石柱黄连根腐病发生的相关生态因子及防治对策

杨成前[1]， 余中莲[1*]， 杨 娟[1]， 雷美艳[1]， 全 健[1]， 杨天建[1]， 宋旭红[2]

（1. 重庆市药物种植研究所，重庆市道地药材规范化生产工程技术研究中心，重庆 408435；
2. 重庆市中药研究院，重庆 400065）

摘要 为明确石柱黄连根腐病发生的生态条件、危害特点和防治对策，对67块石柱黄连地块的海拔、土壤质地类型、植被类型、坡度、荫蔽度、黄连耕作制度、生长年限等生态因子与根腐病发病情况进行了相关性分析，并测定了几种杀菌剂对黄连根腐病的防治效果。结果表明，黄连根腐病的发生程度与土壤质地呈显著相关，相关系数为0.290，与耕作制度呈极显著相关，相关系数为0.503；轮作8年地块以3%甲霜·噁霉灵AS处理对黄连根腐病的防治效果最好，为48.38%；轮作5年地块以75%百菌清WP处理对黄连根腐病的防治效果最好，为52.07%；而连作地以50%多菌灵WP＋80%代森锰锌WP(1∶1)混合药剂处理对黄连根腐病的防治效果最好，为33.34%。综上所述，选择沙壤或壤土且间隔8年以上轮作黄连，结合化学防治可有效控制黄连根腐病的发生。

关键词 黄连； 根腐病； 生态因子； 防治对策

中图分类号： R 931.2 **文献标识码：** A **DOI：** 10.16688/j.zwbh.2019332

Ecological factors and control strategies of root rot of *Coptis chinensis* in Shizhu county, Chongqing city

YANG Chengqian[1]， YU Zhonglian[1*]， YANG Juan[1]， LEI Meiyan[1]，
QUAN Jian[1]， YANG Tianjian[1]， SONG Xuhong[2]

（1. *Chongqing Institute of Medicinal Plant Cultivation*, *Chongqing Municipal Standardized Production Engineering Technology Research Center*, *Chongqing* 408435, *China*; 2. *Chongqing Academy of Chinese Material Medica*, *Chongqing*, 400065 *China*）

Abstract To identify ecological factors and control strategies of root rot of *Coptis chinensis* in Shizhu county, Chongqing city, a systematic investigation was conducted on the incidence of root rot of *C. chinensis* and the control effects of several fungicides on *C. chinensis* root rot were determined. Results indicated that the occurrence degree of root rot of *C. chinensis* was significantly correlated with soil texture and farming system, and the correlation coefficients were 0.290 and 0.503, respectively. The rotation of the 8-year plot with the treatment of metalaxyl·hymexazol 3% AS has the highest control effect on the root rot of *C. chinensis*, with the efficacy of 48.38%. The rotation of the 5-year plot with the treatment of chlorothalonil 75% WP has the highest control effect on the root rot of *C. chinensis*, with the efficacy of 52.07%. The continuous cropping with the treatment of carbendazim 50% WP＋ mancozeb 80% WP (1∶1) has the highest control effect on the root rot of *C. chinensis*, with the efficacy of 33.34%. In conclusion, the selection of sandy soil or loam and the rotation of *C. chinensis* for more than 8 years in combination with chemical control can effectively control root rot of *C. chinensis*.

Key words *Coptis chinensis*； root rot； ecological factor； control strategy

中药黄连(Rhizoma Coptidis)为毛茛科植物黄连 *Coptis chinensis* Franch.(习称“味连”)、三角叶黄连 *Coptis deltoidea* C. Y. Cheng *et* Hsiao(习称“雅连”)或云连 *Coptis teeta* Wall.的干燥根茎，系我

收稿日期： 2019－07－02 **修订日期：** 2019－07－31
基金项目： 重庆市自然科学基金(cstc2019jcyj-msxmX0762)；重庆市科研机构绩效激励引导专项(cstc2018jxjl-jbky120013)；重庆市卫生卫计委中医药科技项目(ZY201802038)；重庆市现代山地特色高效农业技术体系(2018〔5〕号)
* 通信作者 E-mail：yuzhonglian2016@qq.com

国常用中药。黄连味苦,性寒。具有清热燥湿,泻火解毒之功效[1]。重庆市石柱县是黄连的道地产区,已有 400 多年栽培历史。现今,我国黄连销售量的 60%以上都在石柱[2]。近年来,长期连作导致黄连病害频发,尤其是根腐病,年均发病率 10%～20%,严重地块可达 90%,甚至绝收[2]。黄连根腐病病原复杂,关于病原菌的报道较少,已确定的病原只有镰孢属的茄腐镰孢 *Fusarium solani*[3]。生产中,黄连根腐病在发病前期不易被察觉,发病后期的防治效果不佳。因此,探索黄连根腐病发生因素和科学防控技术对保障黄连生产具有重大意义。鉴于此,本试验开展石柱黄连根腐病的发生与生态因子、耕作制度的相关性分析,采用农艺措施结合种植前土壤处理的化学防治方法探索黄连根腐病的防治对策,以期为石柱地区黄连根腐病的防治提供理论基础。

1　材料与方法

1.1　材料

1.1.1　供试植物

黄连 *C. chinensis* Franch 为重庆市石柱县黄水镇黄连道地产区栽培品种。

1.1.2　种植方式

选择林地,砍去部分树木或剪修部分树枝,荫蔽不够的地方,要栽树或搭荫棚,保证林内荫蔽适当均匀。

1.1.3　供试药剂

30%噁霉灵 AS,江苏禾益化工股份有限公司;70%敌磺钠 SP,青岛蓝猫化工有限公司;50%多菌灵 WP,江苏三山农药有限公司;80%代森锰锌 WP,山东省济南一农化工有限公司;70%甲基硫菌灵 WP,允发化工(上海)有限公司;80%代森锌 WP,四川国光农化股份有限公司;75%百菌清 WP,河北伊诺生化有限公司;3%甲霜·噁霉灵 AS,天津市绿亨化工有限公司、3%噻霉酮 ME,天津辉丰农化股份有限公司。

1.2　方法

1.2.1　生态因子及石柱黄连根腐病发病率调查

在重庆市石柱县黄水镇黄连道地产区海拔 1 300～1 900 m 范围内,随机选择黄连地块,采用"Z"形 10 点取样法,每点 1 m^2,调查每点黄连根腐病病株数和总株数,同时统计根腐病病株率,共调查 67 块黄连地块;通过走访和海拔表、照度计测定,记录每一地块的海拔、土壤类型、植被、坡度、荫蔽度和耕作制度,黄连生长年限(1～5 年)等生态性状和农艺措施(表 1、表 2)。

土壤质地类型在现场采用手测法[4]进行判断;荫蔽度于遮荫棚内采用照度计测量;海拔利用海拔表测定;耕作制度及黄连生长年限通过走访调查种植者记录;植被类型为黄连移栽前地块的林地类型;坡度采用现场目测估算和当地政府部门提供。

表 1　调查的生态因子及变量赋值

Table 1　Factor investigation and variable valuation of relevance analysis

因子 Factor		测定标准 Standard	变量赋值 Variable assignment
土壤质地类型 Soil texture type	黏土 Clay	干土块用大力挤压方可碎,黏粒含量较多,砂粒少	1
	壤土 Loam	干土块稍用力挤压可碎	2
	沙壤土 Sandy loam	干土块用小力可捏碎	3
	沙土 Sandy soil	干土块毫不费力即可压碎,砂粒一望而知	4
荫蔽度 Shade degree	低荫蔽度 Low shade	0～10%	1
	较低荫蔽度 Lower shade	11%～30%	2
	中荫蔽度 Intermediate shade	31%～50%	3
植被类型 Vegetation type	针阔混交林 Mixed forest	主要为松树、杉树和阔叶树	1
	针叶林 Coniferous forest	主要为松树、杉树	2
	阔叶林 Broad-leaved forest	主要为阔叶树	3
坡度 Gradient	微坡 Micro slope	<3°	1
	缓坡 Gentle slope	3°～15°	2
	中坡 Mesoslope	16°～25°	3
	陡坡 Steep slope	26°～35°	4
耕作制度 Tillage system	生荒地 Virgin land	黄连收获后间歇 10 年以上	1
	轮作 Crop rotation	黄连收获后间歇 5 年以上	2
	连作 Continuous cropping	黄连收获后继续种植黄连	3

表 2 黄连地块生态因子调查记录[1)]

Table 2 Factor investigation records in cropping land of *Coptis chinensis*

地块 Land parcel	海拔/m Altitude	土壤质地 Soil texture	植被 Vegetation	坡度 Gradient	荫蔽度 Shade degree	耕作制度 Tillage system	生长年限/年 Growing year	病株率/% Disease incidence
1	1 560	2	1	3	2	1	3	17.50
2	1 500	2	2	3	2	1	3	18.70
3	1 830	2	1	2	3	2	3	12.50
4	1 530	4	2	3	2	2	3	17.50
5	1 600	4	3	1	2	2	3	41.80
6	1 560	2	3	2	2	1	2	16.00
7	1 520	4	2	3	3	1	2	21.10
8	1 400	2	3	3	2	1	2	13.40
9	1 530	4	2	3	2	2	3	23.20
10	1 550	4	1	4	2	2	2	25.80
11	1 480	1	2	1	1	1	3	77.20
12	1 480	2	2	2	1	1	1	10.00
13	1 510	2	2	2	1	1	5	8.30
14	1 510	4	2	2	1	2	4	23.90
15	1 510	1	1	2	1	2	5	21.70
16	1 720	1	2	1	1	2	2	22.80
17	1 480	4	2	2	1	2	3	21.50
18	1 480	2	1	2	2	1	3	4.80
19	1 380	3	1	2	2	1	1	6.60
20	1 280	2	1	2	1	1	3	7.60
21	1 420	1	2	3	1	1	3	22.30
22	1 380	3	1	2	2	1	2	10.20
23	1 720	1	2	2	1	1	4	11.30
24	1 600	2	2	3	2	1	3	23.20
25	1 460	1	2	2	2	1	3	44.70
26	1 460	1	2	2	1	1	2	2.30
27	1 480	1	2	2	1	1	3	41.80
28	1 520	2	1	2	3	1	1	17.78
29	1 520	2	1	2	2	1	1	10.90
30	1 520	2	2	2	2	1	1	12.88
31	1 520	4	1	2	1	1	3	31.10
32	1 510	2	1	3	2	1	1	7.28
33	1 790	1	1	3	2	1	5	41.10
34	1 520	2	1	1	2	1	3	10.40
35	1 520	2	1	1	1	1	5	3.90
36	1 520	4	1	3	1	3	4	38.60
37	1 460	1	2	2	1	3	4	54.96
38	1 510	2	2	2	2	3	2	80.00
39	1 510	4	1	2	2	3	3	55.60
40	1 510	4	1	4	2	1	2	23.10
41	1 510	4	1	3	2	3	3	88.10
42	1 520	1	1	3	1	3	5	2.10
43	1 520	1	1	2	2	1	3	4.00
44	1 520	4	1	3	2	3	3	21.60
45	1 520	1	1	2	2	1	2	17.80
46	1 520	2	1	2	2	1	2	6.10
47	1 510	4	1	2	1	1	5	62.50
48	1 520	4	1	2	2	1	5	85.50
49	1 520	4	1	3	2	3	4	85.00
50	1 520	4	1	3	2	3	3	43.00
51	1 510	1	2	2	1	1	3	19.70
52	1 420	4	2	2	2	1	4	26.90
53	1 460	4	2	2	1	1	4	5.30
54	1 460	2	2	2	1	1	3	7.80
55	1 460	2	2	2	2	1	3	5.99
56	1 460	2	2	3	2	1	4	2.30
57	1 460	2	2	2	1	1	3	3.50
58	1 460	3	2	2	2	1	3	5.29
59	1 460	2	2	2	2	1	3	3.50

续表 2　Table 2(Continued)

地块 Land parcel	海拔/m Altitude	土壤质地 Soil texture	植被 Vegetation	坡度 Gradient	荫蔽度 Shade degree	耕作制度 Tillage system	生长年限/年 Growing year	病株率/% Disease incidence
60	1 460	3	2	2	2	1	3	9.80
61	1 460	2	2	2	2	1	3	3.50
62	1 460	2	2	2	2	1	3	2.00
63	1 460	2	2	2	2	1	4	3.50
64	1 460	1	1	3	2	1	4	28.00
65	1 880	2	3	3	1	1	4	3.50
66	1 800	2	2	3	1	1	3	3.50
67	1 790	1	1	3	2	1	2	21.20

1) 表中各生态因子的变量赋值见表 1。
The type for variable assignment of factor is shown in table 1.

1.2.2　黄连根腐病药剂防治试验

试验地位于石柱县黄水镇(30°13′26″N,108°23′3″E;海拔 1 500 m),分别选择轮作 8 年、5 年和连作黄连的 3 种地块,土壤质地类型均为沙土,林地类型为针叶林,坡度小于 5°。

种植方法:使用搭棚栽培方法种植,每种地块进行小区划分,每个小区 4 m^2(2 m×2 m)。选择生长健壮、无病虫害和损伤的一年生黄连秧苗,用剪刀剪掉黄连幼苗须根,按株行距 10 cm×10 cm 左右栽苗 1 株,每小区栽种 290 株苗。

试验设计:选择 8 种药剂,药剂施用浓度根据厂家参考用量设定,每个药剂为 1 个处理,每个处理 1 个小区,每个处理 3 个(轮作 8 年地块、连作)或4 个重复(轮作 5 年地块),清水为空白对照。在黄连秧苗移栽前,将药液兑水 2 kg 均匀喷雾于厢面,喷药后松土整平移栽。8 种药剂用量分别为 30%噁霉灵 AS 30.0 mL、70%敌磺钠 SP 24.0 g、50%多菌灵 WP+80%代森锰锌 WP(1∶1)2.0 g、70%甲基硫菌灵 WP 1.5 g、80%代森锌 WP 1.0 g、75%百菌清 WP 2.0 g、3%甲霜·噁霉灵 AS 15.0 mL、3%噻霉酮 ME 15.0 mL。

调查方法:药后 180 d,统计每个小区的黄连根腐病的全部病株数,以小区栽种的黄连苗为总株数,计算病株率和防治效果;同时调查 3 种地块清水对照小区的黄连植株高度、叶片数和根腐病发病率,进行轮作年限对黄连生长和根腐病发生的影响分析。

病株率=病株数/总株数×100%;

防治效果=(对照区病株率-处理区病株率)/对照区病株率×100%。

1.3　数据分析

所有数据利用 Excel 2010 和 SPSS 19.0 软件进行处理,生态因子与根腐病发生的相关性采用 Pearson 相关性分析,药剂防治试验差异显著性分析采用单因素 LSD 显著性测验。

2　结果与分析

2.1　黄连根腐病危害症状

黄连健康植株根系发达,须根亮褐色,叶部嫩绿。黄连根腐病发生时,初期叶片为淡黄色,后期严重时叶片黄化干枯;初期根系不发达,须根呈水渍状,最后逐渐腐烂脱落,易拔出土,植株萎蔫枯死(图 1)。

a: 健康植株; b: 病株初期症状; c: 病株后期症状
a: Healthy plant; b: Early symptom of diseased plant; c: Late symptom of diseased plant

图 1　黄连健康植株及根腐病植株症状

Fig. 1　Symptoms of healthy plants and root rot plants of *Coptis chinensis*

2.2 石柱黄连根腐病发生与生态因子的相关性

分析结果表明，在海拔、土壤质地、植被类型、坡度、荫蔽度和生长年限、耕作制度等因子中，根腐病发生程度与土壤质地呈显著相关，相关系数为 0.290；与耕作制度为极显著相关，相关系数为 0.503(表 3)，与其他生态因子相关性不强。

表 3 不同因子与黄连根腐病病株率的相关性[1)]

Table 3 Correlation between influencing factor and incidence of *Coptis chinensis* root rot

因子 Factor	相关系数 Correlation coefficient	*P* 值 *P* value
海拔 Altitude	0.017	0.893
土壤质地 Soil texture	0.290*	0.017
植被 Vegetation	−0.162	0.189
坡度 Gradient	−0.029	0.813
荫蔽度 Shade degree	0.028	0.825
耕作制度 Tillage system	0.503**	0.000
生长年限 Growing year	0.230	0.099

1) **：在 0.01 水平上显著相关；*：在 0.05 水平上显著相关。
** and * represent significant correlation at 0.01 and 0.05 levels, respectively.

为进一步明确不同土壤质地对黄连根腐病发生的影响，在 67 块黄连地块中选择海拔为 1 460～1 520 m之间，植被为针阔或针叶林，缓坡或中坡，低荫蔽度或较低荫蔽度，生荒地和生长年限为 2～3 年的黄连地块 19 块，进行病株率平均值统计和 LSD 显著性测验。结果表明：不同土壤质地的根腐病均具有极显著差异，壤土<沙壤土<黏土<沙土(表 4)。

在 67 块黄连地块中选择海拔 1 460～1 530 m、沙土或沙壤土、植被为针阔混交林或针叶林，坡度为缓坡或中坡，低荫蔽度或较低荫蔽度、生长年限为 3～4 年的地块 14 块，进行不同耕作制度和黄连根腐病发生情况分析。结果表明：生荒地和轮作地病株率差异不显著，但均与连作地有显著差异；生荒地和轮作地的黄连根腐病病株率较低，分别为 15.67%、20.97%，连作地最高达 55.32%(表 4)。

表 4 不同土壤质地和耕作制度的黄连根腐病发生情况[1)]

Table 4 Occurrence of *Coptis chinensis* root rot disease in different soil texture and tillage system

因子 Factor		病株率/% Disease incidence
土壤质地 Soil texture	黏土 Clay	(21.72±7.39)a
	壤土 Loam	(6.21±1.67)b
	沙壤土 Sandy loam	(7.55±2.26)b
	沙土 Sandy soil	(27.10±4.00)a
耕作制度 Tillage system	生荒地 Virgin land	(15.67±5.54)b
	轮作地 Crop rotation land	(20.97±1.87)b
	连作地 Continuous cropping land	(55.32±10.83)a

1) 土壤质地 $P=0.041<0.05$。同列不同小写字母表示差异显著，$P<0.05$。耕作制度 $P=0.014<0.05$。同列不同小写字母表示差异显著，$P<0.05$。
Soil texture $P=0.041<0.05$. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level. Tillage system $P=0.014<0.05$. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level.

2.3 轮作年限对黄连生长和根腐病发生的影响

分别对不同轮作年限地块的黄连植株高度、叶片数和根腐病发生率进行测定和观察(表 5)，差异显著性分析表明，轮作 8 年地块的黄连植株株高、叶片数均与轮作 5 年和连作地块有极显著差异，但轮作 5 年地块和连作地块无显著差异。轮作 8 年地块的黄连植株株高最高，为 10.94 cm，叶片数最多，达 14.8 片/株，生长茂密，呈深绿色；轮作 5 年的黄连次之，生长稀疏，呈浅绿色；最低为连作地块，其植株高度为 8.42 cm，叶片数为 5.6 片/株，呈黄绿色，死亡率高。轮作 5 年地块根腐病发病率与轮作 8 年地块无显著差异，但与连作地块呈极显著差异，其中，轮作 8 年地块黄连根腐病发病率最低，为 3.56%，连作地最高，达 20.60%。

表 5 不同轮作年限的黄连生长和根腐病发生情况[1)]

Table 5 Growth and root rot disease of *Coptis chinensis* in different rotation years

轮作年限 Rotation year	株高/cm Height	叶片数/片·株$^{-1}$ Leaf number	病株率/% Disease incidence
轮作 8 年 Rotation for eight years	(10.94±0.87)A	(14.8±3.68)A	(3.56±0.72)B
轮作 5 年 Rotation for five years	(8.58±1.51)B	(7.8±2.30)B	(4.40±0.59)B
连作 Continuous cropping	(8.42±1.80)B	(5.6±0.97)B	(20.60±3.84)A

1) 株高，$P=0.001<0.01$；叶片数，$P=0.000<0.01$；病株率，$P=0.001<0.01$。同列不同大写字母表示差异极显著，$P<0.01$。
Height, $P=0.001<0.01$; Leaf number, $P=0.000<0.01$; Disease incidence, $P=0.001<0.01$. Different uppercase letters in the same column indicate significant difference ($P<0.01$).

2.4 黄连根腐病药剂防治试验

采用不同药剂分别对轮作 8 年、5 年和连作地块进行土壤处理，药后 180 d 调查每个处理的田间病株率并统计防治效果(表 6)，结果表明，同一药剂

对不同轮作年限地块的黄连根腐病防治效果具有差异,同时,同一轮作年限地块不同药剂的黄连根腐病病株率和防治效果具有差异。轮作 8 年地块,3%甲霜·噁霉灵 AS、30%噁霉灵 AS、50%多菌灵 WP+80%代森锰锌 WP(1∶1)处理的黄连根腐病病株率均显著低于对照清水处理,其病株率分别比清水对照病株率低 48.31%、38.76%、35.39%;3%甲霜·噁霉灵 AS 的田间防治效果最高,为 48.38%,其次为 30%噁霉灵 AS,两者差异不显著。轮作 5 年地块,除 70%甲基硫菌灵 WP 和 3%噻霉酮 ME 外,其他供试杀菌剂处理的黄连根腐病病株率均极显著低于对照清水处理,其中 75%百菌清 WP 处理黄连根腐病病株率最低,为 2.16%,防治效果 52.07%。连作地块中,50%多菌灵 WP+80%代森锰锌 WP(1∶1)处理的黄连根腐病病株率显著低于对照清水,其病株率为 13.82%,且防效最高,为 33.34%。

表 6　药剂处理不同轮作年限土壤对根腐病的防治效果[1)]

Table 6　Control effect of soil chemical treatment on root rot of *Coptis chinensis* with different rotation years

药剂 Fungicide	轮作 8 年地块 Rotation land of eight years		轮作 5 年地块 Rotation land of five years		连作地块 Continuous cropping land	
	病株率/% Disease incidence	防效/% Control efficacy	病株率/% Disease incidence	防效/% Control efficacy	病株率/% Disease incidence	防效/% Control efficacy
3%甲霜·噁霉灵 AS metalaxyl·hymexazol 3% AS	(1.84±0.52)d	(48.38±6.36)A	(2.93±1.00)bcde	(35.59±15.98)B	(15.04±2.54)ab	(26.79±1.55)B
30%噁霉灵 AS hymexazol 30% AS	(2.18±0.53)cd	(38.71±6.16)AB	(3.27±0.45)bcd	(26.87±1.48)BC	—	—
50%多菌灵 WP+80%代森锰锌 WP(1∶1) carbendazim 50% WP+mancozeb 80% WP(1∶1)	(2.30±0.53)bcd	(35.48±2.16)B	(2.33±0.59)de	(48.63±6.15)A	(13.82±3.23)b	(33.34±3.61)A
70%甲基硫菌灵 WP thiophanate-methyl 70% WP	(2.64±0.52)abcd	(25.80±1.3)C	(3.62±0.45)abc	(19.06±2.08)C	(19.51±3.47)a	(5.07±3.65)D
80%代森锌 WP zineb 80% WP	(2.87±0.72)abc	(19.35±4.44)CD	(2.67±0.43)cde	(40.41±5.19)AB	—	—
75%百菌清 WP chlorothalonil 75% WP	(2.87±0.40)abc	(19.35±6.26)CD	(2.16±0.59)e	(52.07±10.71)A	—	—
70%敌磺钠 SP fenaminosulf 70% SP	(2.99±0.53)abc	(16.12±2.94)D	(3.18±0.58)bcd	(29.15±4.99)B	(16.26±2.26)ab	(20.50±4.83)C
3%噻霉酮 ME benziothiazolinone 3% ME	(3.22±0.72)ab	(9.67±2.22)D	(3.62±1.00)ab	(20.28±12.35)C	—	—
清水 Water	(3.56±0.72)a	(0.00±0.00)E	(4.40±0.59)a	(0.00±0.00)D	(20.60±3.84)a	(0.00±0.00)D

1) 表中数据为平均值±标准误。同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著,不同大写字母表示在 0.01 水平差异极显著(LSD 测验)。Data in the table are mean ± SE. Different lowercase letters and uppercase letters in the same column indicate significant and extremely significant difference at 0.05 and 0.01 levels, respectively (LSD test).

3　结论与讨论

石柱黄连连作障碍严重,导致生长不良、病害严重等问题,特别是黄连根腐病发生严重。针对连作障碍和根腐病严重的问题,在生产中主要采取调节生态环境和改变农艺措施、土壤处理等方法[6-7]。在对重庆市石柱黄连根腐病调查中发现,黄连根腐病平均发病率达 22.78%,但病株率差异明显,与土壤质地类型和耕作制度呈显著相关,以沙壤土、壤土和轮作、生荒地的病株率最低,黏土和连作黄连根腐病最为严重。从而进一步表明,黄连根腐病为黄连连作障碍的重要表现。同时,其他生态因子与根腐病发生相关性不强,可能与沙壤土、荫蔽度、阔叶林植被、陡坡等生态因子的样本量较少有关。

针对耕作制度与黄连根腐病发病率显著相关问题,对 3 种轮作年限地块黄连的生长和根腐病发生情况进行了调查,结果表明,轮作 8 年的黄连生长最好,株高和叶片数均极显著高于其他 2 种地块,连作地块黄连生长最差,与轮作 5 年地块差异不明显,但轮作5 年地块根腐病发病率显著低于连作地块,与轮作8 年地块的根腐病无显著差异。这可能与黄连根腐病病原菌积累有关,黄连生长情况可能与土壤

酶活性、化感物质的降解速度有关[8-9]。

采用 8 种药剂分别对轮作 8 年、5 年和连作地块进行土壤药剂处理，调查根腐病发病率和防治效果。8 种药剂对 3 种地块的根腐病防治效果差异显著，其中轮作 8 年地块以 3%甲霜·噁霉灵 AS 防治效果最好，轮作 5 年地块以 75%百菌清 WP 的防治效果最好，而连作地块以 50%多菌灵 WP+80%代森锰锌 WP(1∶1)混合药剂防治效果最好。这可能与不同轮作年限地块的土壤微生物丰富度和种群多样性不同有关[2,10]，另外，由于 8 种药剂的防治对象、抗菌谱等不同，导致不同轮作年限地块的药剂防治效果有差异。如：甲霜·噁霉灵对腐霉、霜霉、镰刀菌等具有防效，主要用于防治立枯病和根腐病、枯萎病[11-15]；百菌清[16-18]、多菌灵[19-22]和代森锰锌[23-26]为广谱杀菌剂，可防治霜霉病、白斑病、黑斑病、软腐病、灰霉病、赤霉病、黑点病、立枯病、枯萎病等多种病害。由于轮作 8 年的土壤微生物较为丰富，其中有益微生物种类较多，需选择具有针对性的药剂进行防治，而轮作 5 年和连作地块中的土壤有益微生物较少，因此选用广谱性杀菌剂具有较好的效果。为此，需进一步探索黄连根腐病发生原因和不同轮作年限的土壤微生态环境。

综上所述，黄连根腐病防治对策：1)黄连立地土壤应选择沙壤、壤土质地类型；2)黄连的轮作年限应 5～8 年以上，最好 8 年以上；3)黄连根腐病防治，可选择 3%甲霜·噁霉灵 AS、75%百菌清 WP、50%多菌灵 WP+80%代森锰锌 WP(1∶1)，但需进一步开展施药浓度和施药方法研究。

参考文献

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京：中国医药科技出版社，2015：303－305.

[2] 宋旭红，王钰，李隆云，等. 石柱黄连根腐病根际土壤细菌微生态研究[J]. 中国中药杂志，2017，42(7)：1304－1311.

[3] 陈姗姗，罗秀媚，杨星勇. 重庆市石柱县黄连根腐病病原菌的分离与鉴定[J]. 植物保护学报，2018，45(6)：1437－1438.

[4] ZHANG Jianhui, WANG Yan, ZHANG Zhenhua. Effect of terrace forms on water and tillage erosion on a hilly landscape in the Yangtze River basin, China [J]. Geomorphology, 2014, 216：114－124.

[5] 刘乾开，朱国念. 新编农药使用手册[M]. 第 2 版. 上海：上海科学技术出版社，1999.

[6] 苏一诺，李孟滕，陈西文，等. 作物连作障碍及防控技术研究进展[J]. 黑龙江畜牧兽医，2019(9)：44－48.

[7] 耿贵，杨瑞瑞，於丽华，等. 作物连作障碍研究进展[J]. 中国农学通报，2019，35(10)：36－42.

[8] 宋旭红，张丹，钟国跃，等. 重庆黄连种植土壤中酚酸类物质累积与消减规律的研究[J]. 世界科学技术-中医药现代化，2015，17(7)：1419－1424.

[9] 李阳波，何林卫，张薇，等. 黄连须根浸提液对土壤微生物及酶活性的影响[J]. 中国中药杂志，2014，39(21)：4205－4210.

[10] 张丹. 基于黄连化感物质与微生物群落结构变化的连作障碍机制研究[D]. 成都：成都中医药大学，2015.

[11] 李丽丽，姜亚娟，李立华，等. 四霉素与噁霉灵混配制剂对水稻立枯病的防治效果[J]. 微生物学杂志，2017，37(1)：83－87.

[12] 夏玲，曾莉莎，吕顺，等. 荷花腐败病防治药剂室内筛选及田间药效试验[J]. 南方农业学报，2016，47(7)：1129－1134.

[13] 蒲小明，林壁润，沈会芳，等. 防治香蕉枯萎病胶囊药剂研制与应用[J]. 植物保护，2015，41(1)：185－189.

[14] 乔志文，柏章才. 70%噁霉灵可湿性粉剂防治甜菜立枯病药效评价[J]. 植物保护，2009，35(5)：158－161.

[15] 王志飞，李继平，李建军，等. 甘草根腐病病原鉴定及室内毒力测定[J]. 西北农业学报，2013，22(8)：98－102.

[16] 杨建，康澜，郭延珍，等. 百菌清在马铃薯中的最终残留及土壤中消解动态研究[J]. 安全与环境学报，2019，19(2)：628－634.

[17] 伊海静，陈艳，刘正坪，等. 草莓枯萎病菌的分离鉴定及防治药剂筛选[J]. 西北农业学报，2016，25(4)：626－635.

[18] 于安芬，车宗贤，王东晖，等. 百菌清在番茄上的自然消解动态及健康风险研究[J]. 西北农业学报，2016，25(10)：1508－1514.

[19] 陈宏州，杨红福，姚克兵，等. 水稻恶苗病病原菌鉴定及室内药剂毒力测定[J]. 植物保护学报，2018，45(6)：1356－1366.

[20] 周浩，李丽翠，樊杰，等. 多菌灵等 4 种杀菌剂对烟草灰霉病菌的室内生物活性[J]. 农药学学报，2019，21(2)：238－243.

[21] 宋益民，丛国林，陈怀谷. 多菌灵及其复配制剂防治小麦赤霉病的应用效果[J]. 植物保护学报，2018，45(2)：352－358.

[22] 夏海波，潘好芹，李艳青. 虎尾兰叶斑病病原鉴定及其对多菌灵的敏感性测定[J]. 河南农业科学，2015，44(3)：97－99.

[23] 方楠，侯志广，张中北，等. 代森锰锌在芦笋和豇豆中的残留消解动态[J]. 农药，2018，57(2)：127－129.

[24] 刘欣，王明爽，梅秀凤，等. 柑橘黑点病菌种群对代森锰锌的敏感性评价及其替代药剂的筛选[J]. 植物保护学报，2018，45(2)：373－381.

[25] 李霞，张小平，喻晓，等. 代森锰锌类农药对生姜种植地土壤酶活性及微生物群落结构的影响[J]. 生态环境学报，2016，25(9)：1569－1574.

[26] 汪汉成，张敏，张之矾，等. 多菌灵等 5 种杀菌剂对烟草立枯病菌的生物活性[J]. 农药学学报，2017，19(5)：569－575.

（责任编辑：杨明丽）