

# 抗药性杂草产生原因及治理策略

张 武

(黑龙江省农业科学院 黑河分院, 黑龙江 黑河 164300)

**摘要:**分析了长时间或多次使用一类或一种除草剂及使用作用靶标相同的除草剂致使杂草抗药性产生的原因,同时指出除草剂和杂草的特性也对杂草的抗性产生影响。提出了治理杂草抗性的措施:以预防为主,多种手段相结合的方式延缓和治理杂草抗药性的产生。

**关键词:**除草剂;杂草抗药性;选择压力

**中图分类号:**S451

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2011)05-0052-03

自 20 世纪 40 年代 2,4-D 的研制成功和广泛应用,开创了化学除草剂研发与应用的新纪元。应用除草剂不仅节约劳动力而且经济有效。然而,长期、高频率、大面积使用除草剂和长持效期除草剂的应用,在给农民带来方便的同时,也伴随产生除草剂引致的倒茬困难和杂草产生抗药性等一系列问题。目前,杂草抗性越来越突出,备受全球关注,以使化学防除杂草为主体的杂草综合治理体系受到了新的挑战<sup>[1]</sup>。近 10 年来,全球杂草抗药性研究取得重要进展,生物测定、生理生化,尤其是分子生物学技术在杂草抗性研究中的广泛应用,使研究内容不断深入。但是,中国的杂草抗药性研究才刚刚起步,现对杂草对除草剂抗性产生的原因及防除策略进行概述,以期今后杂草抗药性研究提供参考。

## 1 除草剂的特性

### 1.1 除草剂的选择压力

在除草剂施用后,杂草表现为耐药生物型和敏感生物型。当较长时间使用某一除草剂后,除草剂逐渐影响和改变植物种群遗传组成的外界压力,即除草剂对某种植物的选择压力。选择压力是植物对除草剂产生抗药性的重要因素之一<sup>[2]</sup>。目前,除草剂对杂草抗药性形成途径有两种观点:一种是杂草群落中本身存在抗药性杂草的生物型,在除草剂的选择压力下,敏感型个体逐渐消亡,种群中的一些耐药性的个体或具有抗药性的遗传变异被保留,并能繁殖而逐步形成一个较大

的群体<sup>[3]</sup>。一般在田间表现为,长期单一大面积连续使用同一种或一类除草剂,使原来由于杂草群体效应及竞争作用下,竞争力低的抗性个体数量逐渐增加,以至于用同一种或一类药剂的常规剂量难以防除。经试验证明存田旋花(*Convolvulus arvensis*)对除草剂具有天然耐药性<sup>[4]</sup>。

另一种观点认为由于除草剂的诱导作用,促使杂草体内基因发生改变,提高对除草剂的解毒能力或降低除草剂作用位点的亲和力。这些改变是在除草剂的选择压力下逐步产生并发展成为抗性生物群体的<sup>[5]</sup>。王满意等研究得出 4 a 诱抗的藜种子对单嘧磺酯、苯磺隆均产生抗药性<sup>[6]</sup>。

### 1.2 除草剂作用靶标单一

不同除草剂对杂草的选择压力不同造成杂草抗性的速率存在明显差异。作用靶标单一的除草剂品种较多重靶标的更易产生抗药性,许多杂草抗药性的产生都是由于单基因突变的结果。由于杀草谱广、生物活性高、低用量、高选择性、对哺乳动物低毒等优点而被广泛应用的 ALS(乙酰乳酸合成酶)抑制剂,1987 年在北美洲小麦田使用短短 5 a 便产生抗药性<sup>[6]</sup>。目前抗 ALS 抑制剂的杂草数量已经上升到 99 种,远远超过任何一种除草剂的抗性杂草数量。1986 年第一例抗乙酰辅酶 A 羧化酶(ACCase)抑制剂类除草剂禾草灵的瑞士小黑麦在澳大利亚出现后,至今在 26 个国家已有 36 种抗此类除草剂的生物型被发现<sup>[8]</sup>。

### 1.3 除草剂长残效和高剂量施药

长残效的除草剂由于其药效持久而被广泛应用,其能控制全生育期杂草的发生,敏感杂草不能结实,对抗性杂草的发展不能起到竞争作用。因此,这类除草剂会增大除草剂选择压力,加速抗性杂草的形成。持效期越短的除草剂,选择压力越低,除草剂的抗药性出现就越晚。生育期内反复多次施用持效期短的除草剂同样会增加除草剂的

收稿日期:2011-02-24

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项资金资助项目(nycytx-04)

作者简介:张武(1983-),男,黑龙江省大兴安岭地区人,学士,研究实习员,从事植物保护研究。E-mail:guoguo\_zw@163.com。

选择压力。如 1996 年在澳大利亚发现的抗草甘膦的瑞士黑麦草打破了不会出现对有机磷除草剂产生抗药性的神话<sup>[9]</sup>。

除草剂的高效超剂量施用在取得优良效果的时候降低了敏感型杂草在群落中的比例,削弱敏感杂草的竞争力,从而为抗性杂草的发展提供了广阔的空间。

## 2 杂草的生物学特性

农田杂草是长期适应当地的自然条件、生产条件和耕作制度,并与栽培作物在各方面竞争过程中逐渐形成的群落。自然选择压力和人为选择压力是推动杂草群落发生改变的动力。在杂草群落中,抗药性的发展速度决定于抗性位基因最初频率、遗传机制、抗性与敏感性等生物学特性。目前研究表明抗性杂草具有如下共同特性:一年生杂草为主,完全或部分自花结实,结实期长,一年繁殖 1 代或数代,结实率高,可萌发时期长,幼苗出土至成熟发育迅速,遗传变异复杂。

### 2.1 抗性杂草的基因特性及最初频率

杂草通过种内异花授粉、基因重组、基因突变和染色体数目变异为杂草提供基因杂合性。杂合性是保证杂草有较强的适应性,同时大大增加抗药性产生的可能。由于每种杂草都有一个独特的基因组成,具有抗性基因的杂草在种群中所占比例很小。据估算,抗 ALS 抑制剂最初频率为  $1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-8}$ ,三氮苯类约为  $1.0 \times 10^{-10} \sim 1.0 \times 10^{-20}$ ,因此,抗磺酰脲类种群 3~4 a 就会出现,而抗三氮苯类出现应持续 10 a 以上<sup>[10-11]</sup>。

### 2.2 杂草种子库

杂草种子库是土壤中杂草种子形成的一个相对稳定并动态发展的群体,在施用除草剂后,抗性杂草种子都会在前几年被积累的敏感性杂草稀释,种子库中杂草的寿命越长缓冲作用越大。在少耕和免耕田中,许多杂草不能进入种子库,绝大部分杂草留在土表,并在当年萌发,只有少数种子休眠。虽然仅有少量杂草存活,但是这部分种子具有较高的抗性和更好的机会繁殖,杂草抗药性形成较快<sup>[12]</sup>。

### 2.3 杂草适合度

杂草适合度是指选择因子除草剂不存在的情况下抗性与敏感个体的相对繁殖能力。它是控制抗性杂草演化速度的一个重要调节因素。在杂草群落中,抗性个体占有一定比例,抗性适合度有 2 个主要的部分:生存和繁殖。如磺酰脲类抗性与野生型间的适合度差别最小,在杂草萌发期长的

地方,使用短持效除草剂其活性消失后,敏感杂草可抑制适合度较低的抗性杂草结实。但对乙酰乳酸合成酶抑制剂产生的抗性个体适合度为敏感个体的 90%,仅靠停用来演化除草剂抗性是无效的,而需要通过降低选择压力。

## 3 抗性杂草的综合治理

治理抗性杂草应充分发挥农艺措施、生态调控的作用,科学合理地使用除草剂,延缓杂草抗性的发生,延长除草剂的使用寿命。对抗性的治理应该分为 2 部分分别实施,如果还未在当地发现杂草抗性出现,应该采用综合治理措施控制杂草,以预防和延缓杂草抗性发生为主。如果该地区已经发现杂草抗性,应避免抗性杂草种群发展和扩散。

改变现行种植体系,轮换使用不同作用机制的除草剂。如一年生作物冬小麦与夏大豆、玉米进行轮作,在北方进行小麦、大豆、玉米的轮作。但是,在除草剂的选择上应避免选用作用位点相同的除草剂,如磺酰脲类除草剂与咪唑啉酮类除草剂作用位点都是乙酰乳酸合成酶(ALS),因此,在药剂的选择上应避免这两种类型除草剂的连续交替使用。

除草剂的混用是延缓和预防杂草产生抗药性的重要手段,但是在混用过程中应注意 5 点:作用方式不同,杀草谱相同,两种成分具有相近持效期,具有负交互抗性的除草剂混用;应用增效剂减少农药使用量。化学除草与机械除草相结合,如耕翻、中耕、春季干旱区进行秋整地,这些措施不仅可以增加土壤的透气性,还在一定程度上减少化肥使用量,从而延缓抗性的出现。

系统调查与鉴定杂草发生情况,制定除草经济阈值,根据杂草种群的变化与演替,在经济阈值之上时才使用除草剂。

应用抗性杂草的天敌和天然除草剂进行生物防除。如法国利用锈菌防治麦田杂草灯心草(*Chondrilla juncea*),德国赫特斯公司(Host-sfom)人工合成拟天然有机磷除草剂草丁磷,防治稻田稗草的天然除草剂去草酮(Methoxyphencen)<sup>[2]</sup>。

## 参考文献:

- [1] Bhowmik P C. Herbicide resistance: A global concern[M]// Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent., 2000.
- [2] 黄建中. 农田杂草抗药性[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [3] Duke S O, Christy A L, Hess F D, et al. "Herbicide-Resistant Crops"[M]. Council of Agricultural Science and Tech-

- nology, Ames, I. A. 1991.
- [4] Westwood J H, Weller S C. Cellular mechanisms influence differential glyphosate sensitivity in field bindweed (*Convolvulus arvensis*) [J]. Weed Science, 1997, 45(1): 2-11.
- [5] 韩庆莉, 沈嘉祥. 杂草抗药性的形成、作用机理研究进展[J]. 云南农业大学学报, 2004, 19(5): 556-561.
- [6] 王满意, 寇俊杰, 鞠国栋, 等. 磺酰脲类除草剂抗性简易测定方法初探[J]. 杂草科学, 2009(2): 36-38.
- [7] Primiani M M, Cotter J C, Saari L L. Resistance of *Kochia* (*Kochia scoparia*) to Sulfonylurea and Imidazolinone Herbicides [J]. Weed Technol, 1990, 4: 169-172.
- [8] Heap I M, Knight R. The occurrence of herbicide cross resistance in a population of annual ryegrass, *Lolium rigidum*, resistant to diclofop-methyl [J]. Australian Journal of Agricultural Research, 1986, 37(2): 149-156.
- [9] Powles S B, Lorraine-Colwill D F, Dellow J J, et al. Evolved resistance to glyphosate in rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) in Australia [J]. Weed Science, 1998, 46: 604-607.
- [10] 马晓渊. 抗药性杂草种群的发展及其治理对策[J]. 杂草科学, 1994, 4(1): 1-4.
- [11] 孙丙耀. 农田杂草抗药性及抗性作物的选育[J]. 世界农业, 1998(8): 18-21.
- [12] 马晓渊. 农田杂草抗药性的发生为害、原因与治理[J]. 杂草科学, 2002, 4(1): 5-9.

## Causes of Herbicide Resistance Weed and Its Management Strategies

ZHANG Wu

(Heihe Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Heihe, Heilongjiang 164300)

**Abstract:** The causes of using the single kind or the same herbicide or applying the herbicides with the same target for a long time or many times result in herbicide resistance weed were analyzed, as well as the characteristic of herbicide and weed itself could affect the herbicide resistance were pointed out. Then the management strategy for controlling weed herbicide resistance was put forward: putting prevention first combining with multiple methods to delay and control weed herbicide resistance.

**Key words:** herbicide; weed herbicide resistance; selection pressure

(上接第 41 页)

- [4] 罗金明, 邓伟, 张晓平, 等. 盐渍土系统土壤水-地下水转化规律研究[J]. 生态环境, 2007, 16(6): 1742-1747.
- [5] 李取生, 王志春, 李秀军. 苏打盐渍土壤微咸水淋洗改良技术研究[J]. 地理科学, 2002, 22(3): 342-348.
- [6] 王宇, 韩兴, 赵兰坡. 硫酸铝对苏打盐碱土的改良作用研究[J]. 水土保持学报, 2006, 20(4): 50-54.
- [7] 王宇, 韩兴, 赵兰坡. 苏打盐碱土结构性与持水特性的改良研究[J]. 吉林农业大学学报, 2006, 28(5): 545-548.
- [8] 李毅, 邵明安, 王文焰. 有限深土体中再分布的土壤水盐运移试验研究[J]. 农业工程学报, 2004, 2(3): 40-43.

## Relationship of pH, EC and Composition of Salt of Sodic Soil in Heilongjiang Province

KUANG En-jun<sup>1</sup>, Kazuo Nakamoto<sup>2</sup>, LIU Feng<sup>3</sup>, CI Feng-qin<sup>1</sup>, JIAO Jiang<sup>3</sup>, ZHANG Jiu-ming<sup>1</sup>

(1. Soil Fertilizer and Environment Resource Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, / Key Lab of Soil Environment and Plant Nutrition of Heilongjiang Province Harbin, Heilongjiang 150086; 2. Japan International Research Center for Agriculture Sciences, Tsukuba 305-8686, Japan; 3. Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086)

**Abstract:** Comparing the change regularity of soil moisture and ions on no vegetation base spot and vegetation near a grass of sodic soil, the relation of soil pH, EC and the ions were conducted. The result showed that the supply capacity of groundwater to surface water was still strong, the phenomenon of groundwater participating soil salt movement was obvious, even under the extremely draught condition. The pH of base pot was higher than that of grass. In high water condition, peak of pH was in subsurface 30 cm, and when soil drought, peak of pH was in the subsurface between 10~20 cm. EC of different period gradually reduced with soil depth, and the peak of EC was in the subsurface between 0~20 cm. EC value of base pot was higher than that of grass. The pH and EC of soil were significant positive correlation with  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  concentration, and had no significant correlation with  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  concentration.

**Key words:** sodic soil; groundwater; ion composition