

综 述

杂草抗药性研究概况^{*}

黄春艳

(黑龙江省农科院植保所)

自四十年代后期发展使用 2, 4-D 类除草剂防除麦田及其它禾谷类作物农田阔叶杂草以来,化学除草技术不断发展,日益受到各国的重视,已成为现代化农业生产不可缺少的一项措施。但是,农田化学除草也同病虫害化学防治一样,带来了抗药性种群的发展问题。

1 杂草抗药性现状及其发展趋势

早在 1950 年,在欧洲甘蔗田就发现了铺散鸭跖草 (*Commelina diffusa*) 和野胡萝卜 (*Daucus carota*) 对苯氧羧酸类除草剂 2, 4-D 的抗性生物型^[1-7], 1968 年 Ryan 发现并于 1970 年公开报道了美国华盛顿州西北地区松柏苗圃欧洲千里光 (*Senecio vulgaris*) 对均三氮苯类除草剂西玛津和阿特拉津产生了抗性^[2-7], 此后,在全世界范围内发现了多种抗药性杂草。LeBaron (1991~ 1992) 报道了全世界共有 113 种抗药性杂草生物型,其中 58 种 (双子叶杂草 41 种,单子叶杂草 17 种,对均三氮苯类除草剂产生抗药性; 55 种 (双子叶杂草 36 种,单子叶杂草 19 种) 对有机磷类、二硝基苯胺类、磺酰脲类、咪唑啉酮类等其它 14 类除草剂具有抗药性。对 1 种以上除草剂产生抗药性的杂草有 84 种 (双子叶杂草 59 种,单子叶杂草 25 种), 主要分布在美国、加拿大及欧洲、亚洲等 29 个国家和地区。目前最常见的抗药性杂草有: 绿穗苋 (*Amaranthus hybridus*)、反枝苋 (*A. retrofractus*)、地肤 (*Kochia scoparia*)、藜 (*Chenopodium album*)、欧洲千里光、龙葵 (*Solanum nigrum*)、早熟禾 (*Poa annua*) 等^[6]。苏少泉 (1996) 报道,近 20 年来,在世界范围内至少有 30 个以上的国家发现不同杂草对化学结构不同的多种类型除草剂产生了抗性,抗性生物型种类已达 138 个,其中以抗均三氮苯类除草剂的杂草种类最多,其它较多的是 ALS (乙酰乳酸合成酶) 抑制剂与光合系统 I 抑制剂^[7]。

1.1 抗性形成速度快,范围广 在美国小麦田连续使用绿磺隆 4~ 5 年,繁缕 (*Stellaria media*)、刺莴苣 (*Lactuca serriola*)、地肤、猪毛菜 (*Salsola kali*)、多花黑麦草 (*Lolium multiflorum*)、多年生黑麦草 (*L. perenne*) 等产生了抗性生物型; 1987 年在美国仅 2 个点发现地肤对绿磺隆产生了抗性,而 1992 年则在美国 11 个州、加拿大 11 个省共 832 个点发现地肤对绿磺隆产生了抗性^[7]。

1.2 交互抗性与多抗性增多 在澳大利亚发现,不实野燕麦 (*Avena sterilis*) 抗禾草灵、精稳杀得、盖草能、禾草克、威霸等,瑞士黑麦草 (*Lolium rigidum*) 抗禾草灵、拿捕净、绿麦隆、绿磺隆、均三氮苯类除草剂; 在英国,冬性野燕麦 (*A. ludoviciana*) 抗禾草灵、精稳杀得、甲氟胺,鼠尾看麦娘 (*Alpecurua myosuroides*) 对作用机制不同的多种类型除草剂产生了抗性^[7]。

1.3 稻田杂草产生抗性 过去抗性杂草往往局限于旱田作物,主要在加拿大、美国、澳大利亚、英国发展迅速,出现频率较高。近年来,一些稻田杂草也不断产生抗性。1986 年在菲律宾发现了抗 2, 4-D 的尖瓣花 (*Sphenoclea zeylanica*), 1989 年在马来西亚出现了水虱草

* 收稿日期 1997-07-20

(*Fimbristylis miliacea*) 抗 2,4-D 的生物型,超过推荐剂量 16 倍的 2,4-D 胺盐也不能致死,并对 2,4-D 钠盐、2 甲 4 氯具有交互抗性;在美国加州及澳大利亚南威尔士的连作水稻田,使用农得时 4 年,异型莎草 (*Cyperus difformis*) 与加州慈菇 (*Sagittaria calycine*) 产生了抗性^[7]。黄炳球 (1995) 报道了我国三大栽培类型稻区的稗草对丁草胺已产生了明显的抗药性,对禾草丹也产生了较明显的抗药性。以 LC_{50} (致死中浓度) 和 LC_{90} 为标准,丁草胺的最高抗性系数分别由 1991 年的 2.90 和 2.79 上升至 1993 年的 4.27 和 10.60。在连续使用丁草胺 10 年以上地区的稗草,对丁草胺的抗性水平急剧上升,对禾草丹的抗药性水平也较高,两者之间存在交互抗性的迹象^[8,9]。

2 杂草抗药性机制的研究

2.1 抗药性产生的原因 在杂草种群中,个体的多实性、易变性及多型性是对除草剂产生抗性的内在因素,而抗性生物型的产生则是通过除草剂选择压力导致基因突变的结果。抗性的发展速度决定于抗性位点基因最初频率、遗传机制、抗性与敏感性表现型的相对适应性、土壤中种子库动态以及除草剂的选择强度^[7,13]。

杂草的抗药性还与生物学特性密切相关。对除草剂表现抗性的植物种群有如下特性:一年生草本占优势,完全或部分自花结实,能移地生育,繁殖力高,结籽多,萌发时期长,自幼苗到成熟发育迅速,遗传变异性复杂。进化策略是提高适合度,如对磺酰脲类除草剂敏感的繁缕、地肤、莠苣、猪毛菜等 4 种杂草在温度变幅较宽的条件下一年能多次萌发^[13]。

2.2 抗药性形成的生理学基础 ① 除草剂渗透能力降低或杂草吸收作用受阻作为杂草抗药性形成机制提出,其主要依据是同沉积物的存在有关。例如,木质部对百草枯的吸收造成在根部表面的沉积;用西玛津处理欧洲千里光,其总吸收趋势为敏感型超过了抗药型。但对藜和反枝苋的研究发现,敏感型的藜和反枝苋对阿特拉津的吸收能力没有超过抗药型生物型。上述例子说明,渗透性降低、吸收作用受阻在抗药性形成的过程中不是普遍规律,可以认为是一种保护反应^[14];② 多数获得抗药性的生物型都表现出对参与选择的除草剂代谢作用的增强,同时伴有解毒过程的发生。在一些抗药性生物型中,已经发现过氧化物歧化酶、过氧化氢酶和过氧化物酶活性的增强^[14];③ 不同类型的除草剂,其作用机理也不相同。联吡啶类除草剂的活性特点是通过电子传递产生稳定的阴离子基,一个电子传递可被氧所逆转,另一个电子能够发生还原,这种还原作用的能量大部分来自光系统 I 产生的还原剂。用 ^{14}C 标记的 $^{14}CO_2$ 固定的结果表明,在加拿大蓬对百草枯的抗药型与敏感型之间存在着明显的差异。处理 4 小时后,敏感型基本上完全被抑制,而抗药型生物型在处理后的前 3 小时内对 CO_2 的固定略有降低,接着急剧上升。就是说,施药 3 小时后,百草枯对抗药型生物型已经不能发挥它的毒性作用^[14]。

2.3 抗药性形成的遗传学基础 杂草对均三氮苯类除草剂产生抗性的分子生物学基础是在类囊体蛋白质中发生了突变,而且涉及到光系统 II 还原部位的次级醌受体 (Q_B) 和除草剂的结合。这种蛋白质 (Q_B - 蛋白) 由叶绿体 Psb 基因编码,而且这个基因的类似突变已经在所有抗药性杂草 (如小苋、龙葵等) 中得到证实。在其它一些非均三氮苯类除草剂中,如阿刺伯高粱对 2,4-D 大甜茅对赛克津发现是被一个单显性基因控制。玉米对禾草灵、亚麻对阿特拉津、野燕麦对燕麦敌等是多基因遗传的。芒麦草对环草隆的抗药性遗传机制是由三对互补的显性基因控制的。杂草抗药性的形成,基本上是一个抗性基因被选择的过程,抗药性基因的遗传是产生抗药性的基础^[14]。

2.4 杂草抗药性的诱导 杂草对除草剂的抗 (耐) 性随着除草剂选择压力而能逐步提高。把藜和小苋种子种于温室,逐代用浓度为 0.2、2.4、4.49 和 8.98 kg/hm² 的均三氮苯处理,通过测定

叶绿素荧光,发现藜和小苋的抗性逐步提高。田旋花对草甘膦的忍耐力可以在草甘膦反复应用形式下,通过选择压力得到提高^[12 15]。

3 杂草抗药性的治理对策

基于抗药性杂草的产生条件、发展趋势和传播途径,抗药性治理策略必须集中于减轻单一作用靶标除草剂品种造成的选择压力及抗性种子的产生与传播。在杂草防治实践中,与生态防治相结合,以及不同作用机制除草剂的交替轮换使用是杂草抗性治理成败的关键^[6 7 13]。

3.1 减轻除草剂对杂草的选择压力 其技术措施为:作物轮作结合使用不同作用机制的除草剂;除草剂交替使用或混用及前后搭配使用;使用增效剂与安全剂;应用短残留性除草剂;控制每种作物应用同一作用机制除草剂防治同种杂草的处理次数^[6 7]。

3.2 限制抗性杂草种子的传播 在作物播种前后采用耕作措施消灭抗性杂草植株;作物播种前或出苗前应用广谱灭生性除草剂;通过合理轮作进行防治^[6 7]。

3.3 抗除草剂作物品种的研究与应用 应用基因工程获得抗广谱性除草剂的作物品种已成为一项新的杂草治理技术。美国 Monsanto 公司在这方面作出了突出的成绩,已创造出抗草甘膦的大豆、棉花和玉米,即将进入推广应用阶段。抗草甘膦大豆的示范与试种已显示出极大的优越性。其突出优点是:杀草谱广,可以防治各类一年生和多年生杂草;可以有效防治高龄杂草与一些特殊杂草;防治成本显著下降;对环境高度安全;杂草不易产生抗药性。其它抗除草剂的作物品种有:抗草甘膦甜菜,抗磺酰脲大豆,抗咪唑啉酮玉米,抗草甘膦与普施特油菜、玉米、大豆和水稻,抗溴苯腈棉花等。这些抗性作物品种的应用将给杂草治理技术带来新的革命^[6 16]。

3.4 综合防治是杂草治理的方向 随着杂草抗药性的产生,作物药害及力求防治措施安全可靠,导致杂草治理系统的变化,即杂草治理必须从大量使用除草剂转变为包括预防、机械、栽培、生物、化学与遗传方法相结合的系统治理,在除草剂应用中必须考虑水质及其它环境问题。综合防治是所有适宜技术的平衡,通过少用除草剂及其它措施配合而消除或减轻杂草抗性,达到低成本、高质量、不减产、不危害环境的目的^[6 16]。

参 考 文 献

- 1 张朝贤等.我国杂草科学研究与 21 世纪可持续发展农业.中国植物保护研究进展,中国科技出版社,1996
- 2 Ryan G F Resistance of common groundsel to simazine and atrazine. Weed Science, 1970, 18(5): 614~ 616
- 3 万树青.病虫草害的抗药性及其治理措施.农药科学与管理,1992,(3): 11~ 14
- 4 顾宝根译.对抗性杂草的重视.农药科学与管理,1991,(2): 8~ 9
- 5 张泽溥.农田抗性杂草种群的发展值得重视.植物保护,1990,(5): 41
- 6 黄建中等.抗药性杂草的管理.杂草科学,1995,(4): 4~ 7
- 7 苏少泉.杂草抗药性及其治理.世界农业,1996,(2): 31~ 33
- 8 黄炳球等.我国稻区稗草对丁草胺的抗药性现状.植物保护学报,1995,22(3): 281~ 286
- 9 黄炳球等.我国稻区稗草对禾草丹的抗药性现状.南京农业大学学报,1995,16(3): 17~ 21
- 10 黄建中等.氟乐灵抗药性杂草研究进展.杂草科学,1995,(1): 8~ 10
- 11 苏少泉.磺酰脲类除草剂的使用与杂草抗药性.农药科学与管理,1993,(4): 16~ 20
- 12 刘东卫等.杂草对磺酰脲类除草剂抗性的研究动态.杂草科学,1994,(3): 15~ 16
- 13 马晓渊.抗药性杂草种群的发展及其治理对策.杂草科学,1994,(1): 1~ 4
- 14 姚建仁等.杂草抗药性机制的研究.世界农业,1991,(10): 32~ 34
- 15 刘东卫等.农田杂草对除草剂的抗性.世界农业,1993,(12): 37~ 38
- 16 苏少泉.杂草防治的发展趋势.世界农业,1996,(7): 30~ 31