

· 专题 ·

内蒙古地区植物源农药资源的研究进展[△]

那木汗¹, 李彩峰², 汤健¹, 张春红^{1,4,5}, 杨治国³, 李旻辉^{1,2,4,5*}

(1. 包头医学院, 内蒙古 包头 014060;

2. 内蒙古自治区中医药研究所, 内蒙古 呼和浩特 010110;

3. 内蒙古联硕生物医药研究所, 内蒙古 包头 014060;

4. 内蒙古自治区特色药用植物培育与保护工程技术研究中心, 内蒙古 包头 014060;

5. 内蒙古自治区特色道地药材资源保护与利用重点实验室, 内蒙古 包头 014060)

[摘要] 植物源农药是近年来国内外新型安全农药研究开发的热点之一。本文通过文献整理及数据统计对内蒙古地区的植物源农药现状进行了梳理, 结果表明目前内蒙古地区已有 22 科, 46 种植物作为植物源农药进行开发利用, 有 10 科的 50 种植物有植物源农药研究价值。进而对该地区植物源农药的资源概况、种类和已报道植物源农药作用机理、有效成分及植物源农药未来展望等方面做了相关介绍, 以期为内蒙古地区植物源农药的开发利用提供科学的参考依据。

[关键词] 植物源农药; 资源概况; 研究进展; 开发利用

Research Progress of Botanical Pesticide Resources in Inner Mongolia

NA Mmuhān¹, LI Caifeng², TANG Jian¹, ZHANG Chunhong¹, YANG Zhiguo³, LI Minhui^{1,2,4,5*}

(1. Baotou Medical College, Baotou 014060, China;

2. Inner Mongolia Autonomous Region Academy of Chinese Medicine, Hohhot 010110, China;

3 Inner Mongolia Lian Shuo Institute of Biomedical Research, Baotou 014060, China;

4. Inner Mongolia Research Center of Characteristic Medicinal Plants Cultivation and Protection Engineering Technology, Baotou 014060, China;

5. Inner Mongolia Key Laboratory of Characteristic Traditional Chinese Medicinal Resources Protection and utilize, Baotou 014060, China)

[Abstract] [Abstract] Botanical pesticides is one of the hot spots in the research of new safety pesticides all over the world in recent years. This paper analyzed the current situation of Botanical pesticides in Inner Mongolia through literature study and data statistics, and the results showed that there were 46 species of 21 families which have been studied and 50 species of 10 families which would be studied as botanical pesticides in Inner Mongolia. In the meantime, we introduced the resource situation, types, mechanism, active components and prospects of botanical pesticides to provide scientific references for the development and utilization of botanical pesticides in Inner Mongolia.

[Keywords] Botanical pesticides; resource situation; research progress; development and utilization

doi:10.13313/j.issn.1673-4890.2017.7.003

植物源农药是来源于植物的一类农药, 包括植物源杀虫剂、植物源杀菌剂、植物源除草剂等。其有效成分是植物体中的次生代谢产物, 如生物碱类、

黄酮类、萜类、酚类等。具有不易破坏生态平衡、降解速度快、对非靶标生物安全、活性成分的作用方式特异等特点, 在有机农业领域有着广泛的应

[△] [基金项目] 名贵中药资源可持续利用能力建设项目(2060302); 内蒙古自治区科技计划项目(蒙药资源保护与开发利用科研创新平台)

* [通信作者] 李旻辉, 教授, 研究方向: 中蒙药资源保护与开发利用、分子生药学; Tel: (0471)-6262232, E-mail: li_minhui@aliyun.com

用^[1]。20世纪70年代后,由于大量使用化学农药所带来的土壤、水质污染等环境问题日益严重,农药所导致的社会问题和生态问题也越来越受到人们的关注。因此,发展生物农药成为保障人类健康和农业可持续发展的重要趋势,而植物源农药因具有降解快、低毒、低残留等特点而备受瞩目与青睐,逐渐成为生物农药研究开发的热点之一。内蒙古地区植被丰富,蕴藏着大量可供开发的植物源农药,本文从内蒙古地区植物源农药的种类、资源概况、作用机理及资源发展存在的问题和展望等几个方面进行论述以期内蒙古植物源农药的高效研究、开发与利用提供参考。

1 内蒙古地区植物源农药资源概况

内蒙古自治区地处我国北部边疆(97°E ~ 126°E, 37°N ~ 53°N),幅员辽阔,高原面积大(53.4%),距离海洋较远,边沿有山脉(20.9%)阻隔,总面积118.3万km²,主要以温带大陆性气候为主。据《内蒙古植物志》记载,全区有植物131科、660属、2174种。通过文献整理及数据统计表明内蒙古自治区可做潜在植物源农药资源的有22科61属96种植物,见表1;其中已有研究报道的植物

源农药资源有20科35属46种,分属于瑞香科、毛茛科、豆科、柏科、大戟科、菊科、蒺藜科、萝藦科、伞形科、无患子科、杜鹃花科、荨麻科、木兰科、木贼科、百合科、罂粟科、茄科、旋花科、堇菜科,见表2;其余为目前未有研究报道但具有做植物源农药潜力的植物,目前统计的有50种,分别存在于毛茛科、豆科、大戟科等10科33属中^[2-3],见表3。

表1 内蒙古地区植物源农药资源统计

科	属	种	科	属	种
瑞香科	1	1	木兰科	1	1
毛茛科	12	23	木贼科	1	2
豆科	11	24	百合科	1	1
柏科	1	1	菊科	1	1
蒺藜科	2	2	罂粟科	3	5
萝藦科	1	1	茄科	2	2
伞形科	9	9	旋花科	1	1
无患子科	1	1	堇菜科	1	1
大戟科	5	10	鼠李科	2	2
杜鹃花科	1	2	紫葳科	1	1
荨麻科	2	4	蓼科	1	1
合计	61	96			

表2 内蒙古地区已有研究的植物源农药资源简介

科名	种名	活性部位	主要有效成分	防治对象	作用机制
瑞香科 Thymelaeaceae	狼毒 <i>Stellera chamaejasme</i> Linn.	根	生物碱类 黄酮类化合物:新狼毒素A ^[4]	菜粉蝶幼虫、亚洲玉米螟幼虫、桃蚜 ^[5]	触杀
毛茛科 Ranunculaceae	北乌头 <i>Aconitum kusnezoffii</i> Reichb	全株	双酯类生物碱:乌头碱、中乌头碱、次乌头碱等	粘虫 ^[6] 、蝇类、虱、蚊子、萝卜蚜 ^[86]	触杀、忌避、拒食、抑制生长 ^[7]
	白头翁 <i>Pulsatilla chinensis</i> (Bunge) Regel	全株	三萜类化合物:三萜皂苷	落叶松毛虫、舞毒蛾、蚜虫	触杀 ^[8-9]
	牛扁 <i>Aconitum barbatum</i> Pers. var. <i>puberulum</i> Ledeb.	根	生物碱类:二萜生物碱 ^[10]	甜菜夜蛾幼虫 ^[10] 、桔草秆菌 ^[11]	拒食、抑制
	黄花乌头 <i>Aconitum coreanum</i> (Levl.) Rapaics	根	生物碱类、二萜类生物碱 ^[12]	截形叶螨	触杀 ^[9]
	白喉乌头 <i>Aconitum leucostomum</i> Worosch.	根	生物碱类 ^[13]	棉蚜、抑菌	触杀、拒食 ^[13]
豆科 Leguminosae	小花棘豆 <i>Oxytropis glabra</i> (Lam.) DC.	茎、叶	生物碱类 ^[15] 、毒蛋白 ^[14]	棉蚜、棉铃虫 ^[14] 、抑菌 ^[15]	触杀、拒食
	苦豆子 <i>Sophora alopecuroides</i> L.	茎、叶、种子	喹诺里西啶类生物碱:苦豆碱、金雀花碱 ^[16]	线虫、蚊幼虫、蚜虫、害虫、抑菌、除草	触杀、拒食、胃毒、抑制 ^[17-18]
	苦参 <i>Sophora flavescens</i> Alt.	根、种子	喹诺里西啶类生物碱:苦参碱、金雀花碱 ^[16] 黄酮类:苦参酮、槐属二氢黄酮G ^[19]	抗真菌、抗细菌 ^[19] 、蚜虫、蝗虫、菜青虫、28星瓢虫 ^[20]	触杀

表2(续)

科名	种名	活性部位	主要有效成分	防治对象	作用机制
	披针叶黄华 <i>Thermopsis lanceolata</i> R. Br.	全株	双稠哌啶类生物碱 ^[21]	松材线虫 ^[21] 粘虫 ^[22] 、蚜虫、蓟马、木虱 ^[23]	触杀
	沙冬青 <i>Ammopiptanthus mongolicus</i>	茎、叶	挥发油类	松材线虫	触杀 ^[24]
	胡卢巴 <i>Trigonella foenum-graecum</i> Linn.	种子	吡啶类生物碱: 胡卢巴碱	谷蠹、杂拟谷盗 ^[25] 、大豆象 ^[26]	触杀、忌避
柏科 Cupressaceae Bartling	砂地柏 <i>Sabina vulgaris</i> Ant	茎、叶	挥发油类、木脂素类化合物 ^[27]	3龄粘虫、小菜蛾、棉铃虫、玉米象 ^[27] 、5龄菜青虫 ^[28]	胃毒、拒食、
蒺藜科 Zygophyllaceae	骆驼蓬 <i>Peganum harmala</i> L.	茎、叶	吡啶类生物碱: 骆驼蓬碱	蚜虫 ^[29] 、菜粉蝶幼虫、斜纹夜蛾幼虫沙漠蝗虫 ^[30] 、抗菌、抗病毒 ^[31]	拒食、抑制
	蒺藜 <i>Tribulus terrester</i> L.	果实	甾体皂苷类、生物碱类、黄酮类化合物 ^[32]	棉铃虫、小麦颖枯菌、小麦赤霉菌	触杀、抑制 ^[33]
萝藦科 Asclepiadaceae	牛心朴子 <i>Cynanchum hancockianum</i> Al. Iljinski	全株	生物碱类、挥发油类 ^[34]	蚜虫、线虫、螨虫、抗细菌	触杀、抑制 ^[35]
伞形科 Umbelliferae	茴香 <i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	种子	挥发油类 ^[38]	烟草甲虫、粘虫、象虫、 ^[36] 抗细菌、抗真菌	触杀、抑制 ^[37-38]
	毒芹 <i>Cicuta virosa</i> L.	根	吡啶类生物碱: 毒芹碱	截形叶螨	触杀 ^[9]
	旱芹 <i>Apium graveolens</i> L.	种子	2-苯并呋喃酮类化合物 ^[39]	假丝酵母、近平滑假丝酵母 ^[39] 、全齿复活线虫、秀丽线虫 ^[40]	触杀
	防风 <i>Saposhnikovia divaricata</i> (Trucz.) Schischk.	根	挥发油类、色原酮类、香豆素类、有机酸类 ^[41]	小麦纹枯病菌	抑制 ^[42]
	蛇床 <i>Cnidium monnieri</i> (L.) Cuss.	果实	苯丙素类: 蛇床子素	谷蠹、玉米象、锯谷盗、印度谷螟	触杀、抑制 ^[43]
	白芷 <i>Angelica dahurica</i> (Fisch. ex Hoffm.) Benth. et Hook. f. ex Franch. et Sav.	根	香豆素类、挥发油类 ^[44]	菜青虫、大豆蚜虫、小麦秆锈病 ^[45] 、水稻纹枯病菌、小麦纹枯病菌 ^[42]	抑制
	短毛独活 <i>Heraclium moellendorffii</i> Hance	根	挥发油类 ^[46]	小麦纹枯病菌、油菜菌核病菌、辣椒疫霉病菌 ^[46]	抑制
无患子科 Sapindaceae	文冠果 <i>Xanthoceras sorbifolium</i> Bunge	种子	甾醇类化合物 ^[47]	枯草芽孢杆菌 ^[47]	抑制
大戟科 Euphorbiaceae	蓖麻 <i>Ricinus communis</i> L.	种子	吡啶类生物碱: 蓖麻碱; 毒蛋白 ^[48]	天幕毛虫、蚜虫、菜青虫 ^[49]	触杀、拒食
	乳浆大戟 <i>Euphorbia esula</i> L.	全株	二萜类、三萜类、甾体化合物 ^[50]	蚜虫 ^[51] 、菜青虫 ^[52] 、	触杀、拒食
	大戟 <i>Euphorbia pekinensis</i> Rupr.	根、叶	二萜类、三萜类、黄酮类、鞣质类化合物 ^[53]	赤拟谷盗、小菜蛾、菜青虫、粘虫 ^[54] 、棉铃虫 ^[55]	触杀、拒食、发育抑制
	地锦 <i>Euphorbia humifusa</i> Willd. ex Schlecht.	全株	三萜类、黄酮类化合物 ^[50]	南方根结线虫、玉米象	抑制繁殖 ^[56]
	狼毒大戟 <i>Euphorbia fischeriana</i> Steud.	根	二萜类、鞣质类化合物 ^[57]	甘蓝夜盗、蔬菜桃蚜、蚜虫 ^[58] 、猿叶虫、菜青虫、蚜虫、小麦秆锈病菌夏孢子 ^[54]	触杀、抑制
	雀儿舌头 <i>Leptopus chinensis</i> (Bunge) Pojark. var. chinensis	根	生物碱类 ^[59]	小菜蛾	拒食、胃毒、发育抑制 ^[60]
	泽漆 <i>Euphorbia helioscopia</i> L.	种子、茎、叶	三萜类、黄酮类化合物 ^[50]	红蜘蛛、棉蚜、核盘霉菌、轮枝菌	抑制 ^[54]

表2(续)

科名	种名	活性部位	主要有效成分	防治对象	作用机制
杜鹃花科 Ericaceae	兴安杜鹃 <i>Rhododendron dauricum</i> L.	叶	黄酮类、酚酸类、挥发油类 ^[61]	舞毒蛾 ^[62]	触杀
荨麻科 Urticaceae	麻叶荨麻 <i>Urtica cannabina</i> L.	全株、种子	黄酮类、木质素类、有机酸类 ^[63]	菜粉蝶5龄幼虫 ^[64] 、枯草芽孢杆菌 ^[65]	拒食、抑制
	宽叶荨麻 <i>Urtica laetevirens</i> Maxim.	全株	生物碱类、黄酮类、萜类 ^[66]	菜粉蝶5龄幼虫 ^[64]	拒食
木兰科 Magnoliaceae	五味子 <i>Schisandra chinensis</i>	果实	挥发油类	南方根结虫、玉米象 ^[67]	触杀
木贼科 Equisetaceae	问荆 <i>Equisetum arvense</i> L.	全株	生物碱类、有机酸、黄酮类、糖苷化合物 ^[68]	菜青虫3龄幼虫 ^[69]	触杀、胃毒
百合科 Liliaceae	藜芦 <i>Veratrum nigrum</i> L.	全株	生物碱类：藜芦碱、里安那碱 ^[70]	3龄粘虫、蚜虫、朱砂叶螨、蚊幼虫 ^[71]	触杀、拒食
菊科 Compositae	苍耳 <i>Xanthium sibiricum</i> Patrin ex Widder	全株	倍半萜内酯类化合物：苍耳素 ^[72]	棉铃虫、小麦颖枯菌、小麦赤霉菌 ^[73]	触杀、抑制、拒食、胃毒、忌避
罂粟科 Papaveraceae	白屈菜 <i>Chelidonium majus</i> L.	全株	生物碱类：白屈菜碱	林木害虫，抗菌	触杀 ^[8]
	地丁草 <i>Corydalis bungeana</i>	全株	生物碱类、甾醇类、酚类化合物	桃蚜 ^[74]	触杀
	节裂角茴香 <i>Hypocoum leptocarpum</i>	全株	五环三萜类、有机酸类 ^[75]	粘虫 ^[75] 、二斑叶螨 ^[76]	触杀、拒食、发育抑制
茄科 Solanaceae	曼陀罗 <i>Datura stramonium</i> Linn.	全株、种子	生物碱类 ^[77]	菜青虫、红蜘蛛 ^[77] 、粘虫、蚜虫 ^[78] 、枯草杆菌	触杀、胃毒、拒食
	泡囊藜 <i>Physochlaina physaloides</i> (L.) G. Don	全株	生物碱类：莨菪碱、红古豆碱 糖苷类：槲皮素三糖苷 ^[79]	抗菌	抑制 ^[80]
旋花科 Convolvulaceae	菟丝子 <i>Cuscuta chinensis</i> Lam.	种子	黄酮类、甾醇类、萜类、木质素类化合物 ^[81]	家蝇	触杀 ^[81]
堇菜科 Violaceae	紫花地丁 <i>Viola philippica</i>	茎、叶、花	黄酮类、香豆素类、有机酸类化合物 ^[83]	菜粉蝶3龄幼虫 ^[84]	拒食
蓼科 Polygonaceae	华北大黄 <i>Rheum franzenbachii</i> Munt.	茎、叶	醌类：大黄素甲醚	白粉菌、镰刀菌、炭疽菌、人参疫病	杀菌 ^[85]

表3 未研究过但有潜力作植物源农药的植物资源

科名	种名	科名	种名
毛茛科 Ranunculaceae	阴山乌头 <i>Aconitum flavum</i> var. <i>galeatum</i> W. T. Wang	豆科 Leguminosae	包头棘豆 <i>Oxytropis glabra</i> DC. var. <i>drakeana</i> (Franch.) C. W. Chang
	茴茴蒜 <i>Ranunculus chinensis</i> Bunge		鳞萼棘豆 <i>Oxytropis squamulosa</i> DC.
	唐松草 <i>Thalictrum aquilegifolium</i> Linn. var. <i>sibiricum</i>		硬毛棘豆 <i>Oxytropis hirta</i> Bunge
	马尾黄连 <i>Thalictrum petaloideum</i> L.		小叶棘豆 <i>Oxytropis microphylla</i> (Pall.) DC.
	箭头唐松草 <i>Thalictrum simplex</i> L.		大野豌豆 <i>Vicia gigantea</i> Bge
	翠雀 <i>Delphinium grandiflorum</i> L.		长柔毛野豌豆 <i>Vicia villosa</i> Roth
	细叶乌头 <i>Aconitum macrorhynchum</i> Turcz.		毛山黧豆 <i>Lathyrus palustris</i> L. var. <i>pilosus</i>
	紫花高乌头 <i>Aconitum excelsum</i> Reichb.		槐 <i>Sophora japonica</i> Linn
	薄叶乌头 <i>Aconitum fischeri</i> Reichb.		紫苜蓿 <i>Medicago sativa</i> L.
	蔓乌头 <i>Aconitum volubile</i> Pall. ex Koeue		草木犀 <i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.
	小花草玉梅 <i>Anemone rivularis</i> var. <i>flore-minore</i> Maxim. Fl. Tang.		细齿草木犀 <i>Melilotus dentatus</i> (Waldst. et Kit.) Pers.

表3(续)

科名	种名	科名	种名
	驴蹄草 <i>Caltha palustris</i> L.		白花草木犀 <i>Melilotus albus</i> Medic. ex Desr
	耧斗菜 <i>Aquilegia viridiflora</i> Pall.		苦马豆 <i>Sphaerophysa salsula</i> (Pall.) DC.
	兴安升麻 <i>Cimicifuga dahurica</i> (Turcz.) Maxim.		斜茎黄耆 <i>Astragalus adsurgens</i> Pall.
	短尾铁线莲 <i>Clematis brevicaudata</i> DC.		达乌里黄耆 <i>Astragalus dahuricus</i> (Pall.) DC.
	黄花铁线莲 <i>Clematis intricata</i> Bunge		草木樨状黄耆 <i>Astragalus melilotoides</i> Pall.
	长叶碱毛茛 <i>Halerpestes ruthenica</i> (Jacq.) Ovcz.		糙叶黄耆 <i>Astragalus scaberrimus</i> Bunge
	毛果芍药 <i>Paeonia lactiflora</i> Pall. var. <i>trichocarpa</i> (Bunge)		变异黄耆 <i>Astragalus variabilis</i> Bunge ex Maxim.
伞形科 Umbelliferae	宽叶羌活 <i>Notopterygium forbesii</i> de Boiss	鼠李科 Hamnaceae	乌苏里鼠李 <i>Rhamnus ussuriensis</i> J. Vass.
	泽芹 <i>Sium suave</i> Walt.		酸枣 <i>Ziziphus jujuba</i> Mill. var. <i>spinosa</i> (Bunge) Hu ex H. F. Chow
大戟科 Euphorbiaceae	地构叶 <i>Speranskia tuberculata</i> (Bunge) Baill.	杜鹃花科 Ericaceae	照山白 <i>Rhododendron micranthum</i> Turcz.
	续随子 <i>Euphorbia lathyris</i> L.	木贼科 Equisetaceae	节节草 <i>Equisetum ramosissimum</i> Desf.
	毛脉卫矛 <i>Euonymus alatus</i> (Thunb.) Sieb. var. <i>pubescens</i> Maxim.	罂粟科 Papaveraceae	齿瓣延胡索 <i>Corydalis turtchaninovii</i> Bess.
荨麻科 Urticaceae	蝎子草 <i>Girardinia diversifolia</i> subsp. <i>suborbiculata</i>		角茴香 <i>Hypecoum erectum</i>
	狭叶荨麻 <i>Urtica angustifolia</i> Fisch. ex Hornem	紫葳科 Bignoniaceae	角蒿 <i>Incarvillea sinensis</i> var. <i>sinensis</i>

2 内蒙古植物源农药资源分类

2.1 植物源杀虫剂

大量使用化学合成农药导致了农药残留增加、害虫抗药性提高、天敌杀伤和害虫再猖獗等问题,促使研究人员更加重视研究与环境有较高和谐度的植物源杀虫剂^[86]。目前,可做植物源杀虫剂的内蒙古植物资源研究较多,现按照作用机理介绍如下。

2.1.1 杀虫作用机理 植物源农药对昆虫具有的生物活性作用,多是影响其消化、运动和感官系统正常功能而达到杀虫效果,例如对害虫常表现出触杀、胃毒、拒食、忌避、抑制生长发育等特殊的活性^[87]。如豆科槐属植物苦豆子的总生物碱^[17-18],苦参的苦参碱^[20]对多种田间害虫都具有的杀虫作用,萝藦科鹅绒藤属牛心朴子^[35]的生物碱具有强烈的拒食作用。

2.1.1.1 触杀与胃毒作用 具有触杀作用的植物源农药可干扰或抑制昆虫的神经中枢或呼吸系统,该类药剂的主要杀虫作用机制是药剂经虫体表皮或吸食进入消化系统后,造成局部刺激,引起反射性虫体兴奋,先抑制虫体感觉神经末梢,后抑制中枢神经致害虫死亡^[88]。在内蒙古自治区植物资源中如蒺

藜科蒺藜属植物蒺藜的水提取物对棉铃虫有很好的触杀作用^[33]。

具有胃毒作用的植物源农药通过害虫的口器和消化道进入虫体使害虫中毒死亡。在我区植物资源中,已有研究发现具有胃毒的植物源农药有毛茛科乌头属植物北乌头的乙醚提取物对粘虫的胃毒活性为55%^[6];柏科圆柏属植物砂地柏果实提取物对菜青虫具有拒食、胃毒和触杀作用,对粘虫和小菜蛾则表现出不同程度的拒食和胃毒作用^[27];茄科曼陀罗属植物曼陀罗叶的乙醇提取物对菜青虫的胃毒活性死亡率为92%^[77];大戟科雀舌木属植物雀儿舌头根的不同提取物对小菜蛾幼虫有一定胃毒作用且差异不明显^[60];菊科苍耳属植物苍耳的乙醇提取物的胃毒活性达94%^[89]。

2.1.1.2 拒食与忌避作用 植物源农药引起害虫拒食与忌避作用的机理是其活性物质干扰了害虫的中枢神经系统或化学感觉器官。已有研究表明,含有萜烯类、生物碱类、醌类和香豆素类化合物的植物对昆虫具有较强的拒食作用,我区植物资源中如大戟科大戟属植物大戟对菜青虫和粘虫有拒食活性,拒食率分别为89.0%和71.5%^[54];荨麻科荨麻属植物麻叶荨麻与宽叶荨麻粗提物对菜粉蝶五龄幼虫的拒食活性分别为73.7%与52.8%^[64];百合科藜芦属

植物藜芦氯仿提取物对3龄粘虫具有很强的拒食作用,48 h的拒食效果仍然在95%以上^[71];罂粟科角茴香属植物节裂角茴香丙酮提取物对粘虫的拒食活性比较明显,72 h拒食率为81.33%^[75];蒺藜科骆驼蓬属植物骆驼蓬中的生物碱对沙漠蝗虫有很强的拒食作用^[30]。

忌避主要是利用植物内特殊物质在使用后散发出的特殊气味使昆虫感觉器官难以忍受致使昆虫离去,在我区植物资源中伞形科茴香属植物茴香挥发油对赤拟谷盗成虫的忌避率大于60%,其忌避作用的持效期能维持8周以上^[90];豆科胡卢巴属植物胡卢巴种子的粗提物对杂拟谷盗成虫有很强的驱避作用^[25];大戟科蓖麻属植物蓖麻叶与种子中含蓖麻碱对粉虱蚊蝇有驱避作用^[91]。

2.1.1.3 抑制生长发育 许多植物源农药资源植物中都含有蜕皮激素或保幼激素,能抑制昆虫表皮的形成,影响昆虫的生长或导致昆虫的不育。已有研究发现,川楝、雷公藤的根皮提取物对一些昆虫的表皮具有破坏作用。我区植物资源中如大戟科大戟属大戟丙酮提取物能影响棉铃虫幼虫的生长发育,导致幼虫发育迟缓,化蛹率下降,供试虫死亡率达35%以上^[55];豆科棘豆属植物小花棘豆的毒蛋白对幼虫生长量有一定的抑制作用^[14];茄科曼陀罗属植物曼陀罗叶提取液对菜青虫生长发育表现出较强的抑制作用。

2.2 植物源杀菌剂

目前在欧盟进行有机研究中植物源杀菌剂作为替代唯一使用的铜杀真菌剂选择度较高^[92],植物源杀菌剂是利用植物体内抗菌物质防治植物病害的药剂。在我区植物资源中大戟科大戟属植物泽漆种子的水提物具抗真菌活性,接种4天后能完全抑制核盘霉菌的生长繁殖,对轮枝菌也有显著的抑制活性^[93];蒺藜科蒺藜属植物蒺藜的水提取物在终浓度为 $20\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,对小麦颖枯菌、小麦赤霉菌有较强抑制作用^[33];伞形科当归属植物白芷内提取的Isoimperatorin, Phellopterin, Byakangelicin等苯丙素类化合物对枯草芽孢杆菌、大肠杆菌、蜡叶枝孢菌有一定抑制作用^[94];另外还发现许多植物具有较强的抑菌活性,如豆科槐属植物苦豆子^[16]与苦参^[19]等,植物源杀菌物质在自然界中广泛存在,是寻找理想杀菌剂的重要来源。

2.3 植物源除草剂

目前世界上已发现30多个科的植物含有近百种

具有除草作用的天然化合物^[95],很多有毒植物都能产生具有植物毒性的次生代谢产物,以此获得生长优势,其次生代谢产物具有开发为植物源除草剂的潜力。在我区植物资源中如萝藦科鹅绒藤属多年生植物牛心朴子中提取出的生物碱具有很高除草活性,当浓度为 $1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,对反枝苋主茎及主根生长抑制率分别达到了84.2%和85.4%^[34];如茄科曼陀罗属植物曼陀罗中的曼陀罗碱具有独特植物生长抑制机理^[96]。柏科圆柏属植物砂地柏中所含的鬼臼毒素和脱氧鬼臼毒素,鬼臼毒素对反枝苋和野燕麦根的抑制效果最强,其抑制率分别为93.39%和86.28%,脱氧鬼臼毒素对婆婆纳、野燕麦和反枝苋根的抑制效果最强,抑制率分别为95.62%,89.46%,84.48%^[97]。

3 内蒙古植物源农药有效成分

植物源农药中的生物活性成分按化学结构可分为:生物碱类(Akaloids)、萜类(Terpenens)、黄酮类(Flavonoids)、挥发油类(Volatile Oils)等,相对应得植物种类见表2。

3.1 生物碱类

生物碱属于植物的次生代谢物,具有明显的生理活性,内蒙古地区植物源农药所含的生物碱类成分主要有喹诺里西啶类生物碱(Quinolizidine alkaloids)、二萜类生物碱(Diterpenoid alkaloids)、吡啶类生物碱(Pyridine alkaloids)以及其他生物碱。豆科槐属植物苦参与苦豆子中所含的喹诺里西啶类生物碱如苦参碱,目前作为一种广谱植物源杀虫剂,与化学农药“氧化乐果”有着相似的杀灭蚜虫的功效^[16],苦豆碱则对线虫有很高的毒杀作用^[17],金雀花碱可抑制亚热带粘虫的生长发育^[98];豆科棘豆属植物小花棘豆总生物碱对部分革兰氏阳性菌具有较好的抑菌活性,其中对枯草芽孢杆菌和金黄色葡萄球菌的效果最好^[15];豆科胡卢巴属植物胡卢巴中所含杀虫活性吡啶类生物碱主要为胡卢巴碱,对害虫谷象有忌避作用,百合科藜芦属植物藜芦中提取的藜芦碱具有很强的毒性,本身抵御害虫能力较强可防治田间害虫^[99],其所含的里安那碱可防治玉米螟、甘蔗螟和苹果蠹蛾,现主要用于防治柑橘害虫^[100];从毛茛科乌头属植物中提取物中有较多具有生物活性的生物碱,如牛扁中提取的二萜类生物碱对枯草杆菌有抗菌活性^[11];黄花乌头其生物碱部分对蝇类、虱、蚊子与萝卜蚜等害虫有生物活性,对

粘虫有触杀和胃毒作用,其所含次乌头碱对甜菜夜蛾有较强的胃毒、拒食和生长抑制作用,此外还对松树毛虫、桃蚜与菜青虫等夜间害虫也有良好的触杀作用^[12]。生物碱除了杀虫作用外还有抑菌活性,如白喉乌头的总生物碱药液在 $20\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的浓度下对瓜类腐皮镰孢菌及黄瓜疫病菌有强烈抑制作用,抑制率为100%^[13]。大戟科植物狼毒大戟其狼毒乌头碱已有相关发明专利,如李军等^[101]人发明了一种狼毒乌头碱生物农药(CN1264541),特别适用于直接入口的瓜、果、蔬菜,一次施用可多项防治,节约资金,节省工时,与现有农药对比试验结果得出亩总药资投入减少30~40%,且不易产生抗药性。

3.2 萜类成分

内蒙古地区含萜类成分植物源农药分别来源于毛茛科白头翁属植物白头翁中提取的三萜皂苷,对落叶松毛虫、舞毒蛾、蚜虫有触杀作用^[8-9];菊科苍耳属苍耳中提取的倍半萜内酯化合物苍耳素具有很强的胃毒活性^[73]。

3.3 黄酮类成分

内蒙古地区含黄酮类化合物植物源农药植物植物分别来源于瑞香科狼毒属狼毒中提取的新狼毒素A^[4],对昆虫有触杀与胃毒作用;豆科槐属苦参中所含的苦参酮和槐属二氢黄酮G对蚊子及真菌、细菌均有强的杀虫抑菌作用^[19]。

3.4 挥发油类

挥发油是植物内提取的挥发性芳香物质,对害虫有较高的活性,并对人畜无毒,具有良好的驱虫、杀虫与抑菌作用。在内蒙古地区含挥发油成分的植物源农药资源植物中,伞形科茴香属植物茴香中的挥发油对产气肠杆菌、肺炎杆菌、绿脓杆菌、粘质沙雷氏菌与产气荚膜梭菌的生长有一定的抑制作用^[102];木兰科五味子属植物五味子中的挥发油对南方根结虫与玉米象具有触杀作用,熏蒸剂即可满足杀虫需要^[67]。

3.5 其他成分

植物的次生代谢物多种多样,除上述几种次生代谢物外,内蒙古地区植物源农药资源还有无患子科文冠果属植物文冠果,该植物中的甾醇具有杀菌作用;苍耳体内含有的 β -谷甾醇对菜青虫具有很强的拒食作用^[73];罂粟科角茴香属植物节裂角茴香中的有机酸成分对粘虫拒食和生长发育抑制都具有很高的生物活性^[75];蓼科大黄属华北大黄中醌类化合

物大黄素甲醚对白粉菌、镰刀菌与炭疽菌等10多种病原菌有杀菌活性^[85];豆科棘豆属植物小花棘豆中的毒蛋白对棉铃虫与棉蚜有触杀作用^[14];苯丙素类化合物是植物内天然存在具有抗菌活性的化合物,在伞形科植物白芷、旱芹、防风、蛇床子等中都含有的苯丙素类成分^[103]。

4 内蒙古地区植物源农药资源的利用与问题

我区拥有大量的具有生物活性的植物资源,在这些植物源农药资源中豆科植物苦豆子与苦参、萝藦科植物牛心朴子、百合科植物藜芦、伞形科植物蛇床与柏科圆柏属植物砂地柏等植物已有进行过农药登记,许可销售的成品农药与药肥。例如已有生物公司利用苦豆子和牛心朴子的提取物制备的农药组合申请专利(CN105284914 A),能够很好的杀灭同翅目与半翅目害虫^[104];将苦豆子和牛心朴子残渣混配加以改造后研发出兼具防虫抑菌与营养的新一代多功能生态环保型药肥,并获得发明专利授权(ZL200710026023. X)^[105];苦参中提取的苦参碱于1993年登记生产后,已有单剂与复方剂型,并有水剂、乳油、可溶性液剂与粉剂4种剂型,主要登记在瓜果、蔬菜上使用;其衍生产物氧化苦参碱目前有0.1%水剂与0.6%氧化苦参碱·补骨内酯水剂,可分别用于防治花卉蚜虫和十字花科蔬菜菜青虫,已有研究人员用含有苦参碱的中药提取液申请杀虫水剂专利(CN104365687 A),对同翅目虫和鳞翅目虫有显著的杀伤性^[106];藜芦中提取的藜芦碱制成了0.5%可溶性液剂,可用于防治棉花棉铃虫、棉蚜和十字花科蔬菜菜青虫,目前已有用藜芦为原料的稻米专用植物杀虫剂专利公布(CN105076260 A)^[107];蛇床子中的蛇床子素制成0.4%蛇床子素乳油,以触杀作用为主,胃毒作用为辅,对十字花科蔬菜菜青虫和茶树茶尺蠖有较好防效^[108],并且已有蛇床子素杀虫剂专利申请(CN103651359 A),此款杀虫剂克服了其他生物农药单一性、见效慢的缺点^[109];砂地柏中所含的鬼臼毒素和脱氧鬼臼毒素以及粗提物具有杀虫活性,目前已有可湿性粉剂、乳油制剂和微乳剂等多种制剂产品^[110]。

我区其他野生植物大多生长于各种自然生境中,未被有效利用。一些大戟科大戟属植物如泽漆、地锦与大戟,伞形科毒芹属植物毒芹,瑞香科狼毒属植物狼毒等,生于林缘、路边、草地与荒坡,资源储量具有重要的开发利用价值。内蒙古可做植物

源农药的大部分植物均为有毒植物,其中多数植物粗提取物有杀虫与抑菌作用。表3中均为在内蒙古存在的植物,但尚未有报道其杀虫抑菌除草活性,有做植物源农药潜力的有毒植物资源。

调查发现许多植物源农药植物资源未被人们所重视,导致在农药活性植物资源筛选及开发利用上存在一定的盲目性。主要表现为:(1)在内蒙古地区大部分植物源农药资源没有开发利用,仅有苦豆子、苦参、藜芦、蓖麻、蛇床、华北大黄等少数植物源农药资源得到初步利用,已利用的植物源农药资源仅占总数的10%左右。(2)在内蒙古地区很多植物源农药资源的农药价值没有被人们重视,如无患子科文冠果属植物文冠果有很多野生与人工栽培的资源,然而主要用果实来榨取食用油,其叶、种子中的抗菌活性没被利用;蒺藜科骆驼蓬属植物骆驼蓬与蒺藜属植物蒺藜资源丰富,其毒性并没有被利用到农业中;菊科苍耳属苍耳全株有毒,在我区全境都有分布,但被当做杂草处理。(3)随意采挖野生资源,在内蒙古阿拉善地区苦豆子储量丰富,但人工栽培规模小,目前随着需求的增加,人们大量采挖导致野生资源减少,并破坏当地脆弱的荒漠生态环境,违背了植物源农药“无公害”的禀性。

5 内蒙古植物源农药资源的未来展望

农作物的病虫害是限制我区农业生产发展的严重灾害,每年耗费大量的社会资源改善农业灾害。在国际上,2016年全球生物农药的产值已超过20亿美元,据国家统计局数据显示,2016年上半年生物农药及微生物农药同比增长27.4%,其中植物源农药占了相当大的比例,农业部农药检定所调查处于正常生产的植物源农药有14个,我区虽为传统农牧业省区,但目前尚未建立具有规模化的植物源农药生产企业。此外我区植物源农药资源如瑞香狼毒、牛心朴子、小花棘豆和狼毒大戟等植物资源储量丰富,为植物源农药的拓展提供了广阔的市场空间与资源储备。与此同时,随着《食品安全法》、《农产品质量安全法》等法规颁布实施,以及人们对食品安全与生活质量的要求提高,食物的有机生产将受到更多关注。而植物源农药的“无公害”特性符合食品安全生产,利用这些植物资源开发新的植物源农药必将迎来新的发展契机,有广阔的存在和发展空间。

参考文献

- [1] 刘双清,张亚,廖晓兰,等.我国植物源农药的研究现状与应用前景[J].湖南农业科学,2016,(2):115-119.
- [2] 马毓泉.内蒙古植物志[M].呼和浩特:内蒙古人民出版社,1989.
- [3] 陈冀胜.中国有毒植物[M].北京:科学出版社,1987.
- [4] 刘刚.植物源杀虫剂新狼毒素A[J].农业知识,2006(26):11-11.
- [5] 张国洲,王亚维,徐汉虹,等.瑞香狼毒提取物对昆虫的生物活性研究[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2000,26(3):190-192.
- [6] 丁伟,张永强,陈仕江,等.14种中药植物杀虫活性的初步研究[J].西南大学学报(自然科学版),2003,25(5):417-420.
- [7] 罗万春,慕立义.植物源生物碱的杀虫作用[J].农药,1997(7):11-15.
- [8] 王威.杀虫植物活性物质提取、毒力测定及安全试验[D].哈尔滨:东北林业大学,2006.
- [9] 刘海峰.长白山有毒植物提取物杀虫活性筛选及应用研究[D].延吉:延边大学,2005.
- [10] 冯学环.鸦胆子防治甜菜夜蛾活性成分的分离鉴定及作用机理初探[D].北京:中国农业科学院,2010.
- [11] 孙丽梅.牛扁化学成分及其生物活性研究[D].兰州:兰州大学,2008.
- [12] 刘雪,俞晗,李运娜,等.黄花乌头化学成分及其生物活性研究进展[C].第十三届全国农药学教学科研研讨会论文集.2013:70-74.
- [13] 刘迪,吴卫,李冠.白喉乌头总生物碱抑菌杀虫活性的初步研究[J].新疆农业科学,2009,46(3):620-624.
- [14] 孟玲,王文全,许键,等.小花棘豆毒蛋白对棉蚜和棉铃虫的毒性试验[J].环境昆虫学报,2000,22(1):22-25.
- [15] 王帅,李怀志,马明,等.小花棘豆总生物碱抑菌作用的研究[J].新疆农业科学,2012,49(1):175-180.
- [16] 苏生,黄瑞,张莉,等.豆科植物杀虫杀菌资源及其活性成分研究进展[J].现代农业科技,2016,(6):112-116.
- [17] 姜双林,赵国林,薛林贵.苦豆子总生物碱的杀虫活性研究[J].甘肃高师学报,1998,(3):52-54.
- [18] 秦学功,马忠海,元英进.苦豆子生物碱的农用活性初步研究[J].佳木斯大学学报(自然科学版),2002,20(3):340-344.
- [19] 郑永权,姚建仁,邵向东,等.苦参杀虫抑菌活性成分研究[J].农药学报,1999,1(3):91-93.
- [20] 韩月明,韩国君.苦参杀虫效果研究[J].安徽农学通报,2016,22(19):67-68.
- [21] 魏启华,赵博光.披针叶黄华生物碱及其生物活性[J].南京林业大学学报(自然科学版),2000,24(5):73-76.
- [22] 李刚,沈慧敏,张新虎.甘肃天祝高寒草原16种植物丙酮提取物对粘虫的杀虫活性[J].甘肃农大学学报,2009,

- 44(2):101-104.
- [23] 王芳, 南宁丽, 周一万, 等. 10种植物粗提物对枸杞主要害虫的杀虫活性[J]. 甘肃农大学学报, 2013, (6): 88-91.
- [24] 高雯芳, 朱阁, 刘强. 沙冬青和骆驼蓬水煮提取物对松材线虫的毒杀作用[J]. 天津师范大学学报(自然版), 2009, 29(3): 55-57.
- [25] 唐国文, 乔利利, 苏远萍, 等. 胡芦巴不同溶剂粗提物对两种储粮害虫的驱避和触杀活性[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(6): 102-108.
- [26] Pemonge J, Pascual-Villalobos M J, Regnault-Roger C. Effects of material and extracts of *Trigonella foenum-graecum*, L. against the stored product pests *Tribolium castaneum*, (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Acanthoscelides obtectus*, (Say) (Coleoptera: Bruchidae) [J]. Journal of Stored Products Research, 1997, 33(3): 209-217.
- [27] 李广泽. 砂地柏化学成分及其杀虫活性研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2006.
- [28] 单承莺, 马世宏, 张卫明. 我国植物源农药研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2011, 30(6): 14-18.
- [29] 刘彬, 姜双林, 赵国林. 骆驼蓬提取物对蚜虫及叶螨卵的生物活性研究[J]. 甘肃科技纵横, 2010, 39(2): 76-77.
- [30] 马安勤, 钟国华, 胡美英, 等. 骆驼蓬等植物提取物杀虫活性研究[J]. 华南农业大学学报, 2003, 24(1): 38-41.
- [31] 张义英, 王俊儒, 龚月桦, 等. 骆驼蓬醇提物抑菌活性的初步研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2006, 34(11): 121-124.
- [32] 吕阿丽. 蒺藜果实的化学成分研究[D]. 沈阳: 沈阳药科大学, 2007.
- [33] 马丽, 王开梅, 李维林, 等. 蒺藜提取物作为生物农药的效果[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(3): 86-87.
- [34] 张维库, 吴文君. 牛心朴子化学成分及生物活性研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2004, 16(3): 273-276.
- [35] 张维库, 白红进, 田小卫, 等. 牛心朴子生物活性的初步研究[J]. 农药, 2004, 43(5): 214-216.
- [36] 吴娇, 张卫云, 周利娟. 伞形科杀虫抑菌活性及其活性成分研究进展[J]. 农药, 2015, (1): 6-13.
- [37] Kim S I, Chan P, Ohh M H, et al. Contact and fumigant activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Lasioderma serricorne*, (Coleoptera: Anobiidae) [J]. Journal of Stored Products Research, 2003, 39(1): 11-19.
- [38] 马强, 何璐, 王玉龙, 等. 小茴香挥发油超声波提取工艺优化及抗菌活性研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(7): 1912-1913.
- [39] 吴霞. 由旱芹种子中提取的具灭蚊、杀线虫和杀菌活性的化合物[J]. 世界农药, 2002, 24(1): 23-26.
- [40] Momin R A, Nair M G. Mosquitocidal, Nematicidal, and Antifungal Compounds from *Apium graveolens* L. Seeds [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001, 49(1): 142-145.
- [41] 窦红霞, 高玉兰. 防风的化学成分和药理作用研究进展[J]. 中医药信息, 2009, 26(2): 15-17.
- [42] 胡林峰, 吕文彦, 周琳, 等. 五种伞形科植物提取物抑菌活性研究[J]. 湖北农业科学, 2012, 51(16): 3490-3491.
- [43] 王晶磊, 徐秀环. 植物源杀虫剂蛇床子素对储粮害虫的防治效果[J]. 粮食科技与经济, 2013, 38(4): 47-49.
- [44] 谢谦. 白芷、白山七两种植物药化学成分及其活性研究[D]. 长沙: 湖南中医药大学, 2014.
- [45] 中国科学院中国植物志委员会. 中国植物志. 第五十五卷第三分册, 被子植物门双子叶植物纲伞形科[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- [46] 张知侠. 短毛独活精油提取及抑菌作用研究[J]. 咸阳师范学院学报, 2007, 22(2): 33-34.
- [47] 曹立强, 李丹丹, 邓红, 等. 文冠果油中植物甾醇的提取及其抑菌特性研究[J]. 天然产物研究与开发, 2010, (2): 334-338.
- [48] 温燕梅, 冯亚非, 郑明珠. 蓖麻不同部位杀虫活性成分蓖麻碱的提取及含量[J]. 农药, 2008, 47(8): 584-585.
- [49] 赵建兴, 张树怀, 佘国珍, 等. 蓖麻毒素粗提物杀虫作用的研究[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2001, 22(4): 78-80.
- [50] 卢志强. 四种大戟属药用植物化学成分及生物活性研究[D]. 上海: 中国科学院上海药物研究所, 2008.
- [51] 刘畅, 王芳, 张蓉, 等. 乳浆大戟植物杀虫水乳剂对枸杞蚜虫的毒力测定及田间防效[J]. 农药, 2014(9): 680-682.
- [52] 谢颖璞. 天祝天然草地主要有毒植物资源调查及其杀虫活性初步研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2007.
- [53] 王宝丽, 邹迪新, 程钱, 等. 京大戟化学成分及药理作用研究概述[J]. 环球中医药, 2016, 9(7): 896-900.
- [54] 鞠荣, 徐汉虹, 周利娟. 大戟科杀虫植物生物活性的研究与应用[J]. 广东农业科学, 2005, (6): 56-59.
- [55] 王兴林, 杨崇珍, 崔婧芳, 等. 10种植物提取物对棉铃虫生长发育的影响[J]. 西北农林科技大学学报自然科学版, 1996, (6): 99-102.
- [56] 李国平, 杨鹭生. 福建杀虫植物资源初步调查[J]. 亚热带植物科学, 2002, 31(1): 41-46.
- [57] 王晓峰. 狼毒大戟化学成分与抗菌杀虫作用的研究进展[J]. 农业科技与装备, 2011, (2): 50-52.
- [58] 徐德昌, 骆成高, 陈凤芝. 大戟狼毒杀虫剂药效试验[J]. 中国甜菜糖业, 2004, (2): 5-7.
- [59] 薛倩倩. 雀儿舌头生物碱的测定与富集及查尔酮三氮烯衍生物的合成[D]. 郑州: 郑州大学, 2013.
- [60] 崔瑞峰, 孙九光, 韩巨才, 等. 雀儿舌头根提取物对小菜蛾的生物活性研究[J]. 中国农学通报, 2006, 22(11): 311-314.
- [61] 谢阳. 兴安杜鹃的化学成分研究[D]. 武汉: 华中科技

- 大学,2014.
- [62] 惠宇. 兴安杜鹃活性成分的研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2012.
- [63] 敖特根白音,李运起,韩艳华,等. 国内外麻叶荨麻的研究进展[J]. 中国野生植物资源,2015,34(1):32-36.
- [64] 杨庆森,蔡继增,汤春梅. 53种野生植物提取物对菜粉蝶幼虫的生物活性测定[J]. 甘肃农业科技,2008,(3):22-24.
- [65] 程珍,李冠,齐丽杰. 麻叶荨麻籽抑菌成分和抑菌特性的研究[J]. 生物技术,2005,15(5):30-32.
- [66] 李博. 宽叶荨麻抗前列腺增生活性及化学成分的研究[D]. 大连大学,2015.
- [67] 周燕燕. 五味子的现代药理作用研究进展[J]. 海峡药学,2016,28(3):183-184.
- [68] 李熙灿,杨小冬. 问荆化学成分及其药理作用的研究进展[J]. 辽宁中医药大学学报,2005,7(6):633-635.
- [69] 杨群芳,李庆,张绍梅. 几种中草药植物粗提物对菜青虫的杀虫活性初报[J]. 四川农业大学学报,2003,21(1):76-77.
- [70] 吕梅香,曾和平,王晓娟,等. 农药用生物碱的研究进展[J]. 农药,2004,43(6):249-253.
- [71] 时清亮,王海棠,李平,等. 藜芦杀虫活性的初步研究[J]. 天然产物研究与开发,2007,19(2):266-269.
- [72] 周琼,魏美才,欧晓明,等. 苍耳叶活性组分对害虫的拒食和忌避作用及其化学成分[J]. 植物资源与环境学报,2009,18(1):74-79.
- [73] 李美,高兴祥,高宗军,等. 苍耳等48种植物提取物的杀虫活性[J]. 植物资源与环境学报,2008,17(1):33-37.
- [74] 张玲,赵媛,何运转,等. 地丁草提取物对桃蚜的生物活性[J]. 植物保护,2010,36(6):132-134.
- [75] 杨晓华. 节裂角茴香对粘虫的生物活性及杀虫成分的分鉴定[D]. 兰州:甘肃农业大学,2009.
- [76] 张君霞. 节裂角茴香对二斑叶螨杀螨活性的研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2014.
- [77] 张宏利,杨学军,刘文国,等. 曼陀罗化学成分与生物活性研究现状及展望[J]. 西北林学院学报,2004,19(2):98-102.
- [78] 李玉奇,余海涛,刘敏艳,等. 曼陀罗对粘虫和蚜虫的杀虫活性研究[J]. 甘肃农业科技,2008,(10):5-8.
- [79] 乌云嘎,包明兰,巴根那. 蒙药泡囊草研究进展[J]. 中国民族医药杂志,2016,22(4):58-60.
- [80] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志第67卷第1册茄科[J]. 1990.
- [81] 郭澄,王雅君,张剑萍. 菟丝子的化学成分和药理活性研究[J]. 时珍国医国药,2005,16(10):1035-1036.
- [82] 周利娟,黄继光,徐汉虹,等. 几种植物的杀虫活性初探[J]. 农药,2006,45(5):347-349.
- [83] 李永生,何希瑞,杨燕,等. 紫花地丁化学成分与药理活性研究新进展[J]. 环球中医药,2013,6(4):313-318.
- [84] 王国夫,周玉婷,易明花. 商陆等3种植物提取物对菜粉蝶的拒食作用[J]. 安徽农业科学,2010,38(15):8272-8273.
- [85] 张鹏,李西文,董林林,等. 植物源农药研发及中药材生产中的应用现状[J]. 中国中药杂志,2016,41(19):3579-3586.
- [86] 沈建国,翟梅枝,林奇英,等. 我国植物源农药研究进展[J]. 福建师大学报(自然科学版),2002,(01):26-31.
- [87] 马志卿,张兴. 植物源杀虫物质的作用特点[J]. 植物保护,2000,26(2):37-39.
- [88] 阮萃榕. 不同植物源农药对哈密瓜蚜虫和叶螨的室内活性及田间防效[J]. 新疆农垦科技,2015,38(10):32-35.
- [89] 高红明,王兆龙,张彪,等. 植物提取液对菜青虫的杀虫活性研究[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版),1999,(4):32-34.
- [90] 徐汉虹,赵喜欢. 五种精油对储粮害虫的忌避作用和杀卵作用研究[J]. 中国粮油学报,1995(1):1-5.
- [91] Elisabeth P. J. Burgess, E. Maree Wi Te Koha, Roderick F. N. Hutchins, et al. Toxicity of leaves from the castor oil plant, *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae), to adult grass grub, *Costelytra zealandica* (White) (Coleoptera: Scarabaeidae) [J]. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 1988, 16(1):63-66.
- [92] Niggli U, Helga Willer, Brian P. Baker, et al. A Global Vision and Strategy for Organic Farming Research [M]. 2016:13-13
- [93] Mackeen M M, Ali A M, Abdullah M A, et al. Antinematodal activity of some Malaysian plant extracts against the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* [J]. *Pesticide Science*, 1997, 51(2):165-170.
- [94] Afek U, Carmeli S, Aharoni N. Columbianetin, a phytoalexin associated with celery resistance to pathogens during storage [J]. *Phytochemistry*, 1995, 39(6):1347-1350
- [95] 操海群,岳永德,花日茂,等. 植物源农药研究进展(综述) [J]. 安徽农业大学学报,2000,27(1):40-44.
- [96] 刘常林,李玉新,王晓毅. 天然源除草剂来源及其作用特点[J]. 化学与生物工程,1998(S1):25-26.
- [97] 朱海云,张兴. 鬼臼毒素和脱氧鬼臼毒素抑菌和除草活性初探[J]. 中国农学通报,2009,25(1):73-75.
- [98] Johnson N D, Bentley B L. Effects of dietary protein and lupine alkaloids on growth and survivorship of *Spodoptera eridania*. [J]. *Journal of Chemical Ecology*, 1988, 14(5):1391-1403.
- [99] Ujváry I, Casida J E. Partial synthesis of 3-O-vanilloylveracevine, an insecticidal alkaloid from *Schoenocaulon officinale*. [J]. *Phytochemistry*, 1997, 44(7):1257-1260.

(下转第933页)

参考文献

- [1] 刘斌斌,蔡立群.论我国蒙医药的知识产权保护[J].甘肃医药,2011,30(4):193-196.
- [2] 乌兰.蒙医药产业发展研究[J].中国民族医药杂志,2015,(12):59-62.
- [3] 陈晓颢,徐玲,聂晶,等.香连制剂中木香的质量分析评价[J].中国药师,2016,19(7):1273-1275.
- [4] 王绪颖,贾晓斌,陈彦.木香类药材的研究进展[J].中药材,2010,33(1):153-157.
- [5] 韩亚南,孙洋,汪娟,等.RP-HPLC法测定沉香丸中木香有效成分的含量[J].临床医药文献杂志,2016,3(8):1408-1410.
- [6] 玉华.如达七味散质量标准的研究[J].中成药,2016,38(6):1285-1288.
- [7] 国家药典委员会.中华人民共和国药典:一部[S].北京:中国医药科技出版社,2015.
- [8] 徐国钧.中国药材学:下册[M].北京:中国医药科技出版社,1996.
- [9] 孙文基,谢世昌.天然药物成分定量分析[M].北京:中国医药科技出版社,2002.
- [10] 南京中医药大学.中药大辞典(2版)[Z].上海:上海科学技术出版社,2006.
- [11] 冯宁,卢成淑,南国,等.椴子花的化学成分研究[J].中草药,2016,47(2):200-203.
- [12] 费曜,段恒,王刚,等.不同产地椴子种质资源和药材品质的比较[J].华西药学杂志,2016,31(1):48-51.
- [13] 张小琴,汤晟凌,吕伟旗.10种含椴子中药制剂中椴子苷与西红花苷-I的同时测定[J].中成药,2016,38(3):569-574.
- [14] 吴亚超,杨文静,张磊,等.椴子中椴子苷等7个化学成分测定及质量评价[J].中国药学杂志,2016,51(10):841-847.
- [15] 刘报国.蒙古民族用药特点概述[J].中国民族民间医药,1995(4):4-6.

(收稿日期 2017-01-08)

(上接第916页)

- [100] Symington S B, Zhang A, Karstens W, et al. Characterization of Pyrethroid Action on Ciliary Calcium Channels in Paramecium tetraurelia, [J]. Pesticide Biochemistry & Physiology, 1999, 65(3): 181-193.
- [101] 李军,孔志英,袁素琴,等.7%狼毒乌头碱白僵菌素悬浮剂及其生产方法:中国,CN1264541[P].2000-08-30.
- [102] Ruberto G, Baratta M T, Deans S G, et al. Antioxidant and antimicrobial activity of Foeniculum vulgare and Crithmum maritimum essential oils. [J]. Planta Medica, 2000, 66(66):687-693.
- [103] 李端,周立刚,姜微波,等.伞形科植物抗菌成分的研究进展[J].西北农林科技大学学报自然科学版,2005,33(S1):161-166.
- [104] 何其明,唐齐,严寒,等.含牛心朴子和苦豆子提取物的农药组合物及制备方法和应用:中国,CN105284914A[P].2016-02-03.
- [105] 吴传方,刘凤淮,杜小凤,等.一种防治线虫和地下害虫之生态药肥的研发[J].中国农学通报,2008,24(6):358-361
- [106] 曾少兰.苦参碱杀虫水剂及其制备方法:中国,CN104365687A[P].2015-02-25.
- [107] 马金友,刘东,王振亮.稻米专用植物源杀虫剂和制备方法:中国,CN105076260A[P].2015-11-25.
- [108] 张兴,马志卿,冯俊涛,等.植物源农药研究进展[J].中国生物防治学报,2015,31(5):685-698.
- [109] 曾德芳,唐宏泉,严欢,等.蛇床子素生物杀虫剂:中国,CN103651359A[P].2014-03-26.
- [110] 张兴,冯俊涛,陈安良,等.砂地柏杀虫作用研究概况[J].西北农林科技大学学报自然科学版,2002,30(4):130-134.

(收稿日期 2017-05-04)