

中草药水浸提液对 5 种植物病原真菌的影响

蒋晶晶^{1,2} 彭沛穰³ 苏锋锋³ 周昭旭^{1,2} 杜蕙^{1,2*} (1. 甘肃省农业科学院植物保护研究所, 甘肃兰州 730070; 2. 农业部天水作物有害生物科学观测实验站, 甘肃天水 741000; 3. 西北师范大学生命科学院, 甘肃兰州 730070)

摘要 [目的] 探索对植物病原真菌具有抑菌活性的中草药。[方法] 在室内采用菌丝生长速率法测定黄连、黄芩和大黄水浸提液单剂及其复合剂不同浓度对 5 种植物病原真菌菌丝的抑制作用。[结果] 60% 黄连、黄芩和大黄水浸提液对辣椒疫霉病菌和西瓜蔓枯病菌抑制率分别达 97.7% 和 88.2%、87.3% 和 84.3%、73.5% 和 84.5%。抑制效果均较好; 大黄对葡萄灰霉病菌的抑制效果优于黄连和黄芩, 抑制率可达 59.0%; 黄连对葡萄炭疽病菌和玉米茎基腐病菌的抑制效果优于黄芩和大黄; 除葡萄灰霉病菌外, 不同浓度的水浸提液复合剂对其他 4 种病原真菌的抑制率均高于大黄, 低于黄连, 总体抑制效果及趋势与黄芩相近。[结论] 黄连水浸提液抑菌范围最广、效果最好, 可进一步为新型天然杀菌剂的研制和开发提供新途径。

关键词 黄连; 黄芩; 大黄; 水浸提液; 抑菌率

中图分类号 S482.2 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)17-0172-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.17.044



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effect of Chinese Herbal Medicine Water Extract on Five Plant Pathogenic Fungi

JIANG Jing-jing^{1,2}, PENG Pei-rang³, SU Feng-feng³ et al (1. Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070; 2. Scientific Observing and Experimental Station of Crop Pests in Tianshui, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Tianshui, Gansu 741000; 3. College of Life Sciences, Northwest Normal University, Lanzhou, Gansu 730070)

Abstract [Objective] To explore Chinese herbal medicines that have antifungal activity against phytopathogenic fungi. [Method] The mycelial growth rate method was used to determine the single-agent and compound of *Coptis chinensis*, *Scutellaria* and *Rhubarb* water extracts in different concentrations against the five plant pathogenic fungal mycelia. [Result] 60% of *Coptis chinensis*, *Scutellaria* and *Rhubarb* water extracts had inhibition rates of 97.7% and 88.2%, 87.3% and 84.3%, 73.5% and 84.5% respectively against *Phytophthora capsici* and *Mycosphereella melonis* had the better inhibitory effects; *Rhubarb* had better inhibitory effects on *Botrytis cinerea* than *Coptis chinensis* and *Scutellaria*, with an inhibition rate of 59.0%; *Coptis chinensis* had better effects on *Colletotrichum gloeosporioides* and *Fusarium oxysporum* than *Scutellaria* and *Rhubarb*; except for *Botrytis cinerea*, the inhibitory rates of different concentrations of water extract solution complexes on the other four pathogenic fungi were higher than *Rhubarb* and lower than *Coptis chinensis*, and the overall inhibition effect and trend were similar to that of *Scutellaria*. [Conclusion] It indicated that *Coptis chinensis* water extract had the wide range of antifungal and had the best effect, which can further provide a new way for the research and development of new natural fungicides.

Key words *Coptis chinensis*; *Scutellaria*; *Rhubarb*; Water extraction; Inhibition rate

植物病原真菌对植物造成严重的危害,如引起葡萄灰霉病的灰葡萄孢(*Botrytis cinerea*)其寄生范围极其广泛,能感染 200 多种农作物,并在多种重要作物上造成重大经济损失^[1];引起辣椒疫病的辣椒疫霉菌(*Phytophthora capsici*),常引起病害的流行发生,导致植株成片死亡,损失严重,严重时病株率达 80% 以上^[2]。由于大多数病原真菌变异能力强,致病力分化明显,传统防治方法主要依靠化学农药来防治病害,大量化学农药的使用容易诱导病菌产生抗药性,一方面导致化学农药的防治效果降低,加大了防治难度,另一方面严重污染环境,开发新型环保的化学农药替代品势在必行。

生物防治是目前国内外防治植物病害的研究热点,主要包括拮抗菌(真菌、细菌)和天然产物防治。大多数生防菌株由于自身的局限性和环境条件等因素的影响,只有少量生防资源可实际应用且防治效果不理想,稳定性较差,植物源农药研究的兴起为植物病害的生物防治开辟了一条新的途

径^[3]。我国中草药资源丰富,品种繁多,许多中草药含抑菌活性物质,是防治有害微生物的天然宝库^[4]。如黄连、大蒜和黄芩对菊果胶杆菌具有显著抑菌效果^[5];白花蛇舌草、金钱草、丹参和甘草配伍对细菌和霉菌抑菌效果最好^[6];连翘、大黄水提取物对大班病凸脐蠕孢菌具有明显的抑制效果^[7];黄连对柑橘采后 3 种病原菌具有较强的抑制作用和防治潜力,综合抑菌率达 98.37%^[8]。

笔者选取平时多见且医用有消炎作用的毛茛科黄连(*Coptis chinensis*)、唇形科黄芩(*Scutellaria*)和蓼科大黄(*Rhubarb*)制备 3 种中草药的不同浓度水浸提液以及不同浓度复合剂,以 5 种不同的植物病原真菌(辣椒疫霉病菌、西瓜蔓枯病菌、葡萄炭疽病菌、葡萄灰霉病菌和玉米茎基腐病菌)为测试对象,研究 3 种中草药的农用抑菌活性,旨在为新型生物农药开发提供依据,为中草药利用提供新思路。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试中草药: 黄连、黄芩、大黄均为市售。

供试菌株: 葡萄炭疽病菌(*Colletotrichum gloeosporioides*)、葡萄灰霉病菌(*Botrytis cinerea*)、西瓜蔓枯病菌(*Mycosphereella melonis*)、辣椒疫霉病菌(*Phytophthora capsici*)、玉米茎基腐病菌(*Fusarium oxysporum*)均由甘肃省农业科学院植物保护研究所经济作物病害研究室分离保存。

供试培养基: 马铃薯葡萄糖琼脂(potato dextrose agar,

基金项目 甘肃省农业科学院科技支撑计划项目(2020GAAS38); 国家重点研发计划项目(2018YFD0201400); 甘肃省现代水果产业技术体系(GARS-SG-2); 公益性行业(农业)科研专项(201203035); 甘肃省科技支撑计划(1204NKCA099)。

作者简介 蒋晶晶(1988—),女,甘肃兰州人,研究实习员,硕士,从事植物病害研究。* 通信作者,研究员,从事植物病害研究。

收稿日期 2020-03-19; 修回日期 2020-04-15

PDA) 培养基,即马铃薯 200 g、葡萄糖 20 g、琼脂 18 g、蒸馏水 1 000 mL, pH 自然。

1.2 试验方法

1.2.1 中草药水浸提液的制备与稀释。参考徐国钧等^[9]的方法,取中草药 100 g 在 1 000 mL 蒸馏水中浸泡 20 min,然后在电磁炉上加热至煮沸,转小火煮 30 min(温度 160 ℃左右),用纱布过滤出滤液。滤渣再加水 500 mL,同样方法煎煮约 30 min 后过滤,取 2 次滤液混合,用蒸馏水定容至 1 000 mL(即中草药水浸提液)。

取浸提液 50、100、150、250 及 300 mL,用蒸馏水分别定容至 500 mL,即制成浓度为 10%、20%、30%、50% 及 60% 的浸提液,密封置冰箱中冷藏备用。

将几种中草药水浸提原液按体积等量(1:1:1)混合后,制成中草药水浸提液复合剂,分别用蒸馏水稀释成浓度为 10% 合剂、30% 合剂、60% 合剂,密封置冰箱中冷藏备用。

1.2.2 含药培养基的制备。用中草药水浸提液代替 PDA 培养基中等量的水,配制含药 PDA 培养基。

1.2.3 含药培养基抑菌效果的测定。将供试菌株在 PDA 培养基活化培养 3 d 后,在接近菌落边缘生长一致的地方打取

直径 5 mm 的菌饼,单个菌饼菌丝面朝下紧贴含药 PDA 平板中央接入,以 PDA 为空白对照,每处理重复 3 次,置于 26 ℃ 条件下培养 6 d,第 7 天采用十字交叉法测量菌落直径。依据记录菌落直径,计算各处理浓度对所测真菌菌丝的生长抑制率。菌丝生长抑制率 = $(D_0 - D_t) / D_0 \times 100\%$,其中 D_0 为空白对照的菌落直径增长量, D_t 为药剂处理的菌落直径增长量,菌落直径增长量 = 测得的菌落直径 - 菌饼的直径。

1.3 数据分析 利用 SPSS 17.0 软件对试验数据进行统计分析,应用 Duncan 氏新复极差法进行差异显著检验。

2 结果与分析

2.1 不同浓度的黄连水浸提液对 5 种病原菌的抑制效果 黄连水浸提液对供试的 5 种病原菌均具有较好的抑制作用(表 1),其中对辣椒疫霉病菌和西瓜蔓枯病菌效果最好,当浸提液浓度仅为 10% 时抑制率达 82.5% 和 75.9%,且随着浓度升高抑制率也升高;60% 的黄连浸提液对葡萄炭疽病菌和玉米茎基腐病菌也具有一定的抑制效果,抑菌率达 50% 以上;黄连水浸提液对葡萄灰霉病菌抑菌效果最差,且当浓度为 50% 时抑菌率不再随着浓度的升高而升高。

表 1 不同浓度的黄连水浸提液对 5 种病原菌的抑制效果

Table 1 Inhibitory effect of *Coptis chinensis* extracts with different concentrations on growth of five pathogens

浓度 Concentration %	抑菌率 Inhibition rate//%				
	辣椒疫霉 <i>P.capsici</i>	西瓜蔓枯 <i>M.melonis</i>	葡萄炭疽 <i>C.gloeosporioides</i>	葡萄灰霉 <i>B.cinerea</i>	玉米茎基腐 <i>F.oxysporum</i>
10	82.5±1.8 a	75.9±0.4 b	39.2± 0.8 c	34.3±0.6 d	42.9±2.0 e
20	84.0±1.5 a	77.9±1.2 b	30.3±7.2 c	41.2±2.7 b	44.4±0.0 b
30	91.2±0.8 a	84.0±0.7 b	46.9±1.6 c	37.1±2.0 d	48.6±1.4 c
50	96.3±0.8 a	88.7±2.3 b	48.2±1.9 c	44.5±5.5 d	51.7±1.7 c
60	97.7±1.1 a	88.2±0.7 b	52.3±3.1 c	44.5±1.1 d	53.3±0.5 c

注:同行不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same row indicated significant difference($P < 0.05$)

2.2 不同浓度的黄芩水浸提液对 5 种病原菌的抑制效果 10% 的黄芩水浸提液对辣椒疫霉和西瓜蔓枯菌抑制率均超过 50%,且随着黄芩浓度的提高,抑制率也增强,可达 87.3%;对葡萄灰霉病菌抑制效果较弱,当浓度达 60% 时抑

抑制率达 44.3%;对葡萄炭疽病菌和玉米茎基腐病菌的抑制效果最弱,且随着黄芩水浸提液浓度的升高,并没有显著提高其抑菌效果,其中对葡萄炭疽病菌的抑制效果表现出高浓度反而降低(表 2)。

表 2 不同浓度的黄芩水浸提液对 5 种病原菌的抑制效果

Table 2 Inhibitory effect of *Scutellaria* extracts with different concentrations on growth of five pathogens

浓度 Concentration %	抑菌率 Inhibition rate//%				
	辣椒疫霉 <i>P.capsici</i>	西瓜蔓枯 <i>M.melonis</i>	葡萄炭疽 <i>C.gloeosporioides</i>	葡萄灰霉 <i>B.cinerea</i>	玉米茎基腐 <i>F.oxysporum</i>
10	55.0±0.0 a	58.4±0.4 a	8.5±0.9 c	6.8±0.6 c	19.2±3.2 b
20	77.9±0.8 a	67.2±0.2 b	33.6±0.7 c	26.2±1.4 d	23.2±1.0 e
30	85.9±0.6 a	75.8±0.4 b	38.2±1.1 d	40.9±0.0 c	32.8±1.2 e
50	86.6±0.2 a	77.6±0.2 b	40.0±1.2 d	43.7±0.5 c	33.3±0.3 c
60	87.3±0.2 a	84.3±0.8 b	36.4±0.2 d	44.3±0.3 c	34.2±0.5 e

注:同行不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same row indicated significant difference($P < 0.05$)

2.3 不同浓度的大黄水浸提液对 5 种病原菌的抑制效果 大黄水浸提液对辣椒疫霉和西瓜蔓枯抑制效果最好,随着大黄浓度的提高抑制率也增强,当浸提液浓度为 60% 时抑制率分别为 73.5% 和 84.0%;其次为葡萄灰霉病菌,当浸提液浓

度为 60% 时抑制率达 59.0%;对葡萄炭疽病菌和玉米茎基腐病菌的抑制效果最弱(表 3)。

2.4 不同浓度的水浸提液复合剂对菌株的抑菌效果 将 3 种中草药水浸提液按体积等量(1:1:1)混合后,制成中草药

水浸提液复合剂,用蒸馏水稀释成10%合剂、30%合剂、60%合剂。由图1可知,除灰葡萄孢外,不同浓度的3种水浸提液复合剂对其他4种植物病原真菌菌丝生长抑制率均高于不同浓度的大黄水浸提液,低于不同浓度的黄连水浸提液,

总体抑制效果及趋势与黄芩水浸提液相近;水浸提液复合剂对葡萄灰霉的抑制效果最差,弱于3种中草药水浸提液单独作用。表明将3种中草药混合后,抑菌成分均存在,没有显著提高药效或者减弱药效。

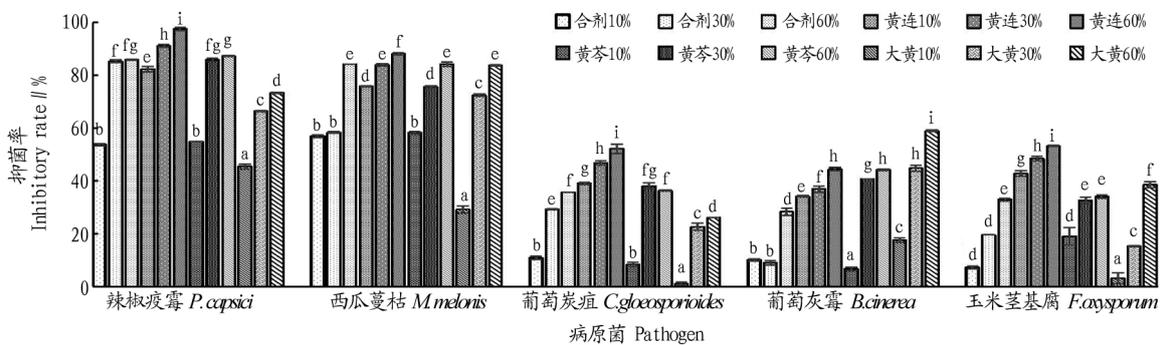
表3 不同浓度的大黄水浸提液对5种病原菌的抑制效果

Table 3 Inhibitory effect of *Rhubarb* extracts with different concentrations on growth of five pathogens

浓度 Concentration %	抑菌率 Inhibition rate//%				
	辣椒疫霉 <i>P.capsici</i>	西瓜蔓枯 <i>M.melonis</i>	葡萄炭疽 <i>C.gloeosporioides</i>	葡萄灰霉 <i>B.cinerea</i>	玉米茎基腐 <i>F.oxysporum</i>
10	45.6±1.0 a	29.4±1.4 b	1.3±0.5 d	17.8±0.8 c	3.3±2.0 d
20	59.7±0.2 b	70.9±0.0 a	17.2±0.3 d	39.3±1.1 c	13.2±2.2 e
30	66.6±0.2 b	72.5±0.5 a	22.8±1.3 d	45.0±1.1 c	15.4±0.3 e
50	72.3±0.4 b	80.8±0.2 a	24.4±0.3 d	51.8±0.3 c	22.4±0.5 e
60	73.5±0.2 b	84.0±0.2 a	26.2±0.0 e	59.0±0.3 c	38.7±1.1 d

注:同行不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same row indicated significant difference($P<0.05$)



注:不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters indicated significant difference($P<0.05$)

图1 不同浓度的水浸提液复合剂对菌株的抑菌效果

Fig.1 Inhibitory effect of different extracts with different concentrations on growth of five pathogens

3 结论与讨论

中草药作为天然的抑菌药物,其抗菌、低毒、无副作用、无残留等优点在现代预防和抗真菌细菌感染方面发挥了积极作用。研究证实在对人体致病菌有抑制作用的常见中草药中,有的对植物病菌有一定的抑菌效果。周勇等^[5]研究发现黄连对菊果胶杆菌抑菌效果最优,黄芩次之;李家洲等^[10]研究发现黄连水浸液对尖孢镰孢菌具有较好的抗菌效果,与该研究结果基本一致;王艳红等^[11]研究发现中药黄连对番茄早疫病菌的抑菌效果最好,大黄次之,抑制率达93.9%。该试验中黄连对5种病原真菌均表现出较好的抑制效果,对辣椒疫霉菌和西瓜蔓枯病菌的抑制率分别达97.7%和88.2%,对葡萄灰霉病的抑制效果最差,但浓度为60%时抑制率也能达44.5%,表明黄连水浸提液不但抗菌谱广泛,还具有良好地抑制真菌菌丝生长的作用,为后期研发绿色农药防治疫霉病、西瓜蔓枯病、炭疽病、枯萎病等提供新思路。杨金凤等^[12]研究发现黄芩对桃褐腐病菌抑菌率达80%以上,对供试的16种植物病原真菌也有不同的抑制效果,抑菌谱较广;金丽琼等^[7]研究发现大黄水浸提液对大斑病凸脐蠕孢菌具有良好的抑制效果。该研究中黄芩和大黄水浸提液浓度为60%对辣椒疫霉、西瓜蔓枯、葡萄灰霉病菌也表现出较好的抑制效果,进一步扩大了中草药的抗菌谱,为中草药的开发

利用提供了参考。

种类繁多的植物次生代谢产物虽然能够为植物源抗菌研究提供广阔空间,但其成分复杂、分离困难、抑菌机制还不明确,使得植物源抑菌剂的应用受到很大的限制^[13]。目前主要对已经明确化合物成分的植物活性物质进行单独或按照一定比例进行复配后的抑菌机理评价及抑菌效果研究。配伍后的中药并不是某种单味化学成分相加,而是某些化学成分溶出率的改变、水解、氧化、挥发、螯合、沉淀等化学和物理变化,使得原有的某些化学成分消失或产生新的化合物从而能够避免某种药单独作用药效不够又能够避免某种药作用损害造成损伤的困境即出现减毒、增效的效果^[14]。该研究中黄连、黄芩和大黄3种中草药复配的合剂,药效并未出现明显的减毒或者增效的效果,抑菌率总体趋势为黄连>复合剂>黄芩>大黄,这可能与中草药的成分及中药配伍的复杂性有关。目前中草药及配伍大部分研究处于筛选和初步探索阶段,仍存在许多问题有待解决。未来植物源抑菌方面应大力发展成分分离技术,有效利用各成分,将抑菌研究与其他研究领域相结合,做到资源高效利用,从而降低生物农药应用成本,更好地应用于农业生产。

中草药活性成分复杂,提取方法和所用溶剂不同,提取
(下转第235页)

养殖业资金投入和单位林地面积经济林资金投入对农户林业增收有较大影响, 关联系数分别为 0.910 6 和 0.910 1。林业资本投入水平是林产品产量的主要决定要素之一。而目前受较低的收入水平限制, 当地农户对于林业产业的资金投入较少, 造成了耕地利用水平较低的结果, 严重影响当地农户的收入水平。因此, 农户的林业资本投入水平是林业增收的关键因素。

3 结论与建议

基于陕西省 7 个区县农户调研数据, 通过二元 Logistic 回归模型得出林下种植及养殖业资金投入、劳动力投入、单位林地面积经济林资金投入、农业劳动效率、从事林下经济产业种类对农户林业增收额水平的提升有正向影响; 而参与当地林业产业培训对林业增收有显著的负面影响的结论。运用灰色关联度分析模型进一步测算上述各变量对于林业增收的影响程度, 得出各变量对林业增收的影响程度从强到弱依次为农业劳动效率、林下种植及养殖业资金投入、单位林地面积经济林资金投入、从事林业产业种类数量、劳动力投入的结论。

结合上述实证结果, 提出以下政策建议: ①陕西省各级政府应将提高农户的劳动生产效率作为首要目标, 加强林业指导队伍建设, 通过聘请专业的技术人员及对现有技术人员培训等方式提升当地的林业技术水平; ②当地各级政府应增加定向资金投入, 积极制定并出台相关的优惠政策, 拓宽筹资渠道, 吸引民间资金投入林业产业建设中, 推进陕西省林业产业尤其是林下种植及养殖业的发展。

参考文献

[1] MENDELSON R, BASIST A, KURUKULASURIYA P, et al. Climate and rural income[J]. Climatic change 2007 81(1): 101-118.

(上接第 174 页)

物中的化学成分也不同。该研究采用中草药水浸提液进行试验, 避免了提取过程中有机试剂对环境的污染, 降低了生产成本, 具有生产简便、经济、无污染等特点。但仅在室内测定了 3 种中草药水浸提液的抑菌活性, 试验结果尚需在温室盆栽及田间进一步验证。

参考文献

[1] ELAD Y, PERTOT I, COTES PRADO A M, et al. Plant hosts of *Botrytis* spp. [M]// FILLINGER S, ELAD Y. *Botrytis—the fungus: The pathogen and its management in agricultural systems*. Switzerland: Springer International Publishing 2016: 67.

[2] 孙文秀, 潘梦武, 吴辉, 等. 辣椒疫病病原菌 BS04 的培养基优化研究[J]. 长江大学学报(自然科学版) 2015 12(3): 8-10.

[3] 吕婷. 番茄灰霉病拮抗菌筛选及复合生物海藻液肥研制[D]. 杭州: 浙江大学 2018.

[4] 李永刚, 文景芝. 30 种中药抑菌活性的筛选试验初报[J]. 植物保护学报 2003 30(1): 109-110.

[2] BRIGGEMAN B C, GRAY A W, MOREHART M J, et al. A new U.S. farm household typology: Implications for agricultural policy [J]. Review of agricultural economics 2007 29(4): 765-782.

[3] PAGIOLA S, ARCENAS A, PLATAIS G. Can payments for environmental services help reduce poverty? An exploration of the issues and the evidence to date from Latin America [J]. World development 2005 33(2): 237-253.

[4] BENNETT M T. China's sloping land conversion program: Institutional innovation or business as usual? [J]. Ecological economics 2008 65(4): 699-711.

[5] 贺东航, 田云辉. 集体林权制度改革后林农增收成效及其机理分析: 基于 17 省 300 户农户的访谈调研[J]. 东南学术 2010(5): 14-19.

[6] 王文烂. 集体林权制度改革对农民林业收入的影响[J]. 林业科学 2009, 45(8): 141-146.

[7] 刘小强, 徐晋涛, 王立群. 集体林权制度改革对农户收入影响的实证分析[J]. 北京林业大学学报(社会科学版) 2011 10(2): 69-75.

[8] 乔荣锋, 高进云, 张安录. 天然林保护工程对工程区内农户收入的影响与政策建议: 以湖北、四川和重庆为例[J]. 农业现代化研究 2006(1): 40-43.

[9] 高磊, 杨现坤, 胡海珠, 等. 重庆市退耕还林工程实施的生态和经济效益分析[J]. 水土保持研究 2019 26(6): 353-358.

[10] 李国平, 石涵予. 退耕还林生态补偿标准、农户行为选择及损益[J]. 中国人口·资源与环境 2015 25(5): 152-161.

[11] 冯晓雪. 退耕还林农户收入变化趋势及影响因素研究: 以陕西省吴起县为例[D]. 杨凌: 西北农林科技大学 2013.

[12] 姜霞, 李兰英, 沈月琴, 等. 生态公益林建设对林农收入影响的实证分析: 以浙江省长兴县和衢江区为例[J]. 北京林业大学学报(社会科学版) 2010 9(2): 115-119.

[13] 方仁兴, 陈建忠, 刘剑斌, 等. 建阳市农民林业收益分析及增收对策研究[J]. 福建林业科技 2012 39(4): 169-173, 177.

[14] 陶松. 关于影响农民收入的相关因素的实证分析[J]. 北方经济 2011(14): 8-9, 47.

[15] 邢小燕. 教育人力资本与农民收入关系分析: 以山西省为例[D]. 杨凌: 西北农林科技大学 2010.

[16] 王凤. 我国农民收入增长决定因素的经济学分析[J]. 经济学家 2005(5): 66-71.

[17] 芮田生, 阎洪. 我国农民收入影响因素分析[J]. 湖南社会科学 2012(2): 149-153.

[18] 付晓涵, 文彩云, 吴柏海, 等. 林改背景下辽宁省农户林业收入增长的影响因素分析[J]. 林业经济 2018 40(8): 36-41.

[19] 曾维忠. 农户林权抵押贷款意愿及其影响因素分析: 基于林业生产性融资需求的视角[J]. 林业经济 2011 33(1): 50-55.

[5] 周勇, 代小莹, 刘昔, 等. 10 种中药材和大蒜提取液对菊果胶杆菌的抑菌效果[J]. 江苏农业科学 2020 48(1): 120-123.

[6] 朱文娟, 林铁豪, 肖建光. 白花蛇舌草、金钱草、丹参和甘草的配伍抑菌效应研究[J]. 今日药学 2012 22(5): 264-266.

[7] 金丽琼, 王宁. 中草药提取物对大肠杆菌、肺炎链球菌的抑菌特性[J]. 安徽农业科学 2015 43(35): 194-196.

[8] 刘畅, 任艳芳, 何俊瑜, 等. 中草药提取液对 3 种柑橘病原菌的抑制作用[J]. 西南农业学报 2011 24(1): 132-136.

[9] 徐国钧, 梁勤, 毕泗伟, 等. 丁香等 11 种中草药水浸提液对蜜蜂球囊菌 (*Ascosphaera apis*) 的抑制作用研究[J]. 中国蜂业 2011 62(Z4): 33-36.

[10] 李家洲, 洪妙珍, 李玉婵, 等. 抗香蕉枯萎病原菌中药材的筛选[J]. 中国南方果树 2014 43(2): 64-67.

[11] 王艳红, 贾桂燕, 葛文中, 等. 中药大黄对番茄早疫病病原菌抑菌作用的初步研究[J]. 化学工程师 2015(5): 8-10.

[12] 杨金凤, 李鹤, 刘素花, 等. 三种中药提取液对桃褐腐菌 (*Monilinia fructicola*) 的抑菌作用[J]. 中国农学通报 2009 25(12): 188-194.

[13] 李婷, 周月, 宋丽雅, 等. 植物抑菌剂抑菌机理的研究方法进展[J]. 北方园艺 2016(4): 179-184.

[14] 郑海武. 配伍中药材提取液对番茄晚疫病病原菌的抑菌效果及机理研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学 2018.