

我国红脂大小蠹生物学与防治研究概况

张 强, 陈安良, 郝双红, 张 兴

(西北农林科技大学 无公害农药研究服务中心, 陕西 杨陵 712100)

摘 要:红脂大小蠹(*Dendroctonus valens*)是近年严重危害我国北方油松林的森林害虫。本文总结了5 a来我国红脂大小蠹的生物学和防治方法研究进展,建议在防治红脂大小蠹时,应加强检疫工作,防止扩散,加强天敌利用工作,大力发展信息素防治法,同时积极研究新的化学防治方法。

关键词:红脂大小蠹;生物学特性;防治方法;油松

中图分类号: S763.38 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-7461(2004)03-0109-04

Progresses on *Dendroctonus valens*

ZHANG Qiang, CHEN An-liang, HAO Shuang-hong, ZHANG Xing

(Biorational Pesticide Research and Development Center, NW Sci-Tech Univ. of Agr. and For., Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Red turpentine bark beetle(*Dendroctonus valens*) is a kind of forestry pest that has impacted *Pinus tabulaeformis* in the North of China. The progresses on its biological characters and controlling methods are briefly summarized. It is suggested that this pest should be controlled by inspection and quarantine, natural enemies, pheromones and new chemical control method.

Key words: *Dendroctonus valens*; biological character; controlling methods; *Pinus tabulaeformis*

红脂大小蠹(*Dendroctonus valens*)属鞘翅目、小蠹科、大小蠹属,又名强大小蠹,是1998年国内新记录种^[1]。该虫自1998年在山西沁水、阳城发现以来,迅速蔓延至河北、河南及陕西等地,对油松林乃至我国北方森林生态系统造成严重威胁^[2],已成为高度危险的重灾性森林害虫^[3]。本文就我国红脂大小蠹生物学研究和防治研究作一综述,希望能起到抛砖引玉的作用。

1 生物学研究

红脂大小蠹是20世纪80年代初因我国从北美进口木材而引入国内的^[4],1998年发现后被鉴定为红脂大小蠹^[2]。随后林业工作者对其生物学特性进行了观察研究。

1.1 形态学研究

国内研究者描述了红脂大小蠹各虫态的形态特征。殷惠芬^[5]详述了红脂大小蠹成虫形态特征,并

和云杉大小蠹作了对比,两者成虫体色与口突特征存在明显差异。苗振旺^[6]等指出,尽管雌成虫与雄虫形态相似,但是二者仍存在形态差异,与雄虫相比,雌虫额中部在复眼上缘高度处有一明显的圆形凸起,前胸背板上的刻窝较大,鞘翅坡面上的粗突和鞘翅中部的锯齿状突均较大,并对蛹、幼虫和卵的形态也做了描述。吕淑杰^[7]等比较了华山松大小蠹、云杉大小蠹及红脂大小蠹的形态,结果显示三者有显著差异。

1.2 分布与寄主

红脂大小蠹在国外广泛分布于北美地区,一般生存于海拔3 000 m以下^[8]。国内主要分布于山西、河南、河北、陕西也有分布^[9]。由国外分布情况分析,我国长江以南地区应该也适于该虫生活,故检疫工作对控制其为害区域非常重要。

该虫在国内外寄主树木种类差异较大。其寄主在国外几乎包括松属(*Pinus*)所有树种及云杉属

收稿日期:2003-12-23

基金项目:国家“十五”攻关重大专项(2002BA516A04)

作者简介:张强(1975-),男,西安阎良人,助教,硕士,主要研究害虫防治与农药化学。

(*Picea*)、黄杉属(*Pseudotsuga*)、冷杉属(*Abies*)和落叶松属(*Larix*)的部分树种。但是在国内迄今为止发现其大量为害油松(*Pinus tabulaeformis*),对白皮松(*P. bungeana*)和云杉(*P. meyeri*)^[10]以及华山松(*P. armandii*)^[11]仅发现少量侵害现象。红脂大小蠹寄主中外差别的原因尚有待研究。

1.3 生活史与生活习性研究

研究者对山西省内红脂大小蠹生活史与生活习性研究报道较多。山西省内从南到北由于气候不同其生活史各时期发生时间略有差异,但生活习性无明显差异。

在太岳山林区红脂大小蠹以1年1代为主,也有3年2代和2年1代,存在世代重叠现象。该虫主要以成虫和老龄幼虫在树干基部及根部的韧皮部越冬,当气温低于-18℃时,在干部无法越冬^[12]。除冬季见不到卵外,全年各虫态均可见到。4月至10月林间可见成虫,10月到次年4月该虫潜伏于干部或根部的韧皮层^[6]。

春天雄成虫先出孔,雌成虫随后。雌虫先侵入寄主,然后引诱雄虫侵入,一雌一雄配对一穴。侵入孔边有红褐色漏斗状或不规则凝脂块,一般在树干1.8 m以下,集中于树干基部30~50 cm成虫侵入后直达形成层,向上蛀食一小段后即向下蛀食,可达到主根。雌雄虫在坑道内交尾产卵,每只雌虫产卵平均100余粒。幼虫群集取食,不筑独立的子坑道,而在坑道邻近形成层的韧皮部内背向母坑道取食,形成扇形共同坑道,幼虫沿母坑道两侧向下取食可延伸到主根和主侧根,甚至距树基3 m之外的侧根也有幼虫为害,将根部韧皮部食尽,仅残留根的表皮,并栖居根内直到翌年春天^[5,10,11]。

苗振旺^[13]等对红脂大小蠹卵、幼虫和蛹的生活习性 & 发育做了仔细观察与研究,指出卵期平均11.2 d,蛹期平均12.4 d,卵和蛹的发育起点温度分别为14.86±0.61℃、12.32±1.73℃,有效积温分别为77.59±5.27 日度、144.67±15.02 日度,还建立了期距法、有效积温法及物候法预测各虫态的发生期,为红脂大小蠹防治奠定了基础。

红脂大小蠹飞行能力较强。国外报道红脂大小蠹在春天迁飞距离可超过16 km,张历燕^[10]等在山西的研究表明,其迁飞距离在20 km左右。另据刘光生^[14]等报道,红脂大小蠹在林间单次飞行最远15 m,高度30~300 cm。

1.4 共生菌研究

共生真菌对小蠹入侵与定居有重要意义。小蠹

科昆虫往往携带真菌,由于共生真菌的协同作用,不仅使小蠹虫能够有效地入侵和利用寄主树木各种营养物质,而且能够有效地克服寄主树木组织结构和生理生化抗性。红脂大小蠹也携带了多种真菌。在美国,红脂大小蠹作为次期性害虫往往携带强致病性真菌^[15]。在我国,红脂大小蠹表现了初期性害虫的为害特点,已发现其携带有真菌^[10],致病性如何尚未见报道。这方面研究对搞清红脂大小蠹的为害机理进而实施综合治理意义重大,但尚在起步阶段。

1.5 为害与林分关系

林分与红脂大小蠹为害程度有显著相关性。经过几年调查研究,研究者提出了该虫为害与林分的关系:一般山下部油松林受害较山中上部油松林受害重,山中上部油松林受害较山上部油松林受害重,林缘较林内危害严重,路边松林受害最严重;纯林及油松和华山松混交林危害发生较多,针阔叶树种片状混交的林分内和距阔叶林较近的林分危害发生较轻,纯林较混交林危害严重;郁闭度小的较郁闭度大的林分受害重,而没有抚育过的林分,一般郁闭度较大,受害较轻;对树龄较大(胸径较粗,树皮较厚)的树木,其侵入孔多数在树干1 m以下,危害最重,树龄较小的以树基部至根部侵入较多,相对危害较轻^[11,16]。根据林分与为害关系采取适当的营林措施对其防治有重要意义。

2 防治方法研究

2.1 检疫

红脂大小蠹在国内分布范围较小,检疫工作对其防治非常重要。苗振旺^[17]等对其为害特性研究后提出,加强对入境原木、木质包装材料的检疫,特别是针叶材的检疫。国内疫区严禁带皮木材外运,若发现有红脂大小蠹成虫、幼虫或树皮上有呈漏斗状的流脂现象,需进行剥皮处理。剥下的树皮用火烧或深埋;或喷药毒杀及熏蒸处理。带虫原木归垛,集中熏蒸处理。

2.2 营林措施

营林措施在美国是防治红脂大小蠹的重要手段,我国林业工作者也提出了防治红脂大小蠹的营林措施。

首先注重适地适树,在造林设计和更新改造时进行科学合理规划,营造混交林、复层林。其次应及时清理林内的过火木、感病树,疏伐过密树林。具体作法是在红脂大小蠹休眠和羽化前及时砍伐清理受害的枯死木和濒死木,并将砍伐下的木材运出林

地后进行剥皮或药物熏蒸处理;伐桩处理采用塑料布覆盖后投放磷化铝熏蒸,也可用林丹液剂全面喷洒或林丹粉剂制成毒土覆盖^[18]。三是根据红脂大小蠹喜食新鲜伐桩的特性,在发生区、尤其是轻灾区,每公顷林地可砍伐一株健康的油松树,保留伐根,引诱红脂大小蠹侵染,集中消灭^[1]。

这些措施中前两项成本高,实施中的涉及面较广,实施难度较大。第三项只适用轻灾区,效果有限。但要长期控制害虫种群,营林措施是必不可少的一种综合治理手段。

2.3 化学防治

虫孔施药及磷化铝熏蒸在树干上局部进行,具有对环境和天敌影响较小的优点,而且针对干部、根部害虫直接施药,防效较高,已成为国家级红脂大小蠹治理示范工程年度实施计划的推荐防治方法^[19]。具体有以下4种方法:虫孔注药法是在主干上用注射器向虫孔注射高浓度药剂,成虫防治效果可达90%以上,初孵幼虫防治效果可达80%以上^[20];把磷化铝毒丸塞入虫孔然后密闭虫孔进行熏蒸,红脂大小蠹成虫死亡率达92.5%,幼虫死亡率达95.7%^[21];干基绑塑料裙投放磷化铝熏杀即塑料裙干法也是一种高效的方法,此法对隐藏在干基和根部距地面小于40 cm的害虫都可防治^[22];另一种磷化铝熏蒸法是在距树基部10~15 cm周围的土层内均匀地扎4个孔,孔深20~30 cm每孔内放1~2片磷化铝片剂,用土掩埋踏实来熏杀根部害虫^[14]。

常规的化学喷药简单易行,可防治扬飞期的成虫。针对红脂大小蠹的生活世代极不整齐,成虫扬飞期持续时间长的特点,有人采用残效期长的药物配以乳化沥青喷施在油松1 m以内树干上防治,14 d内3种药剂防效均在90%以上^[23]。这种方法对环境影响较大。

还有针对根部越冬害虫的2种方法:刨根法和炸根法。刨根法需将半径1 m范围内的侧根及主根刨开挖起或全部裸露。炸根法即直接把炸药埋到根部爆破^[24]。这2种方法只能在冬季进行,效率较低,且炸根法危险性较大。

2.4 生物防治

国内研究者在红脂大小蠹天敌资源调查,信息素研究,线虫防治等方面开展了初步工作,取得了一些成果。

观察发现红脂大小蠹有两类天敌,一类是大啮脂甲、扁谷盗、红蚂蚁、步行虫、郭公虫、螨类等捕食性天敌;另一类为啄木鸟等益鸟类;另外白僵菌、绿

僵菌和寄生菌等对红脂大小蠹也具有控制作用^[14]。中国林业科学院研究了利用大啮脂甲防治红脂大小蠹的技术,通过接种式释放大啮脂甲成虫和幼虫试验结果表明,大啮脂甲在释放后50 d对红脂大小蠹幼虫捕食率分别为72.5%、58.6%和84.2%。2002年释放防治的33 hm²试验林中的红脂大小蠹被完全控制,2003年没有发现新的侵入孔。初步释放防治结果表明,利用大啮脂甲防治红脂大小蠹是成功的。

北美广泛采用信息素防治小蠹^[25],中国在这方面也做了很多探索。我国应用加拿大生产及自制的植物性引诱剂对红脂大小蠹成虫发生期进行了监测,并开展了大量诱杀试验。结果表明,两国研制的引诱剂对红脂大小蠹成虫均有较强的引诱作用。利用加拿大生产的引诱剂,60个诱捕器在成虫扬飞期共诱到大小蠹成虫7 119头。应用中国研制的引诱剂,2000个诱捕器在成虫扬飞期诱到成虫近20万头,林地红脂大小蠹被害率下降54.5%,平均侵入孔数下降58.7%^[26,27]。西北农林科技大学无公害农药研究服务中心也开展了这方面的研究工作。该中心利用自制的引诱剂进行了2次针对红脂大小蠹的林间诱捕实验,结果显示自制的引诱剂也有良好的引诱效果(实验结果待发表)。上述研究工作已显示出信息素在防治红脂大小蠹工作中具有较好的应用前景。

我国也进行了用线虫防治红脂大小蠹的研究。简恒等^[28]在室内实验中发现拟双角斯氏线虫一品系侵染该虫老熟幼虫96 h后可使其死亡率达90%以上,且在该虫体内能正常发育,有重复侵染的可能。由于迄今国内还没有利用线虫防治害虫的实例,线虫的应用短期内可能难以实现。

3 结论与讨论

3.1 加强检疫工作,防止扩散

由于目前红脂大小蠹只在我国局部地区发生,所以加强检疫,防止扩散对其防治非常关键。检疫工作涉及面广,实施难度大,相关部门要加大人力、物力的投入,紧密配合。首先保证天然林保护工程顺利实施,消灭滥砍滥伐现象;其次加大宣传力度,使林区人民尤其是林业工作者充分认识红脂大小蠹对针叶林乃至生态环境的严重危害,提高警惕性;第三,保证各个木材检查站正常工作。这样才有可能防止红脂大小蠹迅速扩散。

3.2 生物学应深入研究

红脂大小蠹生物学研究尚不够全面、细致。如关于成虫雌雄外观特征区别的资料对判断成虫性别不实用;生活习性的一些细节还不清楚。尤其是红脂大小蠹在中国和北美的寄主有很大的区别,在美国其几乎为害松属所有树种,在中国迄今为止,该虫主要为害油松。油松成为此虫主要寄主的原因尚未见研究报道。可能的原因是油松形态、气味对红脂大小蠹有特别强的引诱作用,或是此虫对油松有优先选择取食的特性,由于食源充足尚未大量为害其它树种。上述问题的解决将对该虫的防治工作产生很大影响。

3.3 加强生物与化学防治方法研究

3.3.1 天敌利用工作亟需加强 我国已初步调查了红脂大小蠹天敌种类,且研究了利用大嗉腊甲防治红脂大小蠹的相关技术。若能尽快完善并推广该技术,用于轻灾区可控制害虫虫口密度,用于重灾区可减少化学药剂的使用。利用天敌一旦成功,将会是一种可长期控制红脂大小蠹的较佳方法。

3.3.2 大力发展信息素防治法 利用信息素防治小蠹在北美应用广泛,是一种很有前景的防治方法。虽然迄今未见红脂大小蠹聚集信息素或性信息素的报道^[29],但是利用植物利它素研制的针对大小蠹属的植物性引诱剂已证实对红脂大小蠹引诱效果好^[26,27]。但是一般情况下,植物利它素引诱效果不如昆虫聚集信息素或性信息素,所以该引诱剂不一定是最佳引诱剂。若能够发现聚集信息素或性信息素得到高活性的引诱剂;应用缓释剂型使其药效期延长到与大小蠹扬飞期相近;改进诱捕器减少人工看护次数;再与病毒,真菌,线虫等生物防治法结合,则有望获得对红脂大小蠹能有效控制的经济安全的防治方法。

3.3.3 亟需研究新的化学防治法 化学防治法对于防治红脂大小蠹在现阶段还是不可或缺的防治手段,然而现有的化学防治法有很大弊端。首先需要较多人力,物力与财力,如塑料裙干法每株需3~5元^[19]。其次对根部深处害虫效果不佳。根部是红脂大小蠹越冬成活率最高的场所^[30],不能有效消灭根部越冬害虫则不能持续压低虫口。第三,操作技术比较复杂,影响方法的实施。如虫孔施药对虫孔较多的受害木易遗漏;塑料裙干法对密闭条件要求很高,不易操作^[31]。故亟需发展对红脂大小蠹高效,对环境安全,操作简便,成本相对较低的化学防治方法。

树干注药法是防治蛀干害虫的常用方法^[32]。西北农林科技大学无公害农药研究服务中心发明了自流式注药器将其发展为自流式树干注药法。该方法防治阔叶树食叶、蛀干害虫效果很好,费用相对较低、操作简单^[33]。但在防治红脂大小蠹时存在以下几个问题:一、树脂堵塞孔道问题。如果选择油松树脂分泌相对较弱秋冬季进行防治并研制适当的制剂及采取合适的操作技术,这个问题应可以解决。二、选择适当的药剂种类。需要发现对根部害虫药效高的品种。三、剂量问题。红脂大小蠹在树体上分布集中,剂量小难以达到防治要求,剂量过大可能造成药害或对天敌有不良影响,所以合适的剂量非常重要。如果解决了这3个问题,自流式树干注药法将有希望在红脂大小蠹防治工作中得到应用。

总之,虽然红脂大小蠹危害严重,防治中存在许多困难,但随着我国科技工作者对其生物学与防治方法的深入研究,其危害将得到有效控制。

参考文献:

- [1] 高宏旭,苗振旺,王日龙,等.红脂大小蠹的发生与治理[J].林业科技通讯,2001,(3):17-18.
- [2] 赵忠懿,申富勇,刘俊磊.强大小蠹正在威胁我国的林业生产[J].植物检疫,2002,16(2):86-88.
- [3] 宋玉双,杨安龙,何嫩江.森林有害生物红脂大小蠹的危险性分析[J].森林病虫通讯,2000,(6):34-37.
- [4] Kerry O B, SUN I H. Unwelcome guests: exotic forest pests[J].昆虫学报,2002,45(1):121-130.
- [5] 殷惠芬.强大小蠹的简要形态学特征和生物学特征[J].动物分类学报,2000,25(1):120.
- [6] 苗振旺,周维民,霍震远,等.强大小蠹生物学特性研究[J].山西林业科技,2001,(1):34-38.
- [7] 吕淑杰,谢寿安,张军灵,等.红脂大小蠹、华山松大小蠹和云杉大小蠹形态学比较[J].西北林学院学报,2002,17(2):58-59.
- [8] 苗振旺,范俊秀.强大小蠹在美国的发生与防治[J].山西林业,2000,(6):20-22.
- [9] 闫银团,张明,高念平,等.红脂大小蠹的发生及防治[J].河北林业科技,2002(4):15.
- [10] 张历燕,陈庆昌,张小波.红脂大小蠹形态学特征及生物学特性研究[J].林业科学,2002,38(4):95-99.
- [11] 王天录.中条山林区强大小蠹危害状况及防治的研究[J].山西师范大学学报(自然科学版),2000,14(3):68-71.
- [12] 吴建功,赵明梅,张长明,等.红脂大小蠹对油松的危害及越冬前后干、根部分布调查[J].中国森林病虫,2002,21(3):38-41.
- [13] 苗振旺,周维民,范俊秀,等.红脂大小蠹卵和蛹的发育及预测研究[J].林业实用技术,2002,2:11-13.

(下转第118页)

附着率明显高于非静电喷粉器的农药附着率,尤其是叶背面表现突出,而这对常常生活在叶背面的蚜虫防治效果大大提高,同时发现甲棚药粉均匀,而乙棚个别叶面覆盖厚厚的一层药粉,这会造成叶片干枯或老化。

2.2.3 防治效果 喷药 7 d 后统计活蚜虫数,在每个大棚内均匀选 36 个取样点,每取样点连续取 2 株统计活虫数,求其平均值(表 2)。数据表明静电喷粉器的防治效果高于非静电喷粉器 37%,防治效果明显^[7]。注意问题:①粉粒越细、越干燥、越易荷电,药粉沉积量大,因此,要求药粉的粉粒细度在 300 目以上。②压缩空气应通过干燥净化处理,否则会造成喷头堵塞。③对于过期结块的药粉应用双层铜丝网 180 目过筛后使用。

表 2 防治效果
Table 2 Control effect

处理	每 m ² 用 5% 灭蚜粉 尘剂/g	喷药前虫 基数/头· 样点 ⁻¹	喷药后第 7 d	
			活虫数/头· 样点 ⁻¹	防效/%
1	1.5	387	11	97.16
2	1.5	363	143	60.61

注:施药日期:2002-03-29

万方数据
3 结论

静电喷药粉能有效地提高粉剂在作物尤其是叶

背面的沉积密度,实验数据表明农药附着率、防治效果显著提高,由于采用了涡轮发电机、流化泵、内置高压发生器、TEC-恒流充电等技术,比较有效的解决粉粒荷电率的问题,进一步提高了静电喷粉器防治效果,该机具有投资少、经济效益好、环保等优点,另外该机还可用于植物的人工授粉,它能显著减少花粉飘散损失,提高了授粉效果,坐果率和结实率。该机具有广阔的应用推广前景。

参考文献:

[1] Splinter W E. Electrostatic changing of agricultural sprays[J]. ASAE,1968,11(4):491-495.
[2] 津贺幸之介. 施設園における静电散布法の研究-外部电极方式の特征と帯電附着の特征[J]. 农业机械学会志,1988,50(3):27-35.
[3] 浅野和俊. 静电散布[J]. 植物防疫,1986,40(3):12-15.
[4] Law S E, Lane M D. Electrostatic deposition of pesticide spray onto ionic targets: charge and mass transfer analysis[J]. IEEE-IA, 1982,18(6):675~679.
[5] 邵逸群,焦凤芹. 3WF-2.6 型背负式机动喷雾喷粉机的研制[J]. 山东农机,2002,8(5):6-7.
[6] B/T7723.2. 背负式喷雾喷粉机试验方法[S]. 1998.
[7] 张宗炳. 杀虫剂药剂的毒力测定[M]. 北京:科学出版社,1988.

(上接第 112 页)

[14] 刘光生,王俊华,韩惠娟,等. 红脂大小蠹发生危害及其防治[J]. 植物保护,2003,29(1):58-59.
[15] 陈辉,袁锋. 树木抗性与小蠹虫生存策略的进化[J]. 林业科学,2002,38(5):147-151.
[16] 高宝嘉,信金娜,关慧元,等. 红脂大小蠹的发生和危害规律[J]. 动物学杂志,2003,38(5):71-73.
[17] 苗振旺. 红脂大小蠹检疫检验技术[J]. 林业实用技术,2002,8:30-31.
[18] 马雨亭. 红脂大小蠹的综合防治[J]. 太原科技,2002,(3):21-22.
[19] 李计顺,常国斌,宋玉双,等. 实施工程治理,控制红脂大小蠹虫灾[J]. 中国森林病虫,2001,19(4):41-44.
[20] 范俊秀,曲晓晨,刘建光. 虫孔注药法防治红脂大小蠹试验[J]. 山东林业科技,2001,(5):30.
[21] 段东红,王晓娜. 应用磷化铝毒丸防治强大小蠹初探[J]. 森林病虫通讯,2000,19(2):19-20.
[22] 苗振旺,郭保平,张晓波,等. 塑料裙干基密闭熏蒸法防治红脂大小蠹试验[J]. 中国森林病虫,2002,21(4):24-25.
[23] 常宝山,段东红,霍耀远. 树干喷药防治红脂大小蠹试验[J]. 山西林业,2001,(5):25-26.
[24] 许巧玲. 管桦林区防治红脂大小蠹初探[J]. 山西林业,2002,

(3):30.
[25] 梁其伟译. 松树与小蠹虫生态系统-害虫综合管理[M]. 北京:中国林业出版社,1991.
[26] 苗振旺,赵明梅,芦学林. 大小蠹植物引诱剂对红脂大小蠹诱引效果试验[J]. 山东林业科技,2002,(1):23-25.
[27] 苗振旺,赵明梅,王立忠,等. 强大小蠹植物源引诱剂林间应用技术[J]. 昆虫知识,2003,40(4):346-350.
[28] 简恒,杨秀芬,刘峥,等. 拟双角斯氏线虫侵染红脂大小蠹幼虫的研究[J]. 林业科学,2002,38(1):157-159.
[29] 闫争良,孙江华,张钟宁. 外来入侵林业害虫强大小蠹的侵袭以及相关信息化学物质[J]. 昆虫知识,2003,40(5):399-404.
[30] 许佳林,王建军,李红平,等. 红脂大小蠹越冬场所及成虫出土观察[J]. 山西林业科技,2002,4:26-28.
[31] 段东红,高晋东. 防治强大小蠹的方针与策略[J]. 山西林业 2000,(5):23-24.
[32] 戴建昌,张兴. 杀虫剂在木本植物体内传导理论研究进展[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2001,29(4):128-134.
[33] 罗都强,陈安良,冯俊涛,等. “注干液剂”的概念及实践[J]. 农药学报,2001,40(4):16-18.