

C O D E X A L I M E N T A R I U S

国际食品标准



联合国粮食
及农业组织



世界卫生组织

E-mail: codex@fao.org - www.codexalimentarius.org

通过杂草控制预防和减少食品和饲料中的
吡咯里西啶生物碱污染的操作规范

CAC 74-2014

1. 序言

吡咯里西啶生物碱（PA）是存在于多种植物中的天然毒素。预计全世界有超过 6000 种植物物种含有 PA。PA 可能是分布最广的天然毒素，可影响野生动物、牲畜和人类。

不同种类的 PA 具有共同的毒性特征，肝脏是主要的毒性靶器官。所有动物物种的主要毒性迹象包括不同程度的进行性肝损伤（小叶中心肝细胞坏死）和静脉闭塞性疾病。此外，国际癌症研究机构（IARC）已将三种 PA 指定为“可能使人类致癌”的物质（2B 组），即紫花果芸香碱（lasiocarpine）、野百合碱（monocrotaline）和瑞德灵（riddelliine）。各类 PA 的毒性强度可能不同，由于缺乏各种 PA 的口服毒性强度数据，目前尚不清楚其相对毒性，这阻碍了对 PA 的风险评估。

摄入源于受 PA 污染的植物或动物的食品可能会对人类造成风险，农场动物大量中毒会给农民和农村社区带来经济损失。关于人类通过食物直接中毒的案例有很多记录，在某些情况下导致了死亡。此外，如果谷物或谷物产品（面粉或面包）受到含 PA 的种子污染，会导致大规模中毒事件。在农作物制成的食物（如沙拉菜叶）中曾发现含有 PA 的植物部分。在动物源性产品（即牛奶和鸡蛋）中也发现了 PA，表明 PA 能够从饲料转移到可食用组织。

尽管关于单一 PA 的毒性及其相对强度的可用信息和不同食物在总体暴露量中所占的比例之间存在缺口，但由于通过饲料或食品摄入这些毒素可能导致的潜在健康威胁，应当尽量减少膳食 PA 暴露量。为实现这一目标，必须采取管理措施来预防和减少食品和饲料的 PA 污染。

预防或减少食品和饲料中 PA 污染的管理规范可以包括杂草管理（去除/减少）规范，以减少可食用动物（包括牲畜和蜜蜂）对含 PA 植物的暴露，还可以包括减少加工和未加工商品中的 PA 的规范。本操作规范侧重于杂草控制。在未经适当评估的情况下，不得出于任何原因故意将含 PA 植物用于食品和饲料。

应该强调的是，完全根除含 PA 植物是不可行的，在生态上亦不可取。此外，在正常情况下，放养的动物通常会避免食用大多数含 PA 植物。一般来说，当饲料在干旱条件下或过度放牧的草场上变得稀缺时，牲畜才会吃含 PA 植物。当 PA 以干草形式存在于饲料中时，牲畜也可能食用含 PA 植物。因此，除了通过杂草控制进行管理外，良好的饲养方法也很重要。

2. 目的

本操作规范旨在针对含 PA 植物的杂草控制提供良好管理规范，以防止和减少 PA 对食品和饲料的污染。因此，本操作规范将涵盖含 PA 植物的控制措施以及植物释放和传播的控制措施。

3. 范围

本操作规范的指导范围一方面涉及防止食品和饲料受到 PA 污染，另一方面涉及在无法完全避免污染的情况下，通过杂草控制减少食品和饲料中的 PA 污染。本操作规范应与有关预防和减少食品和饲料中其他污染物的操作规范一起阅读。

4. 评估相关立法的实施状况

应按照相关国家或国际立法和标准，包括消费者和工人保护的一般要求，遵守本操作规范中提出的所有管理规范。

5. 局限性

应该认识到，在一些国家实施本操作规范中描述的管理措施可能有难度。其原因可能是缺乏知识或资源，也可能是由于地理、环境或实际限制，例如土地面积过大或在某些地区无法使用农业机械。因此，本操作规范中描述的措施只是作为指导，其中描述的每项措施都应由国家主管当局或其他专业和咨询机构进行评估，以确保适

用于特定国家的具体情况。

目前有关各项管理措施有效性的信息不足，因此无法对管理措施进行全面评估。一旦获得这些信息，可对拟议管理措施的有效性进行评估，这将有助于确定管理含 PA 植物的最合适的规范组合，从而减少食品和饲料受到 PA 污染的机会。

6. 含 PA 植物杂草控制的一般原则

为确保充分防止含 PA 植物的传播，并降低控制措施的成本，必须及早发现和识别这些植物，然后采取行动防止食品和饲料受到污染。

为了做到及早发现，通过向农场经营者和当地居民（包括承包商和路边维护人员）提供良好信息来提高认识至关重要。可以通过使用传单和网站等方式提供信息，描述最重要的含 PA 植物、它们的生态、采取行动的必要性以及采取行动的方式/地点。在这方面，重要的是根据相关人员的情况修改建议，例如分别针对农场经营者和在小块土地上饲养少量马、羊等牲畜的个体户提供不同的建议。还应与相关的国家和地方政府机构沟通。

一旦检测到含有 PA 的植物，如果有合适的的数据，就必须识别人类和动物健康风险，以确定是否需要制定综合性杂草管理计划。在这方面，必须认识到不同的含 PA 植物可能以不同的方式对特定管理措施做出反应。因此，应始终考虑到特定植物的生态。此外，还必须考虑天气或气候的影响。在防止含 PA 植物的传播时，所有土地所有者、使用者和管理人员必须共同承担责任，以确保实现对传播的有效控制。

7. 评估采取行动的必要性

在考虑采取任何行动之前，应评估含 PA 植物带来的风险，从而确定是否有必要采取行动。具体做法是设计一种基于以下各项的分级风险描述方法：

- 植物中存在的特定 PA 的毒性（如果已知）；
- 各种含 PA 植物在牲畜的特定 PA 摄入量或总 PA 摄入量中所占比重；或在食物/饲料中所占比重（如果已知）；
- 含 PA 植物与耕地和草地/草场/草原的距离；
- 侵染程度；
- 当地情况；
- 气候；
- 土壤类型；以及
- 受污染土地的植被。

含 PA 植物扩散到用于农牧业和/或饲料/草料生产的土地的可能性应该是风险评估的决定因素。

例如，已经确定了评估和管理豚草（*Jacobaea vulgaris*）对牲畜造成的风险的原则，这是一种常见的含 PA 植物。这些原则是基于对豚草与草场距离的实际考虑（上述第 3 项）：

- 高风险：在用于可食用动物放牧的土地或用于饲料/草料生产的土地 50 米范围内有豚草生长，并开花/扬种；
- 中等风险：在用于可食用动物放牧的土地或用于饲料/草料生产的土地 50 米至 100 米范围内有豚草生长；

- 低风险：在用于可食用动物放牧的土地或用于饲料/草料生产的土地 100 米之外有豚草生长；

在以上豚草控制的例子中，当确定发生“高风险”情况时，指导原则是应立即采取适当的方法控制含 PA 植物的传播，同时考虑到土地的状况。在中等风险的情况下，可以制定控制政策，以确保当传播风险从中等转为高风险时，能够及时发现和处理，采用适当的控制方法，同时考虑到土地的状况。在低风险情况下，不需要立即采取行动。

可以对其他含 PA 植物进行类似的风险评估，并确定需要采取的行动，但请注意，在其他情况下定义风险区和确定适当的行动时，不仅需要采取第 16 段列举的步骤，还需要考虑到相关含 PA 植物的不同生态。

8. 建议的做法

8.1 含 PA 植物的管理

在管理含 PA 植物时，最好结合使用非化学和化学方法（如综合杂草管理），以获得最佳效果。

实施综合杂草管理计划可以减少对除草剂的使用和依赖，从而降低产生除草剂抗性的可能性，并允许在大多数环境中进行杂草管理。然而，应该指出，在有适当除草剂可用的情况下，单独使用除草剂就可能足以有效地控制杂草。

此外，综合杂草管理计划应与减少含 PA 植物传播的措施相结合，从而防止此类植物的传播。

对于本节中描述的管理方法，应牢记它们的应用不应对农业、牲畜或草场造成有害后果。除目标物种外，某些方法可能还对其他植物物种（例如农作物）具有破坏性。这些方法的应用必须以根除单一植物为目的，并在考虑到可能对环境造成的风险后进行良好的规划。

8.1.1 机械方法

含 PA 植物可以通过机械方法控制，例如拔除、犁耕、碾磨和砍伐。应用机械方法的时机很重要。这些措施最好在含 PA 植物开花前应用，以防止种子孕育和传播。在处理含 PA 植物时，应采取适当的预防措施保护操作者的皮肤（接触某些植物可能会引起过敏反应），并防止吸入花粉。

有效的手工操作需要去除根冠和所有较大的根。因此，与通常发育深根的较大植物相比，手工操作可能仅对幼苗和稚嫩的莲座状叶丛有效。此外，在小面积地块中可以用手有效拔除目标植物，但在大面积的地块中这种方法成本很高、效率很低，也不适合。如果用手拔除，应以防止传播的方式处理和运输植物，例如装在密封袋中，然后销毁（焚烧）。应该注意的是，土壤的扰动可能会导致更多种子发芽，因为埋藏的种子会暴露在（太阳）光下。

8.1.2 化学方法

当以建议剂量的除草剂小心施用，用适当的除草剂进行化学喷洒可能是控制含 PA 植物的有效方法。所使用的除草剂应已注册并适合该特定情况。此外，最好将除草剂与其他防治方法结合使用，以提高其有效性。除草剂的选择取决于特定的含 PA 植物种类和能够获得的除草剂类别。

对于大多数含 PA 植物，通常喷洒除草剂的最有效时间是植物生长活跃并开始开花时，即在春季开花前和秋季长出新的莲座状叶丛时。一些除草剂因其作用方式而需要在其他时间使用。当含 PA 植物因缺水、水分过多、疾病、昆虫或机械损伤而出现应激反应时，不应喷洒除草剂，因为此时有效性会降低。

使用非选择性除草剂可能会损害本地块和周围的作物、草场和环境。因此，最好使用选择性除草剂喷洒含 PA 植物，或对非选择性除草剂的使用加以限制。此外，一些含 PA 植物可能会随着时间的推移对特定的除草剂产生抗性。应确保活性物质在每个国家就特定目的进行注册。此外，由于这些物质是除草剂，因此它们仍可能对农作物有抑制作用，因此在与耕地邻近时应慎用。

对于已经固定生长的含 PA 多年生植物，最好使用内吸性除草剂。内吸性除草剂被植物的根部或叶部吸收，然后在植物系统内部转移到可能远离受药点的组织中。

此外，应注意在适宜的天气条件下施用除草剂，因为在不利的天气条件下施用（如施用后 5 小时内下雨）可能会降低除草剂的有效浓度。

8.1.3 生物方法

植物的天敌可用于控制含 PA 植物。这可能是一种经济有效的方法。然而，有效性必须已经得到证实，且天敌自身不应带来环境问题。

例如，艾菊（*Jacobaea vulgaris*）的密度可以被天敌豚草甲虫（ragwort flea beetle）以及豚草甲虫和朱砂蛾（*Tyria jacobaeae*）的组合降低。研究还发现，一种来自欧洲的豚草茎和蛙冠蛾（*Cochylis atricapitana*）会降低开花植物的株高，并降低莲座状叶丛的大小和存活率。另一种生物防治手段是使用豚草羽蛾（*Platyptillia isodactyla*），其常见宿主是沼泽豚草（*Senecio Aquaticus*）。蓝色天芥菜叶甲虫（*Deuterocampta quadrijuga*）的幼虫和成虫都以叶子为食，可把蓝色天芥菜（*Heliotropium amplexicaule*）的叶子吃光。

然而，良好的生物控制仅适用于数量有限的物种，因为与寻找、筛选和测试潜在试剂相关的成本可能非常高。因此，成功的生物控制需要漫长的开发和确立阶段，并且需要大量资金。对于大多数含 PA 植物而言，没有有效的生物防治措施可用。研究表明，此类方法通常只对非本地植物非常有效。

8.1.4 其他方法

其他控制方法包括土壤日晒、火烧和沸水杀灭，可用于小范围控制。

有证据表明，土壤水分和养分的变化可能影响含 PA 植物的根、叶和花的 PA 含量，因此种植方法可能会改变剩余植物的 PA 含量。例如，增加土壤湿度会导致根部的 PA 浓度升高。当养分低时，预期 PA 浓度较高。例如，与有养分的植物相比，在没有养分的沙中生长的植物的 PA 浓度较高。然而，尚不清楚在开花植物中是否可以预期存在相同的效果。

不要在不必要的情况下运输含 PA 植物，并且只能将其存放在密封的袋子或容器中。

并非所有管理措施都适用于各种类型的土地。因此，对含 PA 植物的具体管理措施将在下文按土地类型分别讨论：耕地、草场以及邻近作物或草场的区域。

8.1.5 耕地

就作物而言，应用机械方法的最佳时机是在作物生长开始时。一旦作物茂密，杂草就几乎没有机会生长。对于小麦和小米等作物，应在种植前和生长周期的前六周定期除草。如果可行，在收获前大约两周进行最后一次除草，可以显著降低收获作物被有毒植物的组成部分污染的可能性。事实上，在豆类作物中，如果含 PA 植物严重泛滥，机械或人工除草可能是唯一的选择。应注意与作物邻近的区域，因为这些区域可能构成杂草持续侵染的来源。

8.1.6 草场以及邻近作物或草场的区域

土地所有者通常不对农作物或草场的周边地区承担法律责任，例如路缘、水沟边缘和杂草丛生的地方。因此，对于此类土地，所有土地所有者、占用者和管理人员承担共同责任，以确保有效控制含 PA 植物的可能传播是极其重要的。

在草场的大规模修复中，割草相对容易。在花期开始或结束时针对艾菊（*Jacobaea vulgaris*）割草会减少花头的数量。因此，建议在一半植物开始开花时第一次割草，当重新生长的植物有一半再次开始开花时第二次割草。另一方面，火草（*Senecio madagascariensis*）不应在晚春或超过 25% 的植物开花时砍伐，否则本来会死亡的

成熟植物可能会复生。然而，这些机械方法在杀灭植物方面并不总是有效，甚至可能有助于它们复生，如艾菊和车前叶蓝蓟（*Echium plantagineum*）。因此，砍伐或割草可能需要定期进行，并与其他控制措施结合使用，作为综合杂草管理计划的一部分。例如，高割草频率可以与额外施氮相结合，这将促进野草的快速生长，从而防止含 PA 植物发芽和植根。

应注意与作物邻近的草场，因为这些区域可能构成杂草持续侵染的来源。

在草场中，可以通过放牧把 PA 耐受牲畜非常有效地用于杂草管理，以减少含 PA 植物，因为牲畜可能会削弱此类植物，并阻止种子广泛传播。用细菌进行抗微生物治疗可用于增加反刍动物对 PA 毒素的耐受性。以前没有接触过 PA 的动物很容易中毒，而以前接触过含 PA 植物的动物则表现出增强的瘤胃解毒活性。消化链球菌（*Peptostreptococcus heliotrinreducans*）很可能在这个过程中发挥重要作用。

此外，最好使用非食用动物，因为 PA 可能从饲料转移到牛奶和可食用组织中。最适合的牲畜是绵羊，尤其是不怀孕、非食用美利奴绵羊（Merino）或山羊。如果使用可食用动物，则可食用产品可能含有高水平的 PA；作为预防措施，这些可食用产品必须隔离，不得出售供人类食用，直到确认它们不含 PA。将动物从受影响区域转移时，必须避免其蹄子、皮毛和消化道携带种子，以免感染新的区域。换言之，活的种子可以通过牲畜的消化道来传播。在消化道中存活的种子应从粪便中清除，因为粪便中含有丰富的营养物质，可以促进种子发育。因此，对于某些杂草种类，在结籽时可能需要停止动物放牧，也可以通过隔离牲畜来防止种子传播。放牧管理方法可应用于低密度、大面积的侵染。但是，必须有大量的食草动物；必须通过水、围栏或牲畜群的安排来控制动物移动，必须密切监测和管理放牧的时机、强度和持续时间，以防止过度放牧。必须认识到，过度放牧可能会导致牧草或本地植物失去竞争性，使含 PA 植物再度侵染并散布在裸露的土壤上，这可能导致牲畜中毒。因此，建议在（一些）含 PA 植物开花期间停止放牧，因为此时的 PA 生成量会非常高。

8.2 对植物释放和传播的控制

8.2.1 种植替代植物以减少杂草生长

对作物而言，合理的轮作也可以最大限度地减少杂草问题，因为这将有助于增强土壤肥力和结构以提高产量。反过来，增加肥力将减少杂草的影响，轮作可以减少杂草的育种和发芽。在草场和邻近作物或草场的地区，使用替代植物可以减少杂草生长，例如通过种植旺盛的多年生植物来抑制含 PA 植物的传入和生长。具体做法是：1) 播种冬季牧草品种；2) 延长夏季草场放牧；以及 3) 综合种植冬季和夏季牧草。草场管理方法还必须经常与其他形式的杂草控制措施相结合，例如除草剂和机械手段。该方法应该基于良好农业规范实施，例如适当的播种时间和深度以及播种时足够的肥力和水分，这对于确保良好的草场管理很重要。此外，我们建议采用良好的种植方法，如水和养分管理或覆盖保墒。用于覆盖保墒的植物材料不得含有 PA 植物及其种子。

8.2.2 控制植物/种子在农业区和草场上的转移

确保种植优质、无杂草的作物和使用无杂草的草种。在符合国家或地区法律和指令规定的情况下，使用未受污染的种子（例如经过认证的种子）。

8.2.3 防止植物种子借助于车辆和农业机械转移

对在受侵染地区使用的车辆、机械和设备加以清洁，以防止通过种子传播将含有 PA 的植物引入草场或农田。在受侵染和未受侵染土地之间建立无杂草缓冲区将有助于控制侵染。

8.2.4 防止植物种子借助于动物转移

牲畜在受侵染的地带放养后需要隔离数日，因为种子可通过牲畜的蹄子、皮毛以及消化道传播。定期检查这些隔离区，以确保含 PA 植物没有在这些区域出现。

8.2.5 防止植物和种子从都市地区转移到农田和草场

为园艺师和邻近的业主提供宣传材料，帮助他们正确识别含 PA 植物，以防止有害植物繁衍。在提供此类信息时，可同时传达有关含 PA 植物繁衍、销售和分销的国家或地区法规。就如何防止含 PA 植物从都市地区意外扩散到农田和其他用地向公众提供指导。