

三氟草嗪：最近上市的新型PPO抑制剂类除草剂

三氟草嗪是巴斯夫研发的具有三嗪酮类结构的原卟啉原氧化酶（PPO）抑制剂类除草剂，2014年公开，是公司最近推出的重要除草剂之一。该产品广泛用于大田作物、果树、非农业领域等，防除阔叶杂草和禾本科杂草，是巴斯夫苗前除草剂产品组合中的新成员。三氟草嗪的上市将进一步提升巴斯夫在全球除草剂市场的地位。

1 作用机理及应用

三氟草嗪通用名为：trifludimoxazin；商品名为：Tirexor、Vulcarus等；开发代号为：BAS 850 H；IUPAC化学名称为：1,5-二甲基-6-硫代-3-[2,2,7-三氟-3,4-二氢-3-氧代-4-(丙-2-炔基)-2H-1,4-苯并噁嗪-6-基]-1,3,5-三嗪烷-2,4-二酮；CAS登录号为：1258836-72-4；分子式为： $C_{16}H_{11}F_3N_4O_4S$ ；结构式如图1。

图1 三氟草嗪的结构式

三氟草嗪为原卟啉原氧化酶（PPO）抑制剂类除草剂，国际除草剂抗性行动委员会（HRAC）和美国杂草科学协会（WSSA）将其归类为第14组。

三氟草嗪具有触杀、速效、持效作用，能被植株的根和叶快速吸收，通过抑制PPO，破坏细胞膜，从而导致杂草死亡。施药后，已出土的敏感杂草在数小时内便产生退绿和坏死症状，3~5天内杂草死亡；即将出土的敏感杂草，在到达土壤表面或出土后不久即会死亡。

三氟草嗪主要用于谷物（大麦、粟、燕麦、黑麦、黑小麦、硬质小麦、春小麦、冬小麦等）、玉米、大豆、花生、蔬菜、柑橘树、梨果树、坚果树、休闲地及非作物领域等，防除黑麦草、藜、豚草、早熟禾、马唐、狐尾草、牛筋草、繁缕、猪殃殃、各种自生油菜、野生芥菜、反枝苋、马齿苋、苘麻等禾本科杂草和阔叶杂草。该产品既为PPO抑制剂，又能防除PPO抗性杂草，甚至包括苋属（*Amaranthus* spp.）、豚草属（*Ambrosia* spp.）等难治抗性杂草，是重要的抗性管理工具。三氟草嗪也能防除和抑制这些杂草的二次发生。播前、苗前、苗后使用。

巴斯夫指出，三氟草嗪是近20年来首个通过叶面触杀防除禾本科杂草的具有新颖作用机理的除草剂，为作物种植前防除黑麦草提供了新工具。

三氟草嗪应用于非农业领域时，除了防除农作物田列出的以上杂草外，还可防除欧荨麻（*Urtica urens*）、银胶菊（*Parthenium hysterophorus*）、金丝雀藨草（*Pinus* spp.）、自生松木等。

为了扩大防治谱，巴斯夫开发了三氟草嗪与苯嘧磺草胺（通用名：saflufenacil；商品名：Kixor）的复配产品，两者之间具有协同增效作用；三氟草嗪也可与草甘膦桶混使用，进一步扩大防治谱；据报道，三氟草嗪或将用于巴斯夫正在研发的耐PPO抑制剂类除草剂性状体系。

美国环保署（EPA）评审结果表明，三氟草嗪对人类健康没有风险，但建议采取一定的措施来降低生态风险，如按标签说明使用中等到超大喷嘴来减少喷雾飘移，采取抗性管理措施来降低抗性风险，避免径流导致药液到达非靶标区域等。

2 产品登记及上市

2020年，三氟草嗪率先在澳大利亚获准登记，2021年上市。2021年，基于三氟草嗪的产品在加拿大、美国取得登记。据悉，巴斯夫也已向亚洲、美洲等地区的多个国家提交了登记申请。目前，尚未在欧盟、英国、中国登记。

2.1 在澳大利亚登记和上市

2020年5月28日，澳大利亚农药和兽药管理局（APVMA）批准登记了巴斯夫澳大利亚公司的三氟草嗪原药；2020年7月1日，巴斯夫基于三氟草嗪的复配产品Voraxor（125.0 g/L三氟草嗪+250.0 g/L苯嘧磺草胺悬浮剂）在澳大利亚获准登记，有效期至2025年6月30日。这是三氟草嗪在澳大利亚的首次登记，也是该产品在全球的首个登记。

Voraxor是巴斯夫在过去一年中继苗前除草剂Luximax（环庚草醚，cinmethylin）、苗后除草剂Frequency（苯唑草酮+安全剂解草酯）后，在澳大利亚推出的第3个除草剂。

Voraxor为苗前除草剂，用于小麦、硬质小麦、大麦等作物田，防除一年生黑麦草等。据巴斯夫介绍，Voraxor可填补多种杂草防除空白，甚至包括已对草甘膦产生抗性的杂草；播种时施

药，不仅对播前已经发生的许多阔叶杂草提供快速触杀作用，而且将继续防控多达16种主要阔叶杂草的发生，持效期长达12周。

Voraxor对种植前田间杂草提供非选择性触杀作用，对许多阔叶杂草提供选择性苗前残效作用，并对谷物种植前的主要禾本科杂草提供抑制作用；在森林植被和休闲地建设前，提供种植前非选择性触杀作用；有助于休闲地的维护；可用于商业、工业、农业建筑物周围，公共服务领域及庭院等场地的杂草防除。

2.2 在加拿大登记和上市

2021年1月21日，巴斯夫加拿大公司的99.2%三氟草嗪原药、Vulcarus™（500 g/L三氟草嗪悬浮剂）、Voraxor™（125 g/L三氟草嗪+250 g/L苯嘧磺草胺悬浮剂）在加拿大取得登记，有效期至2026年12月31日。2021年8月10日，巴斯夫加拿大公司的大包装产品Voraxor™ Bulk（125 g/L三氟草嗪+250 g/L苯嘧磺草胺悬浮剂）在加拿大获准登记，有效期至2026年12月31日。

Vulcarus、Voraxor被推荐于播前、苗前及休闲地使用；也用于苗后，防除已发生的杂草，而苗前处理的药剂也可对正在发芽的杂草提供残效作用。施药时，常加入助剂Merge®（0.5% V/V）。为了扩大防治谱，两产品均可与草甘膦桶混使用。

Vulcarus登记用于大麦、大田玉米、豌豆、大豆、小麦（包括硬质小麦、春小麦、冬小麦），防除阔叶杂草。在50~75 mL/hm²用药量下，Vulcarus提供快速触杀作用，防除猪殃殃、蔓生藜、各种自生油菜（包括耐草甘膦油菜）、野生芥菜等，对野生荞麦（高剂量下）、地肤等提供抑制作用，并能防除和抑制这些杂草的二次发生。

Voraxor登记用于大麦、大田玉米、小扁豆、豌豆、大豆、小麦（包括硬质小麦、春小麦、冬小麦）等作物田，均匀喷雾，防除阔叶杂草和禾本科杂草。在48~72 mL/hm²用药量下，Voraxor提供快速触杀作用，防除加拿大飞蓬、猪殃殃、地肤、蔓生藜、屋根草、反枝苋、圆叶锦葵、芥菜（仅抑制）、曼陀罗、各种自生油菜（包括耐草甘膦油菜）、野生荞麦、野生芥菜等，并能防除和抑制这些杂草的二次发生。

2.3 在美国登记和上市

2021年5月25日，巴斯夫99.2%三氟草嗪原药及制剂产品Tirexor（41.53%三氟草嗪悬浮剂）在美国取得登记。Tirexor用于大田作物[玉米、豆类蔬菜、花生、小粒谷物（如大麦、粟、燕麦、黑麦、黑小麦、硬质小麦、春小麦、冬小麦等）、高粱、大豆等]、果树（柑橘树、梨果树等）、非结果树木（针叶树、硬木种植园、工业园林等）、坚果树、休闲地、收获后的农田及非农业领域等，苗前或苗后施药，防除阔叶杂草和禾本科杂草。

Tirexor苗前应用于作物田，用药量为0.68~1.0 fl oz/A，防除长芒苋（*Amaranthus palmeri*）、南美山蚂蝗（*Desmodium tortuosum*）、自生油菜（*Brassica* spp.）、种稜粟米草（*Mollugo verticillata*）、宝盖草（*Lamium amplexicaule*）、藜（*Chenopodium album*）、牵牛花（*Ipomoea* spp.）、北美苋（*Amaranthus blitoides*）、反枝苋（*Amaranthus retroflexus*）、苘麻（*Abutilon theophrasti*）、糙果苋（*Amaranthus tuberculatus*），抑制豚草（*Ambrosia artemisiifolia*）、向日葵（*Helianthus annuus*）等阔叶杂草；也可防除马唐（*Digitaria sanguinalis*）、龙爪茅（*Dactyloctenium aegyptium*）、狐尾草（*Setaria faberi*）、牛筋草（*Eleusine indica*）、德克萨斯黍（*Panicum texanum*）、宽叶臂形草（*Brachiaria platyphylla*），抑制多花黑麦草（*Lolium multiflorum*）等禾本科杂草。

Tirexor苗后应用于作物田，用药量为0.33~0.68 fl oz/A，防除长芒苋（*Amaranthus palmeri*）、自生油菜（*Brassica* spp.）、繁缕（*Stellaria media*）、卷耳（*Cerastium arvense*）、裂叶月见草（*Oenothera laciniata*）、宝盖草（*Lamium amplexicaule*）、遏蓝菜（*Thlaspi arvense*）、马齿苋（*Portulaca* spp.）、芥（*Capsella bursa-pastoris*）、苘麻（*Abutilon theophrasti*）、糙果苋（*Amaranthus tuberculatus*），抑制猪殃殃（*Galium aparine*）、荞麦蔓（*Polygonum convulvulus*）、地肤（*Kochia scoparia*）、臭芥（*Coronopus didymus*）等阔叶杂草；也可用于防除早熟禾（*Poa annua*）、多花黑麦草（*Lolium multiflorum*），抑制大狗尾草（*Setaria faberi*）等禾本科杂草。

3 化合物专利

三氟草嗪是一个专利保护产品，巴斯夫欧洲公司申请的PCT、欧洲、美国、中国的化合物专利都将于2030年6月到期。其发明名称为：Herbicidal Benzoxazinones（除草的苯并噁嗪酮类）。

PCT专利：W02010145992，申请于2010年6月11日，2030年6月10日期满。

欧洲专利：EP2443102A1，申请于2010年6月11日，2030年6月10日期满。

美国专利：US2012100991，申请于2010年6月11日，2030年6月11日期满。

中国专利：CN102459205A，申请于2010年6月11日，2030年6月10日期满。

4 市场前景

三氟草嗪是巴斯夫研发的PP0抑制剂类除草剂，其高效、广谱，具有触杀和持效作用，有效防除许多作物和非作物领域的阔叶杂草、禾本科杂草及抗性杂草，甚至用于防除对PP0抑制剂类除草剂及草甘膦产生抗性的杂草，是重要的抗性管理工具。

基于三氟草嗪的产品现已在澳大利亚登记和上市，在美国和加拿大取得登记。巴斯夫也已有计划地在亚洲、美洲等市场开展登记工作，推动三氟草嗪应用于更广阔的市场。

目前，三氟草嗪仍在专利保护期内，其在全球主要市场的化合物专利都将于2030年到期。

作为巴斯夫重点推出的新型专利除草剂，三氟草嗪的市场前景可期。