

- 及其演化. 北京: 科学出版社, 1987. 133~147.
- 15 康乐. 植物学通报, 1995, **12**(4): 22~27.
 - 16 娄永根, 程家安. 应用生态学报, 1997, **8**(3): 325~331.
 - 17 Kopper B. J., Illman B. L., Kersten P. J., Klepzig K. D., Raffa K. F. *Environ. Entomol.*, 2005, **34**(2): 486~493.
 - 18 Thoss V., Byers J. A. *Chemoecology*, 2006, **16**(1): 51~58.
 - 19 Birks J. S., Kanowski P. J. *Silvae Genet.*, 1988 **37**(1): 29~39.
 - 20 Kimberly F. W., Kenneth F. R. *J. Chem. Ecol.*, 1999, **25**(4): 861~880.
 - 21 Rosner S., Hammup B. *Forest Ecol. Manag.*, 2004, **200**(1-3): 77~87.
 - 22 Tisdale R. A., Nebeker T. E., Hodges J. D. *J. Entomol. Sci.*, 2003, **38**(4): 576~582.
 - 23 Tisdale R. A., Nebeker T. E., Hodges J. D. *Can. J. Forest Res.*, 2003 **31**(4): 368~374.
 - 24 Rolland C., Lemperiere G. *Forest Ecol. Manag.*, 2004 **201**(1): 89~104.
 - 25 康乐. 生态学杂志, 1995, **14**(5): 51~57.
 - 26 Heli V., Erkki A., Veikko K. *Trees*, 2001, **15**: 112~122.
 - 27 Pernakis D. D. B., Agee J. K. *Can. J. Forest Res.*, 2006, **36**(1): 238~254.
 - 28 Manninen A. M., Utriainen J., Holopainen T., Kainulainen P. *Can. J. For. Res.*, 2002, **32**: 2140~2145.
 - 29 Wallin K. F., Kolb T. E., Skov K. R., Wagner M. R. *Environ. Entomol.*, 2003, **32**(3): 652~661.
 - 30 Maarit K., Pekka N., Erkki A. *Forest. Ecol. Manag.*, 1996, **84**: 149~157.
 - 31 Kuroda K., Shimaji K. *Forest Sci.*, 1983, **29**(3): 353~659.
 - 32 Michael A. P., Joeng B., Jonathan G. *Photochem. Rev.*, 2006, **5**(1): 179~189.
 - 33 Zeneli G., Krokene P., Christiansen E., Krekling T., Gershenzon J. *Tree Physiol.*, 2006 **26**(8): 977~988.
 - 34 Etraim L., Mark G., Thomas J. S., Rodney C. *Plant Physiol.*, 1991, **96**: 38~43.
 - 35 Efraim L., Thomas J. S., Mark G., Rodney C. *Phytochem. Anal.*, 1993 **4**: 220~225.
 - 36 Leandro P., Armand S. *Trends Biotechnol.*, 2001, **19**(12): 500~506.

昆虫谷胱甘肽 S—转移酶蛋白纯化技术研究^{*}

汤 方^{1,2} 高希武^{2**}

(1. 南京林业大学森林资源与环境学院 南京 210037; 2. 中国农业大学昆虫学系 北京 100094)

A mini review on the technique of insect glutathione S transferases purification. TANG Fang^{1,2}, GAO Xi-Wu^{2**}

(1. College of Forestry Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China; 2. Department of Entomology, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract The main purification methods of insect glutathione S-transferases include fractionation, chromatography and electrophoresis. Fractionation usually is used before chromatography and its purification factor is lower, while purification factor of chromatography is higher. Electrophoresis is used as an assistance purification method. Using these methods the highest purification factor of insect glutathione S-transferase is 1 138 fold (Ma *et al.* purified glutathione S-transferases of Asian corn borer *Ostrinia furnacalis* by using chromatography and electrophoresis). At last, the applications of purification of insect glutathione S-transferases are discussed.

Key words insect glutathione S-transferases isozyme, purification

摘 要 昆虫谷胱甘肽 S—转移酶蛋白纯化的主要方法是沉淀法、层析法和电泳法。沉淀法是在进行柱层析前常使用的一种方法, 但是其纯化倍数较低。层析法纯化倍数较高, 但其费用也较高。电泳通常

^{*} 国家重大基础研究“973”发展规划(批准号: G2000016207)和国家自然科学基金(批准号: 30471153, 30170621, 30600476)资助项目。

^{**}通讯作者, E-mail: gaowxiwu@263.net.cn

收稿日期: 2007-06-18, 修回日期: 2007-08-24

是作为一种辅助方法来使用。利用这些方法,谷胱甘肽 S- 转移酶蛋白最高纯化倍数为 1 138 倍(马素永等利用层析法和电泳法对亚洲玉米螟谷胱甘肽 S- 转移酶蛋白进行纯化)。文章讨论了昆虫谷胱甘肽 S- 转移酶蛋白纯化研究的应用。

关键词 昆虫谷胱甘肽 S- 转移酶, 同工酶, 纯化

谷胱甘肽 S- 转移酶 (glutathione S-transferases, GSTs)是昆虫解毒酶系统的重要组成部分,该酶系能使有害的亲电物质与还原型谷胱甘肽(GSH)结合,并将其排出体外,从而起到保护体内蛋白质和核酸等的功能^[1]。GSTs 在所有生物体内几乎都由许多同工酶组成。这些同工酶通常是以 17 ~ 28 kDa 的亚单位组成的同型二聚体和异型二聚体。每一个二聚体的亚单位都有一个活性位点,这个活性位点有 2 个不同的功能区:亲水的 G- 一位点和相邻的 H- 一位点^[2]。在昆虫(如家蝇 *Musca domestica*^[3], 果蝇 *Drosophila melanogaster*^[4] 等幼虫)中, GSTs 具有多种形态。采用各种蛋白纯化的方法得到各种同工酶,并对其性质进行研究,找到与抗性或诱导有关的同工酶,对于抗性治理和新农药的开发都是非常重要的。本文介绍昆虫 GSTs 蛋白纯化的主要方法及应用。

1 昆虫 GSTs 的分离纯化

蛋白纯化要利用不同蛋白间的相似性与差异,利用相似性可以清除非蛋白物质的污染,而利用不同蛋白质之间的差异(大小、形状、电荷、疏水性、溶解度和生物学活性),可以将目的蛋白从其他蛋白中分离出来^[5]。在这个理论基础上,昆虫 GSTs 的纯化方法主要包括沉淀法、柱层析法以及电泳法等。沉淀法是在进行柱层析前常使用的一种方法,但是其纯化程度较低。层析法纯化程度较高,但其费用也较高。GST 亲和层析是将一种配体(即谷胱甘肽或其他)共价结合到固体介质(琼脂糖凝胶)上。再令 GSTs 与配体结合,就可将与配体没有亲和性的杂质洗脱下来。然后再用谷胱甘肽或其他能与配体竞争的分子把 GSTs 洗脱下来。GSTs 被纯化后,同工酶可通过非变性聚丙烯酰胺凝胶电泳、等电点聚焦和色谱聚焦等方法进行分离。

1.1 沉淀法

在进行柱层析(例如凝胶过滤、DEAE 纤维素、亲和层析等)前,通常先用非变性蛋白质沉淀剂进行部分纯化。最经典的沉淀剂是硫酸铵,它在冷的缓冲液中溶解性好,冷的缓冲液有利于保持目的蛋白的活性,而且蛋白质在硫酸铵沉淀中较稳定,可以短期内保存这种中间产物。另一种沉淀剂是聚乙二醇(PEG),它是一种惰性物质,同硫酸铵一样对蛋白有稳定效果。在缓慢搅拌下,逐渐提高冷的蛋白溶液中 PEG 的浓度。蛋白沉淀可通过离心或过滤获得,在这种状态下长期保存不会损坏^[5]。近年来依据 PEG 的聚合度分成许多型号,不同型号适用的蛋白质分子量不同,也开始用于蛋白质的非变性沉淀。

Yawetz 和 Koren 用硫酸铵沉淀将地中海蜡实蝇 *Ceratitis capitata* GSTs 纯化 6.3 倍^[6]。Yu 在纯化 5 种鳞翅目昆虫 GSTs 时,在上亲和柱之前首先用饱和度为 45% ~ 70% 硫酸铵沉淀段进行了初步的纯化^[7]。Chien 和 Dauterman 用硫酸铵分级沉淀的方法从美洲棉铃虫 *Helioverpa zea* 中对 GSTs 进行了初步纯化,结果发现酶活性绝大部分集中在饱和度为 55% ~ 80% 沉淀段,可将 GSTs 纯化 4.3 倍^[8]。Ku 和 Chiang 在小菜蛾 *Plutella xylostella* 幼虫 GSTs 纯化时,首先使用饱和度为 30% ~ 60% 硫酸铵沉淀段进行纯化^[9]。Yu 和 Huang 在纯化德国蜚蠊 *Blattella germanica* GSTs 时,在上亲和柱之前也使用了饱和度为 45% ~ 75% 硫酸铵沉淀进行了初步的纯化^[10]。

使用非变性蛋白质沉淀剂进行部分的 GSTs 蛋白纯化,虽能除去大量的杂蛋白,但纯化倍数较低,往往只能达到几倍的纯化效果。

1.2 层析法

利用层析法时要把目的蛋白与那些大小及

理化性质接近的蛋白区分开来,应综合考虑树脂的选择性和柱效 2 个因素。选择性指树脂与目的蛋白结合的特异性,柱效则是指各蛋白成分逐个从树脂上集中洗脱的能力,洗脱峰越窄,柱效越好。仅有好的选择性,洗脱峰太宽,蛋白照样不能有效分离^[5]。

Dierickx 利用还原型谷胱甘肽(GSH)为配基的亲层析,对大型蚤 *Daphnia magna* GSTs 进行纯化^[11]。Board 等利用 GSH-agarose 亲和层析和离子交换层析从铜绿蝇 *Lucilia cuprina* GSTs 中分离出 3 种同工酶^[12]。Prapanthadara 等利用 Q-sepharose, S-hexylglutathione agarose, hydroxylapatite 和 phenyl sepharose 一系列层析法,把大劣按蚊 *Anopheles dirus* B GSTs 纯化了 421 倍^[13]。Egaas 等利用 GSH-Sepharose 亲和层析和反相 HPLC,对歌梦尼夜蛾 *Orthosia gothica* GSTs 进行了纯化^[14]。马素永等经 Sephadex-G75, DEAE-Sepharose Fast Flow, 还原型谷胱甘肽(GSH)为配基的亲层析,对玉米螟 *Ostrinia furnacalis* GSTs 进行了纯化,纯化到 1 138 倍^[15]。周先碗通过 QAE-SephadexA-25 离子交换柱层析除去部分色素和杂蛋白,采用谷胱甘肽-琼脂糖凝胶亲和层析(GSH-QT₄),四溴酚酞二磺酸盐-琼脂糖凝胶亲和层析(BSP-QT₄),铜离子-琼脂糖凝胶螯合层析(Cu²⁺-QT₄)及 PBE⁹⁴-Sepharose(PBE⁹⁴)聚焦层析等技术,对蜡螟幼虫 *Galleria mellonella* GSTs 进行了纯化^[16]。Yu 等在硫酸铵沉淀后,利用 GSH-琼脂糖亲和层析和非变性聚丙烯酰胺凝胶电泳对德国蜚蠊雄性成虫 GSTs 进行了纯化^[10]。Prapanthadara 利用 S-hexylglutathione 亲和柱等对冈比亚按蚊 *Anopheles gambiae* GSTs 进行了纯化^[17]。Prapanthadara 等利用改变的 Q-sepharose, S-hexylglutathione 亲和柱,羟磷灰石柱, phenyl sepharose 一系列层析法,对大劣按蚊 B GSTs 进行了纯化^[18]。Valles 等利用亲和层析和等电聚焦对红火蚁 *Solenopsis invicta* 工蚁的 GSTs 纯化

了 266 倍^[19]。

虽然各种层析法对蛋白的纯化倍数较高,但是也存在一些问题,例如亲和层析中使用的单抗非常昂贵,而且也需先纯化;单抗与目的蛋白结合力太强,要用苛刻的条件来洗脱,这会使目的蛋白失活并破坏单抗;混合物中的其他蛋白也可能破坏抗体或与它们非特异结合,也需要从终产物中去除。亲和柱通常在纯化过程的后期应用,此时标本体积已缩小,大部分的杂质已经去除^[5]。

1.3 电泳法

聚丙烯酰胺凝胶电泳(PAGE)通常用来查看蛋白混合物样品的复杂程度和检测纯化效果。这种方法分离效果极好,也是蛋白纯化过程中重要的分析工具,可以检测目的蛋白是在哪个梯度的离子交换柱盐洗脱液中;可用来判定混合物中有几种蛋白质;也可以用 SDS 电泳分离分子量不同的蛋白质。

Prapanthadara 等把大劣按蚊经一系列的层析法纯化得到的 GSTs 进行 SDS-PAGE, 仅仅得到 1 条(25.0 ± 0.26)kDa 带^[20]。马素永等把纯化得到的玉米螟 GSTs 经聚丙烯酰胺变性凝胶电泳(SDS-PAGE)和 PAGE 鉴定,得到的 GSTs 为 1 条带,亚基的分子量为 25 kDa,经凝胶过滤测得其全酶分子量为 50 kDa,说明该酶是由 2 个相同亚基组成的^[15]。周先碗于 1999 年把纯化得到的蜡螟幼虫 *Galleria mellonella* GSTs 通过 SDS-PAGE 来测定其分子量^[16]。Prapanthadara 等把纯化的大劣按蚊 B GSTs 同 A 酶进行 SDS-PAGE 来测定其分子量^[18]。Yu 等把纯化的德国蜚蠊雄性成虫 GSTs 进行了 SDS-PAGE 来测定其分子量^[10]。Valles 等把纯化的红火蚁 GSTs 进行 SDS-PAGE, 仅仅得到 1 条带,分子量为 25.5 kDa^[19]。虽然电泳法分离效果较好,可是很难在不丧失精度情况下放大到制备规模,因为随着胶厚度的增加,电泳时的热效应会严重干扰蛋白的泳动^[5]。

表 1 昆虫 GST 蛋白的纯化

种名	纯化方法	纯化倍数	参考文献
地中海蜡实蝇 <i>Ceratitis capitata</i>	硫酸铵沉淀	6.3	[6]
大型溲 <i>Daphnia magna</i>	还原型 GSH 为配基的亲 and 层析、层析聚焦	—	[11]
草地夜蛾 <i>Spodoptera frugiperda</i>	硫酸铵沉淀和还原型 GSH 为配基的亲 and 层析	9~45	[7]
谷实夜蛾 <i>Heliothis zea</i>	同上	同上	同上
烟芽夜蛾 <i>Heliothis virescens</i>	同上	同上	同上
粉纹夜蛾 <i>Trichoplusia ni</i>	同上	同上	同上
黎豆夜蛾 <i>Anticarsia gemmatilis</i>	同上	同上	同上
美洲棉铃虫 <i>Helicoverpa zea</i>	硫酸铵沉淀	4.3	[8]
海灰翅夜蛾 <i>Spodoptera littoralis</i>	亲和层析	30	[21]
小菜蛾 <i>Plutella xylostella</i> 幼虫	硫酸铵沉淀、亲和层析、离子交换层析	—	[9]
铜绿蝇 <i>Lucilia cuprina</i>	GSH-agarose 亲和层析和离子交换层析	41	[12]
歌梦尼夜蛾 <i>Orthosia gothica</i>	GSH-Sepharose 亲和层析和反相 HPLC	—	[22]
大劣按蚊 <i>Anopheles dirus</i> B	Q-sepharose S-hexylglutathione, hydroxylapatite, phenyl sepharose 和 SDS-PAGE	421	[20]
黄粉虫 <i>Tenebrio molitor</i>	S-hexyl-GSH-Epoxy activated Sepharose 6B 亲和层析和一系列的色谱聚焦	最高是 93.73	[23]
蜡螟幼虫 <i>Galleria mellonella</i>	QAE-Sephadex A-25 离子交换层析、GSH-琼脂糖凝胶亲和层析(GSH-QT ₄)、四溴酚酞二磺酸盐-琼脂糖凝胶亲和层析(BSP-QT ₄)、铜离子-琼脂糖凝胶螯合层析(Cu ²⁺ -QT ₄)和 PBE ⁹⁴ -Sepharose(PBE ⁹⁴)聚焦层析、SDS-PAGE	最高 130.8	[16]
亚洲玉米螟 <i>Ostrinia fumaacalis</i>	Sephadex-G75、DEAE-Sepharose Fast Flow、还原型 GSH 为配基的亲 and 层析、SDS-PAGE	1138	[15]
草地夜蛾	硫酸铵沉淀和 GSH-agarose 亲和层析	14.2	[24]
德国蜚蠊 <i>Blattella germanica</i>	硫酸铵沉淀、还原型 GSH 为配基的亲 and 层析、SDS-PAGE	52.8	[10]
大劣按蚊 B	Q-sepharose、S-hexylglutathione 亲和柱、hydroxylapatite、phenyl sepharose 和 SDS-PAGE	最高达 462.6	[18]
家蝇 <i>Musca domestica</i>	DEAE-纤维素柱和 S-hexylglutathione 亲和层析	—	[25]
草地夜蛾	硫酸铵和 GSH-agarose 亲和层析	133	[26]
红火蚁 <i>Solenopsis invicta</i>	亲和层析、等电聚焦和 SDS-PAGE	266	[19]

2 应用

2.1 沉淀法

汤方等用聚乙烯亚胺(PEI)、硫酸铵和 PEG 沉淀技术对棉铃虫 GSTs 进行了部分纯化研究。在中肠和脂肪体的上清液中分别加入 PEG, 使其终浓度为 5%, 放在冰上孵育, 用磁力搅拌器轻微搅拌 20 min, 在 4℃, 4 670 g 离心 15 min, 用磷酸缓冲液 pH 7.4(含 1 mmol/L EDTA)洗下沉淀, 放入冰箱中; 在上清液中分别继续加入 PEG, 使其终浓度达到 10%, 放在冰上孵育, 用磁力搅拌器轻微搅拌 20 min, 在 4℃, 4 670 g 离心 15 min, 用磷酸缓冲液 pH 7.4(含 1 mmol/L EDTA)收集沉淀, 放入冰箱中。用同样的方法进行不同沉淀段的分析, 直到 PEG 的浓度达到

50%。结果表明在中肠和脂肪体中 PEG10000 沉淀的 GSTs 活性峰分别在 40%~45%和 30%~35%, GSTs 比活力分别为 795.11 和 1 080.18 nmol/min/mg pro, 纯化倍数分别是 2.4 和 3.97; PEG20000 沉淀中肠和脂肪体 GSTs 的活性峰分别在 25%~30%和 20%~25%, 比活力分别是 767.57 和 945.96 nmol/min/mg pro, 纯化倍数分别是 2.81 和 3.05^[27]。

2.2 层析法

马素永等经一系列的柱层析, 对亚洲玉米螟 *Ostrinia fumaacalis* GSTs 进行了纯化。亚洲玉米螟离心的上清液用玻璃纤维过滤去脂后, 上经缓冲液平衡好的 Sephadex-G75 柱, 收集活性峰。然后上经缓冲液平衡好的 DEAE-Sepharose Fast Flow 层析柱, 收集透过峰中的活性部分。

加入 NaCl 至其终浓度为 0.7 mol/L, 上经缓冲液平衡好的 GSH—亲和层析柱。收集蛋白峰, 透析, 冷冻干燥后测活性, 纯化倍数为 1 138^[15]。

利用上述昆虫 GSTs 蛋白纯化的方法分离参与抗性的蛋白(酶), 明确其生物化学特性及其与抗药性的关系, 对于害虫抗药性治理具有重要意义。如果找到在抗性中起重要作用的酶, 便可以此为靶标, 筛选不能被这种酶代谢的化合物作为杀虫药剂, 或抑制其酶活性的化合物作为杀虫药剂的辅助剂来提高杀虫药剂的杀虫效果, 开辟昆虫抗药性研究的新途径, 为抗药性治理对策的制定提供更为全面的理论依据, 对农药的创制和使用有着潜在的重要意义。

参 考 文 献

- 1 唐振华, 毕强. 杀虫剂作用的分子行为. 上海: 上海远东出版社, 2003. 675.
- 2 Armstrong R N. *Chem. Res. Toxicol.*, 1997, **10**(1): 2~18.
- 3 Clark A. G., Shamaan W. C. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 1984, **22**(3): 249~261.
- 4 Jansen M., Baars A. J., Breimer D. D. *Biochem. Pharmac.*, 1984, **33**(22): 3 655~3 659.
- 5 杨道理. 实用医药杂志. 2004, **21**(12): 1 121~1 123.
- 6 Yavetz A., Koren B. *Insect Biochem.*, 1984, **14**(6): 663~670.
- 7 Yu S. J. *Pest. Biol. Physiol.*, 1989, **35**(1): 97~105.
- 8 Chein C., Dauteman W. C. *Insect Biochem.*, 1991, **21**(8): 857~864.
- 9 Ku C. C., Chiang F. M., Hsin C. Y., Yao Y. E., Sun C. N. *Pest. Biochem. Physiol.*, 1994, **50**(3): 191~197.
- 10 Yu S. J., Huang S. W. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 2000, **67**(1): 36~45.
- 11 Dierickx P. J. *Insect Biochem.*, 1987, **17**(1): 1~6.
- 12 Board P. G., Russell R. J., Marano R. J., Oakeshott J. G. *Biochem. J.*, 1994, **299**(Pt2): 425~430.
- 13 Prapanthadara L., Hemingway J., Ketteman A. J. *Bull. Entomol. Res.*, 1995, **85**(2): 267~274.
- 14 Egaas E., Sandvik M., Svendsen N. O., Skaare J. U. *Insect Biochem. Molec. Biol.*, 1995, **25**(7): 783~788.
- 15 马素永, 周先碗, 张庭芳. 北京大学学报(自然科学版), 1999, **35**(4): 474~479.
- 16 周先碗. 中国生物化学与分子生物学报, 1999, **15**(2): 269~273.
- 17 Prapanthadara L., Hemingway J., Ketteman A. J. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 1993, **47**(2): 119~133.
- 18 Bendiksen O. O., Prapanthadara L., Promter N., Koottathep S., Samboon P., et al. *Insect Biochem. Molec. Biol.*, 2000, **30**(5): 395~403.
- 19 Valles S. M., Perera O. P., Strong C. A. *Insect Biochem. Molec. Biol.*, 2003, **33**(10): 981~988.
- 20 Prapanthadara L., Koottathep S., Promtet N. *Insect Biochem. Mol. Biol.*, 1996, **26**(3): 277~285.
- 21 Lagadic L., Guany A., Berge J. B., Echaubard M. *Insect Biochem. Molec. Biol.*, 1993, **23**(4): 467~474.
- 22 Egaas E. *Pestic Biochem. Physiol.*, 1995, **53**(1): 42~48.
- 23 Kostaropoulos I., Papadopoulos A. I. *Insect Biochem. Molec. Biol.*, 1998, **28**(11): 901~909.
- 24 Yu S. J. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 1999, **63**(3): 163~171.
- 25 Wei S. H., Clark A. G., Syvanen M. *Insect Biochem. Mol. Biol.*, 2001, **31**(12): 1 145~1 153.
- 26 Yu S. J. *Pest. Biochem. Physiol.*, 2002, **72**(2): 100~110.
- 27 汤方, 张常忠, 梁沛, 史雪岩, 高希武. 昆虫学报, 2005, **48**(2): 172~178.

欢迎订阅 2008 年《农药学学报》

国内统一刊号 CN 11—3995/S 国际统一刊号 ISSN 1008—7303 邮发代号 2—949

《农药学学报》是由中国农业大学主办、国内外公开发行的农药学综合性学术期刊, 主要面向农药和植保、化工专业的科研工作者及大专院校师生。旨在及时、全面报道农药学各分支学科有创造性的最新研究成果与综合评述, 是了解我国农药学研究动态的理想园地。

本刊现设四个栏目: 专论与综述、研究论文、研究简报及相关信息。所发表的论文几乎涵盖了农药学所有分支领域, 包括合成与构效关系、分析与残留、环境与毒理、作用机制研究、制剂加工及应用等。曾获“全国高校优秀期刊评比”优秀编辑出版质量奖及“第四届全国优秀农业期刊评选”学术类期刊二等奖。

《农药学学报》现已被美国《化学文摘》、俄罗斯《文摘杂志》、美国“剑桥科学文摘社网站”、汤姆森科技信息集团(Thomson Scientific)及“中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)”、“中国科学引文数据库”、《中国学术期刊文摘》、《中国学术期刊综合评价数据库》等十多家国际、国内重要检索机构收录。

本刊为季刊, 大 16 开, 96 页, 彩色四封, 国内外公开发行, 邮发代号 2—949, 每期定价 15 元, 全年共 60 元。订户可通过当地邮局统一订阅, 若错过订阅期, 也可直接通过邮局汇款到编辑部订阅。

(1999~2007 年已出版期刊, 本编辑部还有少量库存, 价格优惠 20%, 欢迎订阅!)

联系地址: 北京海淀区圆明园西路 2 号中国农业大学西区理学院《农药学学报》编辑部

邮政编码: 100094 联系人: 唐 静

联系电话: 010-62733003 E-mail: nyxuebao@263.net