

# 油菜化学杀雄技术在西藏的应用与思考

李施蒙<sup>1</sup>,王晋雄<sup>1</sup>,白玛央珍<sup>1</sup>,杨广环<sup>1</sup>,黄鹏程<sup>2</sup>

(1.西藏自治区农牧科学院农业研究所,西藏拉萨 850000;2.西藏自治区农畜产品质量安全检验检测中心,西藏拉萨 850000)

**摘要:**杂种优势利用是作物增产的有效途径之一。目前,油菜杂种优势的利用途径主要包括细胞核雄性不育(GMS)、细胞质雄性不育(CMS)、自交不亲和(SI)及化学杂交剂(CHA)诱导雄性不育。其中,化学杀雄因其具有无胞质不良效应、组合选配自由、不育性彻底、育种程序相对简单、育种周期较短等优点,因此化学杀雄在快速培育杂交新品种方面最为经济有效。从西藏油菜种植的独特性出发,通过介绍油菜化学杀雄败育原理、常用药剂以及西藏油菜化学杀雄研究现状,分析了西藏油菜化学杀雄面临的问题与挑战。

**关键词:**油菜;杂种优势利用;化学杀雄;应用与思考

中图分类号:S565.4

文献标识码:A

## Application and Thinking of Chemical Induced Male Sterility Technology on *Brassica napus* in Xizang

LI Shimeng<sup>1</sup>, WANG Jinxiong<sup>1</sup>, Baimayangzhen<sup>1</sup>, YANG Guanghuan<sup>1</sup>, HUANG Pengcheng<sup>2</sup>

(1. Institute of Agricultural Sciences, Xizang Academy of Agriculture and Animal Husbandry Sciences, Lhasa Xizang 850000, China; 2. Xizang Autonomous Region Agricultural and Livestock Products Quality and Safety Inspection and Testing Centre, Lhasa Xizang 850000, China)

**Abstract:** The heterosis utilization was one of the most effective ways to increase the crop yield. At present, the approaches to utilizing heterosis on *Brassica napus* mainly include the nuclear male sterility (GMS), the cytoplasmic male sterility (CMS), the self incompatibility (SI), and the chemical induced male sterility (CHA). Among these, the chemical induced male sterility was the most economically effective method for rapidly developing new hybrid varieties, due to its lack of cytoplasmic adverse effects, freedom in combination selection, complete sterility, relatively simple breeding procedures, and short breeding cycles. Based on the uniqueness of rapeseed cultivation in Xizang, this paper introduces the principle of chemical male sterility of rapeseed, commonly used agents, and the current research situation of chemical male sterility of rapeseed in Xizang. It also analyzes the problems and challenges faced by chemical male sterility of rapeseed in Xizang.

**Key words:** *Brassica napus*; heterosis utilization; chemical induced male sterility; application and thinking

油菜作为西藏主要的油料作物,其菜籽油是当地居民主要食用油来源。然而,由于西藏粮油产业发展不均衡,以青稞为主的粮食作物占主导地位,致使油菜栽培面积不稳定,呈现出逐年递减趋势,油菜的供需矛盾日益突出<sup>[1]</sup>。据相关数

据统计,2024年西藏农作物播种面积为 $2.88 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ,其中油菜面积仅为 $1.96 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,油菜籽产量 $5 \times 10^4 \text{ t}$ <sup>[2]</sup>。由此可见,提高油菜单产对于有效弥补油菜耕地面积不足所导致的油料缺口至关重要。

收稿日期:2025-04-21

基金项目:西藏自治区农牧科学院农业研究所统筹项目(NYSTC202409)。

作者简介:李施蒙(1990—),女,助理研究员,主要从事油菜育种与示范推广,E-mail:li\_shimeng90@163.com。

通信作者:黄鹏程(1981—),男,高级农艺师,主要从事农牧业技术标准制定,E-mail:13549098727@163.com。

在前人的研究中,杂种优势利用已被证实能够显著提高作物产量<sup>[3-6]</sup>。实践证明,油菜具有明显的杂种优势<sup>[7-8]</sup>。油菜杂交种在油菜农艺性状及产量方面展现出的杂种优势极为突出,明显优于常规种。因此,利用杂种优势来选育油菜杂交种是提高油菜单产的有效途径之一。目前,油菜杂种优势利用的主要途径有细胞质雄性不育(Cytoplasmic male sterility CMS)、细胞核雄性不育(Genic male sterility GMS)、自交不亲和(Self incompatibility SI)以及化学杂交剂(Chemical hybridizing agent CHA)诱导雄性不育。

相较于细胞质雄性不育以及细胞核雄性不育,油菜化学杀雄利用杂种优势无须筛选不育系、恢复系以及保持系来实现“三系”或“两系”配套,也无须拔除不育系中的可育株等繁琐操作,具有育种周期短、亲本来源广泛、组合选配自由、操作简单等优点。利用化学杀雄剂(CHA)直接诱导植株产生雄性不育,可进行定向控制传粉,不育性彻底,能够辅助解决不育系微粉问题,从而确保制种纯度高<sup>[9]</sup>。正因为如此,化学杀雄成为目前许多育种单位培育油菜杂交种的优先选择,且在生产上的推广面积相对较大。近年来,国内先后利用化学杂交剂诱导油菜雄性不育技术培育出的油菜两系杂交种,有湘杂油1号、渝黄1号、蜀杂2号、秦优33、秦杂油5号、秦杂油19、秦优1618、黔油早2号等。

西藏地处高原,平均海拔4 000 m以上,属于特殊的高寒、高海拔气候,这种特殊的气候条件既赋予了油菜独特的生长环境条件,同时也带来了诸多挑战。因此,适应西藏的油菜高效化学杀雄剂的配置与筛选,对于推动西藏油菜产业发展意义重大。基于此,系统阐述化学杀雄剂的原理、常用药剂以及西藏油菜化学杀雄的研究现状,对西藏油菜化学杀雄技术的应用具有一定的指导作用。

## 1 西藏油菜种植的独特性

### 1.1 生态环境的特殊性

西藏自治区位于我国西南边陲,地处青藏高原腹地,平均海拔4 000 m以上。其气候类型以山地高原气候为主,地域辽阔,地形复杂,区内海

拔差异较大,小气候类型丰富多样。日照时间长,光照充足,昼夜温差大,有利于油菜油分的积累。然而,强烈的紫外线也容易对油菜细胞造成胁迫,影响其正常生长。此外,西藏年无霜期短,有效活动积温 $1\ 800\ ^\circ\text{C}\sim 2\ 500\ ^\circ\text{C}$ ,作物生长季相对较短,是我国春油菜产区之一。冬季寒冷干燥,夏季凉爽湿润,降水量少,西藏大部分地区年降水量在600 mm以下,且降雨量集中在6—8月,这种降水分布特点使得油菜生长期间的水分供应存在一定的不确定性。

由于化杀剂的喷施效果容易受到气候环境条件的影响,西藏独特的气候环境对油菜化学杀雄技术的应用提出了新的要求。在其他地区已经成功应用于生产的化学杀雄剂种类、喷施浓度、喷施时期以及喷施次数等技术参数,可能不完全适宜西藏独特的气候环境条件。因此,需要针对化杀剂的筛选与应用,在西藏地区专门开展研究。

### 1.2 油菜品种类型的丰富性

在西藏,受气候条件限制,传统种植的油菜类型主要为白菜型油菜,仅有少数芥菜型油菜。白菜型油菜虽具有较强的抗旱、抗寒、耐瘠薄能力,能够适应西藏的高寒环境,但其品质多为高芥酸高硫甙,长期食用可能对人体健康造成潜在危害,且其产量较低。

自20世纪末起,甘蓝型油菜开始逐步引入西藏地区,但其育种起步较晚,一般的甘蓝型油菜品种在高海拔地区很难成熟。根据西藏地区海拔落差巨大的现状,不同生态区域种植的油菜类型也各不相同。西藏河谷农区以种植高产、优质甘蓝型油菜品种为主,高寒农区以种植早熟甘蓝型油菜品种或白菜型油菜品种为主。

然而,油菜的品种类型和品种生育期与杀雄效果密切相关<sup>[10-11]</sup>。部分品种对特定杀雄剂敏感,低剂量即可达到良好杀雄效果,而另一些品种则需较高剂量才能使雄蕊彻底败育,且杀雄效果不稳定。生育期短的品种需精确把握喷施时期,否则很容易错过最佳杀雄时机,导致杀雄效果不佳。因此,不同类型油菜所适宜的化杀剂类型、喷施时期、喷施浓度,对于化学杀雄技术的精准应用起着至关重要的作用。

## 2 油菜化学杀雄的基本原理与常用药剂

### 2.1 化学杀雄的作用原理

化学杀雄主要通过化学药剂干扰油菜雄蕊的正常发育过程,使其雄蕊无法产生有活力的花粉。在喷施药剂后,油菜会出现花期推迟、花朵变小、雄蕊退化,或者雄蕊无法产生花粉等一系列情况,雄蕊通常呈现出褐色、倒三角状,花药空瘪,然而雌蕊的形态及发育状况却不会受到任何影响,依然能够正常接受外来花粉并结实。虽然目前有关化杀剂的杀雄机理尚没有系统的研究,但有相关研究发现,在经过化杀剂处理后,花粉母细胞在分裂过程中,绒毡层的发育会出现异常情况,从而导致形成的花粉粒出现畸形、死花粉粒或无花粉粒,最终致使雄蕊败育<sup>[12]</sup>。还有学者研究发现,导致雄蕊败育的原因是药剂处理后植株的激素水平发生了显著变化<sup>[13]</sup>。罗昌敏等<sup>[14]</sup>的研究发现,药剂处理后,完全败育植株的叶片中叶绿素含量会出现下降情况,而脯氨酸含量则会相应增加,与此同时,花蕾中的脯氨酸含量却会下降。于澄宇等<sup>[15]</sup>的研究发现,化杀剂处理后的不育株,其花蕾的类胡萝卜素、叶绿素含量会降低,雄蕊的过氧化物酶和酯酶活性也会下降,水溶性蛋白质含量同样会减少。此外,有研究对化学杀雄剂诱导油菜品种雄性不育过程中,油菜叶片和花蕾中 POD、CAT 及 SOD 这三种氧化酶的活性进行了检测,结果发现这三种氧化酶活性均发生了改变,这说明活性氧代谢失调与化杀剂诱导雄性败育之间也有关联<sup>[16]</sup>。

### 2.2 常用化学杀雄剂种类

在油菜生产实践中,所使用的化学杀雄剂主要分为以下几类。

1) 甲基砷酸盐类。MG1(杀雄剂 1 号)与 MG2(杀雄剂 2 号)可诱导产生 80% 以上的全不育株<sup>[17]</sup>。此类药剂成本相对较低,杀雄效果较好,但易产生砷残留<sup>[18]</sup>。

2) 氨基磺酸类。涵盖氨基磺酸、二苯胺磺酸钠、对苯胺磺酸等。该类药剂诱导的油菜不育株率较低,应用效果欠佳<sup>[17]</sup>。

3) 磺酰脲类化合物<sup>[19]</sup>。如化杀灵 WP、EN、EXP、ESP、BHL、SX-1,以及苯磺隆等。这类药

剂不仅杀雄效果较好,而且对雌蕊的影响小,具有广谱性特点,在生产上的应用较为广泛。

4) 激素类药剂。包括乙烯利、2,4-D、GA3 等。由于价格相对较高,在生产上应用较少<sup>[17]</sup>。

5) 无机盐类。MG5,氯化钠等。此类药剂诱导不育率较高,可达到 80% 以上,但在高浓度使用时,可能会对植株生长发育产生一定的负面影响<sup>[17]</sup>。

6) 氯代脂肪酸类。以茅草枯为例。这类化学杀雄剂不仅诱导雄蕊败育率较低,而且可能会对雌蕊发育产生影响,导致不能正常结实<sup>[17]</sup>。

以上所述的化学杀雄剂均为单一化学杀雄杂交剂。近年来,油菜复配化学杀雄剂也有报道并应用于生产<sup>[20-21]</sup>。例如,将黄酰脲类除草剂苯磺隆与噻吩磺隆进行复配,诱导产生的油菜全不育株率可达 90% 以上<sup>[20]</sup>。

化杀剂的种类、浓度以及喷施时期受气候影响较大。目前,市面上尚无直接可利用的化学杀雄剂。因此,需根据油菜亲本品种的类型,筛选出对雄蕊敏感的化学杀雄剂种类,并依据特定的生态环境条件,进行浓度配比,以确定合适的喷施浓度、喷施次数以及间隔喷施时间。

西藏地区地理位置特殊,昼夜温差大且日照时间长,这种独特的气候环境条件使得研究适合西藏高海拔特殊气候条件下使用的化学杀雄剂尤为必要。这不仅是西藏油菜化学杀雄利用杂种优势的基础,更是推动西藏油菜产业可持续发展的关键所在。

## 3 西藏油菜化学杀雄的研究现状

化学杀雄利用油菜杂种优势培育油菜两系杂交种,需要以骨干亲本为基础进行杂交组合配置,从杂种后代中筛选出具有强杂种优势的组。然而,目前西藏自治区高产、优质、多抗油菜常规品种缺乏,油菜常规种育种技术不够先进,育种效率低,种质资源遗传基础较为狭窄,育种经验不足,亲本组配往往缺乏明确的方向性,存在一定的盲目性。

为突破困境,亟需加快良种联合攻关与良种繁育工作步伐,稳步推进油菜常规种育种进程。同时,应积极应用现代生物育种技术提升育种创新的质量,加快常规油菜品种选育工作。化学杀

雄制种得以实现的关键在于借助油菜专用化杀剂这一载体。然而,目前西藏春油菜专用化杀剂缺失,市场上也无直接可应用于生产的化杀剂。因此,需要开展特定生态环境下化杀剂种类的筛选试验,以及喷施浓度、喷施时间、喷施次数等对杀雄效果的影响试验。

科研人员已尝试了目前生产上应用较为广泛的化杀剂,并进行浓度配比筛选试验。在试验中,选用甘蓝型油菜“大地 95”和“LS-19”作为化学杀雄指示品种,而化学杀雄剂“消雄先锋”则是陕西省杂交油菜研究中心研制并惠赠。2024年,试验在西藏自治区农牧科学院农业研究所 3 号试验地进行。在油菜三叶期,及时拔除杂草、弱苗,确保油菜长势整齐,发育一致,其他田间管理则与一般大田保持一致。

当甘蓝型春油菜发育到现蕾期,小花蕾萌发且长度达到 1~2 mm 时,便开始第一次喷施。试验分别取母液 8、10、12、14、16 mL,兑水 15 kg,共设置 5 个浓度进行试验,单株受药量为 15~20 mL。使用电动喷雾器将药液均匀喷施叶片表面,7~10 d 后进行第二次喷施。在盛花期,对各品种各浓度材料进行育性观察统计,详细记录全不育、半不育和药害植株的数量。

结果显示(表 1),不同浓度的化杀剂均能引发 2 个甘蓝型油菜材料不同程度的不育现象。尽管 2 个品种(系)的抗药性存在一定差异,但引起 2 个材料不育的浓度并不存在差异。随着喷施浓度的增加,不育株比例呈上升趋势,但同时药害植株也随之产生。整体而言,不育株率较低,需要进一步提高喷施浓度,继续开展杀雄试验。

表 1 喷施浓度对油菜的杀雄效果的影响

药剂浓度(母液剂量)/mL	品种(系)	处理株/株	全不育株/株	半不育株/株	不育株率/%	药害株/株	药害率/%
8	大地 95	80	0	4	5.00	4	5.00
	LS-19	88	0	3	3.41	5	5.68
10	大地 95	82	0	10	12.20	1	1.22
	LS-19	79	0	10	12.66	6	7.59
12	大地 95	88	0	13	14.77	3	3.41
	LS-19	87	3	17	22.99	2	2.30
14	大地 95	83	6	12	21.69	7	8.43
	LS-19	88	5	17	25.00	9	10.23
16	大地 95	82	8	14	26.83	9	10.98
	LS-19	81	8	15	28.40	10	12.35

低浓度喷施产生药害的原因可能是喷施技术不当,导致单株受药量过大。受西藏特殊生态环境和油菜品种特性的影响,部分在西藏自治区以外应用效果良好的化杀剂浓度,在西藏的应用效果却欠佳,或不能产生完全败育植株,或使植株产生药害。因此,后续仍需持续开展不同浓度配比喷施试验,不断提高喷施浓度,改进喷施技术,以期提高杀雄效果。此外,还需深入研究化杀剂喷施对油菜农艺性状、产量等方面的影响,为油菜育种工作提供更全面、科学的依据。

#### 4 利用化学杀雄技术实现西藏油菜杂种优势面临的挑战

西藏地区独特的生态环境,昼夜温差大,低

温环境下油菜生长缓慢,其对杀雄剂的吸收及代谢能力也随之减弱。同时,强光照和长日照条件可能加速化杀剂的分解与挥发。基于此,可以尝试提高化杀剂配比浓度、增加喷施次数。普遍认为在油菜现蕾期,剥开叶片能见到长度为 1~2 mm 的花蕾时进行喷药较为适宜,因为这一时期是雄蕊发育的关键时期,对药剂较为敏感。在西藏春油菜区,油菜现蕾期一般在 5 月底至 6 月初,此时雨季来临,白天气温较高,但昼夜温差大,夜晚低温或降雨可能会影响药剂的吸收与作用。因此,可选择在 10 时左右进行喷药,利用白天较高的气温加速对药剂的吸收与代谢。若遇持续低温、小雨或者大风天气,应适当提高浓度。喷药后应保持 8 h 内无降雨<sup>[22]</sup>,以保证杀雄效果。

合适的化杀剂喷施浓度及喷施次数,既要确保油菜雄蕊完全败育,又不能对雌蕊的生长发育及授粉结实产生不良影响,且喷施浓度也不能过高,以免植株产生药害,进而影响植株的营养生长。可以通过套袋自交并统计自交结实率来判断雄蕊是否败育。此外,还应添加助剂以延长化杀剂在植株上的停留时间。针对化杀剂的喷施条件,亟需筛选出在西藏地区春播条件下,不同亲本材料化学诱导雄性不育的最佳化杀剂、最佳喷施浓度和喷施时期。

化杀剂的施用方法主要采用喷雾法,但这种方法对操作人员的喷施技术及喷药机械的雾化质量要求较高,植株的整齐度也会影响喷施效果,尤其在小面积喷药或单株喷药时应用效果不佳,容易导致化杀剂诱导雄性不育效果不好,或者因浓度过高、剂量过大而使植株出现药害。因此,化杀剂的施药技术是亟待解决的重点问题之一。

化杀剂的杀雄效果对于保障杂交种的种子纯度、提升种子质量、确保大田油菜生产的整齐度与产量具有至关重要的作用。鉴于青海与西藏的生态环境相似,同属春油菜产区,可借鉴青海省在化杀剂筛选方面的成功经验。此外,西藏自治区目前缺乏油菜繁种、制种标准化基地,制种技术体系尚不完善,需要制定化杀制种技术规范,以指导生产实践,推动油菜产业的高质量发展。

## 5 油菜化学杀雄技术在西藏的应用与思考

目前,西藏地区在油菜生产上缺乏具备双低特性和多抗性的油菜优良杂交品种,这使得西藏地区油菜市场被区外油菜品种大量抢占,甘肃、陕西、湖北等地的油菜杂交品种更是跃跃欲试,准备大量涌入。为了提高西藏地区油菜品种的竞争力,必须聚焦于制约当地油菜生产的关键技术,开展深入研究与开发应用。

化学杀雄技术因其具有无胞质不良效应、组合选配自由、不育性彻底、育种程序相对简单、育种周期较短等优点,在快速培育杂交新品种方面最为经济有效。利用化学杀雄培育油菜杂交种的关键在于:一是亲本骨干系的筛选,二是亲

本配合力的测定,三是化学杀雄杂交剂的筛选(图1)。

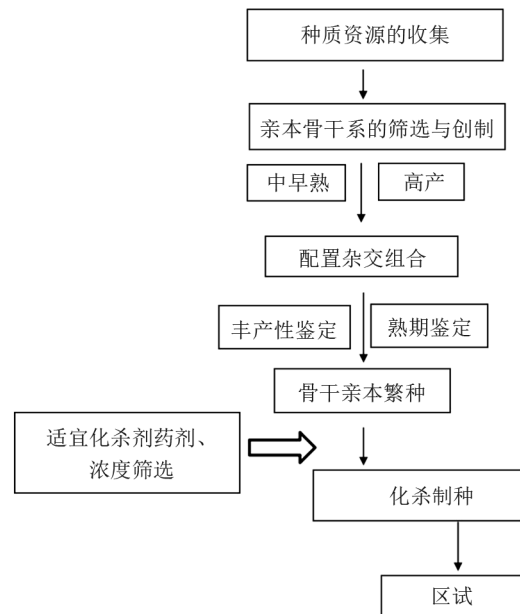


图1 化学杀雄诱导雄性不育选育油菜杂交种的技术路径

基于此,应广泛引进区外优异的油菜种质资源,同时广泛收集本区油菜野生资源及农家品种,扩宽油菜种质资源的遗传基础,加强种质资源的高效利用,加速目标种质资源的创新。在育种方面,加快油菜常规种育种速度,充分利用南繁加代基地迅速纯化后代资源,加强亲本骨干系的筛选,稳步开展杂交组合配置工作,筛选出具有强优势的杂交组合。

同时,以低毒、低成本、快速诱导、易操作为目标,针对化杀剂的喷施条件,筛选在西藏地区春播条件下不同亲本材料化学诱导雄性不育的最佳化杀剂、配置浓度和喷施时期。理想的化学杀雄剂能有效抑制或破坏雄蕊的正常发育,而对雌蕊的影响极小或者没有影响,从而保证正常授粉结实。此外,还需开展添加不同助剂对化杀喷施效果的影响研究,筛选出低成本高效助剂,为化学杀雄杂交制种技术提供基础理论研究。

应用筛选的化杀剂,对不同亲本大田制种诱导效率及结实率进行研究,以评价化杀剂的使用价值。同时,开展油菜繁种、制种标准化基地建设,制定化杀剂诱导油菜雄性不育制种技术的操作规范,指导育种实践工作<sup>[23]</sup>,逐步夯实西藏自治区油菜产业发展的基础。

## 参考文献:

- [1] 华水金,杨勇,唐琳,等.西藏油菜产业现状及发展建议[J].西藏农业科技,2022,44(3):1-6.
- [2] 西藏自治区统计局 国家统计局西藏调查总队.2024年西藏自治区国民经济和社会发展统计公报[N].西藏日报(汉),2025-04-05(04).
- [3] 袁国强,陶军,何员江,等.杂交小麦研究进展与展望[J].四川农业大学学报,2023,41(6):973-980.
- [4] 杨璇,胡骏.杂交水稻育种技术的研究进展[J].武汉大学学报(理学版),2024,70(5):556-566.
- [5] 赵吉平,任杰成,郭鹏燕,等.论小麦高产育种与杂种优势的利用[J].山西农业科学,2018,46(11):1963-1966.
- [6] 陈泽辉,吴迅,祝云芳,等.杂种优势的数量遗传学理论及其在玉米育种中的应用[J].玉米科学,2020,28(5):1-7.
- [7] 傅廷栋.中国油菜生产和品种改良的现状与前景[J].安徽农学通报,2000(1):3-10.
- [8] 沈金雄,傅廷栋,杨光圣,等.甘蓝型油菜杂种优势及产量性状的遗传改良[J].中国油料作物学报,2005,27(1):5-9.
- [9] 傅廷栋.杂交油菜的育种与利用[M].武汉:湖北科学技术出版社,1995.
- [10] 赵彩霞,刘自刚,孙万仓,等.化学杀雄剂对白菜型冬油菜陇油6号的杀雄效果[J].中国油料作物学报,2013,35(4):394-399.
- [11] 赵彩霞,赵艳宁,孙万仓,等.化学杀雄剂 GSC 和 SX-1 对白菜型冬油菜生理生化特性的影响[J].西北植物学报,2014,34(3):516-522.
- [12] 官春云,李桐,王国槐,等.化学杂交剂诱导油菜雄性不育机理的研究—I.杀雄剂1号对甘蓝型油菜花药毡绒层和花粉粒形成的影响[J].作物学报,1997,23(5):513-521.
- [13] 范宝磊,岳霞丽,刘志勇.新型化学杀雄剂 WP 对油菜体内乙烯释放量和内源激素的影响[J].化学与生物工程,2006,23(10):50-51.
- [14] 罗昌敏,唐章林.化学杀雄剂 SX-1 对重庆地区油菜的杀雄效果研究[J].安徽农业科学,2010(13):6747-6749.
- [15] 于澄宇,胡胜武,张春宏,等.化学杂交剂 EXP 对油菜的杀雄效果[J].作物学报,2005(11):1455-1459.
- [16] 范宝磊,岳霞丽,郑青,等.化学杀雄剂对油菜叶片和花蕾中几种酶活性的影响[J].湖北农业科学,2008,47(4):406-408.
- [17] 官春云,王国槐,李桐,等.油菜化学杀雄药物、机理和杂种研究[J].作物研究,1990,4(3):13-19.
- [18] 侯国裕,黄荣初.化学杀雄剂的研究进展[J].农药,1982,21(1):33-36,19.
- [19] 吴新杰,荣松柏,江莹芬,等.苯磺隆诱导油菜雄性不育研究进展[J].安徽农业科学,2020,48(24):5-8.
- [20] 刘绚霞,刘创社,董振生.油菜复配化学杂交剂研究及应用[J].西南大学学报(自然科学版),2014,36(11):42-48.
- [21] 马君红.油菜复配化学杀雄剂杀雄效果及应用研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2021.
- [22] 曹永红,任军荣,张智,等.人工模拟降雨对油菜化学杂交剂 SX-1 使用效果影响的研究[J].安徽农业科学,2019,47(9):33-34,37.
- [23] 关周博,董育红,李世锋,等.油菜杂交种繁育技术[J].中国种业,2023(12):162-163.