

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2012.02.003

液体农药软包装的研究现状及展望

李环¹, 陆佳平^{1,2}

(1. 江南大学 机械工程学院, 江苏 无锡 214122;

2. 江南大学 中国包装总公司食品包装技术与安全重点实验室, 江苏 无锡 214122)

摘要: 液体农药因含有毒性较大且腐蚀性较强的甲苯、二甲苯等有机溶剂, 其软包装材料应具备较强的耐腐蚀性能和阻隔性能。目前国内市场上液体农药软包装常用的材料主要有PET/Al/PP(或PE)复合膜、PET/VMPET/PP(或PE)复合膜、含PA或EVOH的PP, PE多层共挤膜、PET/PVDC(或EVOH)/PP(或PE)透明复合膜等, 常用的胶黏剂为聚氨酯胶黏剂。液体农药包装废弃物的处理一般采用随意丢弃和集中填埋焚烧2种方式, 均对环境及人类健康危害较大, 必须采取相应的措施以降低其危害。液体农药软包装必须朝绿色环保方向发展, 研发并推广可降解材料与水溶性膜。

关键词: 液体农药; 软包装; 包装材料; 胶黏剂; 废弃物

中图分类号: TB484.3

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2012)02-0013-05

Current Status and Prospect of Liquid Pesticide Packaging

Li Huan¹, Lu Jiaping^{1,2}

(1. School of Mechanical Engineering, Jiangnan University, Wuxi Jiangsu 214122, China; 2. Key Laboratory of Food Packaging Technology and Safety of China National Corporation, Jiangnan University, Wuxi Jiangsu 214122, China)

Abstract: There exist high toxic and strong corrosive organic solvents such as methylbenzene and dimethylbenzene in liquid pesticide, therefore materials used in packaging pesticide should have strong anti-corrosive and high barrier property. At present, common flexible materials in domestic market mainly include PET/Al/PP(or PE), PET/VMPET/PP(or PE) dry laminated films, PP or PE coextrusion film including PA or EVOH and PET/PVDC(or EVOH)/PP(or PE) transparent film. Meanwhile polyurethane adhesive is often used. Discarding and dumping in landfills and burning are two main ways for waste disposal, which are detrimental to environment and physical health and some appropriate measures should be taken. In future, researching and developing degradable materials and water soluble film is a green and environmental-friendly way to liquid pesticide packaging.

Key words: liquid pesticide; flexible package material; package material; adhesive; waste

0 引言

我国是粮食生产大国, 且粮食年产量增长幅度较大。据国家统计局公布的信息: 2011年, 我国粮食

播种面积达11 057万 hm^2 , 全国粮食生产总量达5.7亿t。农药是农业生产中必不可少的物品, 因此, 我国对农药的需求量也较大。我国农药的生产量较大, 农药年产量的增长速度也较快。据中国农药工业网发

收稿日期: 2012-03-12

作者简介: 李环(1989-), 女, 湖南醴陵人, 江南大学硕士生, 主要研究方向为现代包装材料与技术应用,

E-mail: li1989huan@163.com

布的信息: 2005年, 我国农药生产总量为103.94万t, 2006年为129.55万t, 2007年为173.1万t(至此, 我国农药年产量首次超过美国, 排名世界第一), 2008年为190.2万t, 2009年为226.24万t, 2010年为234.25万t, 2011年为264.87万t。我国生产的农药, 2/3为液态农药^[1]。

传统的液体农药包装主要采用玻璃瓶和塑料瓶。玻璃瓶的耐腐蚀性能较好, 但易碎, 破碎后其碎渣上黏附的农药会污染环境, 并可能导致人和其他生物中毒, 且玻璃材质成本较高^{[2]178-179}。塑料瓶的强度较高, 但普通塑料瓶的耐腐蚀性能较差, 容易被农药中的有机溶剂腐蚀^[3], 而耐腐蚀性能较好的塑料瓶, 其成本较高, 容量较大, 如作为农药包装, 会导致农药不能一次用完, 容易造成浪费, 且废弃后的塑料瓶回收处理较困难。

目前, 我国农村主要采取家庭联产承包的生产方式, 每家每户的耕地面积较小, 每次需要使用的农药较少, 农民都希望能购买到小容量包装的液体农药^[4]。然而, 市场上出售的农药以大容量包装为主, 一般一次用不完, 时间长了, 药效就会随之减弱。因此, 阻隔性能高、耐腐蚀性能好、经济方便的小容量复合膜软包装, 成为液体农药包装行业的研究热点^[5]。

1 液体农药对复合软包装的要求

液体农药主要有水剂型、悬浮剂型、乳油型3种类型。水剂型农药以水作为溶剂, 添加适宜的助剂, 将农药原药溶于水而制成。悬浮剂型农药是将农药、分散剂、润湿剂、稳定剂、消泡剂等助剂加入水中, 形成高分散性、稳定的悬浮体系。乳油型农药是将农药原药、溶剂、乳化剂、分散剂、稳定剂、助溶剂等助剂均匀分散到水中而制成的, 其中含有的有机溶剂主要有甲苯、二甲苯、二甲基甲酰胺、甲醇、异丙醇、丙酮等, 其毒性大, 腐蚀性强, 渗透性强^[6-7]。因此, 液体农药尤其是乳油型农药的包装材料, 其基材、油墨、胶黏剂均应具备较强的耐腐蚀性能。否则, 这些强腐蚀性有机溶剂将溶胀或溶解热封层, 渗透到黏合层, 使农药包装出现分层现象, 使包装上油墨糊化, 从而导致包装材料的阻隔性能降低^[8]。

液体农药中大多含有易挥发的有机溶剂, 因此, 液体农药的包装材料应具备较强的阻隔性能, 既要能阻隔环境中的氧气和水蒸气渗入包装瓶内, 又要能阻隔农药中易挥发的物质向瓶外渗出。否则, 农

药易被氧化, 易因水蒸气的渗入和易挥发物质的渗出而使其浓度减小, 药效降低^[1]。使用浓度减小或被氧化的农药, 可能导致粮食、果蔬等减产, 甚至毫无收获。

2 液体农药软包装的常用复合薄膜

液体农药软包装的材料一般为复合薄膜, 它是通过层合、挤出贴面、共挤塑等技术, 将2种或2种以上不同性能的基材结合在一起而形成的多层结构材料^{[2]235-237}。目前, 市场上用作液体农药软包装的复合膜主要有PET (poly(ethylene terephthalate))/Al/ CPP (cast polypropylene) (或PE (polyethylene)) 复合膜、PET/VMPET (polyester aluminized film)/CPP (或PE) 复合膜、含PA (polyamide (nylon)) 或EVOH (ethylene vinyl alcohol copolymer) 的PP (polypropylene)、PE多层共挤膜、PET/PVDC (poly(vinylidene chloride)) (或EVOH)/CPP (或PE) 透明复合膜4种。

2.1 PET/Al/ CPP (或PE) 复合膜

这种复合膜是液体农药包装中较常见也是使用最早的一种结构。采用这种复合膜的农药软包装通常采用里印的形式, 以便更好地保护包装上的印刷图案和文字。外层PET的机械强度较高, 耐热, 印刷性能较好; 中间层铝箔(Al)的遮光性能好, 对光和热的反射能力较强, 具有优良的阻气阻湿性能, 用于复合膜中间层时, 其厚度一般为7~15 μm, 而当厚度为9 μm时, 复合膜的阻气阻湿等性能能较好地满足包装要求; 内层采用普通或耐蒸煮的CPP或PE, 其热封性能较好^{[2]245}, 但是CPP、PE均为非极性高分子聚合物, 农药中的芳香烃、卤代烃等有机溶剂易与其发生溶胀、溶解、渗透等反应, 导致热封层受损, 而热封层受损后, 农药中的有机溶剂容易渗出, 外界空气易进入包装袋内, 时间长了, 农药的药效就会降低甚至丧失, 整个包装也会因溶胀而变形^[9]。因此, PET/Al/ CPP (或PE) 结构的复合膜, 若不对热封层进行改进, 则不适合作为含大量烷烃、芳香烃、卤代烃等有机溶剂的乳油型农药的包装材料。目前, 国内已研发出农药包装专用CPP材料, 农药软包装也将得到进一步发展。上海紫藤包装2007年推出了N-103# CPP膜, 用其制成复合包装袋, 并将它和其他CPP膜与多层共挤膜为内层材料的包装袋包装同种农药, 贮存14 d后, 发现前者无分层和小泡现象^[10], 显示了该方案的优越性。

2.2 PET/VMPET/ CPP (或PE) 复合膜

这种复合膜的遮光性能好, 光泽度高。中间层

VMPET属加强型,与普通VMPET相比,其铝层附着力较好^[11]。液体农药包装用VMPET,其铝层相对较厚,一般为40 nm。黄山永新股份有限公司研发了一种阻隔性能比普通镀铝膜高3~5倍的VMPET,其氧气透过量小于 $0.5 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot 0.1 \text{ MPa})$,水蒸气透过量小于 $0.5 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h})$,表明其能较好地阻隔水蒸气和氧气的渗透,且能在一定程度上阻止农药中某些成分光解^[12]。VMPET具有较好的阻气阻湿性能,但与其他基材复合时,因使用的胶黏剂涂布均匀性和溶剂释放性能均较差,胶黏剂中的溶剂较易渗透到铝层,使其附着力下降而脱离基膜PET^[13]。此外,VMPET复合膜制袋充填封口后,在运输、储存过程中,经历多次振动冲击,铝层的附着力也会有所降低,并且当其他条件相差较小时,铝层的附着力将随着运输距离的增大而减小^[14]。无论是复合时胶黏剂的原因,还是运输储存过程中的振动冲击,都会对VMPET的铝层附着力产生一定的负面影响,导致农药包装的阻隔性能变差,无法保证农药的质和量。因此,对于在腐蚀性能、渗透性能、保质期、储运环境和路程等方面要求不同的农药,一定选择与之相适应的VMPET。

2.3 含PA或EVOH的PP,PE多层共挤膜

普通的PP,PE对苯、二甲苯等有机溶剂的耐腐蚀性能不强,如长时间接触会发生溶胀、溶解和分层现象。为了满足大多数农药包装的要求,含PA或EVOH的PP,PE多层共挤膜应运而生,它大大提高了内层的阻隔性能^[15],但是由于PP,PE均为非极性高分子聚合物,与极性的PA和EVOH的相容性较差,共挤时是通过黏结性树脂将两者黏结起来的。用于农药包装的共挤膜,所用黏结性树脂的性能不同于食品、药品等包装共挤膜的黏结性树脂,它必须具有较好的耐溶剂性能,否则,随着时间的延长和温度的作用,共挤膜可能出现分层现象,因此,建议使用以耐溶剂性能好、耐腐蚀性能强的丙烯基为主体的黏结性树脂。刘希文等研究了相同厚度的PE/PA/PE和PE/EVOH/PE共挤膜的耐溶剂性能,结果表明,PE/PA/PE共挤膜的耐甲苯有机溶剂性能较好,PE/EVOH/PE共挤膜的耐煤油有机溶剂性能较好^[1]。因此,复合膜内层应根据内装物的特性选择合适的阻隔层:包装含煤油的农药,选择含PA的PP,PE多层共挤膜;包装含苯、甲苯、二甲苯、二甲基甲酰胺等有机溶剂的农药,选择含EVOH的共挤膜。对于腐蚀性能和渗透性能相对较低、保质期相对较短的农药,若内层采用以PA或EVOH为阻隔层的CPP或PE共挤膜,其中间层除了选用铝箔外,也可选用

VMPET,外层可以选择厚度为 $12 \mu\text{m}$ 的双向拉伸聚酯薄膜或 $15 \mu\text{m}$ 的双向拉伸尼龙薄膜。

2.4 PET/PVDC(或EVOH)/CPP(或PE)透明复合膜

市场上有一种透明的液体农药包装袋,消费者透过包装袋能看到液体农药,这样可避免使用因物理性质发生变化而变质的农药。这种透明包装袋外层为PET,中间层为阻隔性能优良的PVDC或EVOH,内层采用以EVOH为阻隔层的CPP或PE共挤膜^[16]。这种复合膜的耐渗透性能较好,能有效地防止液体农药中的甲苯、二甲苯、卤代烃等有机溶剂向外渗透。

需要注意的是,包装含有甲苯、二甲苯、环己酮、丁酮、丙酮、醇类等溶剂的液体农药用薄膜袋,无论采用何种复合膜,在 $60 \text{ }^\circ\text{C}$ 条件下放置1~2周或 $50 \text{ }^\circ\text{C}$ 条件下放置2~4周后,包装袋必须无分层、起皱、泡点、渗漏等现象,质量变化率小于0.5%,内层的剥离力在 0.37 N/mm 以上。否则,液体农药很可能会变质或减少质量。

3 液体农药软包装常用的胶黏剂

以上所述的这些用作液体农药包装的复合膜,主要是采用干式复合法而制得的,复合膜各层之间必须用胶黏剂黏结起来。因此,胶黏剂的质量在液体农药包装中具有重要作用。

液体农药软包装常用的胶黏剂为聚氨酯胶黏剂,它通常是由聚醚、聚酯等多元醇化合物与多官能异氰酸酯反应,或胺类与异氰酸基预聚物反应而制得,其结构中含有氨基甲酸酯基团($-\text{NHCOO}-$)和异氰酸酯基团($-\text{NCO}$),对许多材料都具有较好的黏附力^[17-18]。黄山永新股份有限公司研发了一款耐溶剂复合型PU胶黏剂,其结构上不仅含极性氨基甲酸酯,还引入了增加胶黏剂耐化学性能的环氧基和增加胶黏剂与VMPET附着力的硅烷异氰基^[15]。

液体农药具有强腐蚀性及强渗透性特征,这要求其包装使用的胶黏剂必须具有较好的耐腐蚀性能。20世纪,我国液体农药包装用的聚氨酯胶黏剂大多是进口的,直到1999年,上海烈银化工有限公司才研发出并向市场供应液体农药包装用的胶黏剂。现在,该公司研发的LY-50VR/LY-50VRH和LY-50VN/LY-50VNH聚氨酯胶黏剂,性能稳定,适合大部分液体农药包装。2006年,上海紫江彩印包装公司将国产胶LY-50VR/LY-50VRH与2种进口胶用于PET/VMPET/CPP(XRC-18)复合膜的复合,再制袋充填相同的农药,在 $60 \text{ }^\circ\text{C}$ 条件下贮存14 d。结果表明:用国产胶复合制得的农药包装袋,其剥离力较大,表

面麻点轻,无小泡^[10,19]。此外,北京高盟化工有限公司研发的YH3640A/YH3640B双组份聚氨酯胶黏剂,其性能与进口胶相差无几,耐腐蚀性能及稳定性能等均较好,为目前液体农药包装常用的胶黏剂。然而,许多国产胶黏剂还是很难满足含甲醇等有机溶剂型液体农药的包装要求,这也是目前液体农药包装用胶黏剂亟待解决的一个难题^[10]。

4 液体农药软包装废弃物的处理

据上海农业网报道,2010年10月至2011年5月,江苏省怀安县被调查的881户人家,共废弃了23 937个农药塑料包装袋,废弃率为100%。其中,42.99%的包装袋被丢弃在垃圾箱(垃圾场或垃圾堆)内,被丢弃在田边、渠沟和河道等场所的分别占29.12%,21.58%和4.27%,自行带回处理的占2.05%。据统计,2011年,海南省农药使用量大约为22 000 t(制剂),1 t农药产生的农药包装废弃物约50 kg,其中,超过80%的农药包装废弃物是难降解的铝箔袋和塑料瓶。据中国农村信息网报道,2009年,我国产生的农药包装废弃袋约为32亿个,约1.5万t^[20-21]。

目前,液体农药包装废弃物的处理方式主要有2种:一是将包装废弃袋随意丢弃;二是将包装废弃物集中起来填埋、焚烧。2种处理方式都会造成较大的危害:1)由于大部分农药包装袋很难降解,填埋和随意丢弃容易造成土壤板结,影响农作物的生长;埋在土壤里的废弃物,不仅带来视觉污染,刮风时还易产生扬尘,影响空气质量。2)焚烧易污染空气,并且残留在包装袋上的农药挥发到空气中或流入江河湖海中,会造成空气污染和水污染,有些甚至通过水产品进入人体内,对人类健康造成危害^[20]。

农药包装废弃物是农业生产中不可避免的,为了尽可能减轻其带来的危害,必须采取相应措施,如出台相应的法律法规,进行广泛宣传,提高广大农民的环保意识;另外,政府应加强管理,建立农药包装废弃物回收机制^[22]。同时,应积极研发新型农药包装材料,从源头上减少或杜绝废弃物的产生,这也是处理农药废弃物最根本、有效的措施。

5 液体农药软包装的发展趋势

对于液体农药而言,复合膜软包装经济、实用、方便,且能实现小容量的包装要求,但绝大多数液体农药软包装废弃物难降解,对环境污染较大,且一定程度上会危害人类及其他生物的健康。因此,液体农药软包装材料必须朝绿色、环保方向发展:

1)研发可降解材料。可降解材料的使用可使液体农药包装废弃物在一定时间内降解,变成水、二氧化碳等物质,能减少对环境的污染。

2)研发并推广水溶性包装膜。水溶性膜在常温下即可溶解于水,用作液体农药包装,在使用时只需将农药及包装一起溶于水中,既安全又环保^[23]。目前,用于液体农药包装的水溶性膜主要是聚乙烯醇,在日本、欧美等发达国家已广泛被应用于农药、化肥等有毒物品的包装,但在国内,水溶性膜的研发和推广还有待加强。

在液体农药的包装中,尽管复合膜软包装还存在较多问题,但与塑料瓶、玻璃瓶包装相比,仍具有不可比拟的优点:成本较低,储运方便,能最大限度地满足农民对液体农药小容量的包装要求。因此,采用安全、环保、方便的复合膜是液体农药包装发展的趋势。

参考文献:

- [1] 刘希文,杨中文,陈兴华.液体农药包装复合膜结构设计研究[J].塑料制造,2007(9):118-125.
Liu Xiwen, Yang Zhongwen, Chen Xinghua. Study on Structure Design of the Composite Film for Liquid Pesticides Package[J]. Plastics Manufacture, 2007(9): 118-125.
- [2] 刘喜生.包装材料学[M].长春:吉林大学出版社,2004.
Liu Xisheng. Packaging Materials[M]. Changchun: Jilin University Publishing House, 2004.
- [3] 徐研,吴国林,沈炜,等.农药制剂包装新技术[J].世界农药,2008,30(1):40-44.
Xu Yan, Wu Guolin, Shen Wei, et al. New Packaging Technology of Pesticide Formulations[J]. World Pesticide, 2008, 30(1): 40-44.
- [4] 丁立威.农民对农药包装的新要求[J].山西农业:致富科技,2006(7):27.
Ding Liwei. Farmers' New Requirements to Pesticide Packaging[J]. Shanxi Agriculture: Science and Technology to Become Rich, 2006(7): 27.
- [5] 王晖.农药采用塑料包装渐成主流[J].工程塑料应用,2004,32(5):35.
Wang Hui. Using Plastic Materials Have Become Main Trend of Pesticide Packaging[J]. Engineering Plastic Application, 2004, 32(5): 35.
- [6] 沈峰.液体农药包装应用技术研究[C]//中国包装联合会塑料包装委员会国内外塑料包装材料新技术研讨会论文集.桂林:中国塑料包装联合会,2005:96-100.
Shen Feng. Study on Application and Technology of Liquid Pesticide Package[C]//Collected Papers of Plastic Packaging Committee of China Packaging Federation International

- Plastic Package Material and New Technology Conference. Guilin: China Plastic Packaging Federation, 2005: 96-100.
- [7] 张烈银. 农药软包装袋的质量问题[C]//中国包装联合会塑料包装委员会国内外塑料包装材料新技术研讨会论文集. 桂林: 中国塑料包装联合会, 2005: 102-105.
- Zhang Lieyin. Quality Issues of Pesticide Flexible Bags[C]//Collected Papers of Plastic Packaging Committee of China Packaging Federation International Plastic Package Material and New Technology Conference. Guilin: China Plastic Packaging Federation, 2005: 102-105.
- [8] 龚晓燕. 简述农药包装[C]//塑料包装材料技术发展研讨推广会暨塑料包装委员会第六届第三次年会论文集. 汕头: 中国包装技术协会, 2004: 154-155.
- Gong Xiaoyan. Pesticide Package[C]//Collected Papers of Plastic Package Material Technology Development & the Third Time of Sixth Annual Conference of Plastic Package Committee. Shantou: China Packaging Technology Association, 2004: 154-155.
- [9] 周本新. 关于农药制剂中有机溶剂的毒性与环保性[J]. 农药市场信息, 2010(23): 17.
- Zhou Benxin. Toxicity and Environmental Protection of Organic Solvent in Pesticide Formulation[J]. Pesticide Market News, 2010(23): 17.
- [10] 万敏辉, 张烈银. 高质量农药软包装复合袋的制造技术[J]. 塑料包装, 2008, 18(4): 15-22.
- Wan Minhui, Zhang Lieyin. Manufacturing Technology of High Quality Pesticide Composite Flexible Bag[J]. Plastic Packaging, 2008, 18(4): 15-22.
- [11] 王畅, 陈亚慈. 真空镀铝双向拉伸聚酯薄膜的应用与发展[J]. 塑料制造, 2002, 12(2): 27-28.
- Wang Chang, Chen Yaci. The Application and Development of Vacuum Metallizing Biaxially Oriented Polyester[J]. Plastics Manufacture, 2002, 12(2): 27-28.
- [12] 陈旭. 浅谈农药包装的发展趋势[J]. 出口商品包装软包装, 2003(5): 37-38.
- Chen Xu. Talking about the Development Trend of Pesticide Packaging[J]. Export Commodities Packaging: Flexible Package, 2003(5): 37-38.
- [13] 陈全东. 软包装干式复合镀铝膜常见故障及排除[J]. 印刷技术, 2003(18): 47-48.
- Chen Quandong. Common Faults and Elimination of Dry Laminated Vacuum Metallizing Film in Flexible Packaging[J]. Printing Technology, 2003(18): 47-48.
- [14] Gilles Doyon, Alain Clement. Canadian Bag-In-Box Wine under Distribution Channel Abuse: Material Fatigue, Flexing Simulation Total Closure/Spout Leakage Investigation[J]. Packaging Technology and Science, 2005(18): 97-106.
- [15] 黄山永新股份有限公司. 农药软包装袋: 中国, 200320120785.3[P]. 2005-01-19.
- Huangshan Novel Corporation Limited. Flexible Pouch Used in Pesticide Package: China, 200320120785.3[P]. 2005-01-19.
- [16] 江苏龙灯化学有限公司. 农药透明软包装袋: 中国, 201020173103.5[P]. 2011-03-02.
- Jiangsu Rotam Chemistry Corporation Limited. Transparent and Flexible Pouch Used in Pesticide Package: China, 201020173103.5[P]. 2011-03-02.
- [17] 陆冬贞, 孙杰. 我国聚氨酯胶黏剂的现状和趋势[J]. 中国胶粘剂, 2004, 13(6): 37-42.
- Lu Dongzhen, Sun Jie. The Current Situation and Trend of Polyurethane Adhesive in China[J]. China Adhesives, 2004, 13(6): 37-42.
- [18] 李伟, 姚晓宁, 周建民. 介绍几种复合膜用聚氨酯胶黏剂[J]. 中国印刷物资商情, 2005(7): 16-17.
- Li Wei, Yao Xiaoning, Zhou Jianmin. Introducing Several Polyurethane Adhesives for Composite Film[J]. China Printing Materials Market, 2005(7): 16-17.
- [19] 张烈银. 复合包装用聚氨酯胶黏剂现状与发展趋势[J]. 中国印刷物资商情, 2005(5): 10-13.
- Zhang Lieyin. Current Situation and Development Trend of PU Adhesives Used in Composite Packaging[J]. China Printing Materials Market, 2005(5): 10-13.
- [20] 刘雪梅. 新农村建设中农药包装物处理现状及解决方法[J]. 江苏农业科学, 2010(2): 368-369.
- Liu Xuemei. Current Disposal Situation and Solution of Pesticide Packaging in the Process of New Rural Construction[J]. Jiangsu Agriculture Science, 2010(2): 368-369.
- [21] 吴琼, 夏忠敏, 邵昌余. 农药包装废弃物处理现状及治理对策[J]. 农药科学与管理, 2011, 32(3): 17-19.
- Wu Qiong, Xia Zhongmin, Shao Changyu. Current Disposal Situation and Treatment Measures of Pesticide Packaging Waste[J]. Pesticide Science and Administration, 2011, 32(3): 17-19.
- [22] 邹坤. 论农药包装废弃物对环境的影响及对策[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(15): 9177-9178.
- Zou Kun. Effect on the Environment of Pesticide Packaging Waste and Countermeasures[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2011, 39(15): 9177-9178.
- [23] 孙耀强, 韩永生. 浅谈食品包装的绿色化发展[J]. 中国包装, 2004, 24(6): 51-53.
- Sun Yaoqiang, Han Yongsheng. Talking about Green Development of Food Packaging[J]. China Packaging, 2004, 24(6): 51-53.

(责任编辑: 徐海燕)