

苕基淀粉醚与烷基多糖苷复配制备氰氟草酯水乳剂

商建 杨凯凯 刘峰*

(山东农业大学农药毒理与应用技术省级重点实验室 泰安 271018)

摘要 以苕基淀粉醚与烷基多糖苷复配为乳化剂,油酸甲酯为溶剂,采用浓缩乳化法制备了高度稳定的10%氰氟草酯水乳剂。分析了苕基淀粉醚的红外和紫外特征图谱。采用正交试验设计,通过测定乳滴粒径分布,结合乳液外观,研究了乳化方法、预处理液中苕基淀粉醚与烷基多糖苷质量分数、转速和剪切时间等工艺条件对乳液稳定性的影响。结果表明,苕基淀粉醚与原淀粉相比,在红外、紫外光照射下出现了苯甲基的特征吸收峰。以苕基淀粉醚与烷基多糖苷质量比3:2复配为乳化剂、质量分数9%油酸甲酯为溶剂制备的10%氰氟草酯水乳剂,乳滴平均粒径在1.02 μm 左右,且经 $(54 \pm 2)^\circ\text{C}$ 密封14 d加速试验和常温储存6个月后,平均粒径仅增长0.1~0.6 μm ,析水率为2.7%,均优于用常规乳化剂和溶剂制备的10%氰氟草酯水乳剂。因此,苕基淀粉醚与烷基多糖苷以及油酸甲酯可作为备选乳化剂和溶剂,用于环境相容性好的农药剂型加工。

关键词 氰氟草酯,水乳剂,苕基淀粉醚,烷基多糖苷,油酸甲酯

中图分类号:O648

文献标识码:A

文章编号:1000-0518(2013)09-1048-06

DOI:10.3724/SP.J.1095.2013.20535

农药水乳剂以其低廉的成本、良好的环境相容性等优点成为农药新剂型发展的主要方向。农药水乳剂平均粒径为0.1~10 μm ,属于热力学不稳定体系,配方及制备工艺的优劣对制剂贮存稳定性及应用效果影响很大^[1]。芳烃类溶剂(如二甲苯、甲苯等)因其对农药原药较好的溶解性能和化学惰性而广泛应用于农药水乳剂型。但该类溶剂毒性较大,容易被水生生物吸收,是水体污染物报道中最为频繁的烃类化合物^[2]。烷基酚聚氧乙烯醚(APEO)、聚氧乙烯聚氧丙烯(—EO-PO—)等非离子表面活性物质是目前制备农药水乳剂型常用的乳化剂,但其本身或其降解物质是潜在内分泌干扰化合物^[3],对水生生物的影响大,环境相容性差,其应用逐步被限制^[4]。

氰氟草酯属于芳氧苯氧基丙酸酯类选择性除草剂,对防治水稻田的千金子、稗草有较好的防效,应用广泛^[5-6]。因其直接与水循环接触,故对其环境行为及对水生生物的影响研究较多^[7]。在田间条件下,因其降解较快,所以对两栖生物的风险水平较低^[8]。氰氟草酯原药的熔点(48°C)较低,乳油和水乳剂是其常规剂型。乳油的环境相容性较差,正逐步被取代。氰氟草酯水乳剂中使用芳烃类溶剂,表面活性物质烷基酚聚氧乙烯醚(APEO)等用量较大,对水生生物的安全存在着隐患,因此亟待寻找环境相容性好、对水生生物安全的替代助剂。

油酸甲酯(methyl oleate)是甲酯化植物油类助剂的主要成分之一,来源于植物,生物降解性能好和毒性低,对作物安全性高,近年来已成为除草剂助剂开发的热点^[9]。烷基多糖苷作为一种新型非离子表面活性剂兼具非离子表面活性剂和阴离子表面活性剂的许多特性,且易于生物降解,环境污染小,已有将其作为农药助剂的研究^[10]报道。张源等^[11]采用辛烯基琥珀酸酯化淀粉制备了2.5%高效氰氟草酯水乳剂,并探索了体系稳定性的机制,将辛烯基琥珀酸酯化变性淀粉作为乳化剂用于农药剂型的加工中。作为醚化变性淀粉的苕基淀粉醚与原淀粉相比,由于苕基的引入增加了淀粉的亲油性,从而使其具有作为表面活性物质的潜力,已被用作或推荐作为铸件造型粉、丙烯酸树脂添加剂、洗涤剂成分、黏附剂和纺织整理中的乳化剂^[12],以及作为制备挥发油脲甲醛微型胶囊(直径1 μm)的乳化剂^[13],但尚无在农药剂型加工中应用的报道。

本文利用环境相容性好的烷基多糖苷、苕基淀粉醚作为乳化剂,油酸甲酯为溶剂制备了 10% 氰氟草酯水乳剂,评价了其协同应用效果,为探索降低农药制剂对环境污染的新途径提供了依据。

1 实验部分

1.1 仪器和试剂

B25 型高剪切分散乳化均质机(德国 BRT);Winner2000 型激光粒度分析仪(济南微纳仪器有限公司);Sartorius A200S-F₁型分析天平(德国 Sartorius 公司);IRPrestige-21 型傅里叶变换红外光谱仪(日本岛津),KBr 压片法;UV-2450 型紫外分光光度仪(日本岛津),取 0.10 g 苕基淀粉醚盐酸水解液为测试样品,波长范围 200 ~ 375 nm。

98% 氰氟草酯原药(江苏南通泰禾化工有限公司);苕基淀粉醚(中国科学院化学研究所)^[14],取代度 0.05。烷基多糖苷(APG,石家庄市金莫尔化学品有限公司),平均聚合度 1.2,粘度 1 Pa·s;油酸甲酯(天津基准化学试剂有限公司);二甲苯,37% 盐酸溶液(天津凯通化学试剂有限公司),以上试剂均为分析纯。蓖麻油聚氧乙烯醚(EL-20,上海天坛助剂有限公司);烷基酚聚氧乙烯醚(TX-10,江苏省海安石油化工厂)。去离子水为本校试验中心制备。

1.2 样品制备

取原药 10.20 g 溶解于 8.00 g 油酸甲酯组成油相。另配一定比例的苕基淀粉醚及烷基多糖苷构成水相,调节水相的质量为 81.80 g。

1.3 乳化方法筛选

按照 1.2 节中的比例制备乳状液。固定乳化剂总质量分数为 8%,苕基淀粉醚与烷基多糖苷的质量比为 3:2,剪切速率为 13000 r/min,剪切的总时间为 2 min。

直接乳化法:在一定剪切条件下 2 min 内将水相缓慢加入油相。

浓缩乳化法:先用一部分水制备苕基淀粉醚和烷基多糖苷质量分数为 10%、15%、25%、35% 和 45% 水相预处理液,加入油相初剪切 1 min,再用余水稀释至 100 g,均质 1 min。

相同条件下,采用目前常用的乳化剂、溶剂,采用直接乳化方法制备 10% 氰氟草酯常规水乳剂。氰氟草酯原药 10.20 g,二甲苯 8.00 g,常规氢化蓖麻油聚氧乙烯醚(EL-20)3 g,烷基酚聚氧乙烯醚(TX-10)1 g,去离子水补足 100 g。

1.4 粒度测定

用跨距(Span)来描述油滴粒径分布:跨距越小,分布越窄,表明粒径分布越均匀,体系稳定性越好^[15],其计算式如下:

$$\text{跨距(Span)} = (D_{90} - D_{50}) / D_{50}$$

式中,粒度分布参数 D_{90} 表示样品中小于该粒度的油滴数量占该样品中油滴总数量的 90%, D_{50} 为平均粒径。

1.5 物理稳定性测试

分别在加速实验条件(54 ± 2) °C 密封 14 d、常温条件(25 °C 密封 6 个月)贮存样品以及存储之前 25 °C 制备第 1 d 时,观察样品并且测定析水率^[16]。测定平均粒径 D_{50} 的变化和跨距。

1.6 加工工艺参数的确定

采用正交试验设计,用 $L_{25}(5^6)$ 正交试验表,溶剂(A)质量分数分别为 6%、7%、8%、9% 和 10%,乳化剂总量(B)质量分数分别为 6%、7%、8%、9% 和 10%,苕基淀粉醚与烷基多糖苷的质量比(C)分别为 2:3、1:1、3:2、7:3 和 4:1,剪切转速(D)分别为 10000、13000、16000、19000 和 22000 r/min,采用浓缩乳化方法改变初剪时间(E),分别设定为 0.5、1.0、1.5、2.0 和 2.5 min。

2 结果与讨论

2.1 苕基淀粉醚的结构表征

2.1.1 苕基淀粉醚的红外光谱 图 1 为原淀粉与苕基淀粉醚的红外光谱图。苕基淀粉醚红外光谱出

现了一些新的吸收峰,苯环的特征吸收峰。淀粉分子中含有大量的羟基(—OH),由于其特殊的右旋空间结构^[17]使其内部含有大量由羟基构成的氢键,苄基淀粉醚取代度低,对这些氢键的影响比较小,因此淀粉分子和苄基淀粉醚在 3327 cm⁻¹处有强宽的吸收峰。但是苄基淀粉醚在 1600、1580、1540 和 1450 cm⁻¹处出现了淀粉分子上未见的苯环骨架振动吸收峰,且峰形较窄,强度较大。这些峰为苯环的特征吸收峰。同时,在小于 1000 cm⁻¹的指纹区中,在波数 770 ~ 730 cm⁻¹及 710 ~ 690 cm⁻¹的范围内出现了单取代苯环上 C—H 的弯曲振动特征峰。这些特征峰的出现说明在淀粉分子上成功引进了苯环^[18]。

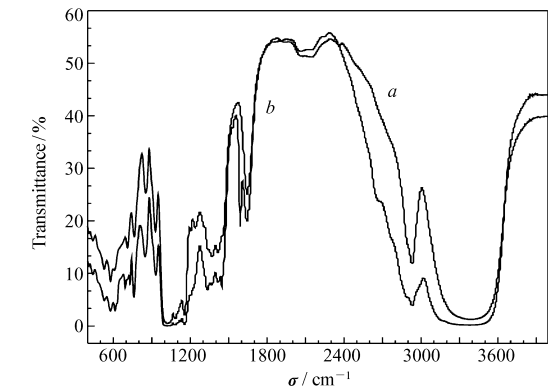


图 1 原淀粉(a)与苄基淀粉醚(b)的红外光谱图
Fig.1 Infrared spectra of raw starch(a) and benzyl starch ether(b)

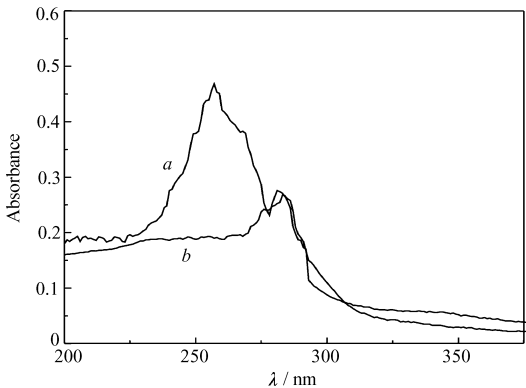


图 2 苄基淀粉醚(a)与淀粉(b)酸解液紫外光谱全扫描
Fig.2 Ultraviolet spectra of benzyl starch ether(a) and starch(b) acid hydrolysis solution

2.1.2 苄基淀粉醚紫外光谱吸收 图 2 为淀粉和苄基淀粉醚酸解溶液的紫外全扫描图。从图 2 可以看出,苄基淀粉醚在 257 及 283 nm 有吸收峰,257 nm 处的吸收峰为苯环的特征吸收峰,283 nm 为淀粉水解后糖苷键还原性末端醛基的吸收峰^[19-20]。

2.2 不同乳化制备方法对乳液稳定体系的影响

表 1 列出了不同乳化方法制备 10% 氰氟草酯水乳剂平均粒径及跨距的比较。浓缩乳化法分别设置了 5 个不同质量浓度的预处理液。

表 1 乳化方式对氰氟草酯水乳剂稳定性的影响

Table 1 Influence of emulsion preparation on the stability of cyhalofop-butyl emulsions

Emulsification method			Before storage		(54 ± 2) °C for 14 days		25 °C for 6 months	
			Mean diameter/μm	Span	Mean diameter/μm	Span	Mean diameter/μm	Span
Direct emulsion method			5.63	1.63	6.77	1.82	6.63	1.79
Concentrated emulsion method ^a	<i>w</i> (pretreated liquid)/%	15	5.17	1.52	6.03	1.77	6.17	1.66
		20	4.08	1.33	5.07	1.44	4.99	1.39
		25	2.77	1.22	3.14	1.29	2.98	1.27
		30	2.82	1.3	3.32	1.45	3.17	1.56
		35	3.99	1.89	4.29	2.13	4.54	2.35
		40	4.12	2.13	5.76	3.23	5.87	3.17

a. cyhalofop-butyl oil-in-water emulsion.

从表 1 可以看出,预处理液质量分数低于 35% 时浓缩乳化方法制备的 10% 氰氟草酯水乳剂平均粒径小于直接乳化法制备的乳状液,同时跨距小,乳状液的均一性好,热贮 14 d 及常温贮存 6 个月后乳液的稳定性强。

根据油滴变形理论^[21-22],在稳定的剪切流场中,油滴的变形可由参数 C_a (粘性力和界面张力的比值,又称毛细管数) 来表征,只有当 C_a 超过某一临界值时,油滴才发生破裂。

$$C_a = 2\mu_c rd / \sigma$$

式中, μ_c 为连续相粘度 (Pa·s), r 为剪切率 (s^{-1}), σ 为油水界面张力 (mN/m), d 为油滴粒径 (m)。

连续相粘度越大, 越有利于油滴破裂为更小的油滴, 制得的乳液油滴平均粒径越小。浓缩乳化法的高粘度条件使得油滴破裂增强, 因此浓缩乳化法更有利于获得粒径较小、均一, 并具有良好物理稳定性的氰氟草酯水乳剂。

2.3 不同质量分数的预处理液对制剂稳定性的影响

从图 3 可以看出, 采用预处理液质量分数为 25% ~ 30% 的浓缩乳化法, 平均粒径在热储 14 d 及常温贮存 6 个月后变化较小, 跨距变化不大。当预处理液质量分数大于 30% 时, 由于其粘度增大, 剪切困难, 剪切效率较低, 导致平均粒径及跨距增大, 乳状液稳定性差。采用预处理液浓度为 25% 浓缩乳化法制备的乳状液, 稳定性最好。

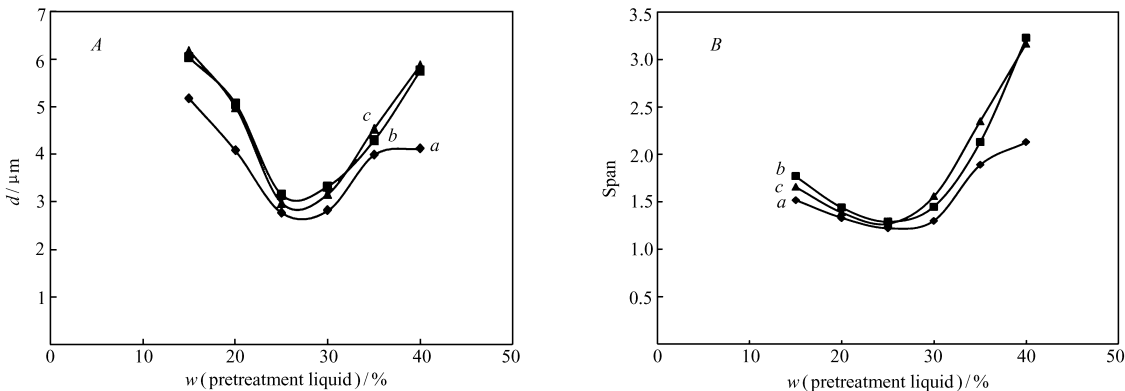


图 3 平均粒径(A)和跨距(B)随预处理液质量分数的变化曲线

Fig.3 Change curves of droplet diameters(A) and span(B) of cyhalofop-butyl emulsions with mass fraction of pretreated fluid

a. before storage; b. (54 ± 2) °C for 14 days; c. 25 °C for 6 months

2.4 溶剂、乳化剂总用量、苕基淀粉醚与烷基多糖苷比例、剪切速率、剪切时间对制剂制备的影响

正交试验结果表明, 对 25 °C 制备 1 d 的水乳剂平均粒径 (D_{50}) 及跨距 (Span) 影响最大的是苕基淀粉醚与烷基多糖苷的比例; 其次是乳化剂的用量和剪切速率; 溶剂用量和剪切时间的影响最小。

由正交试验和极差分析得到制备 10% 氰氟草酯水乳剂较好的条件是: A: 9% 油酸甲酯, 10% 乳化剂用量, 苕基淀粉醚与烷基多糖苷质量比 3:2, 剪切速率 19000 r/min, 预处理液剪切时间为 2 min; B: 9% 油酸甲酯, 6% 乳化剂用量, 苕基淀粉醚与烷基多糖苷质量之比为 3:2, 剪切速率为 22000 r/min, 预处理液剪切时间为 0.5 min。

表 2 列出了优选组合和常规溶剂、乳化剂乳液稳定性的比较, 组合 B 的乳液的稳定性高, 表现为乳液粒径变化小, 跨距分布窄, 乳液的均一性好。苕基淀粉醚与烷基多糖苷比例相同的情况下, 乳化剂总量低的组合 B 表现出更好的贮存稳定性。苕基淀粉醚与烷基多糖苷表现出良好的协同作用。

表 2 优选组合的氰氟草酯乳液稳定性比较

Table 2 Optimized combination of cyhalofop-butyl emulsions stability

Selected combinations	Before storage		(54 ± 2) °C for 14 days			25 °C for 6 months		
	The mean droplet diameters/μm	Span	The mean droplet diameters/μm	Span	The water separating proportion/%	The mean droplet diameters/μm	Span	The water separating proportion/%
A	2.01	0.39	2.17	1.56	7.3	2.26	1.77	8.5
B	1.02	0.42	1.11	0.83	2.1	1.62	0.97	2.7
Conventional solvent, emulsifier	1.36	0.96	2.35	1.46	4.3	3.23	1.96	5.4

组合 A 总乳化剂含量较高, 单一组分烷基多糖苷和苕基淀粉醚的含量较高, 定向的聚集到油水界面膜, 迅速降低油水界面张力, 有利于水乳剂的制备, 即使在较低的剪切速率下 (19000 r/min) 也形成了

良好的乳液。但制剂的贮存稳定性较差,可能是低分子量的烷基多糖苷迅速降低界面张力所致。在组合 A 与组合 B 中,2 种乳化剂的比例相同,但组合 A 的乳化剂总量(10%)高于组合 B(6%),即组合 A 中苕基淀粉醚的含量较高,在连续相中的苕基淀粉醚与界面膜上的苕基淀粉醚形成“桥联”结构,形成了絮凝,从而使体系的稳定性变差^[23]。

通过与常规乳化剂、10% 氰氟草酯水乳剂比较可以看出,由组合 B 制备的 10% 氰氟草酯水乳剂在粒径及乳液稳定性上均有比较突出的优势。经过热贮存与常温贮存后,Span 的变化幅度均小于常规农药助剂制备的水乳剂。

3 结 论

将苕基淀粉醚与烷基多糖苷以质量比 3:2 复配为乳化剂,总乳化剂用量 6%,采用浓缩乳化法,预处理液浓度为 25%,剪切转速为 22000 r/min,预剪切时间 0.5 min,9% 油酸甲酯为溶剂,替代常规乳化剂与溶剂,能够制备得到乳液稳定性高的 10% 氰氟草酯水乳剂。与常规方法相比,可以减轻农药加工和使用带来的环境污染。

致谢:感谢中国科学院化学所王才老师实验室为本试验提供苕基纳米淀粉。

参 考 文 献

- [1] Shi Y L,Zheng T,Shang Q. Preparation of Acrylic/Acrylate Copolymeric Surfactants by Emulsion Polymerization Used in Pesticide Oil-in-Water Emulsions[J]. *J Appl Polym Sci*,2012,**123**:3117-3127.
- [2] Farhadian M,Vachelard C,Duchez D,*et al.* In Situ Bioremediation of Monoaromatic Pollutants in Ground Water[J]. *Bioresour Technol*,2008,**99**(13):5296-5308.
- [3] Falconer Ian R. Are Endocrine Disrupting Compounds a Health Risk in Drinking Water[J]. *Public Health*,2006,**3**(2):180-184.
- [4] Staples C A,Weeks J,Hall J F,*et al.* Evaluation of Aquatic Toxicity and Bioaccumulation of C8 and C9 Alkyl Phenol Ethoxylates[J]. *Environ Toxicol Chem*,1998,**17**(2):2470-2480.
- [5] Ruiz-santaella J R,Heredia A,Prado R. Basis of Selective of Cyhalofop-butyl in *Oryza Sativa* L[J]. *Planta*,2006,**223**:191-199.
- [6] Shibayama H. Weeds and Weed Management in Rice Production in Japan[J]. *Weed Biol Manage*,2001,(1):53-60.
- [7] Pinna M V,Pusino A. Direct and Indirect Photolysis of Cyhalofop in Aqueous Systems[J]. *Chemosphere*,2011,(82):817-821.
- [8] WU Changxing,ZHAO Xueping,WU Shenggan,*et al.* Toxicity and Risk of Herbicide Cyhalofop-butyl on *Rana limnocharis* [J]. *Acta Agric Zhejiangensis*,2011,**23**(4):771-775(in Chinese).
吴长兴,赵学平,吴声敢,等. 氰氟草酯对泽蛙蝌蚪毒性及风险[J]. 浙江农业学报,2011,**23**(4):771-775.
- [9] LU Mei,WANG Jinxin,LIAN Yuzhu,*et al.* Synergism of Methyl Oleate Adjuvant Herbicides and Its Safety on Soybean at Seeding[J]. *J Shandong Agric Univ*(Nat Sci Edn),2006,**37**(1):31-34(in Chinese).
鲁梅,王金信,连玉朱,等. 油酸甲酯助剂对除草剂增效作用及其对大豆苗期安全性测定[J]. 山农农业大学学报(自然科学版),2006,**37**(1):31-34.
- [10] Abribat B,Ponthierry S B,Lachut F,*et al.* Microemulsions as Adjuvants for Agricultural Chemicals;US,8138120B2[P],2009-07-12.
- [11] ZHANG Yuan,SHANG Jian,ZHANG Xiaobing,*et al.* Stability Mechanism of Lambda-Cyhalothrin O/W Emulsion Prepared with Esterified Starch as Emulsifier[J]. *Chinese J Appl Chem*,2012,**29**(3):332-339(in Chinese).
张源,商建,张小兵,等. 酯化淀粉乳化剂制备的高效氯氟氰菊酯 O/W 乳液的稳定机制[J]. 应用化学,2012,**29**(3):332-339.
- [12] Cho K Y,Lim S T. Preparation and Properties of Benzyl Corn Starches[J]. *Starch*,1998,**50**(6):250-257.
- [13] BeMiller J N,Lafayette W. Starch Modification:Challenges and Prospects[J]. *Starch*,1997,**49**(4):127-131.
- [14] WANG Cai,PAN Zelin,ZHAO Ping,*et al.* Amphiphilic Starch Derivative Fine Particle and Its Preparation Method;CN,200610169763.4[P],2008-07-02(in Chinese).
王才,潘则林,赵萍,等. 双亲性淀粉衍生物微细颗粒及其制备方法:中国,200610169763.4[P],2008-07-02.
- [15] LU Bin,WU Wei. Optimization of Preparation of Dexamethasone Acetate-Loaded Poly(D,L-lactide) Microspheres by Central Composite Design[J]. *Acta Pharm Sin*,1999,**34**(5):387-391(in Chinese).
陆彬,吴伟. 中心多点等距设计法优化醋酸地塞米松聚丙交酯微球的制备工艺[J]. 药学报,1999,**34**(5):387-

391.

- [16] GUO Wuli. Liquid Formulation[M]. Beijing:Chemical Industry Press,2003:90-100(in Chinese).
郭武棣. 液体制剂[M]. 北京:化学工业出版社,2003:90-100.
- [17] ZHANG Yanping. The Manufacture and Application of Modified Starch[M]. Beijing:Chemical Industry Press,2007:190-200(in Chinese).
张燕萍. 变性淀粉的制造与应用[M]. 北京:化学工业出版社,2007:190-200.
- [18] Heinze T, Rensing S, Koschella A. Starch Derivatives of High Degree of Functionalization;13. Novel Amphiphilic Starch Products[J]. *Starch*,2007,**59**:199-207.
- [19] XIA Tingting, TANG Yanfeng, DING Yinyu. A New UV-Spectrophotometric Method for the Determination of Substitution Degree of Benzyl Starch[J]. *J Nantong Univ*(Nat Sci Edn),2010,**9**(4):36-38(in Chinese).
夏婷婷, 汤艳峰, 丁欣宇. 紫外分光光度法测定苕基淀粉苕基取代度的新方法[J]. 南通大学学报(自然科学版), 2010,**9**(4):36-38.
- [20] Bohrisch J, Vorwerg W, Radosta S. Development of Hydrophobic Starch[J]. *Starch*,2004,**56**(7):322-329.
- [21] ZHANG Hongguang, DONG Shouping, JIANG Xuemei. Mechanism of Deformation and Breakup of Single Drop in a Shear or an Extensional Flow[J]. *Sci Technol Eng*,2006,**6**(24):3896-3899(in Chinese).
张红光, 董守平, 姜雪梅. 剪切或拉伸流场中油滴的变形和破裂准则[J]. 科学技术与工程,2006,**6**(24):3896-3899.
- [22] Sajjadi S. Formation of Fine Emulsions by Emulsification at High Viscosity or Low Interfacial Tension;A Comparative Study [J]. *Colloid Interface Sci A*,2007,**299**:73-78.
- [23] XUE Shiyang. Microcapsule Technology:Principle and Application[M]. Beijing:Chemical Industry Press,2006:30-45(in Chinese).
许时婴. 微胶囊技术:原理及应用[M]. 北京:化学工业出版社,2006:30-45.

Application of Benzyl Starch Ether and Alkyl Polysaccharide Glycoside as Mix-emulsifier in Preparation of Aqueous Cyhalofop-butyl Emulsion

SHANG Jian, YANG Kaikai, LIU Feng*

(Key Laboratory of Pesticide Toxicology & Application Technique,
Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

Abstract To replace the common emulsifiers and solvents, the mix-emulsifier of benzyl starch ether in combination with alkyl polyglycoside and solvent of methyl oleate were used in preparation of 10% cyhalofop-butyl aqueous emulsions. The structure of benzyl starch ether was characterized by FTIR and UV spectroscopies in case of benzyl carboxymethyl. The effects of different processing parameters, including the concentration of benzyl starch ether and alkyl polyglycoside in pretreatment fluid, rotation speed and shearing time on the stability of emulsion were studied by measuring oil droplet diameter distribution and using the orthogonal experimental design. The results demonstrate that benzyl starch ether compared with pristine starch has absorption peak of benzyl carboxymethyl. High stable emulsions can be prepared with benzyl starch ether and alkyl polyglycoside complex in 3:2 molar ratio as emulsifier and 9% methyl oleate as solvent. The mean droplet diameter of emulsions is about 1.02 μm and is increased by only 0.1 ~ 0.6 μm after storing at 25 $^{\circ}\text{C}$ for 6 months or at (54 \pm 2) $^{\circ}\text{C}$ for 14 days and the water separating proportion is only 2.7%. Cyhalofop-butyl oil-in-water emulsion prepared with benzyl starch ether, alkyl polyglycoside and methyl oleate has a better stability than the conventional emulsions. The results of this study show that benzyl starch compounding with alkyl polyglycosid and methyl oleate can be used as an alternative emulsifier and solvent for the environmentally friendly oil-in-water emulsion formulations.

Keywords cyhalofop-butyl, oil-in-water, benzyl starch, alkyl polyglycoside, methyl oleate