

分散剂萘磺酸盐甲醛缩合物对氟铃脲悬浮剂流变性的影响

庄占兴^{*1}, 路福绥², 郭雯婷¹, 崔蕊蕊¹, 范金勇¹, 刘 钰¹

(1. 山东省农药科学研究院, 山东省化学农药重点实验室, 济南 250033;

2. 山东农业大学 化学与材料科学学院, 山东 泰安 271018)

摘要: 为研究分散剂萘磺酸盐甲醛缩合物 (NNO) 对氟铃脲悬浮剂流变性的影响, 以指导该剂型的加工, 采用控制应力流变仪测定了 NNO 的用量、分子质量及氟铃脲质量分数变化等因素下制剂的流变性。结果发现: 以 NNO 为分散剂制备的氟铃脲悬浮剂的流变曲线符合 Herschel-Bulkley 流变模型; NNO 的分子质量范围和用量会影响氟铃脲悬浮剂的流变性能。在固定 NNO 质量分数为 3% 的条件下, 当氟铃脲质量分数 $\geq 20\%$ 时, 流动行为指数 (n) < 1.0 , 悬浮体系表现为“剪切变稀”的假塑性流体特征; 当氟铃脲的质量分数 $\leq 15\%$ 时, $n > 1.0$, 悬浮体系表现为“剪切增稠”的胀性流体特征。氟铃脲悬浮剂的流变参数屈服值 (τ_H) 与 NNO 和氟铃脲的相对加入量有关。当氟铃脲含量过高时, 则 NNO 不能在氟铃脲颗粒界面形成饱和吸附, 裸露的氟铃脲颗粒界面间相互搭接形成结构, 因而具有较大的屈服值; 当氟铃脲含量过低, 则多余的 NNO 可在悬浮的氟铃脲颗粒间搭接形成结构, 也使其屈服值增大。在试验条件下, NNO 的分子质量愈大, 所制备氟铃脲悬浮剂的表现黏度和屈服值愈小, 流动行为指数虽略有增加, 但均小于 1, 仍表现为假塑性特征。本研究结果表明: 相同情况下, 以萘磺酸盐甲醛缩合物 (NNO) 为分散剂制备的氟铃脲悬浮剂的屈服值和流动行为指数均高于以苯乙烯丙烯酸无规共聚物 (MOTAS) 为分散剂制备的氟铃脲悬浮剂。

关键词: 萘磺酸盐甲醛缩合物 (NNO); 氟铃脲; 悬浮剂; 流变性; 屈服值; 流动行为指数

中图分类号: TQ450.6

文献标志码: A

文章编号: 1008-7303(2017)01-0100-07

Effects of naphthyl sulfonate formaldehyde condensation dispersant on the rheological properties of hexaflumuron suspension concentrate

ZHUANG Zhanxing^{*1}, LU Fusui², GUO Wenting¹, CUI Ruirui¹, FAN Jinyong¹, LIU Yu¹

(1. Shandong Academy of Pesticide Sciences, Key Laboratory for Chemical Pesticide of Shandong Province, Ji'nan 250033, China;

2. College of Chemistry and Material Science, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, Shandong Province, China)

Abstract: In order to study the effect of naphthyl sulfonate formaldehyde condensation (NNO) on the rheological properties of hexaflumuron suspension concentrate (SC), and to facilitate its processing procedure, the rheology behavior of hexaflumuron SC prepared from with the variation of polymer dispersant NNO of different mass fractions, molecular weights and hexaflumuron mass fractions was

收稿日期: 2016-08-14; 录用日期: 2016-11-07.

作者简介: *庄占兴, 通信作者 (Author for correspondence), 男, 博士, 研究员, 主要从事农药剂型及应用技术研究工作, E-mail: zhzhx207@126.com

studied by using the control stress rheometer. The results demonstrated that the rheological curve of hexaflumuron SC, which include NNO, coincided with the Herschel-Bulkley rheological model. The range of the NNO mass fractions and dosage affected the rheology property of hexaflumuron SC. With 3.0% NNO in mass fractions, the SC was pseudoplastic fluid. The flow behavior index (n) was less than 1.0 when the concentration of hexaflumuron was higher than 20%. The SC was bulging plastic fluid when the flow behavior index was higher than 1.0, while the hexaflumuron mass fractions were less than 15%. The yield value (τ_H) of hexaflumuron SC was correlated with the relative mass fractions of NNO and hexaflumuron. When the hexaflumuron mass fraction was too high, saturated adsorption was inhibited on the surface of hexaflumuron granule. Therefore the bare hexaflumuron granule surface overlapped with each other and formed structure with higher yield value. When the hexaflumuron mass fractions were moderate, saturated adsorption was achieved on the granule surface. When the hexaflumuron mass fraction was too low, the excess NNO can form a structure between the suspended granules of hexaflumuron and increase the yield value. Under this test condition the viscosity and yield value of the hexaflumuron SC decreased with the increase of NNO molecular weight. The flow behavior index was also increased slightly, however, it was still less than 1. The properties of "shear thinning" of the pseudo-plasticity did not change, which indicated that the molecular weight of NNO and its concentration were both influential factors to the hexaflumuron SC rheology. The results showed that the yield value τ_H and flow behavior index were higher in hexaflumuron SC with dispersant NNO than that with dispersant MOTAS under the same conditions.

Keywords: naphthyl sulfonate formaldehyde condensation (NNO); hexaflumuron; suspension concentrate; rheological property; yield value; flow behavior index

农药悬浮剂属于多组分、非均相、粗分散悬浮体系, 动力学和热力学上均表现为不稳定性, 流变学上多表现为非牛顿流体性质^[1-2]。悬浮剂的分散相为水不溶性固体原药的微细颗粒, 连续相为含有不同类型表面活性剂的高分子水溶液, 其稳定性与多种因素有关^[3-6]。目前农药悬浮剂普遍存在析水、稠化、沉积及结块等贮存物理稳定性问题, 其原因与农药悬浮剂关键技术的基础理论研究不足有关^[7-8]。伍秋美等^[9-10]、Maranzano 等^[11-12]、沈娟等^[13]、顾中怡等^[14]、韩书霞等^[15]和 Faers 等^[16]众多学者认为, 建立流变性可以较好地解决悬浮剂的物理稳定性问题, 并对流变形成机制进行了解释。悬浮液在外力作用下发生形变与流动的行为称为悬浮体系的流变性质。流变性则是指一些分散体系在外力作用下, 体系的黏度或剪切应力随时间变化的一种流变现象, 是分散体系流变学研究的重要内容。良好的流变性可以使悬浮体系在静置时内部形成“网状结构”, 颗粒不易沉淀, 因而具有较好的悬浮稳定性。当施加剪切力后“网状结构”被破坏, 黏度降低, 悬浮液易于

流动, 但当其静置一段时间后黏度又可恢复, 即具有时间因素的剪切变稀现象^[16-18]。

目前, 关于药剂质量分数、聚合物分散剂质量分数及其分子质量对农药悬浮剂流变性影响的系统研究报道较少。作者曾报道了分散剂苯乙烯丙烯酸无规共聚物 (MOTAS) 对氟铃脲悬浮剂流变性质的影响^[19], 由于 MOTAS 具有锚固基团, 其与氟铃脲之间的结合力较强, 因而用 MOTAS 制备的氟铃脲悬浮剂的流变性缓冲范围较宽。鉴于萘磺酸盐甲醛缩合物 (NNO) 是目前农药悬浮剂中常用的分散剂之一, 且其结构与 MOTAS 存在差异, 因此笔者又进一步研究了 NNO 不同用量、不同分子质量及氟铃脲不同质量分数对氟铃脲悬浮剂流变性质的影响, 旨在为解决农药悬浮剂储存稳定性提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 氟铃脲与分散剂

96% 氟铃脲 (hexaflumuron) 原药由山东省安丘玉成农化有限公司提供, 按照文献报道方法^[20]

提纯后,采用高效液相色谱(HPLC)测定,含量为99.8%,用超微粉碎设备粉碎至425目(粒径为33 μm)。

分散剂萘磺酸甲醛缩合物(NNO,英国卜内门公司生产):将NNO经过阴阳离子交换树脂进行纯化,除去无机盐和少量水溶性小分子,采用凝胶渗透色谱法(Waters Alliance 2695液相色谱系统,2410示差折光检测器,Shodex802凝胶渗透色谱柱,溶剂为磷酸盐缓冲溶液,分子质量校正标样为聚乙二醇)测得其质均分子质量(M_w)为16214,数均分子质量(M_n)为7290,多分散指数(M_w/M_n)为2.22。采用超滤实验装置(超滤膜由北京旭邦膜有限公司生产,蠕动泵型号为CL-25,中空纤维膜)对NNO进行超滤分级,超滤膜截留的分子质量分别为10000和30000两种规格,分别将NNO分离为分子质量小于10000、10000~30000及大于300003种级分。

1.2 氟铃脲悬浮剂的制备

将粉碎好的氟铃脲原药与分散剂、水及玻璃珠按照一定比例混合,砂磨4h,制得氟铃脲悬浮剂。

1.3 氟铃脲悬浮剂的流变性测定

采用德国Haake RS-75流变仪。测定条件为:Z41-DIN型同轴圆筒转子,剪切速率范围为上行0~200 s^{-1} ,下行200~0 s^{-1} ,上、下行各3min,恒温25 $^{\circ}\text{C}$ 。记录不同剪切速率下的表观黏度值。

1.4 不同因素对氟铃脲悬浮剂流变性的影响测定

1.4.1 氟铃脲质量分数对悬浮剂流变性的影响 在固定分散剂NNO质量分数为3.0%的条件下,分

别将氟铃脲的质量分数设置为10%、15%、20%、25%和30%,按照1.2节方法制备有效成分不同的氟铃脲悬浮剂,按照1.3节方法测定其流变性。

1.4.2 NNO质量分数对悬浮剂流变性的影响 固定氟铃脲质量分数为20%,将NNO的质量分数分别设置为2.0%、2.5%、3.0%、3.5%和4.0%,同法制备氟铃脲悬浮剂并测定其流变性。

1.4.3 NNO分子质量对悬浮剂流变性的影响 固定氟铃脲质量分数为20%,分别选择分子质量小于10000、10000~30000、大于30000级分的NNO,质量分数均为3.0%,同法制备氟铃脲悬浮剂并测定其流变性。

1.5 数据拟合

将剪切速率与表观黏度关系转换成剪切速率与剪切力数据后,参照文献[4,7]中Herschel-Bulkley流变模型进行拟合。其公式为:

$$\tau = \tau_H + k_H D^n \quad (1)$$

式中: τ 为剪切力; τ_H 为屈服值; k_H 为稠度系数; D 为剪切速率。 n 为流动行为指数,是偏离牛顿流体程度的参数。 $n=1$,表现为牛顿流体; $n<1$,表现为“剪切变稀”的假塑性流体; $n>1$,属于牛顿流体,表现为“剪切增稠”的胀性流体。

2 结果与分析

2.1 氟铃脲质量分数对悬浮剂流变性的影响

不同氟铃脲用量下农药悬浮剂剪切速率与表观黏度关系见图1A,将其转化为剪切速率与剪切力的关系见图1B。从中可以看出:在分散剂质量分数(3%)一定的条件下,随着氟铃脲质量分数的升高,悬浮体系的表观黏度逐渐升高,这是由于

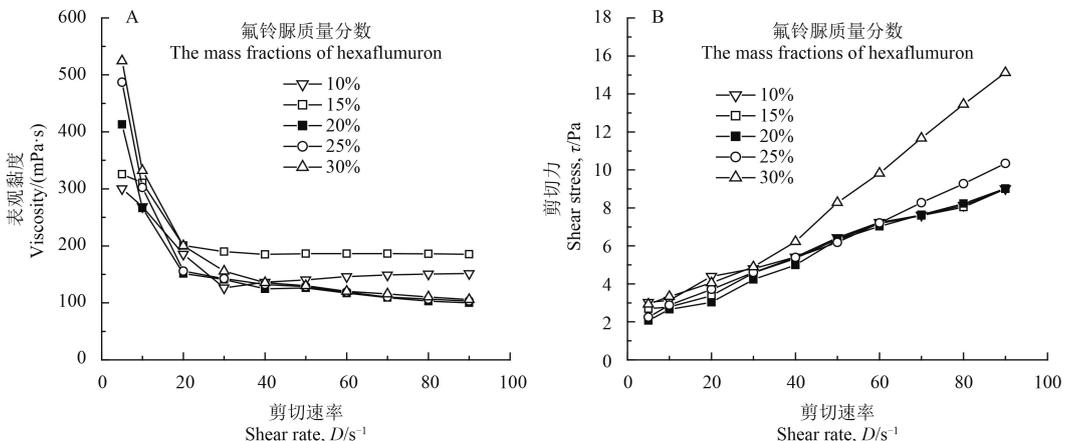


图1 不同质量分数氟铃脲制备的悬浮剂表观黏度(A)-剪切力(B)-剪切速率曲线

Fig. 1 Apparent viscosity (A)-shear stress (B)-shear rate curves of SC with different mass fractions of hexaflumuron

随着氟铃脲质量分数增加, 悬浮体系中氟铃脲颗粒之间的摩擦程度加剧, 因而黏度增大; 随着剪切速率增加, 表观黏度随氟铃脲质量分数的增大而出现降低趋势, 这是由于分散剂在氟铃脲颗粒表面吸附由过饱和转为饱和状态, 吸附态分散剂的量增多, 残余分散剂的量减少, 悬浮的氟铃脲

颗粒间的结构减弱所致。

采用 Herschel-Bulkley 模型对由不同质量分数氟铃脲制备的悬浮剂的流变数据 (图 1B) 进行拟合, 发现其拟合相关系数均大于 0.99 (表 1), 表明氟铃脲悬浮剂流变曲线符合 Herschel-Bulkley 模型^[7]。

表 1 由不同质量分数氟铃脲制备的悬浮剂的流变参数值

Table 1 Rheological parameter values for hexaflumuron SC with different mass fractions of hexaflumuron

氟铃脲质量分数 Mass fractions of hexaflumuron/%	屈服值 Yield value, τ_H /Pa	稠度系数 Consistency coefficient, K_H	流动行为指数 Flow behavior index, n	决定系数 Coefficient of determination R^2
10	1.672 6	0.024 8	1.375 5	0.993 4
15	1.307 7	0.097 8	1.125 2	0.998 4
20	1.402 6	0.140 2	0.891 1	0.992 2
25	1.926 6	0.086 8	0.990 3	0.990 5
30	2.301 8	0.087 0	0.984 5	0.997 8

由表 1 可以看出: 在 NNO 质量分数一定的条件下, 随着氟铃脲质量分数的升高, 悬浮剂的屈服值 (τ_H) 先缓慢降低后又急剧增大。这是因为溶液中加入的 NNO 一般以两种形态存在: 一部分吸附在悬浮的氟铃脲颗粒界面上, 称为吸附态分散剂; 另一部分则分散在介质中, 称为残余分散剂。当分散剂在氟铃脲颗粒界面形成饱和吸附后, 残余分散剂可在悬浮的氟铃脲颗粒间搭接形成结构。在分散剂含量一定的条件下, 当氟铃脲的质量分数较低时, 分散剂可在氟铃脲颗粒界面形成饱和和吸附, 但随着氟铃脲质量分数的升高, 吸附态分散剂的量增多, 残余分散剂的量减少, 致使悬浮在氟铃脲颗粒间的结构减弱, 因而表现为 τ_H 值降低; 当氟铃脲质量分数较高, 而分散剂的加量不足时, 分散剂则不能在氟铃脲颗粒界面

形成饱和和吸附, 此时裸露的氟铃脲颗粒界面间即可相互搭接形成结构; 此后随着氟铃脲质量分数继续升高, 裸露的氟铃脲颗粒界面进一步增大, 界面间形成的结构增强, 表现为 τ_H 值急剧增大^[17-19, 22]。

由表 1 还可以看出: 当氟铃脲质量分数 $\leq 15\%$ 时, 其悬浮剂的流动行为指数 (n) 均大于 1.0, 表现出“剪切增稠”的胀性流体特征; 而当氟铃脲质量分数 $\geq 20\%$ 时, 其悬浮剂的 n 值均小于 1.0, 表现出“剪切变稀”假塑性特征^[4, 7]。

2.2 NNO 质量分数对氟铃脲悬浮剂流变性的影响

NNO 不同质量分数下氟铃脲悬浮剂的剪切速率与表观黏度关系见图 2A, 转换后的剪切速率与剪切力关系见图 2B。由图 2A 可见: 在 NNO 质

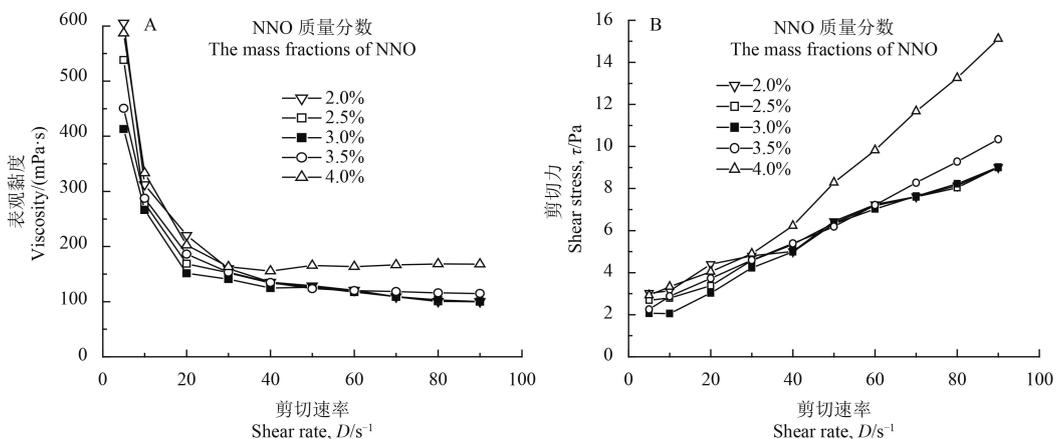


图 2 不同质量分数分散剂 NNO 制备的氟铃脲悬浮剂表观黏度 (A)-剪切力 (B)-剪切速率曲线

Fig. 2 Apparent viscosity (A)-shear stress (B)-shear rate curves of hexaflumuron SC with the different mass fractions of NNO dispersant

量分数较低时(如 2.0% 和 2.5%), 氟铃脲悬浮剂的流变曲线具有明显的“剪切变稀”特征; 而当 NNO 质量分数较高, 如 4.0% 时, 流变曲线具有“剪切增稠”特征。

同样采用 Herschel-Bulkley 模型对用不同质量分数的分散剂制备的氟铃脲悬浮剂的流变数据(图 2B) 进行拟合, 所得流变参数见表 2。

由表 2 可见: 随着 NNO 用量的增加, 悬浮体系的屈服值先降低后增大。这是因为在分散剂用量低时, 分散剂不能在氟铃脲颗粒界面形成饱和和吸附, 裸露的氟铃脲颗粒界面间相互搭接形成结构; 随着分散剂用量增加, 裸露的氟铃脲颗粒界面减少, 氟铃脲颗粒界面间结构减弱, 屈服值降低; 当分散剂用量较高时, 分散剂可在氟铃脲颗粒界面形成饱和和吸附, 随着质量分数进一步升高, 残余分散剂的量增多, 残余分散剂在悬浮的氟铃脲颗粒间搭接形成结构, 表现为屈服值增大。

由表 2 还可以看出: 流动行为指数 (n) 随着 NNO 用量的增加而增大。当 NNO 用量 ≤ 3.0 时, 悬浮体系属于假塑性流体 ($n < 1.0$); 而当 NNO 用量 ≥ 3.5 时, 悬浮体系则属于胀性流体 ($n > 1.0$)。

2.3 NNO 不同分子质量对氟铃脲悬浮剂流变性的影响

分散剂不同分子质量下氟铃脲悬浮剂的剪切速率与表观黏度关系见图 3A, 转化后的剪切速率与剪切力关系见图 3B。可见: 随着 NNO 分子质量的增大, 所制备的氟铃脲悬浮剂的表观黏度减小, 这是由于分子质量较大的 NNO 在氟铃脲颗粒界面的吸附量和吸附层厚度也大, 故其分散效果更好。

采用 Herschel-Bulkley 模型对由不同分子质量 NNO 制备的氟铃脲悬浮剂的流变数据(图 3B) 进行拟合, 所得流变参数值见表 3。

由表 3 可见: 随着 NNO 分子质量的增大, 氟铃脲悬浮剂的屈服值减小, 这是由于 NNO 分子质量愈大, 其在氟铃脲颗粒界面的饱和吸附量愈大, 介质中残余分散剂的量愈少, 残余分散剂在悬浮的氟铃脲颗粒间搭接形成结构的能力愈弱, 故表现为屈服值减小。另外, 随着 NNO 分子质量的增加, 氟铃脲悬浮剂流动行为指数 (n) 也略有增加, 但均小于 1, 仍属于“剪切变稀”的假塑性特征。

表 2 由不同质量分数 NNO 制备的氟铃脲悬浮剂的流变参数值

Table 2 Rheological parameter values for hexaflumuron SC with the different mass fractions of NNO dispersant

NNO 质量分数 Mass fractions of NNO/%	屈服值 Yield value, τ_H/Pa	稠度系数 Consistency coefficient, K_H	流动行为指数 Flow behavior index, n	决定系数 Coefficient of determination, R^2
2.0	2.382 06	0.131 94	0.868 30	0.992 7
2.5	1.887 99	0.131 88	0.886 71	0.990 3
3.0	1.402 57	0.140 23	0.891 06	0.992 2
3.5	2.084 35	0.053 66	1.117 44	0.998 6
4.0	2.670 42	0.017 54	1.463 38	0.997 6

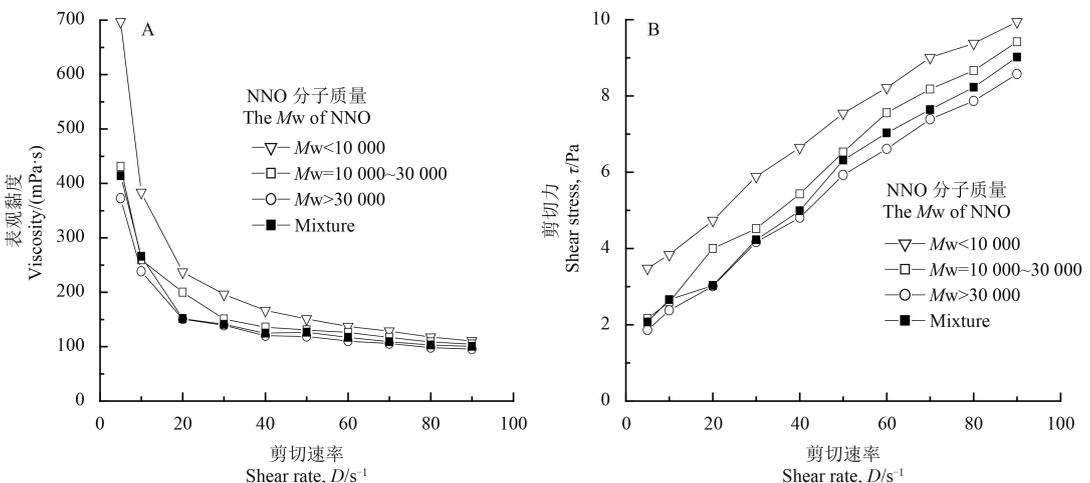


图 3 不同分子质量 NNO 制备的氟铃脲悬浮剂的表观黏度 (A)-剪切力 (B)-剪切速率曲线

Fig. 3 Apparent viscosity (A)-shear stress (B)-shear rate curves of hexaflumuron SC with the different M_w of NNO dispersant

表 3 由不同分子质量 NNO 制备的氟铃脲悬浮剂的流变参数值

Table 3 Rheological parameter values for hexaflumuron SC with the different Mw of NNO dispersant

NNO 分子质量 Mw of NNO	屈服值 Yield value, τ_H /Pa	稠度系数 Consistency coefficient, K_H	流动行为指数 Flow behavior index, n	决定系数 Coefficient of determination, R^2
<10 000	2.341 9	0.306 4	0.718 0	0.996 3
10 000~30 000	1.202 0	0.253 9	0.775 3	0.995 2
>30 000	1.220 6	0.177 0	0.834 5	0.996 4
未分级 (Mixture)	1.402 6	0.140 23	0.891 1	0.992 2

3 讨论

虽然分散剂苯乙烯丙烯酸无规共聚物 (MOTAS) 与萘磺酸盐甲醛缩合物 (NNO) 与氟铃脲之间的作用力都是氢键, 而且也均为多点吸附, 但由于二者的化学结构不同, 导致作用力大小和厚度存在差异^[21-22], 因而由其所制备的氟铃脲悬浮剂的流变性也存在差异。

以 NNO 制备的氟铃脲悬浮剂的流变曲线符合 Herschel-Bulkley 流变模型。其屈服值 (τ_H) 与 NNO 和氟铃脲的相对加入量有关。当 NNO 的加入量不足时, 其不能在氟铃脲颗粒界面形成饱和吸附, 此时裸露的氟铃脲颗粒界面间即可相互搭接形成结构, 此时其流变性即表现为具有较大的屈服值; 当 NNO 的加入量较高时, 其可在氟铃脲颗粒界面形成饱和吸附, 此时若再增加 NNO 用量, 残余的 NNO 也可在悬浮的氟铃脲颗粒间搭接形成结构, 使其屈服值增大。因此, 在悬浮剂的加工中, 分散剂用量要适当, 过少或者过多均不利于悬浮剂的分散稳定性。在本研究范围内, NNO 分子质量愈大, 所制备的氟铃脲悬浮剂的表现黏度和屈服值愈小, 其分散效果愈好, 悬浮体系表现为假塑性流体。

与以 MOTAS 制备的氟铃脲悬浮剂的流变性^[9]相比, 由于 NNO 没有 MOTAS 的锚固基团, 因此 NNO 与氟铃脲之间的结合力较弱, 致使使用 NNO 制备的氟铃脲悬浮剂的流变性缓冲性能略差; NNO 与氟铃脲用量的变化对氟铃脲悬浮剂流变性能的影响也比前者明显, 在同样情况下其屈服值和流动行为指数都高于前者, 即黏度更高, 结构性增强, 剪切增稠的趋势更为明显。因此选用 NNO 作为分散剂时, 更应注意其分子质量及质量分数的范围, 过高或过低都将造成悬浮剂黏度过大, 流变性变差。

参考文献(Reference):

[1] 郭武棣. 液体制剂[M]. 3版. 北京: 化学工业出版社, 2004: 1.

GUO W D. Liquid Pesticide preparation[M]. 3rd ed. Beijing: Chemical Industry Press, 2004: 1.

[2] 张文吉. 农药加工及使用技术[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1998: 9.

ZHANG W J. Pesticide processing and use technology[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 1998: 9.

[3] 黄启良, 李风敏, 袁会珠, 等. 颗粒粒径和粒谱对悬浮剂贮存物理稳定性影响研究[J]. 农药学报, 2001, 3(2): 77-80.

HUANG Q L, LI F M, YUAN H Z, et al. Relationship between SC stability with particle size and size distribution[J]. Chin J Pestic Sci, 2001, 3(2): 77-80.

[4] LUCKHAM P F. The physical stability of suspension concentrates with particular reference to pharmaceutical and pesticide formulations[J]. Pestic Sci, 1989, 25(1): 25-34.

[5] 沈德隆, 周瑛, 唐霭淑, 等. 农药多组分悬浮体系的流变学行为研究[J]. 农药, 1995, 34(5): 6-9.

SHEN D L, ZHOU Y, TANG A S, et al. Study on the rheology behaviour of themulticomponent pesticide flowahle system[J]. Pestic, 1995, 34(5): 6-9.

[6] 路福绥. 农药悬浮剂的物理稳定性[J]. 农药, 2000, 39(10): 8-10.

LU F S. The physical stabilization of suspension concentrate formulations[J]. Pesticides, 2000, 39(10): 8-10.

[7] 庄占兴, 郭雯婷, 崔蕊蕊, 等. 氟铃脲悬浮剂流变模型的判断研究[J]. 山东化工, 2016, 45(20): 37-40.

ZHUANG Z X, GUO W T, CUI R R, et al. Study on the determining of hexaflumuron suspension concentrate rheological model[J]. Shandong Chem Industr, 2016, 45(20): 37-40.

[8] 潘立刚, 陶岭梅, 张兴. 农药悬浮剂研究进展[J]. 植物保护, 2005, 31(2): 17-20.

PAN L G, TAO L M, ZHANG X. Advances in pesticide formulation of suspension concentrate[J]. Plant Protect, 2005, 31(2): 17-20.

[9] 伍秋美, 阮建明, 周忠诚, 等. SiO₂/聚乙二醇非牛顿流体流变性能研究[J]. 物理化学学报, 2006, 22(1): 48-52.

WU Q M, RUAN J M, ZHOU Z C, et al. Study on the rheological properties of silica/polyethylene glycol non-Newtonian flow[J]. Acta Phys-Chim Sin, 2006, 22(1): 48-52.

[10] 伍秋美, 阮建明, 黄伯云, 等. 二氧化硅分散体系在应力剪切过程中粘弹性及能耗研究[J]. 物理化学学报, 2006, 22(9): 1075-1078.

WU Q M, RUAN J M, HUANG B Y, et al. Viscoelastic behavior and the ability of dissipating energy of SiO₂ dispersions under stress shear[J]. Acta Phys-Chim Sin, 2006, 22(9): 1075-1078.

- [11] MARANZANO B J, WAGNER N J. The effects of particle size on reversible shear thickening of concentrated colloidal dispersions[J]. J Chem Phys, 2001, 114(23): 10514-10527.
- [12] MARANZANO B J, WAGNER N J. Flow-small angle neutron scattering measurements of colloidal dispersion microstructure evolution through the shear thickening transition[J]. J Chem Phys, 2002, 117(22): 10291-10302.
- [13] 沈娟, 黄啟良, 夏建波, 等. 分散剂及黄原胶对多菌灵悬浮剂流变性质的影响[J]. 农药学报, 2008, 10(3): 354-360.
SHEN J, HUANG Q L, XIA J B, et al. The effects of dispersant and xanthan gum to rheological property of carbendazim suspension[J]. Chin J Pestic Sci, 2008, 10(3): 354-360.
- [14] 顾中怡, 李晨, 孙敦伟, 等. 农药悬浮剂的稳定性与流变性质[J]. 农药, 2014, 53(5): 331-333, 339.
GU Z Y, LI C, SUN D W, et al. Stability and rheological property of pesticide suspension concentrates[J]. Agrochemicals, 2014, 53(5): 331-333, 339.
- [15] 韩书霞, 崔岩, 庄占兴. 黄原胶用量对50%丁醚脲水悬浮剂流变性的影响[J]. 农药, 2009, 48(12): 875-877.
HAN S X, CUI Y, ZHUANG Z X. Effect of the content of xanthan gum on the rheological properties of diafenthiuron 50% SC[J]. Agrochemicals, 2009, 48(12): 875-877.
- [16] FAERS M A, KNEEBONE G R. Application of rheological measurements for probing the sedimentation of suspension concentrate formulations[J]. Pestic Sci, 1999, 55(3): 312-325.
- [17] 蒋以超, 黄天栋. 胶体化学[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1993: 230-268.
JIANG Y C, HUANG T D. Colloid chemistry[M]. Beijing: Beijing Agricultural University Press, 1993: 230-268.
- [18] 吴其晔, 巫静安. 高分子材料流变学导论[M]. 北京: 化学工业出版社, 1994: 1-12.
WU Q H, WU J A. Introduction to polymer rheology[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 1994: 1-12.
- [19] 庄占兴, 路福绥, 陈甜甜, 等. 聚合物分散剂对氟铃脲水悬浮剂流变性质的影响[J]. 应用化学, 2010, 27(4): 470-473.
ZHUANG Z X, LU F S, CHEN T T, et al. Effect of polymer dispersant on rheological properties of hexaflumuron in the form of aqueous suspension concentrate[J]. Chin J Appl Chem, 2010, 27(4): 470-473.
- [20] 邹明强, 王飞, 张锁秦, 等. 分析用标准样品氟铃脲的合成、纯化及表征[J]. 分析科学学报, 2005, 21(6): 630-632.
ZOU M Q, WANG F, ZHANG S Q, et al. Synthesis, purification and characterization of hexaflumuron as certified reference material (CRM) for analysis of the residue[J]. J Anal Sci, 2005, 21(6): 630-632.
- [21] 庄占兴, 路福绥, 陈甜甜, 等. 苯乙烯丙烯酸共聚物分散剂在氟铃脲颗粒界面的吸附性能[J]. 高等学校化学学报, 2009, 30(2): 332-336.
ZHUANG Z X, LU F S, CHEN T T, et al. Adsorption properties of MOTAS dispersant on the interface of hexaflumuron particles[J]. Chem J Chin Univ, 2009, 30(2): 332-336.
- [22] 庄占兴, 路福绥, 刘月, 等. 萘磺酸甲醛缩合物分散剂在氟铃脲颗粒表面的吸附性能研究[J]. 农药学报, 2008, 10(4): 477-482.
ZHUANG Z X, LU F S, LIU Y, et al. Studies on the adsorption properties of NNO dispersant on the surface of hexaflumuron particles[J]. Chin J Pestic Sci, 2008, 10(4): 477-482.

(责任编辑: 金淑惠)

• 书 讯 •

《农药生物活性测试标准操作规范——除草剂卷》

刘 学, 顾宝根 主编

作为除草剂分卷之一, 本书按靶标和应用技术两大部分, 系统收集和整理了 155 项除草剂生物测定相关的 SOP 标准。其中, 靶标部分包括了用于除草剂生物测定靶标的选择标准以及杂草种子的采集、保存、活力测定和休眠破除方法等的标准, 除草剂生物测定所采用的常规靶标试材的生物学特性及培养方法标准, 以及靶标试材包括禾本科杂草、阔叶杂草、莎草科杂草和藻类等 71 种杂草。应用技术部分则包含除草剂新化合物评价方法、室内生物活性测定方法、除草剂混剂活性评价方法、除草剂安全性评价方法和除草剂作用特性测定方法等标准。

◆ 书 号: 9787122269577 定 价: 60.00 元

◆ 出版时间: 2015 年 8 月 开 本: 16



邮购地址: (100011) 北京市东城区青年湖南街 13 号化学工业出版社; 也可通过当当网、京东商城、化学工业出版社天猫旗舰店或卓越亚马逊购买。

(杨新玲 提供)