

◆ 专论:除草剂(特约稿) ◆

# 我国西瓜田草害发生及综合防控技术

李香菊,陈景超,黄兆峰,崔海兰,于海燕

(中国农业科学院植物保护研究所,北京 100193)

**摘要:**杂草是西瓜田重要的有害生物之一,近年来西瓜田杂草危害呈加重趋势。初步调查发现我国西瓜田杂草137种,隶属34个科,在样方中出现频率5%以上的杂草87种,隶属26个科。西瓜移栽后20~30 d为杂草防治关键期。西瓜田登记的除草剂有效成分有7个,其中,土壤处理剂精异丙甲草胺、异丙甲草胺、敌草胺、仲丁灵等对禾本科杂草防治效果较好,对大部分阔叶杂草防效差;茎叶处理剂精喹禾灵、高效氟吡甲禾灵、恶草酸等对禾本科杂草有效。西瓜田杂草防控应遵循良好种植规范下的综合治理策略(IPM),利用植物检疫、农作方法、生态调控等除草措施辅助除草剂科学使用,同时注重选育耐除草剂西瓜材料,保证西瓜高产、优质和安全生产。

**关键词:**西瓜;杂草;综合治理策略;除草剂

中图分类号:S 451.24<sup>+2</sup> 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1671-5284.2024.03.001

## The infestation of weed species and their integrated management in watermelon fields in China

LI Xiangju, CHEN Jingchao, HUANG Zhaofeng, CUI Hailan, YU Haiyan

(Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100193, China)

**Abstract:** Weed was one of the important harmful organisms in watermelon fields. The initial investigation showed that there were 137 weed species in watermelon growing regions in China, which belonged to 34 families, and 87 species with more than 5% in frequency in the quadrat samples belonging to 26 families among them. The critical period of interference between weeds and watermelon for weed control was 20-30 days after watermelon transplanting. There were 7 effective ingredients of herbicides registered in watermelon fields, among them, S-metolachlor, metolachlor, napropamide and butralin were used for soil application and quizalofop-P-ethyl, haloxyfop-P-methyl and propaquizafop were used for foliar application providing good control efficacies on grass weeds. Weed control in watermelon fields should follow the integrated management strategy (IPM) under good agricultural practices, combining the measures such as plant quarantine, cultural control, and ecological control with herbicides.

**Key words:** watermelon; weed; IPM; herbicide

西瓜是我国传统的夏令水果,在世界十大水果中位居第五,占夏季上市水果总量的70%左右。西瓜种植周期短、比较效益高,是农民增收的百日作物,也是改革开放后持续发展较快的经济作物之一<sup>[1]</sup>。西瓜产业的发展,对增强农业综合生产能力,提高农民收入及促进乡村振兴发挥着重要的作用。我国西瓜种植面积和产量均居世界第1位。2022年,西瓜

播种面积148.482万hm<sup>2</sup>,占世界西瓜播种面积的46%;总产量6 302.30万吨,占世界西瓜总产量的60%<sup>[2]</sup>。

杂草在西瓜田常年发生。近年来,由于种植面积扩大、轻简化栽培兴起、劳动力成本增加及适宜除草剂缺乏等原因,西瓜田杂草危害呈加重趋势,尤其是生育早期发生的杂草与西瓜竞争加剧,对其产量和品质危害严重。一般情况下,杂草不防治田

收稿日期:2024-04-08

基金项目:国家现代农业产业技术体系(CARS-25)

作者简介:李香菊(1963—),河北沧州人,博士,研究员,主要研究方向为杂草生物学与防除。E-mail: xjli@ippcaas.cn

块,西瓜减产20%~50%<sup>[1]</sup>;部分杂草防治难度大,减产严重,如寄生性杂草分枝列当缺乏有效防治措施,西瓜减产70%以上。因此,杂草在一定程度上已成为影响西瓜种植及产业可持续发展的限制因素。

明确西瓜田杂草种类及发生规律,筛选高效、安全的除草剂品种,研究与区域种植特点相适应的草害防控技术,集成生态调控与除草剂相结合的草害防控技术体系,将为推动西瓜产业高质量发展提供技术保障。基于此,笔者在过去几年调查研究的基础上,综述归纳了我国西瓜主要产区草害种类、分布特点,登记的除草剂品种,以及不同区域露地西瓜田草害综合防控技术,以期对西瓜安全、高效种植提供参考。

## 1 西瓜田主要杂草及关键防控时期

### 1.1 主要杂草种类

西瓜适应性强,我国除了少数寒冷地区和海拔2 500 m以上的高寒地区因无霜期短、有效积温不足,不能露地种植外,其他地区均可露地栽培<sup>[4]</sup>。瓜田杂草种类及危害少有报道。2017—2023年,在现代农产业技术体系资金支持下,对我国3个西瓜主产区杂草种类及发生程度进行了调查。采用5级分级法<sup>[5]</sup>调查田块630个,发现露地西瓜田杂草137种,隶属34个科;在不同区域样方中出现频率5%以上的杂草87种,隶属26个科,见表1。西瓜田杂草发生率100%,中等以上草害发生面积36.5%。

表1 我国不同西瓜产区优势杂草种类及危害

| 杂草                                 | 西北栽培区  |      | 东北栽培区  |      | 华北栽培区  |      | 长江中下游栽培区 |      | 华南栽培区  |      |
|------------------------------------|--------|------|--------|------|--------|------|----------|------|--------|------|
|                                    | 出现频率/% | 危害程度 | 出现频率/% | 危害程度 | 出现频率/% | 危害程度 | 出现频率/%   | 危害程度 | 出现频率/% | 危害程度 |
| 稗草 <i>Echinochloa crusgalli</i>    | 80.3   | 重    | 97.3   | 重    | 38.1   | 中    | 95.9     | 重    | 72.2   | 重    |
| 狗尾草 <i>Setaria viridis</i>         | 57.7   | 中    | 96.7   | 中    | 54.0   | 中    | 22.5     | 中    | 6.5    | 轻    |
| 马唐 <i>Digitaria sanguinalis</i>    | 62.1   | 中    | 89.7   | 中    | 96.7   | 重    | 80.5     | 重    | 46.5   | 中    |
| 芦苇 <i>Phragmites communis</i>      | 27.7   | 中    | 6.8    | 轻    | 5.1    | 轻    |          |      |        |      |
| 画眉草 <i>Eragrostis pilosa</i>       | 16.0   | 轻    | 20.2   | 轻    | 5.4    | 轻    |          |      |        |      |
| 金狗尾 <i>Setaria glauca</i>          |        |      | 44.3   | 中    |        |      | 5.1      | 轻    | 5.3    | 轻    |
| 野黍 <i>Eriochloa villosa</i>        |        |      | 9.4    | 轻    |        |      |          |      |        |      |
| 止血马唐 <i>Digitaria ischaemum</i>    |        |      | 15.6   | 轻    |        |      |          |      |        |      |
| 大狗尾 <i>Setaria faberii</i>         |        |      | 12.9   | 轻    |        |      |          |      |        |      |
| 反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i>  | 45.1   | 重    | 91.4   | 重    | 90.6   | 重    | 7.1      | 轻    |        |      |
| 皱果苋 <i>Amaranthus viridis</i>      | 28.6   | 中    | 23.7   | 轻    |        |      |          |      | 5.3    | 轻    |
| 刺儿菜 <i>Cirsium setosum</i>         | 17.9   | 中    | 33.7   | 中    | 5.9    | 轻    |          |      |        |      |
| 苣荬菜 <i>Sonchus arvensis</i>        | 33.5   | 中    | 31.1   | 中    | 6.8    | 轻    |          |      |        |      |
| 苦苣菜 <i>Sonchus oleraceus</i>       | 8.8    | 轻    |        |      |        |      |          |      |        |      |
| 大刺儿菜 <i>Cirsium eriophoroideum</i> | 13.1   | 轻    | 5.6    | 轻    |        |      |          |      |        |      |
| 蒙山莴苣 <i>Lactuca tatarica</i>       | 7.6    | 轻    | 5.3    | 轻    |        |      |          |      |        |      |
| 苍耳 <i>Xanthium sibiricum</i>       | 6.7    | 轻    | 56.3   | 重    | 6.0    | 轻    |          |      |        |      |
| 风毛菊 <i>Saussurea japonica</i>      |        |      | 15.2   | 轻    |        |      |          |      |        |      |
| 苦菜 <i>Sonchus oleraceus</i>        |        |      | 9.5    | 轻    | 5.2    | 轻    |          |      |        |      |
| 黄花蒿 <i>Artemisia annua</i>         |        |      | 14.6   | 轻    |        |      |          |      |        |      |
| 花花柴 <i>Karelinia caspia</i>        | 8.4    | 轻    |        |      |        |      |          |      |        |      |
| 鳢肠 <i>Eclipta prostrata</i>        |        |      |        |      | 15.1   | 轻    | 31.3     | 中    | 41.8   | 中    |
| 藜 <i>Chenopodium album</i>         | 43.8   | 中    | 81.7   | 重    | 78.9   | 重    |          |      |        |      |
| 灰绿藜 <i>Chenopodium glaucum</i>     | 89.5   | 重    |        |      |        |      |          |      |        |      |
| 小藜 <i>Chenopodium serotinum</i>    |        |      | 14.0   | 轻    | 33.8   | 轻    | 16.8     | 轻    | 5.1    | 轻    |
| 碱蓬 <i>Suaeda glauca</i>            | 9.9    | 轻    |        |      |        |      |          |      |        |      |
| 猪毛菜 <i>Salsola collina</i>         |        |      | 6.0    | 轻    |        |      |          |      |        |      |
| 田旋花 <i>Convolvulus arvensis</i>    | 83.8   | 重    | 34.3   | 中    | 6.0    | 轻    |          |      |        |      |
| 打碗花 <i>Calystegia hederacea</i>    | 5.0    | 轻    | 11.0   | 轻    | 38.2   | 中    |          |      |        |      |
| 北鱼黄草 <i>Merremia sibirica</i>      |        |      | 10.1   | 轻    |        |      |          |      |        |      |

(续表 1)

| 杂草                                       | 西北栽培区       |          | 东北栽培区       |          | 华北栽培区       |          | 长江中下游栽培区    |          | 华南栽培区       |          |
|--|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
|  | 出现<br>频率 /% | 危害<br>程度 |
| 铁苋菜 <i>Acalypha australis</i>            |             |          | 65.3        | 中        | 86.2        | 重        |             |          |             |          |
| 卷茎蓼 <i>Fallopia convolvulus</i>          |             |          | 36.7        | 中        |             |          |             |          |             |          |
| 叉分蓼 <i>Polygonum divaricatum</i>         |             |          | 12.9        | 轻        |             |          |             |          |             |          |
| 柳叶刺蓼 <i>P. bungeanum</i>                 |             |          | 21.6        | 中        |             |          |             |          |             |          |
| 酸模叶蓼 <i>P. lapathifolium</i>             |             |          | 10.0        | 轻        | 5.1         | 轻        |             |          |             |          |
| 篇蓄 <i>P. aviculare</i>                   | 7.6         | 轻        | 6.7         | 轻        |             |          |             |          |             |          |
| 风花菜 <i>Rorippa globosa</i>               |             |          | 17.1        | 轻        |             |          |             |          |             |          |
| 车前 <i>Plantago asiatica</i>              |             |          | 5.3         | 轻        |             |          |             |          |             |          |
| 问荆 <i>Equisetum arvense</i>              |             |          | 14.5        | 轻        |             |          |             |          |             |          |
| 野西瓜苗 <i>Hibiscus trionum</i>             | 20.0        | 轻        | 21.7        | 轻        | 10.2        | 轻        |             |          |             |          |
| 苘麻 <i>Abutilon theophrasti</i>           | 5.1         | 轻        | 54.6        | 重        | 38.9        | 中        |             |          |             |          |
| 冬葵 <i>Malva verticillata</i>             | 12.0        | 轻        | 16.7        | 轻        |             |          |             |          |             |          |
| 马齿苋 <i>Portulaca oleracea</i>            | 16.6        | 轻        | 33.7        | 中        | 81.0        | 重        | 70.6        | 重        | 5.9         | 轻        |
| 水棘针 <i>Amethystea caerulea</i>           |             |          | 30.0        | 中        |             |          |             |          |             |          |
| 甘草 <i>Glycyrrhiza uralensis</i>          | 6.5         | 轻        |             |          |             |          |             |          |             |          |
| 骆驼刺 <i>Alhagi camelorum</i>              | 7.0         | 轻        |             |          |             |          |             |          |             |          |
| 鸭跖草 <i>Commelina communis</i>            |             |          | 69.3        | 中        |             |          | 14.8        | 轻        |             |          |
| 龙葵 <i>Solanum nigrum</i>                 | 44.6        | 重        | 89.3        | 中        | 11.9        | 轻        |             |          |             |          |
| 酸浆 <i>Physalis alkekengi</i>             |             |          | 7.9         | 轻        |             |          |             |          |             |          |
| 萝藦 <i>Metaplexis japonica</i>            |             |          | 29.7        | 轻        |             |          |             |          |             |          |
| 葎草 <i>Humulus scandens</i>               |             |          |             |          | 5.0         | 轻        |             |          |             |          |
| 分枝列当 <i>Orobancha aegyptiaca</i>         | 5.0         | 轻        |             |          |             |          |             |          |             |          |
| 牛筋草 <i>Eleusine indica</i>               |             |          |             |          | 89.7        | 重        | 83.9        | 重        | 51.4        | 重        |
| 看麦娘 <i>Alopecurus aequalis</i>           |             |          |             |          |             |          | 47.1        | 中        |             |          |
| 千金子 <i>Leptochloa chinensis</i>          |             |          |             |          |             |          | 51.3        | 中        |             |          |
| 狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i>              |             |          |             |          |             |          | 22.0        | 轻        | 9.4         | 轻        |
| 凹头苋 <i>Amaranthus lividus</i>            |             |          |             |          |             |          | 59.5        | 中        | 29.8        | 轻        |
| 青葙 <i>Celosia argentea</i>               |             |          |             |          |             |          | 33.0        | 中        | 55.7        | 中        |
| 喜旱莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i> |             |          |             |          |             |          | 17.2        | 轻        | 46.1        | 中        |
| 小飞蓬 <i>Conyza canadensis</i>             |             |          |             |          |             |          | 18.4        | 轻        | 5.4         | 轻        |
| 鬼针草 <i>Bidens pilosa</i>                 |             |          |             |          |             |          | 5.1         | 轻        | 5.1         | 轻        |
| 芥菜 <i>Capsella bursa-pastoris</i>        |             |          |             |          |             |          | 21.5        | 轻        |             |          |
| 宝盖草 <i>Lamium amplexicaule</i>           |             |          |             |          |             |          | 9.7         | 轻        |             |          |
| 通泉草 <i>Mazus pumilus</i>                 |             |          |             |          |             |          | 6.5         | 轻        |             |          |
| 陌上菜 <i>Lindernia procumbens</i>          |             |          |             |          |             |          | 10.3        | 轻        |             |          |
| 泥花草 <i>Lindernia antipoda</i>            |             |          |             |          |             |          | 8.5         | 轻        |             |          |
| 繁缕 <i>Stellaria media</i>                |             |          |             |          |             |          | 5.3         | 轻        |             |          |
| 拉拉藤 <i>Galium spurium</i>                |             |          |             |          |             |          | 5.1         | 轻        |             |          |
| 野老鹳草 <i>Geranium carolinianum</i>        |             |          |             |          |             |          | 5.1         | 轻        |             |          |
| 双穗雀稗 <i>Paspalum distichum</i>           |             |          |             |          |             |          |             |          | 26.9        | 中        |
| 铺地黍 <i>Paspalum distichum</i>            |             |          |             |          |             |          |             |          | 5.1         | 轻        |
| 粟米草 <i>Mollugo stricta</i>               |             |          |             |          |             |          |             |          | 57.6        | 重        |
| 牛膝菊 <i>Galinsoga parviflora</i>          |             |          | 5.0         | 轻        |             |          |             |          | 36.9        | 中        |
| 藿香蓟 <i>Ageratum conyzoides</i>           |             |          |             |          |             |          |             |          | 51.6        | 中        |
| 小心叶薯 <i>Ipomoea obscura</i>              |             |          |             |          |             |          |             |          | 5.3         | 轻        |

(续表1)

| 杂草                                | 西北栽培区      |          | 东北栽培区      |          | 华北栽培区      |          | 长江中下游栽培区   |          | 华南栽培区      |          |
|-----------------------------------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|
|                                   | 出现<br>频率/% | 危害<br>程度 |
| 心萼薯 <i>Aniseia martinicensis</i>  |            |          |            |          |            |          |            |          | 5.1        | 轻        |
| 叶下珠 <i>Phyllanthus urinaria</i>   |            |          |            |          |            |          |            |          | 32.9       | 中        |
| 黄花稔 <i>Sida zechuensis</i>        |            |          |            |          |            |          |            |          | 5.3        | 轻        |
| 臭矢菜 <i>Cleome viscosa</i>         |            |          |            |          |            |          |            |          | 7.1        | 轻        |
| 皱子白花菜 <i>Cleome rutidosperma</i>  |            |          |            |          |            |          |            |          | 6.7        | 轻        |
| 苦蕒 <i>Physalis angulata</i>       |            |          |            |          |            |          |            |          | 22.0       | 中        |
| 草龙 <i>Jussiaea linifolia</i>      |            |          |            |          |            |          |            |          | 5.9        | 轻        |
| 飞扬草 <i>Euphorbia hirta</i>        |            |          |            |          |            |          |            |          | 6.5        | 轻        |
| 莲子草 <i>Alternanthera sessilis</i> |            |          |            |          |            |          |            |          | 5.7        | 轻        |
| 香附子 <i>Cyperus rotundus</i>       | 7.1        | 轻        |            |          | 9.4        | 轻        | 25.3       | 轻        | 43.9       | 中        |
| 异型莎草 <i>C. difformis</i>          |            |          |            |          |            |          |            |          | 8.8        | 轻        |
| 碎米莎草 <i>C. iria</i>               |            |          |            |          |            |          | 31.7       | 中        | 6.7        | 轻        |

注:出现频率低于5%的杂草未列入该表;“轻”表示轻度危害,发生程度1.1~2级;“中”表示中度危害,发生程度2.1~3级;“重”表示重度危害,发生程度3.1~5级。调查田块包括露地西瓜和设施栽培西瓜田。

(1) 西北干燥气候栽培区:新疆、甘肃的河西走廊,兰州和青海东部。发现杂草17科47种,优势杂草为稗草、狗尾草、马唐、灰绿藜、藜、田旋花、反枝苋、皱果苋、龙葵、苣荬菜、芦苇,分枝列当局部中度发生。

(2) 北方半干旱气候栽培区:除新疆和甘肃部分地区以外的淮河以北的全部北方地区。该区又分为2个副区:1) 东北温带半干旱栽培副区,黑龙江、吉林和辽宁省大部,内蒙古自治区东部以及冀北、晋北等部分地区。发现杂草21科69种,优势杂草为稗草、狗尾草、马唐、金狗尾、反枝苋、藜、田旋花、铁苋菜、苍耳、苘麻、马齿苋、水棘针、龙葵、鸭跖草。2) 华北暖温带半干旱栽培副区,冀、鲁、豫、晋、陕、京、津大部和苏北、皖北、辽南、陇东等地。发现杂草16科46种,主要杂草为马唐、牛筋草、马齿苋、反枝苋、铁苋菜、苘麻、藜、打碗花。

(3) 南方多湿气候栽培区:淮河以南的全部地区。该区又分为2个副区:1) 长江中下游“梅雨”气候栽培副区,主要包括长江中下游的江苏、浙江、江西、安徽(淮河以北)、湖北、湖南、上海等省市,以及广东、福建等省的北部地区。发现杂草20科53种,优势杂草为稗草、马唐、牛筋草、千金子、看麦娘、马齿苋、鳢肠、凹头苋、青葙、香附子。2) 华南多作栽培副区,该区主要包括广西壮族自治区、中国台湾、海南省和福建、广东两省的南部。发现杂草21科62种,主要杂草为稗草、马唐、牛筋草、双穗雀稗、鳢肠、凹头苋、青葙、喜旱莲子草、粟米草、牛膝菊、藿香蓟、叶下珠、苦蕒、香附子。

由此看出,西瓜不同气候类型栽培区,优势杂草有一定差异。除此之外,各区也有其独特的杂草种类,如西北栽培区的分枝列当、甘草、骆驼刺、花花柴等,东北栽培区的苣荬菜、刺儿菜、黄花蒿、柳叶刺蓼、北鱼黄草等,华北栽培区的打碗花、葎草、地梢瓜等,长江流域水旱轮作区早栽瓜田的看麦娘、鳢肠、芥菜、猪殃殃、通泉草、陌上菜、泥花草有不同程度发生,华南地区双穗雀稗、喜旱莲子草、皱子白花菜、臭矢菜、苦蕒、叶下珠等有较多分布。明确优势杂草种类,是瓜田杂草科学防控的基础。

## 1.2 关键防控时期

在河北廊坊、海南三亚设立试验点,针对露地西瓜简约化栽培模式,研究了西瓜田杂草种群动态及杂草防控关键期。2个试验点西瓜移栽前均进行精细整地,田间无杂草,移栽后3~7 d,田间可见杂草出苗,由于西瓜在出苗时间和生长空间的竞争优势,移栽后20 d内出苗的杂草对西瓜生长影响很小(图1)。除草时间与西瓜产量损失关系密切,随着移栽后除草时间推移,西瓜产量损失增加。河北试验点西瓜移栽后0~80 d除草,产量损失率0~76.5%;海南试验点西瓜移栽后0~70 d除草,产量损失率0~59.2%。除草时间与西瓜产量损失在不同产区有一定差别。河北试验点移栽后30 d除草,西瓜减产3.1%,海南试验点移栽后30 d除草,减产率增加至6.7%。

上述结果表明,西瓜移栽后20~30 d为杂草防治关键期。生育早期不除草,移栽后20~30 d开始除草,以后一直保持无草,则不影响西瓜产量。

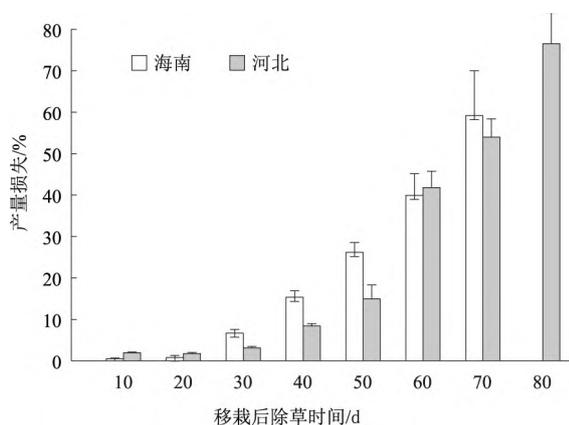


图1 除草时间与西瓜产量损失的关系

## 2 西瓜田使用的除草剂品种

我国登记用于西瓜田的除草剂品种很少,已不能满足生产需求。中国农药信息网的数据显示,截至2024年3月31日,我国西瓜田已登记的除草剂产品

有50个,均为单剂,有效成分仅7个(表2),登记的产品防治谱单一<sup>[6]</sup>。按照施药方式可分为土壤喷雾和茎叶喷雾两类。用于土壤喷雾的除草剂有效成分有精异丙甲草胺、异丙甲草胺、仲丁灵和敌草胺,在移栽后杂草出苗前使用,防治一年生禾本科杂草及部分阔叶杂草。中国农业科学院植物保护研究所开展的田间试验结果表明,上述土壤处理除草剂对一年生禾本科杂草(稗草、马唐、牛筋草、千金子等)和部分小粒种子阔叶杂草(反枝苋、凹头苋、绿苋等)防效理想,但对多年生禾本科杂草(双穗雀稗、芦苇等)及大部分阔叶杂草(苘麻、苍耳、龙葵、藜、鸭跖草、苣荬菜、刺儿菜、水棘针、马齿苋、藿香蓟、臭矢菜、喜旱莲子草、黄花稔、粟米草、三裂叶薯、皱子白花菜等)防效不佳。用于茎叶喷雾的除草剂有效成分有高效氟吡甲禾灵、精喹禾灵和噁草酸。茎叶喷雾除草剂在杂草出苗后使用可防治禾本科杂草,但对阔叶杂草无效。

表2 西瓜田登记的除草剂有效成分

| 有效成分    | 质量浓度/质量分数       | 剂型          | 防治对象            | 施用方法 |
|---------|-----------------|-------------|-----------------|------|
| 精异丙甲草胺  | 960 g/L         | 乳油          | 一年生禾本科杂草及部分阔叶杂草 | 土壤喷雾 |
| 异丙甲草胺   | 720 g/L、72%、50% | 乳油、水乳剂      | 一年生杂草及部分阔叶杂草    | 土壤喷雾 |
| 仲丁灵     | 48%             | 乳油          | 一年生禾本科杂草及部分阔叶杂草 | 土壤喷雾 |
| 敌草胺     | 50%             | 可湿性粉剂、水分散粒剂 | 一年生禾本科杂草及部分阔叶杂草 | 土壤喷雾 |
| 噁草酸     | 10%             | 乳油          | 一年生禾本科杂草        | 茎叶喷雾 |
| 高效氟吡甲禾灵 | 108 g/L         | 乳油          | 一年生禾本科杂草        | 茎叶喷雾 |
| 精喹禾灵    | 50 g/L、5%、10%   | 乳油          | 一年生禾本科杂草        | 茎叶喷雾 |

由此看出,西瓜田防除阔叶杂草的除草剂缺乏,有待开发、筛选和登记使用新的有效成分<sup>[7]</sup>;另外,上述登记产品剂型多为乳油,尚缺少环保、高效的剂型。

## 3 西瓜田杂草综合治理

西瓜为蔓生作物,株高低,与杂草的竞争力较差。由于缺少高效、安全的化学除草剂品种,生产上不得不采用人工锄草方式防除杂草。对宁夏压砂瓜、河北露地西瓜、江苏露地和设施栽培瓜田、海南露地西瓜杂草防控成本进行调研,数据表明,各地因杂草密度及种群复杂程度不同,西瓜生长期内需人工除草2~4遍,每公顷用工成本3 000~7 500元,影响了农民的收益。由杂草与西瓜竞争临界期研究得出:西瓜移栽后20~30 d为除草的关键时期,因此,以区域性难防杂草藜科、蓼科、龙葵、喜旱莲子草、鸭跖草、苣荬菜、列当等为主攻目标。竞争临界

期之前,在符合西甜瓜栽培GAP(good agricultural practice)前提下,根据西瓜不同栽培模式,因地制宜地以人工除草、机械除草和生态控草为主,辅以除草剂合理使用,结合植物检疫及抗性品种等措施控制瓜田杂草,该综合治理措施将在预防和减轻杂草发生危害和西瓜提质增效方面发挥重要作用。

### 3.1 植物检疫

瓜类检疫性杂草主要为分枝列当(*Orobanchaeegyptiaca*),又称瓜列当或埃及列当,是新疆瓜田的主要杂草,在40多个县市有分布,防控难度大。张录霞等<sup>[8]</sup>对新疆分枝列当危害研究表明:其寄生在哈密瓜根部后,导致哈密瓜因缺乏水分和养分不能正常生长发育,叶片发黄、瘦小,茎蔓细弱;生长发育迟缓,生长期较正常瓜苗缩短15~20 d,植株提前出现衰老症状;果实不能正常膨大,单果重量降低,果实肉硬、水分少、含糖量低,适口性差,部分地块因分枝列当寄生甚至造成哈密瓜绝收。应严格植物

检疫,严禁从疫区调运混有分枝列当的瓜类种子,防止其蔓延。

### 3.2 生态调控

根据气候类型、栽培模式、生产条件等,选择薄膜覆盖和秸秆覆盖、行间种植低矮优质禾本科牧草或绿肥,利用薄膜、秸秆、植株等的生态遮蔽或化感作用有效控制杂草出苗和生长,尤其是对行间杂草有较好控制效果。薄膜覆盖对控制瓜田杂草危害效果显著,被国内外广泛采用<sup>[9-11]</sup>。资料显示,黑色地膜对禾本科杂草控制效果在95%以上,对阔叶杂草控制效果在70%以上,并具有增产和提高西瓜含糖量的作用<sup>[12]</sup>。植物秸秆(如麦秸、稻草或甘蔗秸秆)覆盖,靠秸秆的物理作用及秸秆释放的化感物质控制杂草种子萌发,从而起到一定控草效果<sup>[9]</sup>。陈海涛等<sup>[13]</sup>研究了非塑料地膜如秸秆纤维基地膜覆盖的控草效果。发现上述地膜可有效增加土壤温度,提高土壤含水率,其增温效果低于塑料地膜覆盖,保墒性与塑料地膜覆盖无显著差异;上述地膜覆盖处理的甜瓜株高、茎粗、根干重及产量均显著高于裸地对照,与塑料地膜无显著差异,且秸秆纤维基地膜覆盖处理的甜瓜果实可溶性蛋白、维生素C、可溶性固形物含量较裸地均有提高。中国农业科学院植物保护研究所的研究数据表明,西瓜和小麦相邻种植,小麦收获后将秸秆均匀铺撒在西瓜行间,可使阔叶杂草反枝苋、苘麻、铁苋菜等发生密度降低50.3%~65.8%。马永清等<sup>[14]</sup>发现,部分玉米、大豆品种分泌的化感物质(独脚金内酯类似物)对列当发芽有刺激作用,筛选适合作为列当“诱捕”作物的玉米、大豆品种作为育种材料,诱导列当萌发可以降低恶性杂草分枝列当的基数;通过种植向日葵、小茴香等可刺激分枝列当种子萌发,诱导列当“自杀”式萌发,消减土壤列当种子库,在一定程度上减轻分枝列当的危害。

### 3.3 农作措施

农作措施在西甜瓜杂草防控中占有重要地位。露地西瓜苗期加强水肥管理,促进西瓜尽早封行,提高其与杂草的竞争能力。轮作可减少杂草发生,尤其是西瓜与水稻轮作或与禾本科作物玉米、甘蔗等轮作,可起到降低伴生杂草的效果。在轮种的禾本科作物田使用选择性除草剂,防治西瓜田难以控制的阔叶杂草。作物间作套种是瓜类作物田杂草控制的一种手段。甘蔗木薯间套种西瓜,白菜与南瓜间作套种能在一定程度抑制杂草的生长,改良土地的理化性状,提高土地生产力<sup>[15-19]</sup>。采取调整播种

期、土壤暴晒、水旱轮作等对分枝列当有一定效果。火焰除草对蔬菜清园后田间残留杂草、病虫均有较好控制作用,是一项较好的控草措施。与育苗,移栽,浇水,田间管理(覆膜、压膜、压蔓)等农事操作相结合进行人工锄草,对保证西甜瓜全生育期的杂草防控有重要作用。

### 3.4 除草剂科学使用

不同种植区气候特点、土壤类型、栽培模式与杂草发生关系密切,决定着除草剂使用时间及使用方法,生产中应根据杂草种类、发生规律科学施药。资料报道,黄淮海区域覆膜西瓜田杂草的发生有2个高峰期:第1个高峰期是播(栽)后3~7 d,杂草大量出土,此时出苗的杂草约占西瓜全生育期杂草出苗总数的60%;第2个高峰期在覆膜后15 d左右。上述2个时期杂草发生量占总草的70%以上。除草剂使用上,杂草发生的第1个高峰期之前选用精异丙甲草胺(异丙甲草胺)、敌草胺、仲丁灵等进行土壤喷雾,防除一年生禾本科杂草如稗草、马唐、千金子、狗尾草、牛筋草等和部分阔叶杂草如反枝苋、凹头苋等。通过监测,若地块以马齿苋、藜科、蓼科等阔叶杂草为主,则应在杂草出苗后20 d左右、第2个出苗高峰后采用播后苗前除草剂与非选择性除草剂草胺膦加保护罩行间定向喷雾。西瓜生育期内在封行前可采用高效氟吡甲禾灵、精喹禾灵和噁草酸,防除稗草、马唐、狗尾草、千金子等禾本科杂草。宁夏压砂瓜4月下旬杂草开始出苗,6月上旬密度保持较平稳,6月上旬后数量缓慢上升,8月下旬达到最大值。不同杂草出苗时间与其生物学特性相关,早春性杂草出苗早而晚春性杂草出苗较迟。在压砂地西瓜移栽前采用精异丙甲草胺土壤喷雾,之后行间耢耙,可较好控制瓜田的禾本科杂草和小粒阔叶杂草,株防效和鲜重防效分别为75%以上和85%左右。上述土壤处理剂在有喷灌条件或水浇条件的田块推广可发挥较好效果。同时,应根据推荐剂量严格施药,药量过大易对西瓜苗产生药害,影响产量与品质<sup>[20-21]</sup>。

### 3.5 耐除草剂品种

利用生物技术手段创造西瓜耐除草剂材料取得较大进展。目前阔叶杂草控制是西甜瓜草害防控的难点。乙酰乳酸合成酶(ALS,植物支链氨基酸生物合成关键酶)抑制剂类除草剂如磺酰脲类、咪唑啉酮类、磺酰胺类等药剂用量低,对大部分阔叶杂草防效理想,但常规西瓜对其敏感易造成药害。张倩倩等<sup>[22]</sup>利用CRISPR/Cas9单碱基编辑技术对西瓜

als基因190位脯氨酸位点进行编辑,将包含西瓜als基因190位点的gRNA构建至CRISPR/Cas9单碱基编辑载体中,可以在西瓜基因组靶点处3~9 bp位置实现碱基C至T的突变。将构建的载体以农杆菌介导转化至西瓜ZG94的子叶,获得了具有抗ALS类除草剂的西瓜新种质。该技术单碱基编辑效率达23%,编辑位点稳定遗传,T1获得不含转基因成分的抗性西瓜植株。以ALS抑制剂苯磺隆有效成分用量17 g/hm<sup>2</sup>处理该基因编辑西瓜材料,植株生长不受影响;纯合株果实、种子大小及种子产量,与野生对照株无差异。随着转基因和基因编辑技术的发展,采用生物育种技术将耐草甘膦、草铵膦的基因转入常规西瓜培育耐目标除草剂西瓜材料,从而利用防治谱宽泛的除草剂防治西瓜田杂草,上述技术有望为西瓜田阔叶杂草的控制提供有效的解决方案。

### 3.6 综合防控

国外在西甜瓜杂草防控方面注重综合治理策略(IPM),从杂草防控时期、施药剂量的精准性,农艺措施、生态措施及化学措施多方面对杂草进行综合治理,建立周年作物安全除草体系,保证西甜瓜及其他作物安全生产<sup>[23-25]</sup>。我国对瓜田杂草综合防控技术研究逐渐为研发者所重视,针对单一难治杂草和整个杂草群落控制技术开展研究。对分枝列当生物学研究发现,寄主植物通过释放化学信号分子来诱导列当属等寄生杂草的萌发,通过萌发刺激物诱导列当种子在无寄主的环境中“自杀式”萌发是控制该类杂草的有效手段。基于此,康允尧等<sup>[26]</sup>设计了一系列具有黄酮母核结构的独脚金内酯类似物,并使用分子对接软件对活性化合物与独脚金内酯受体蛋白之间的相互作用进行了研究,生物测定发现上述物质对分枝列当种子均表现出一定的萌发诱导活性。种植“诱捕”植物刺激列当种子发芽,或通过“诱捕”植物合理轮作防除列当是一种既有效,又生态的防除方法,可以实现列当防除的“减源”“竭库”。真菌是列当的生防因子之一,陈杰等<sup>[27]</sup>发现生防菌灰黄青霉(*Penicillium griseofulvum*, CF3)的无细胞发酵滤液对分枝列当种子萌发和发芽管生长有影响,盆栽试验结果显示灰黄青霉菌剂能够抑制分枝列当出土和生长。

在生产实践中,中国农业科学院植物保护研究所根据不同种植区露地西瓜栽培类型、杂草种类及发生规律,组装集成了两项生态控草为主,化学药剂为辅的综合防控技术,“一盖一封”早期控草技术和“两盖两喷”全程控草技术。前者技术要点为:

(1) 薄膜覆盖控制膜下杂草;(2) 西瓜移栽后杂草出苗前,行间喷施土壤封闭处理剂控制生育早期杂草;(3) 操作上采用覆膜—西瓜移栽—除草剂行间喷雾处理;(4) 除草剂选择采用(精)异丙甲草胺或敌草胺,按推荐剂量施药。后一项技术的要点为:(1) 薄膜覆盖控制膜下株间杂草;(2) 麦秸覆盖控制西瓜行间杂草;(3) 喷施土壤处理剂苗前除草;(4) 喷施禾本科除草剂苗后除草;(5) 操作上采用覆膜—西瓜移栽—除草剂行间封闭处理—秸秆覆盖—除草剂苗后定向茎叶喷雾;(6) 除草剂选择采用(精)异丙甲草胺或敌草胺,按推荐剂量封闭施药,与精喹禾灵等苗后除草剂茎叶处理相结合。上述技术在符合西甜瓜栽培GAP前提下,根据西瓜不同栽培模式、杂草种类及草害发生程度,因地制宜地使用,对禾本科杂草的防效分别在90%以上和95%以上,对阔叶杂草的防效均在85%以上。

### 参考文献

- [1] 刘君璞, 马跃. 中国西瓜甜瓜发展70年暨科研生产协作60年回顾与展望[J]. 农药, 2019, 32(8): 1-8.
- [2] 国家统计局. 国家数据[DB/OL]. [2024-02-16]. <https://data.stats.gov.cn/search.htm?s=2022年>.
- [3] 王登甲, 刘文君. 西瓜田化学除草技术探讨[J]. 农药, 1997, 36(2): 2.
- [4] 孙立新, 王晓君, 吴敬学, 等. 中国西瓜甜瓜生产区域布局变迁及驱动因素研究[J]. 中国农业资源与区划, 2023, 44(8): 42-51.
- [5] 唐洪元, 王学鹏. 中国农田杂草的分布和危害[J]. 杂草学报, 1988, 2(1): 1-7.
- [6] 农业农村部农药检定所. 中国农药信息网[DB/OL]. [2024-02-10]. <http://www.chinapesticide.org.cn/>.
- [7] 庞荣丽, 王书言, 谢汉忠. 我国西瓜甜瓜中农药登记使用现状及存在问题和建议[J]. 中国瓜菜, 2023, 36(6): 1-9.
- [8] 张录霞, 甘中祥, 李倍金, 等. 新疆寄生性杂草列当的危害及防治[J]. 生物灾害科学, 2016, 39(3): 211-214.
- [9] RAO K V R, BAJPAI A, GANGWAR S. Effect of mulching on growth, yield and economics of watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb)[J]. Environmental & Ecology, 2017, 35(3D): 2437-2441.
- [10] STÉPHANE C, RICHARD G S, ERIC R G, et al. Timing of tillage as a driver of weed communities[J]. Weed Science, 2017, 65(4): 504-514.
- [11] KURT M V, THIERRY E B, BAYLEE L, et al. Spring-seeded cereal rye suppresses weeds in watermelon[J]. Weed Technology, 2020, 34(1): 42-47.
- [12] 翟富民, 杨正锋, 杨婷. 旱地西瓜降解性避蚜地膜应用试验研究

(下转第 50 页)

- 分散剂筛选[J]. 现代农药, 2016, 15(5): 18-21.
- [7] THOMPSON G D, DUTTON R, SPARKS T C. Spinosad - a case study: an example from a natural products discovery programme[J]. Pest Management Science, 2000, 56(8): 696-702.
- [8] 王娟, 李国宾, 张保华, 等. 多杀霉素/壳聚糖控释微球的制备及其释药温敏性[J]. 农药, 2019, 58(4): 266-270.
- [9] 徐蕾, 曹立冬, 李凤敏, 等. 多杀霉素-壳聚糖共聚物微球的制备及性能评价[J]. 农药科学与管理, 2013, 34(5): 23-26.
- [10] LI G B, WANG J, KONG X P. Coprecipitation-based synchronous pesticide encapsulation with chitosan for controlled spinosad release[J]. Carbohydrate Polymers, 2020, 249: 116865.
- [11] ZHOU C, YANG Z M, ZHANG L, et al. Self-assembled nano-vesicles based on mPEG-NH<sub>2</sub> modified carboxymethyl chitosan-graft-eleostearic acid conjugates for delivery of spinosad for *Helicoverpa armigera*[J]. Reactive and Functional Polymers, 2020, 146: 104438.
- [12] KONG X P. Simultaneous determination of degree of deacetylation, degree of substitution and distribution fraction of -COONa in carboxymethyl chitosan by potentiometric titration [J]. Carbohydrate Polymers, 2012, 88(1): 336-341.
- [13] UPADHYAYA L, SINGH J, AGARWAL V, et al. Biomedical applications of carboxymethyl chitosans[J]. Carbohydrate Polymers, 2013, 91(1): 452-466.
- [14] XU C L, CAO L D, ZHAO P Y, et al. Emulsion-based synchronous pesticide encapsulation and surface modification of mesoporous silica nanoparticles with carboxymethyl chitosan for controlled azoxystrobin release[J]. Chemical Engineering Journal, 2018, 348: 244-254.
- [15] SONG S J, WANG Y L, Xie J, et al. Carboxymethyl chitosan modified carbon nanoparticle for controlled emamectin benzoate delivery: improved solubility, pH responsive release, and sustainable pest control[J]. ACS Applied Materials & Interfaces, 2019, 11(37): 34258-34267.
- [16] XU C L, CAO L D, BILAL M, et al. Multifunctional manganese-based carboxymethyl chitosan hydrogels for pH-triggered pesticide release and enhanced fungicidal activity[J]. Carbohydrate Polymers, 2021, 262: 117933.
- [17] WANG J, WANG M, LI G B, et al. Evaluation of a spinosad controlled-release formulation based on chitosan carrier: insecticidal activity against *Plutella xylostella* (L.) larvae and dissipation behavior in soil[J]. ACS Omega, 2021, 6(45): 30762-30768.
- (编辑: 顾林玲)

(上接第 7 页)

- [J]. 农业与技术, 2017, 37(8): 50-55.
- [13] 陈海涛, 张鸿超, 刘爽, 等. 秸秆纤维基膜覆盖栽培薄皮甜瓜试验研究[J]. 东北农业大学学报, 2019, 50(5): 80-86.
- [14] 马永清, 李朴芳, 陈连芳, 等. 瓜列当土壤种子库生物诱捕消除技术研究与应用[C]//中国植物保护学会. 绿色植保与乡村振兴——中国植物保护学会2018年学术年会论文集. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2018: 264-265.
- [15] 苏甘世. 甘蔗木薯间套种矮秆早熟作物的栽培技术分析[J]. 南方农业, 2018, 12(35): 19-20.
- [16] 袁卫建, 曾小分, 文蓉, 等. 赣中南西瓜栽培与病虫害防治技术研究[J]. 农业技术与装备, 2019, 356(8): 71-73.
- [17] 杨茂元. 河西寒旱区露地南瓜一大白菜高效生态栽培模式[J]. 蔬菜, 2019(8): 46-48.
- [18] JOSHUA I A, WILLIAM M S, BIELINSKI M, et al. Critical period of interference between American black nightshade and triploid watermelon[J]. Weed Technology, 2010, 24(3): 397-400.
- [19] FRANCO J G, KING S R, MASABNI J G, et al. Intercropped watermelon for weed suppression in a low-input organic system[J]. Hort Technology, 2018, 28(2): 172-181.
- [20] 曲耀训. 西瓜田化学除草技术[J]. 杂草学报, 2007(1): 49-50.
- [21] 李香菊, 杨殿贤, 赵郁强, 等. 除草剂对作物产生药害的原因及治理对策[J]. 农药科学与管理, 2007, 28(3): 39-44.
- [22] 张倩倩, 许勇, 田守蔚. 利用CRISPR/Cas9介导的单碱基编辑技术创制抗除草剂西瓜新种质[J]. 中国瓜菜, 2019, 32(8): 219-220.
- [23] JOHNSON W C, RAY J N, DAVIS J W. Rolled cotton mulch as an alternative mulching material for transplanted cucurbit crops[J]. Weed Technology, 2014, 28(1): 272-280.
- [24] LIMA C H O, SARMENTO R A, ROSADO J F, et al. Efficiency and economic feasibility of pest control systems in watermelon cropping[J]. Journal of Economic Entomology, 2014, 107(3): 1118-1126.
- [25] HALDHAR S M, CHOUDHARY B R, BHARGAVA R, et al. Antixenotic and allelochemical resistance traits of watermelon against *Bactrocera cucurbitae* in a hot arid region of India [J]. Florida Entomologist, 2015, 98(3): 827-834.
- [26] 康允尧, 金钟, 徐效华. 含黄酮母核的独脚金内酯类似物的合成及应用[C]//中国植物保护学会植物化感作用专业委员会. 中国第九届植物化感作用学术研讨会论文摘要集. 陕西杨凌: [出版者不详], 2019: 36.
- [27] 陈杰, 马永清, 郭振国, 等. 灰黄青霉对瓜列当的防效及对番茄根区土壤微生物的影响[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2019, 27(5): 766-773.
- (编辑: 顾林玲)