

文章编号:1003-8701(2013)04-0049-04

Strobilurin 类化合物的生物活性研究进展

王献友,薛潇沛,庞艳萍,陈培云,闵娜娜,窦玉蕾

(河北大学质量技术监督学院,河北保定 071002)

摘要: Strobilurin 类杀菌剂是以天然产物为先导开发成功的具有独特作用机制的一类杀菌剂。这类杀菌剂不但广谱、高效、低毒,而且在植物体内易降解,目前已成为杀菌剂创制领域的研究热点之一。本文对近年来 Strobilurin 类杀菌剂的生物活性研究进展进行了综述。

关键词: Strobilurin 类化合物;杀菌剂;生物活性;进展

中图分类号:TQ450

文献标识码:A

Progress of Researches on Biological Activity of Strobilurin Compounds

WANG Xian-you, XUE Xiao-pei, PANG Yan-ping,

CHEN Pei-yun, MIN Na-na, DOU Yu-lei

(College of Quality and Technical Supervision, Hebei University, Baoding 071002, China)

Abstract: Strobilurin fungicides which were successful founded based on natural products, have unique mechanism of action. They are high and broad-spectrum activity, low toxicity, and easy-degrade in plants, and they have been a hot topic of fungicidal researches now. The biological activity and the recent development of strobilurin fungicides were reviewed in the paper.

Keywords: Strobilurin compounds; Fungicides; Biological activity; Progress

Strobilurin 类杀菌剂是一类低毒、高效、广谱、内吸性杀菌剂,它是以 Strobilurin A 为先导化合物研制的一类新型杀菌剂^[1]。经过近 20 多年的发展,其巨大的市场发展潜力已经在业内得到越来越多的关注。作为继三唑类杀菌剂之后又一极具市场活力的新型农用杀菌剂,目前已经发展成为欧洲谷物市场的主要杀菌剂。自 1996 年先正达成功开发出首个商品化品种啮菌酯以来,世界上各大农药公司相继投入了对该类化合物的研发,醚菌酯、啮氧菌酯、醚菌胺、肟醚菌胺、肟菌酯、氟啮菌酯等 Strobilurin 类杀菌剂的农药新品种陆续上市^[2]。

Strobilurin 类杀菌剂的作用靶标是线粒体呼

吸链上细胞色素 bc₁ 复合物中细胞色素 b 上的 Q_o 位点,为单一作用位点杀菌剂,十几年来,其抗性多有报道^[3],因此研究新一代反抗性的 Strobilurin 类杀菌剂成为该领域内一个新的热点。本文主要综述了近年来 Strobilurin 类化合物的生物活性研究进展。

1 杀菌活性

康立娟等^[4]报道了啮菌酯对番茄早疫病菌、辣椒炭疽病菌、黄瓜霜霉病菌等 3 种病菌的毒力 EC₅₀ 值,结果分别为 8.6176 μg/mL, 5.634 5 μg/mL, 0.004 9 μg/mL, 在田间连续两年使用 3 个不同剂量的啮菌酯防治上述 3 种病菌,均得到了 80% 以上的良好防效。汪晓红等^[5]报道了 30% 醚菌酯在小麦锈病和小麦白粉病的发病初期,使用剂量(有效含量)225 ~ 315 mL/hm²,连续用药 2 次,对小麦锈病的防效达到 85% 以上,对白粉病达到 90% 以上。

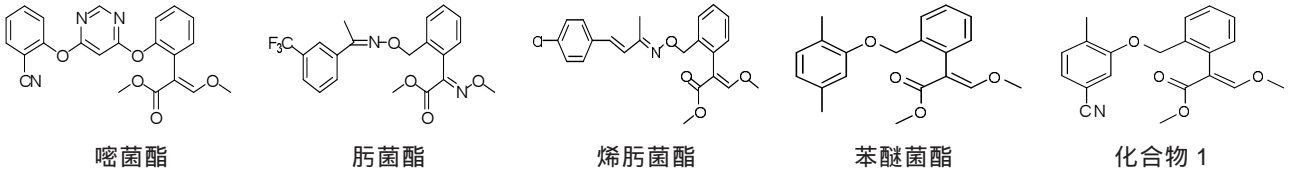
收稿日期:2013-01-08

基金项目:河北省自然科学基金项目(B2012201053);河北大学 2012 年大学生科技创新项目(2012061)

作者简介:王献友(1972-),男,博士,副教授,主要从事新药物的创制研究工作。

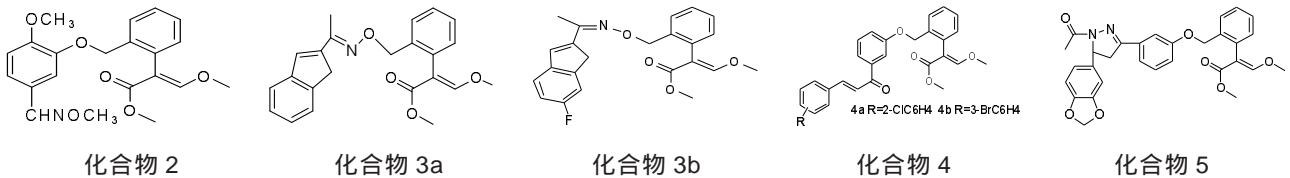
脲菌酯可以防治蔬菜和水稻多种主要病害。室内离体试验结果表明,脲菌酯既能抑制菌丝生长又能抑制孢子萌发;对番茄灰霉病菌、黄瓜霜霉病菌和黄瓜白粉病菌的抗菌活性高于对番茄早疫病病菌和辣椒炭疽病菌的活性^[6]。

在 100 μg/mL 剂量下,93%烯脲菌酯对小麦白粉病的保护、治疗效果分别为 100%、98.87%^[7]。25%烯脲菌酯 EC 对葡萄霜霉病具有较高的杀菌活性,EC₉₀ 值为 31.79 μg/mL^[8]。



2007 年胡伟群等^[11]报道了化合物 2 的生物活性,室内及田间试验结果表明:该化合物在 50 ~ 200 mg/L 使用剂量下,能有效控制小麦白粉病、黄瓜白粉病和霜霉病等多种植物病害。

吐松等^[12]合成了脲醚类化合物 3。室内生物活性测试结果表明,所合成的化合物对小麦白粉病和黄瓜霜霉病具有优异的抑菌活性,在 3.125 mg/L 浓度下,化合物 3a、3b 对小麦白粉病表现出



黄伟等^[15]等报道了化合物 6。浓度分别为 100、50、25 μg/mL 对黄瓜白粉病的抑制率均为 100%。对黄瓜白粉病 EC₉₀ 为 6.17 μg/mL,防效结果优于对照药剂醚菌酯(EC₉₀=7.3 μg/mL)。

刘卫东等^[16]报道了化合物 7 在 25 mg/mL 下对小麦白粉病的抑菌活性均达到 100%。

李慧超等^[17]报道了含 2-氨基-N-苯基嘧啶的 strobilurin 类化合物 8,在 25 mg/L 下对水稻稻

王勇等^[9]报道了苯醚菌酯在 10 ~ 20 g/hm² 剂量下,对黄瓜白粉病的防效为 85.79% ~ 91.33%;在 37.5 ~ 150 g/hm² 剂量下,对霜霉病防效为 86.70% ~ 90.18%。

胡伟群等^[10]对 Strobilurin 类化合物 1 进行了温室杀菌活性及田间防效的研究。在 100 mg/L 剂量下,该化合物能有效防治小麦白粉病、黄瓜白粉病、黄瓜霜霉病等多种植物病害,防效在 80% 以上。

明显优于市售杀菌剂醚菌酯的抑菌活性。

赵培亮等^[13]报道化合物 4。初步的生物活性测试表明在剂量为 200 mg/L 时,化合物 4a、4b 对黄瓜霜霉病和白粉病显示出良好的体内杀菌活性,抑制率分别为 4a (98%、94%) 和 4b (99%、99%)。2008 年赵培亮等^[14]又报道了化合物 5 具有良好的杀菌活性,对黄瓜霜霉病和白粉病 IC₅₀ 值分别为 26.6 μg/mL 和 57.6 μg/mL。

瘟病、黄瓜灰霉病、番茄晚疫病、黄瓜霜霉病、小麦白粉病均具有优异的抑菌活性。

刘爱萍等^[18]报道了化合物 9a、9b,化合物 9a 对黄瓜、小麦白粉病的 EC₉₀ 分别为 2.8、1.5 mg/L (保护作用)和 4.8、1.4 mg/L (治疗作用);化合物 9b 对黄瓜、小麦白粉病的 EC₉₀ 分别为 2.0、1.6 mg/L (保护作用)和 2.4、1.5 mg/L (治疗作用)。活性结果优于对照药嘧菌酯。



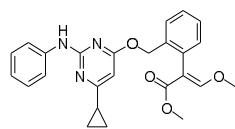
李慧超等^[19]报道了化合物 10 在 25 mg/L 下对水稻稻瘟病、番茄晚疫病、蔬菜灰霉病、玉米锈病、黄瓜霜霉病和黄瓜炭疽病等都具有 100% 的防治效果。

李森等^[20]报道了含嘧啶环的甲氧基丙烯酸酯类化合物 11,抑菌生物活性实验结果表明,以嘧菌酯为对照药剂,化合物 11 在 25 mg/L 下分别对水稻稻瘟病和番茄晚疫病具有很好的防治效果,

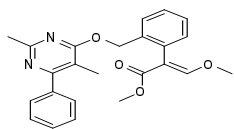
抑菌率达到 100%。

柳爱平等^[21]报道了化合物 12,采用含毒培养基法,在 25 $\mu\text{g/mL}$ 浓度下对小麦赤霉病菌、稻瘟病菌和黄瓜灰霉病菌具有良好的杀菌活性。

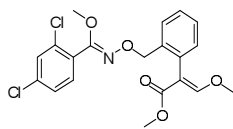
Hwang 等^[22]报道了化合物 13,浓度分别为 10、5、2 $\mu\text{g/mL}$ 时,对水稻稻瘟病、水稻纹枯病、番



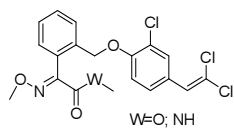
化合物 10



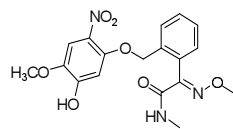
化合物 11



化合物 12



化合物 13



化合物 14

茄晚疫病菌、小麦叶锈病、小麦白粉病均表现出较强的杀菌活性。

李聪聪等^[23]报道了化合物 14.采用离体平皿法(50 $\mu\text{g/mL}$)对小麦赤霉、番茄早疫、芦笋茎枯、苹果轮纹及花生褐斑 5 种病原菌做了抑菌实验,结果表明:化合物 14 对 5 种病害的抑菌作用都比

较高,平均抑菌率可达 71.36%左右。

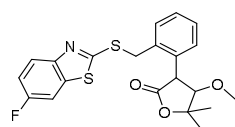
赵培亮等^[24]报道了化合物 15.初步的生物活性测试结果表明,在 200 mg/L 的剂量下,化合物 15 表现出一定的杀菌活性,对黄瓜白粉病菌和黄瓜霜霉病菌的抑制活性达到 67%。

2010 年李森等^[25]报道了化合物 16,在田间小区试验中,丁香萜酯对黄瓜霜霉病在有效成分剂量 100 g/hm^2 下的防治效果。2012 年关爱莹等^[26]报道了化合物 16 对黄瓜霜霉病的生物活性,浓度分别

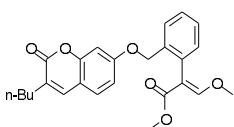
为 200、100、50、25、6.25 mg/L 时,相对应的杀菌活性抑制率为 100%、100%、100%、100%、85%。

乔柱等^[27]合成了化合物 17.采用生长速率法,测试了化合物对 6 种供试菌种(烟草赤星病菌、马铃薯干腐病菌、西瓜枯萎病菌、棉花枯萎病菌、苹果炭疽病菌、小麦赤霉病菌)的抑菌活性。生物活性测定结果表明,化合物 17 对小麦赤霉病菌的抑菌率为 100%。

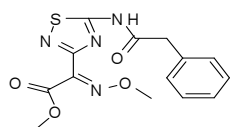
田养光等^[28]合成含 2(1H)-喹啉酮的甲氧基丙



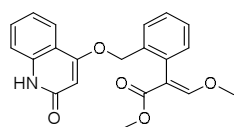
化合物 15



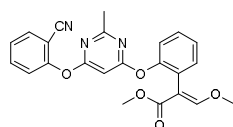
化合物 16



化合物 17



化合物 18



化合物 19

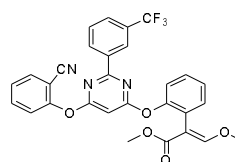
烯酸酯类化合物 18.初步生物活性测试结果表明:在 100 mg/L 质量浓度下,对水稻稻瘟病菌(*Pyricularia grisea*)的抑菌率达 100%。

张翔等^[29]报道了化合物 19,浓度为 50 $\mu\text{g/mL}$ 时,目标化合物具有对西瓜炭疽病菌、番茄灰霉病菌、辣椒疫霉病菌具有优异的抑菌活性,抑制率分别为 75%、79%、77%。同年张翔等^[30]又合成了化合物 20.生物测定表明:在 50 $\mu\text{g/mL}$ 的浓度时,化合物 20 对西瓜炭疽病菌、番茄灰霉病菌、辣椒疫霉具有一定的抗菌活性。

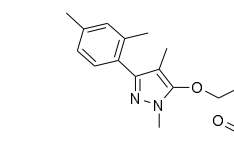
朱晓磊等^[31]2012 年报道了化合物 21.浓度为 200 $\mu\text{g/mL}$ 时,化合物 21 对黄瓜白粉病具有优异的抑菌活性,抑制率为 96%,活性高于对照药剂啞菌酯(抑制率为 85%)。

2 杀虫杀螨活性

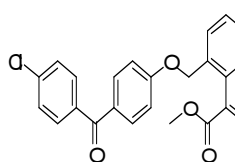
吐松等^[12]采用 airbrush 喷雾法处理,在 600 mg/L 浓度下测试 3b 对黏虫、小菜蛾、桃蚜、朱砂叶螨的杀虫活性。测试结果表明,该化合物对供试靶标表现出广谱的杀虫杀螨活性。



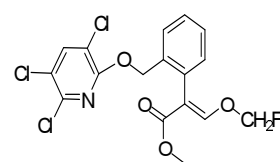
化合物 20



化合物 21



化合物 22



化合物 23

赵培亮等^[14]2008 年报道了化合物 5 对黏虫具有良好的杀虫活性,其 LC_{50} 值 26.6 $\mu\text{g/mL}$ 。

2008 年李森等^[32]报道了化合物 22,该化合物在 600 mg/L 下对黏虫、小菜蛾、朱砂叶螨、淡色库

蚊具有很好的杀虫杀螨活性,在 20 mg/L 时,对朱砂叶螨的死亡率达到了 100%。

2009 年董德臻等^[33]报道了化合物 23 杀虫杀螨活性。采用叶虫浸渍法,处理后 48 h,化合物

10 TC 与 15% 化合物 23 SC 对雌成螨的 LC_{50} 值分别为 3.907 8 mg/L 和 3.775 6 mg/L, 对若螨的 LC_{50} 值分别为 2.857 1 mg/L 和 2.656 9 mg/L; 处理后 7 d, 对卵的 LC_{50} 值分别为 33.454 3 mg/L 和 30.817 3 mg/L。

3 结论与展望

Strobilurin 类杀菌剂是以天然产物为先导开发成功的具有独特作用机制的一类杀菌剂。此类杀菌剂不但广谱、高效、低毒, 而且在植物体内降解快速, 具有保护、治疗等作用, 目前已有许多品种作为杀菌剂得到开发和应用。结构不同的 Strobilurin 化合物具有不同的生物活性, 研究开发 Strobilurin 类化合物已成为当今热点之一。

本文对 Strobilurin 类杀菌剂的近年来生物活性研究进展进行了总结。研究表明, Strobilurin 类杀菌剂的侧链结构对其抑菌活性有很大影响, 而且随着分子生物学的进一步发展, 对 Strobilurin 类杀菌剂的作用靶标和抗性的研究将会进一步完善, 这也将为 Strobilurin 类杀菌剂作为先导化合物的进一步结构优化提供更多的设计思路, 从而创制出更多安全、高效的 Strobilurin 类杀菌剂提供理论依据。因此有理由相信, 随着对 Strobilurin 类杀菌剂深入研究, 未来会有望创制出性能更为优异的具有杀菌、杀螨甚至是具有其他生物活性的 Strobilurin 类化合物。

参考文献:

[1] 贾俊超, 马琳, 范志金, 等. 病原菌对 Strobilurin 类杀菌剂抗性机理的研究进展[J]. 农药学报, 2008, 10(1): 1-9.

[2] 柏亚罗. Strobilurins 类杀菌剂研究开发进展[J]. 农药, 2007, 46(5): 289-295.

[3] MA Z, FELTS D, MICHAELIDES T J. Resistance to Azoxystrobin in *Alternaria* Isolates from Pistachio in California [J]. *Pestic Biochem Physiol*, 2003(77): 66-74.

[4] 康立娟, 韩秀英, 马志强, 等. 噁菌酯对三种蔬菜病害的毒力、防效及安全性研究[J]. 农药学报, 2004, 6(1): 85-88.

[5] 汪晓红, 潘晓皖. 30% 噁菌酯 SC 防治小麦叶锈病、白粉病田间药效试验[J]. 农药, 2005(44): 334-335.

[6] 汪汉成, 祁之秋, 王建新, 等. 噁菌酯对 9 种植物病原真菌室内活性测定[J]. 农药, 2006, 45(11): 780-781.

[7] 司乃国, 刘君丽, 张宗俭, 等. 创新杀菌剂噁菌酯生物活性及研究应用(II)- 小麦白粉病[J]. 农药, 2003, 42(11): 39-40.

[8] 刘君丽, 司乃国, 陈亮, 等. 创新杀菌剂噁菌酯生物活性及研究应用(III)- 葡萄霜霉病[J]. 农药, 2003, 42(10): 36-38.

[9] 王勇, 王万立, 刘春艳, 等. 甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂 ZJ0712 对黄瓜白粉病和霜霉病的毒力及药效评价[J]. 农药学报, 2006, 8(2): 121-124.

[10] 胡伟群, 朱卫刚, 陈定花, 等. 甲氧基丙烯酸酯类新化合物

ZJ1621 的生物活性[J]. 农药学报, 2007, 9(3): 240-244.

[11] 胡伟群, 朱卫刚, 陈定花, 等. 创制杀菌化合物 ZJ1954 的生物活性[J]. 浙江农业学报, 2007, 19(4): 297-301.

[12] 吐松, 徐龙鹤, 于春睿, 等. 一种结构新颖的脲醚类化合物的合成及其生物活性研究[J]. 有机化学, 2007, 27(2): 228-234.

[13] ZHAO P L, LIU C L, HUANG W, et al. Synthesis and Fungicidal Evaluation of Novel Chalcone Based Strobilurin Analogues[J]. *J. Agric Food Chem*, 2007(55): 5697-5700.

[14] ZHAO P L, WANG F, ZHANG M Z, et al. Synthesis, Fungicidal, and Insecticidal Activities of β -Methoxy acrylate Containing N-Acetyl Pyrazoline Derivatives [J]. *J. Agric Food Chem*, 2008(56): 10767-10773.

[15] HUANG W, ZHAO P L, LIU C L, et al. Design, Synthesis, and Fungicidal Activities of New Strobilurin Derivatives [J]. *J. Agric Food Chem*, 2007(55): 3004-3010.

[16] 刘卫东, 何奇喜, 李仲英, 等. 一种结构新颖的脲醚类化合物的合成及生物活性研究[J]. 化学通报, 2008(7): 522-527.

[17] LI H C, CHAI B S, LI Z N, et al. Synthesis and fungieidal activity of novel strobilurin analogues containing substituted N-Phenylpyrimidin-2-amines[J]. *Chinese Chemical Letters*, 2009(20): 1287-1290.

[18] LIU A P, WANG X G, OU X M, et al. Synthesis and Fungicidal Activities of Novel Bis (trifluoromethyl)phenyl-Based Strobilurins[J]. *J. Agric Food Chem*, 2008(56): 6562-6566.

[19] 李慧超, 柴宝山, 彭永武, 等. (E)-2-(2((6-环丙基-2-(苯胺基)嘧啶-4-基氧基)甲基)苯基)-3-甲氧基丙烯酸甲酯的合成与杀菌活性[J]. 农药, 2009, 48(4): 245-246.

[20] 李森, 刘若霖, 李志念, 等. 新型含嘧啶环的甲氧基丙烯酸酯类化合物的设计、合成及杀菌活性[J]. 农药, 2009, 48(6): 405-408.

[21] 柳爱平, 何海军, 刘兴平, 等. 新型含脲醚 Strobilurins 衍生物的合成及杀菌活性研究[J]. 有机化学, 2009, 29(9): 1381-1386.

[22] HWANG I C, KIM J K, KIM H H, et al. Synthesis and SAR of Methoxyiminoacetate and Methoxy iminoacetamide Derivatives as Strobilurin Analogues [J]. *Bull. Korean Chem Soc* 2009, 30(7): 1475-1480.

[23] 李聪聪, 钟园园, 孙善起, 等. 新型 Strobilurin 类化合物的合成、结构及生物活性[J]. 青岛科技大学学报(自然科学版), 2010, 31(6): 574-578.

[24] 赵培亮, 王福, 黄伟, 等. 一种结构新颖的苯并噻唑硫醚类化合物的合成及杀菌活性 [J]. 有机化学, 2010, 30(10): 1567-1573.

[25] 李森, 刘长令, 张明星, 等. 丁香菌酯(SYP-3375)的设计、合成及杀菌活性[J]. 农药学报, 2010, 12(4): 453-457.

[26] GUAN A Y, LIU C L, LI M, et al. Design, synthesis and structure-activity relationship of novel coumarin derivatives [J]. *Pest Manag Sci*, 2011(67): 647-655.

[27] 乔柱, 张剑, 廖国辉, 等. 新型含 1,2,4-噻二唑环的甲氧基丙烯酸酯类化合物的合成及抑菌活性 [J]. 农药学报, 2011, 13(2): 197-200.

[28] 田养光, 陈岚, 张琨, 等. 新型含 2(1H)-噻啉酮的甲氧基丙烯酸酯类化合物的合成及抑菌活性 [J]. 农药学报, 2011, 13(6): 641-644.

试验多收入 5 450.6 元和 5 147.72 元, 差异极显著($P < 0.01$)。由此可见, 采用中西药治疗后, 不

仅可以提高仔猪成活率和生长性能。而且还可以增加经济收入。

表 3 中西药对仔猪生长性能的影响

组别	初生重(kg)	末重(kg)	只增重(kg)	平均日增重(g)
试验	1.14 ± 0.18B	6.82 ± 0.31b	5.68 ± 0.26	189.33 ± 12.36a
试验	1.15 ± 0.19B	7.18 ± 0.38a	6.03 ± 0.32	201.00 ± 13.15a
试验	1.17 ± 0.21B	8.68 ± 0.42AB	7.51 ± 0.38	250.33 ± 16.28B

表 4 经济效益分析

组别	中药费用(元)	西药费用(元)	总药费用(元)	成活数(头)	总体重(kg)	毛收入(元)	纯收入(元)
试验		85	85	23	156.86	4 392.08	4 307.08
试验	215		215	24	172.32	4 824.96	4 609.96
试验	365	85	450	42	364.56	10 207.68	9 757.68

注: 市场仔猪价格 28 元/kg, 饲养管理费用不计。

3 小结与讨论

3.1 长期以来, 仔猪黄白痢一直是制约养猪业快速发展的一个重要因素, 通过试验结果来看, 使用中西药结合起来治疗仔猪黄白痢效果非常明显, 治愈率高达 95.5%, 比单独使用西药和中药治愈率分别高 43.2% 和 41%, 这与汪孟全等^[10-11]报道一致, 中西结合, 能有效提高仔猪黄白痢的治愈率, 本次试验还发现, 使用中西药结合治疗后, 可以促进仔猪的生长发育, 增重效果非常明显, 从而提高了经济效益。

3.2 随着绿色养殖业的不断发展, 中草药由于其毒副作用小、药物残留低、不易产生耐药性等优点, 在临床上的应用越来越广泛^[12], 中草药还可以消除抗生素使用时存在的药物残留和耐药性等负面作用, 还可增强细菌吞噬作用, 促进淋巴细胞的转化, 对细菌产生的内毒素和外毒素有中和破坏作用^[13], 本次试验所采用的黄柏、白头翁等具有抗菌作用, 黄芪当归具有补血功能, 增强抵抗力, 甘草具有清热解毒、抗炎、益气健脾等功效。

3.3 通过本次试验结果表明, 在整个试验期间, 使用中西药结合治疗和单独使用中草药进行治疗均未见仔猪有不良反应, 马泽宁^[14]报道称, 中草药可改善消化机能, 促进食欲, 增强体质, 因此, 可认

为中西药结合治疗仔猪黄白痢安全可靠。

参考文献:

- [1] 蔡宝祥. 家畜传染病学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- [2] 杨亚飞, 王晓梅, 蔚长辽, 等. 浅析仔猪黄白痢的发病原因及防控措施[J]. 畜牧与饲料科学, 2011(8): 114-115.
- [3] 王尚荣, 罗佰文. 不同药物预防仔猪黄白痢的效果比较[J]. 邵阳学院学报(自然科学版), 2010, 7(4): 43-46.
- [4] 邱跃彬. 中西药防治仔猪黄白痢效果试验[J]. 现代农业科技, 2010(1): 303-304.
- [5] 张全法. 规模猪场仔猪黄白痢防治[J]. 四川畜牧兽医, 2012(4): 49-50.
- [6] 王春华, 李慧. 中草药制剂防治仔猪黄白痢[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2010(5): 99-100.
- [7] 汪承相, 石义武, 乐进举, 等. 中西药结合治疗仔猪黄白痢病[J]. 湖北畜牧兽医, 2011(8): 39-40.
- [8] 贾永辉, 杨正文. 中西医结合防治仔猪黄白痢[J]. 山东畜牧兽医, 2011, 32(6): 32-33.
- [9] 岳常彦, 王冬梅, 方希修, 等. 仔猪腹泻康治疗仔猪白痢的效果试验[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2012(9): 128-130.
- [10] 汪孟全. 仔猪黄白痢的发生与综合防治措施[J]. 现代农业科技, 2012(9): 356-357.
- [11] 秦四海, 赵德明. 仔猪黄痢的中西药结合治疗试验[J]. 中国兽医杂志, 2007(1): 12-13.
- [12] 张建刚, 李文婷, 邓波波. 中草药饲料添加剂在养猪业中应用进展[J]. 广东饲料, 2011, 20(12): 26-28.
- [13] 李京伟, 王世军, 葛恩军. 中草药在养猪生产中的应用[J]. 中兽医学杂志, 2011(1): 11-13.
- [14] 马泽宁. 浅析中草药养猪的发展优势[J]. 中国动物保健, 2010(1): 40-42.

(上接第 52 页)

- [29] ZHANG X, LIU H J, GAO Y X, et al. Synthesis and Antifungal Activities of New Type β -Methoxyacrylate-Based Strobilurin Analogues[J]. Chin J. Chem, 2012(30): 1517-1524.
- [30] ZHANG X, GAO Y X, LIU H J, et al. Design, Synthesis and Antifungal Activities of Novel Strobilurin Derivatives Containing Pyrimidine Moieties [J]. Bull. Korean Chem Soc, 2012, 33(8): 2627-2634.
- [31] ZHU X L, WANG F, LI H, et al. Design, Synthesis, and Bio

evaluation of Novel Strobilurin Derivatives[J]. Chin J. Chem, 2012(30): 1999-2008.

- [32] 李森, 刘若霖, 杨浩, 等. (E)-2-(2-((3-(2,4-二甲基苯基)-1,4-二甲基-1H-吡唑-5-基氧基)甲基)苯基)-3-甲氧基丙烯酸甲酯(SYP-4903)的合成及杀虫杀螨活性[J]. 农药, 2008, 47(12): 874-876.
- [33] 董德臻, 邢家华, 付群梅, 等. 新化合物 ZJ2211 对朱砂叶螨室内生物活性[J]. 现代农药, 2009, 8(1): 12-14.