。低浓度对羟基苯甲酸、香草酸及香豆酸对菊花组培苗生长发育影响不大, 但香豆素、混合酚酸及高浓度的香豆酸显著抑制菊花组培苗生长和根的发育。酚酸物质积累、微生物区系的改变、土壤微量元素硼的减少可能是菊花连作障碍的主要原因。

**关键词:** 菊花; 连作; 元素含量; 土壤微生物; 酚酸

**中图分类号:** S158.5

菊花 (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) 是我国重要的中药材, 药用菊花在解热镇静、杀菌消炎、抗肿瘤、抗疲劳等方面均有疗效<sup>[1]</sup>。盐城地区是我国最大的药用菊花的生产基地, 药用菊花种植历史悠久。但随着种植年限的增加, 逐渐产生连作障碍问题, 菊花产量和品质均下降。许多学者从不同角度开展了作物连作障碍机理研究。导致连作障碍的原因很多, 目前普遍认为土壤养分亏缺或失衡、有害微生物的大量繁殖、根系分泌物及前茬作物残留物的毒害是连作障碍产生的主要原因<sup>[2-5]</sup>。但是针对菊花的连作障碍形成原因, 目前尚缺乏相关研究。因此, 本试验以盐城地区不同连作年限的菊花地为研究对象, 研究药用菊花连作障碍的主要原因, 以期消除菊花连作障碍提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

2009年11月, 在射阳县洋马镇药材场选取连作1年、3年、7年、15年的菊花地各3块, 在同一块地中, 土壤样品沿对角线五点取样。取菊花行间土壤,

取样深度0~20 cm, 五点样品混合均匀作为一个土样。土样混匀后当天带回实验室, 过2 mm的筛, 储存于4℃冰箱中备用。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 菊花生长指标检测** 在大田中直接检测开花时单位面积存活菊花株数(株/hm<sup>2</sup>)、存活植株的发病率(%)、花数量(朵/株), 并分别采集菊花(品种: 小白菊), 12 h内带回实验室, 测定花干重(g/株)(将新鲜的菊花放置75℃烘干至恒重)。

**1.2.2 土壤微生物区系测定** 土壤中细菌、真菌和放线菌的数量通过稀释平板法测定。细菌数采用牛肉膏蛋白胨琼脂培养基平板计数法测定; 放线菌采用高氏一号琼脂培养基平板计数法测定; 真菌采用孟加拉红琼脂培养基平板计数法测定<sup>[6]</sup>。

**1.2.3 土壤和菊花植株中元素含量的测定** 取菊花植株各3株, 将其粉碎后充分混匀。将混匀后的植株样品和土壤样品均送至中国科学院鹰潭红壤生态开放试验站化验室检测, 检测植株和土壤中氮、磷、钾、铁、锰、铜、锌、硼8种元素的全量及土壤pH值。

**1.2.4 连作菊花土壤酚酸物质检测** 称25 g鲜土

①基金项目: 国家自然科学基金项目(30770073)和江苏高校优势学科建设工程项目资助。

\* 通讯作者(daichuancho@njnu.edu.cn)

作者简介: 刘晓珍(1986—), 女, 江苏盐城人, 硕士研究生, 主要研究方向为微生物生态学。E-mail: ycsymlxz@163.com

于离心管中, 加入 25 ml 1 mol/L NaOH 放置过夜, 次日振荡 30 min, 离心后将过滤离心液用 12 mol/L 的盐酸酸化至 pH 2.5, 2 h 后离心除去胡敏酸, 而后将上清液过 0.22  $\mu\text{m}$  的纤维素薄膜, 滤液用 HPLC 测定 (重复 3 次) [5,7], 结果按照烘干土重换算。HPLC 系统为 Agilent1100 系统, 检测柱为 ODS-C18(4.6  $\times$  150 mm), 流动相为乙腈: 1.3% 醋酸水溶液 = 17:83, 流速 1 ml/min, 检测波长为 260 nm, 样品采用标准品色谱保留时间进行定性, 以峰面积进行定量计算分析。

### 1.2.5 不同浓度的酚酸物质处理菊花组培苗的影响

参照文献[5], 根据菊花连作土中实际酚酸的种类、含量与比例, 用无菌水配制浓度为 0.55、1.1 和 2.2 mg/L 的对羟基苯甲酸处理液, 分别记为 A1、A2 和 A3 处理组; 用无菌水配制浓度为 1.0、2.0 和 4.0 mg/L 的香草酸处理液, 分别记为 B1、B2 和 B3 处理组; 用无菌水配制浓度为 0.7、1.4 和 2.8 mg/L 的香豆酸处理液, 分别记为 C1、C2 和 C3 处理组; 用无菌水配制浓度为 0.5、1.0 和 2.0 mg/L 的香豆素处理液, 分别记为 D1、D2 和 D3 处理组; 分别取对羟基苯甲酸, 香草酸, 香豆酸及香豆素按 1.1 : 2.0 : 1.4 : 1.0 比例混合, 配成酚酸总量为 2.75、5.5 和 11 mg/L 的混合酚酸处理液, 分别记为 E1、E2 和 E3。以无菌水为对照, 分别处理已在生根 MS 培养基中培养 14 天的菊花组培苗 35 天,

检测这 35 天菊花组培苗鲜重的变化及菊花的生长情况。

组培苗培养参照宋文玲等<sup>[8]</sup>组培苗培养方法。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同种植年限的菊花病害调查

随着连作年限的增加, 单位面积菊花的植株数越来越少, 连作 15 年菊花, 开花时菊花成活的棵数仅仅为种植 1 年田的 78.22% (表 1)。每株菊花的干重和花的数量也越来越少, 且菊花的发病率逐渐增加, 种植 15 年时菊花的发病率达到 100%。菊花在 11 月份看到的病害主要包括斑枯病、花叶病、锈病、霜霉病和枯萎病。早期感染霜霉病和枯萎病还会直接导致植株死亡, 这是连作导致亩均植株数下降的主要原因。有些植株, 往往有多种病害症状, 因此, 发病率调查仅计算总发病率。

### 2.2 不同连作年限对土壤微生物群落的影响

由表 2 可知, 各处理组中真菌的数量随着连作年限的增加逐渐增加, 连作 15 年时土壤中真菌的数量是种植 1 年菊花的 219.98%, 连作 7 年、15 年土壤中细菌/真菌的比值逐步下降。说明土壤连作年限越长, 真菌化越严重。细菌和放线菌的数量在种植 3 年时达到最高, 随后逐渐降低, 连作 15 年时最低。

表 1 不同种植年限对菊花生长指标及发病率影响

Table 1 Growth indexes and disease incidence of *C. morifolium* in different continuous cropping years

种植年限 (年)	活植株 ( $\times 10^4$ 株/hm <sup>2</sup> )	发病率 (%)	花 ( $\times 10^2$ 朵/株)	花干重 (g/株)
1	9.38 $\pm$ 0.35 a	0 d	1.93 $\pm$ 0.17 a	17.51 $\pm$ 3.44 a
3	9.00 $\pm$ 0.11 a	7.43 $\pm$ 2.71 c	1.60 $\pm$ 0.48 ab	14.53 $\pm$ 8.18 a
7	8.25 $\pm$ 0.25 b	43.8 $\pm$ 1.03 b	1.38 $\pm$ 0.29 b	13.82 $\pm$ 3.46 a
15	7.34 $\pm$ 0.25 c	100.00 $\pm$ 0 a	0.50 $\pm$ 0.13 c	4.43 $\pm$ 1.11 b

注: 表中同一列数字后不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ),  $n = 3$ , 下表同。

表 2 不同连作年限对土壤微生物群落的影响

Table 2 Soil microbes of different continuous *C. morifolium* cropping years

种植年限 (年)	细菌 ( $\times 10^4$ cfu/g)	真菌 ( $\times 10$ cfu/g)	放线菌 ( $\times 10^3$ cfu/g)	细菌/真菌 ( $\times 10^3$ )
1	11.74 $\pm$ 3.03 b	7.04 $\pm$ 0.40 c	18.11 $\pm$ 2.60 b	1.67
3	27.97 $\pm$ 2.00 a	10.18 $\pm$ 1.72 b	24.05 $\pm$ 1.37 a	2.75
7	10.03 $\pm$ 2.06 bc	12.38 $\pm$ 2.04 b	15.14 $\pm$ 0.62 b	0.81
15	7.42 $\pm$ 0.53 d	15.49 $\pm$ 1.33 a	9.65 $\pm$ 2.16 c	0.48

### 2.3 不同种植年限对土壤酚酸物质的影响

由图 1 可知, 香豆酸含量随着连作年限的增加而逐渐增加, 连作 15 年时土壤中香豆酸含量为 1.33  $\mu\text{g/g}$

干土, 是种植 1 年的 217.21%。对羟基苯甲酸、香草酸的含量在种植 1 年时含量较高, 连作 3 年最低, 然后逐渐增加。连作 7 年、15 年根际土中能检测到香豆

素,含量分别为0.61、0.93  $\mu\text{g/g}$  干土。

#### 2.4 不同种植年限对土壤及植物中元素含量的影响

随着连作年限的增加,土壤中硼元素随着连作年限增加而含量降低,土壤 pH 无规律性变化(表3)。由表4可知,植株中各元素和土壤中略有不同,随着种植年限的增加,植株中铁、锰、铜、硼含量均逐渐下降。连作15年田块菊花植株中各元素含量均低于其他年限处理组菊花。连作15年后,菊花中氮、磷、钾含量分别只有种植1年菊花的83.37%、57.31%、46.19%,其铁、锰、铜、锌、硼分别占种植1年菊花的47.79%、57.48%、43.92%、58.87%、69.32%。

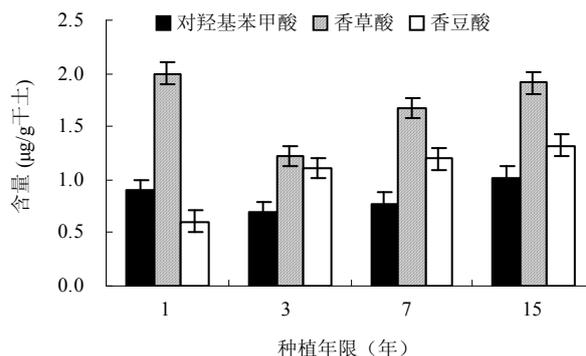


图1 不同连作年限对土壤酚酸类物质含量的影响

Fig. 1 Soil phenolic acid contents of different continuous cropping years of *C. morifolium*

表3 不同种植年限对土壤元素含量及 pH 的影响

Table 3 Soil elements and pH of different continuous cropping years of *C. morifolium*

种植年限 (年)	pH	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Fe (g/kg)	Mn (g/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	B (mg/kg)
1	7.26	0.99	0.85	16.54	23.51	0.55	12.72	59.34	42.50
3	7.62	0.89	0.87	16.32	22.08	0.52	12.20	59.44	39.00
7	7.32	0.87	0.80	15.89	21.79	0.51	12.21	59.03	37.50
15	7.53	0.91	0.71	15.98	22.50	0.53	11.89	61.42	23.10

表4 不同连作年限对菊花植株中元素含量的影响

Table 4 Plant elements of different continuous cropping years of *C. morifolium*

种植年限 (年)	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Fe (g/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	B (mg/kg)
1	15.69	1.71	18.77	1.13	50.82	20.79	24.8	32.79
3	14.93	1.72	18.76	1.06	50.25	18.1	25.85	31.54
7	13.27	1.63	18.97	0.83	48.39	17.13	19.58	30.64
15	13.08	0.98	8.67	0.54	29.21	9.13	14.6	22.73

#### 2.5 不同浓度的酚酸物质处理对菊花组培苗的影响

各处理组处理35天后,低浓度的香草酸(B1)、香豆酸(C1)促进菊花组培苗鲜生物量的积累,低浓度的对羟基苯甲酸(A1)、香豆素(D1)、混合酸(E1)和对照无显著差异。高浓度的各处理组均显著抑制菊花组培苗的生长,降低菊花的生长势,其中D3组和E3组和对照差异最显著(表5)。

本试验中,发现酚酸物质对菊花组培苗根影响较大,但酚酸种类不同,效果不一致(图2)。各种浓度的对羟基苯甲酸(A)和香草酸(B)处理菊花后,菊花根部仍呈现健康的黄绿色,和对照相比,对羟基苯甲酸(A)对菊花组培苗根部生长无显著影响,香草酸(B)能减少菊花根的数量和根的长度,B3组最显著,但是香草酸并不影响根部的健康生长。由表5可知,香豆酸(C)处理后,均减少了菊花根的数量和根的长

度,C2组和C3组较显著,但C1、C2组菊花根部生长均较健康,C3组菊花根基部颜色变白,且根尖变黑。香豆素(D)和混合酸(E)对菊花根部的影响最显著,各种浓度处理后均显著降低了根的数量和长度,D1、E1组菊花根尖部膨大变黑,D2、D3、E2、E3这种现象更明显。

### 3 讨论

张辰露等<sup>[9]</sup>研究发现,连作严重危害丹参的生长,降低丹参生物量和根系数量、长度,并使丹参根系外观畸形。夏品华和刘燕<sup>[10]</sup>也发现,连作严重危害太子参的生长发育,随着连作年限的延长,总生物量呈下降趋势。本文研究同前人的研究结果一致,随着种植年限的增加,菊花的发病率越来越高,产量越来越低,在连作15年的地块中,菊花基本不能正常生长,根系

表 5 不同酚酸处理对菊花组培苗生长的影响

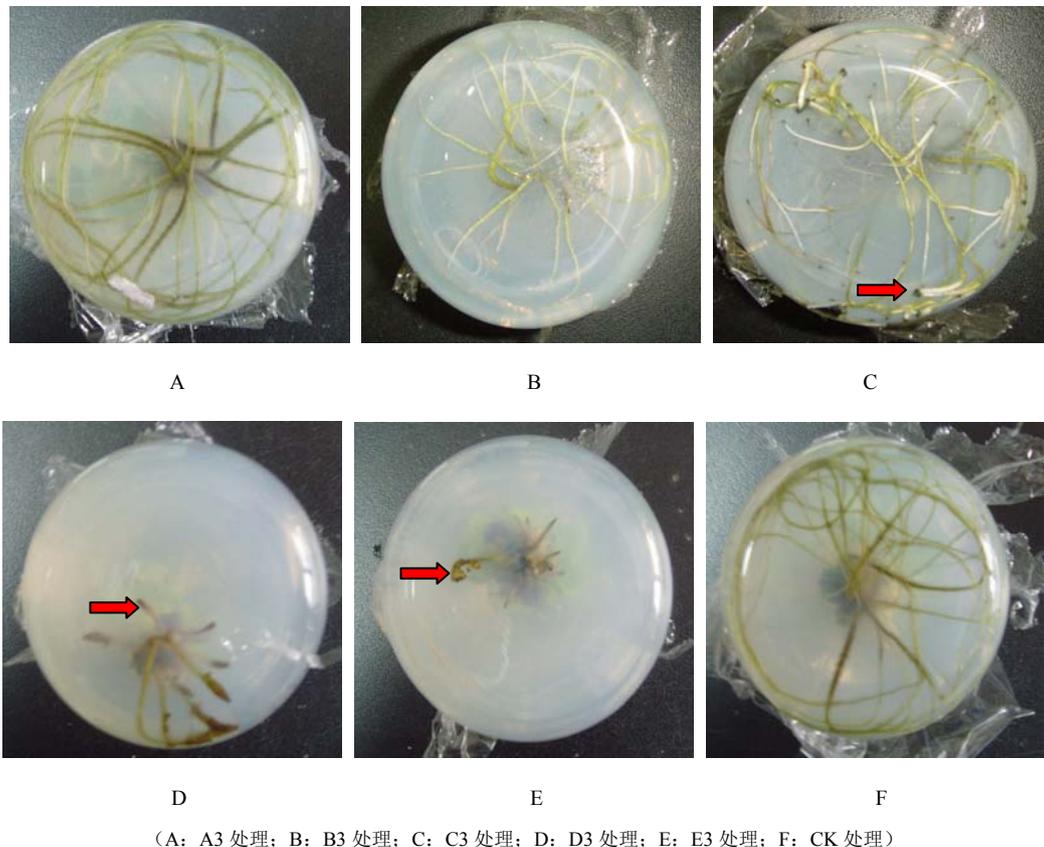
Table 5 Effects of different phenolic acids on *C. morifolium* plantlets

处理	根数量 (根/株)	根长 (cm)	鲜重增加量 (g)
A1	21.00 ± 1.41 ab	10.85 ± 0.78 a	1.73 ± 0.11 ab
A2	19.00 ± 1.41 bc	10.75 ± 0.21 a	1.54 ± 0.01 abcd
A3	20.50 ± 0.71 ab	9.90 ± 0.71 ab	1.49 ± 0.02 bcd
B1	19.00 ± 1.41 bc	9.80 ± 0.57 ab	1.81 ± 0.01 a
B2	19.00 ± 2.83 bc	9.05 ± 0.64 b	1.65 ± 0.07 abc
B3	17.50 ± 0.71 cd	6.15 ± 0.49 d	1.45 ± 0.03 cde
C1	16.50 ± 0.71 cd	9.90 ± 0.57 ab	1.78 ± 0.11 a
C2	15.00 ± 1.41 d	9.05 ± 1.06 b	1.61 ± 0.06 abcd
C3	15.00 ± 1.41 d	5.35 ± 0.64 d	1.42 ± 0.04 cde
D1	10.50 ± 0.71 e	7.60 ± 0.42 c	1.75 ± 0.07 ab
D2	10.50 ± 0.71 e	2.35 ± 0.21 e	1.50 ± 0.14 bcd
D3	9.50 ± 0.71 e	2.50 ± 0.14 e	1.38 ± 0.04 de
E1	10.50 ± 0.71 e	2.65 ± 0.21 e	1.75 ± 0.21 ab
E2	9.50 ± 0.71 e	2.10 ± 0.14 e	1.50 ± 0.01 bcd
E3	9.00 ± 1.41 e	1.80 ± 0.14 e	1.20 ± 0.28 e
CK	23.00 ± 1.41 a	10.55 ± 0.78 a	1.73 ± 0.25 ab

注：菊花组培苗转入生根培养基中生长 14 天后，菊花组培苗鲜重平均为 0.43 g。

不发达，严重影响了菊花的产量。从土壤微生物和酚酸结果看，短期连作对土壤环境影响不大，菊花产量和发病率也说明同样的趋势。

韩春丽等<sup>[11]</sup>发现一定年限内的连作，土壤微量元素在耕作层有表聚现象，然而随着连作年限的进一步延长，耕作层微量元素随之下降。连作栽培下土壤肥力的衰退过程，可能是一个缓慢的渐变过程，土壤中营养元素的减少也直接影响了植物体对这些元素的吸收。吴正峰等<sup>[12]</sup>发现，连作使作物体内的营养元素含量减少。绿色植物的生命过程中，除了需要大中量营养元素外，还需要保证必要的微量元素才能进行，这些元素在植物的生命周期中扮演着非常重要的角色，它们与植物的光合作用、碳水化合物的运转和积累密切相关，对植物的干物质的积累也有很重要的作用<sup>[13]</sup>。本试验中，土壤中硼含量随着连作年限的增加而逐渐减少，而硼是影响花朵品质的关键因素，其大量减少势必影响菊花产量。连作 15 年菊花植株中各元素含量明显低于其他处理组，这可能是由于连作 15 年后，菊花根系生长不好，对元素吸收能力差有关。磷、钾、



(A: A3 处理; B: B3 处理; C: C3 处理; D: D3 处理; E: E3 处理; F: CK 处理)

图 2 高浓度的酚酸处理对菊花组培苗根生长的影响

Fig. 2 Effects of high phenolic acid contents on root growth of *C. morifolium* plantlets

铁、锰、铜、锌等元素对植物根系的发育、植物的生长及菊花的品质有很重要的影响<sup>[14]</sup>,这表明连作年限的增加,影响了菊花的生长、发育及品质。土壤中的元素以速效态和全量两种形式存在,有关土壤养分的研究表明,速效态的元素含量变化较大,全量变化缓慢<sup>[15]</sup>。考虑到盐城洋马地区靠海,土壤受台风降水的影响较大,影响速效态元素含量的随机因素很多,而全量却相对稳定。所以选择比较不同连作年限的土壤中元素的全量以去除各种临时因素。另外,连作15年土的元素全量也表现出了变化,全氮、全磷、全钾的含量与1年土相比均有一定的下降。

王兴祥等<sup>[16]</sup>和覃逸明等<sup>[17]</sup>认为,随着连作年限的增加,土壤中化感物质的含量逐渐增加,化感物质对植物出现“低促高抑”现象。本文研究发现,香豆酸的含量随着连作年限的增加而增加,对羟基苯甲酸和香草酸含量在种植1年时含量较高,在种植3年时含量较低随后又逐渐增加,且随着种植年限的增加土壤中能检测出香豆素,通过对酚酸物质深入研究发现,本试验中对羟基苯甲酸、香草酸、低浓度的香豆酸对菊花的生长影响不显著,高浓度的香豆酸、香豆素和混合酚酸能显著影响菊花的生长,其中香豆素和混合酚酸尤为显著,影响根的正常发育,抑制菊花的生长。邵庆勤等<sup>[18]</sup>研究结果和本文相似,发现酚酸类物质及其混合物对小麦幼苗的根长度、苗长度及干物质积累均有一定的抑制作用。不少学者研究认为,真菌型土壤是地力衰竭的标志,细菌型土壤是土壤肥力提高的一个生物指标<sup>[19]</sup>。胡元森等<sup>[20]</sup>发现连作黄瓜可以破坏土壤的生态平衡,降低土壤微生物群落的多样性。马琨等<sup>[21]</sup>研究发现,马铃薯连作栽培后,土壤类型会从细菌型向真菌型转化。夏品华和刘燕<sup>[22]</sup>认为,根系生态失衡可能是太子参连作障碍的主要原因之一。本试验中发现,随着连作年限的增加,各处理组微生物区系发生变化,真菌的数量逐渐增加,真菌化严重。连作土壤中同一类根系分泌物(如酚酸物质)的持续释放,形成了特定的土壤环境和根际条件,酚酸物质影响植物的代谢,如光合作用、呼吸作用、营养元素的吸收并改变根际土的生物化学特征;同时,酚酸物质富集,可以为根际微生物提供重要的碳源和能源物质,改变土壤的微生物区系,微生物群落组成的改变选择性地促进了病原菌的生长,破坏了细菌与真菌的比例平衡,从而增加了病原菌数量,抑制了有益微生物<sup>[23-26]</sup>。本文中检测出的对羟基苯甲酸、香草酸、香豆酸的浓度对菊花的影响不是很显著,但是连作7、

15年的菊花地中的香豆素和混合酚酸对菊花的影响较大。这些酚酸物质可能不仅直接对菊花生长产生影响,还通过改变土壤的营养环境、改变菊花对营养元素的吸收能力和土壤微生物区系间接影响菊花的生长。

盐城洋马地区,长期种植菊花,土壤中部分营养元素含量减少(如硼),根际分泌大量的化感物质(如对羟基苯甲酸、香豆酸、香草酸、香豆素等),影响了菊花的正常生长,抑制了菊花根部的生长发育,同时也影响了植物对土壤中营养元素的吸收,使植物体中营养元素含量偏低,从而二次影响菊花的正常发育和菊花的品质。随着种植年限的增加,土壤中微生物区系发生了变化,土壤中真菌的数量不断增加,土壤真菌化,同时土壤中高浓度的化感物质可能单一地为某些土著病原真菌提供养分,增加了土著病原真菌的数量,这可能也是菊花连作障碍的一个主要原因。

#### 参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典. 北京: 化学工业出版社, 2005: 218
- [2] 张子龙, 王文全. 药用植物连作障碍的形成机理及其防治. 中国农业科技导报, 2009, 11(6): 19-23
- [3] 陈慧, 郝慧, 荣熊君, 齐晓辉, 张重义, 林文雄. 地黄连作对根际微生物区系及土壤酶活性的影响. 应用生态学报, 2007, 18(12): 2755-2759
- [4] 甄文超, 曹克强, 胡同乐, 曹爱新. 作物再植病害的研究进展. 河北农业大学学报, 2001, 24(4): 98-103
- [5] 李培栋, 王兴祥, 李奕林, 王宏伟, 梁飞燕, 戴传超. 连作花生土壤中酚酸类物质的检测及其对花生的化感作用. 生态学报, 2010, 30(8): 2128-2134
- [6] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤微生物研究法. 北京: 科学出版社, 1985: 85-176
- [7] Hartley RD, Buchan H. High-performance liquid chromatography of phenolic acids and aldehydes derived from the decomposition of organic matter in soil. *Journal of Chromatography A*, 1979, 180: 139-143
- [8] 宋文玲, 戴传超, 姜宝娟, 蔡信之. 促进菊花苗期生长的内生真菌筛选与鉴定研究. 江苏农业科学, 2009(1): 149-152
- [9] 张辰露, 孙群, 叶青. 连作对丹参生长的障碍效应. 西北植物学报, 2005, 25(5): 1029-1034
- [10] 夏品华, 刘燕. 太子参连作障碍效应研究. 西北植物学报, 2010, 30(11): 2240-2246
- [11] 韩春丽, 刘娟, 肖春华, 张旺峰, 刘梅, 黄建军. 新疆绿洲连作棉田土壤微量元素含量的时空变化研究. 土壤学报, 2010,

- 47(6): 1194-1201
- [12] 吴正锋, 成波, 王才斌, 郑亚萍, 刘俊华, 陈殿绪, 高新华. 连作对花生幼苗生理特性及荚果产量的影响. 花生学报, 2006, 35(1): 29-33
- [13] 拉夏埃尔 W. 植物生理生态学. 北京: 科学出版社, 1982: 137-150
- [14] 王文军, 郭熙盛. 氮、磷、钾、锌、硼肥配施对黄山贡菊产量和品质的影响. 土壤通报, 2009, 40(2): 306-309
- [15] 林彦芝. 盘锦盐碱地土壤养分状况的调查研究. 辽宁农业职业技术学院学报, 2005, 7(2): 34-35
- [16] 王兴祥, 张桃林, 戴传超. 连作花生土壤障碍原因及消除技术研究进展. 土壤, 2010, 42(4): 505-512
- [17] 覃逸明, 聂刘旺, 黄雨清, 王千, 刘欣, 周科. 凤丹(*Paeonia ostii* T.) 自毒物质的检测及其作用机制. 生态学报, 2009, 29(3): 1153-1161
- [18] 邵庆勤, 李孟良, 毕亚玲. 酚酸类物质对小麦幼苗生长特性的影响. 安徽科技学院学报, 2009, 23(1): 23-26
- [19] 李琼芳. 不同连作年限麦冬根际微生物区系动态研究. 土壤通报, 2006, 37(3): 563-565
- [20] 胡元森, 刘亚峰, 吴坤, 窦会娟, 贾新成. 黄瓜连作土壤微生物区系变化研究. 土壤通报, 2006, 37(1): 126-129
- [21] 马琨, 张丽, 杜茜, 宋乃平. 马铃薯连作栽培对土壤微生物群落的影响. 水土保持学报, 2010, 24(4): 229-233
- [22] 夏品华, 刘燕. 太子参连作障碍效应研究. 西北植物学报, 2010, 30(11): 2240-2246
- [23] Balke NE. Effects of allelochemicals on mineral uptake and associated physiological process. ACS Symp., 1985, 268: 161-178
- [24] Bertin C, Yang XH, Weston LA. The role of root exudates and allelochemicals in the rhizosphere. Plant Soil, 2003, 256(1): 67-83
- [25] Cheng W, Zhang Q, Coleman DC, Carroll CR, Hofman CA. Is available carbon limiting microbial respiration in the rhizosphere? Soil Biol. Biochem., 1996, 28 (10/11): 1283-1288
- [26] Yu JQ, Matsui Y. Phytotoxic substances in root exudates of cucumber (*Cucumis sativus* L.). J. Chem. Ecol. 1994, 20(1): 21-31

## Primary Study on Mechanism of Medicinal *Chrysanthemum morifolium* Continuous Cropping Obstacles in Yancheng

LIU Xiao-zhen, XIAO Yi, DAI Chuan-chao

(Jiangsu Engineering and Technology Research Center for Industrialization of Microbial Resources, Jiangsu Key Laboratory for Microbes and Functional Genomics, College of Life Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China)

**Abstract:** In this paper *Chrysanthemum morifolium* fields were planted continuously for 1, 3, 7 and 15 years were selected and the output of *C. morifolium*, disease incidence, elements in the soil and plants, the culturable microbes, phenolic acids in the soil and their effects on the growth of *C. morifolium* were studied. The results showed that output decreased gradually and disease incidence increased gradually. The flower yield for continuous cropping 15 years was 19.80% of one year's. Disease incidence reached to 100% for continuous cropping 15 years. The content of soil boron decreased with the increasing years of *C. morifolium* continuous cropping, while other elements including nitrogen, phosphorus, potassium, iron, manganese, copper and zinc did not change significantly. All the above eight element of plant in the continuous cropping 15 years were decreased significantly than those of other cropping years. Fungi colony forming unit (CFU) of soil increased significantly with the increasing of cropping years. CFU of bacteria and actinomycete reached to highest in 3 year cropping field, but decreased significantly in 15 year cropping field, which indicated a shift of soil microflora from bacteria type to fungi type. The content of *p*-coumaric acid in soil increased with the increasing cropping years and coumarins appeared in 7 year cropping soil. The biomass and root of *C. morifolium* were not affected by low content of *p*-hydroxybenzoic acid, vanillic acid and *p*-coumaric acid, but they were significantly inhibited by coumarins, mixed phenolic acids and high concentration of *p*-coumaric acid. The continuous cropping obstacles of *C. morifolium* may be related to phenolic acids accumulation, microflora's changes and the lack of microelement B, which affected the microenvironment and the growth of *C. morifolium*.

**Key words:** *Chrysanthemum morifolium* Ramat., Continuous monocropping, Soil element content, Soil microbes, Phenolic acids