

# 抗咪唑啉酮油菜种质的发现与鉴定

高建芹, 浦惠明, 戚存扣, 张洁夫, 龙卫华, 胡茂龙, 陈松, 陈新军, 陈锋, 顾慧

(江苏省农业科学院经济作物研究所, 南京 210014)

**摘要:**在喷施豆施乐除草剂的大豆试验田,发现抗咪唑啉酮类除草剂的自生油菜突变株,经连续3年自交纯合和抗性鉴定,该突变体抗咪唑啉酮类除草剂的浓度是除草剂有效杀草浓度的2倍以上,抗性性状稳定、抗性效应明显。该材料的发现对于开发具有自主知识产权的抗除草剂新基因,选育不受环境释放限制的油菜新品种,均具有重大的理论和现实意义。

**关键词:**咪唑啉酮;油菜;抗性;突变体

## Identification of Imidazolidone-Resistant Oilseed Rape Mutant

GAO Jian-qin, PU Hui-ming, QI Cun-kou, ZHANG Jie-fu, LONG Wei-hua,

HU Mao-long, CHEN Song, CHEN Xin-jun, CHEN Feng, GU Hui,

(Institute of Industrial Crops, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014)

**Abstract:** A rapeseed mutant resistant to imidazolidone was found as a volunteer in the soybean field treated by spraying imidazolidone-herbicide. The resistance of this mutant was steadily inherited and effective, which had been testified by consecutive assessment of several generations in 3 years. The mutant showed resistant to a dose of imidazolidone which was two times of the effective concentration of this herbicide. It is of great theoretical and practical significance for the identification of new herbicide-resistant oilseed rape genes with independent intellectual property, also for the development of new varieties against environmental release restrictions.

**Key words:** Imidazolidone; Oilseed rape; Resistance; Mutant

自1983年世界首例转基因作物烟草问世以来,转基因作物在全球范围内飞速发展,商业化种植面积直线上升,据国际农业生物技术应用服务组织(ISAAA)统计,2008年全球种植的转基因作物已达到1.25亿 $\text{hm}^2$ ,其中转基因抗除草剂作物占63%,2008年全球种植的转基因油菜为590万 $\text{hm}^2$ ,且以抗除草剂油菜为主<sup>[1]</sup>。种植转基因抗除草剂油菜相对于传统油菜有两大优势:一是农事操作简便、高效,种植者只需在苗期喷施1~2次除草剂就能有效地杀灭油菜田的杂草和杂株,省工省时;二是大幅度降低油菜生产成本,如减少耕地次数、节约燃料等,增加了种植者的效益<sup>[2]</sup>。可以预见,全球抗除草剂油菜生产将继续保持强劲增长势头,种植面积将进一步扩大。目前我国转基因抗除草剂油菜尚未获准

商业化种植,主要有以下两个原因:一是转基因作物进入商业化生产须通过严格的安全性评价,油菜为常异花授粉作物,花粉传播以风媒和虫媒为主,抗除草剂基因可能会通过花粉漂移将抗性基因转移到油菜可交配的近缘植物上并使其获得抗性,油菜是需要特别关注的作物之一<sup>[3-9]</sup>;二是到目前为止,国内关于转基因抗除草剂油菜的研究材料基本都引自国外,抗性基因受国际知识产权保护,一旦商业化种植,要向专利拥有者交纳昂贵的专利费,这将大幅度提高油菜生产成本,从而违背了种植转基因作物的初衷<sup>[10-14]</sup>。因此,开发具有自主知识产权的抗除草剂新类型,利用新型抗源选育抗除草剂油菜新品种,是我国抗除草剂油菜早日进入商业化生产的必由之路。2004年,我们在油菜和大豆多年轮作的试验田

收稿日期:2009-06-02

修回日期:2010-01-05

基金项目:江苏省农业科学院基金项目(6110707)

作者简介:高建芹,助理研究员,主要从事油菜品质分析及选育工作。E-mail:yc@jaas.ac.cn

通讯作者:浦惠明,研究员。E-mail:puhuiming@126.com

中发现了自然突变的抗咪唑啉酮类除草剂的油菜新种质,经多年试验鉴定,该突变体抗性性状稳定、抗性效应明显,为选育具有自主知识产权的抗除草剂油菜新品种奠定了种质基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

抗咪唑啉酮油菜是在江苏省农科院每  $667\text{m}^2$  喷施  $20\text{kg}$  有效浓度为  $200\text{mg/L}$  豆施乐的试验田中发现的抗性单株,经连续 3 年套袋自交,植株经济性状和抗性性状纯合一致。咪唑啉酮类除草剂为山东先达化工有限公司生产的  $5.0\%$  豆施乐水剂。相关抗性鉴定试验均在江苏省农业科学院温室和油菜隔离繁殖区进行,严格控制花粉外漂,不对外界环境产生污染。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 抗性稳定性鉴定** 试验于 2005–2007 年连续 3 年分别在大田和温室进行,选择生长势强、植株经济性状较好的抗性材料,正常秋播于大田和温室盆钵,每个材料于大田播种 2 行,行长  $3.3\text{m}$ ,每行留苗 25~30 株;温室盆钵每个材料种 5 盆,每盆留苗 5 株左右。待菜苗长到 3~5 叶期,喷施有效浓度为  $200\text{mg/L}$  的豆施乐用药量为  $20\text{kg}/667\text{m}^2$ ,喷药后观测菜苗生长情况。

**1.2.2 抗性效应试验** 试验于 2008 年在本院油菜隔离繁殖区进行。9 月 29 日播种,10 月 4 日出苗,10 月 25 日定苗,留苗密度为  $9000\text{株}/667\text{m}^2$ ,11 月 3 日喷施咪唑啉酮类除草剂豆施乐。试验共设 5 个处理,有效浓度分别为 0 (CK)、100、200、300 和  $400\text{mg/L}$ ,用药量  $20\text{kg}/667\text{m}^2$ ,小区面积  $20\text{m}^2$ ,3 次重复,随机区组排列。同时,对敏感型油菜品种宁杂 15 号分别喷施有效浓度为 0 (CK)、25、50、75、100、150 和  $200\text{mg/L}$  豆施乐除草剂,用药量  $20\text{kg}/667\text{m}^2$ ,小区面积  $20\text{m}^2$ ,不设重复。喷药当天天气晴朗,喷药后 10d 内无异常天气,喷药后 10、20、35、50 和 65d 取样考察,每个处理随机取苗 10 株,测定株高、绿叶数、总叶数、最大叶面积及地上部和地下部干物重等,分析比较不同类型油菜及同类型油菜不同用药浓度对菜苗生长的影响。

**1.2.3 咪唑啉酮类除草剂的除草效果** 选择杂草生长均匀一致、以阔叶类杂草为主的抗性油菜田块作试验,设 5 个处理,每处理 3 次重复,随机区组排列,小区面积  $20\text{m}^2$ 。油菜 5 叶期分别喷施有效浓度为 0 (CK)、100、200、300 和  $400\text{mg/L}$  豆施乐除草剂,

用药量  $20\text{kg}/667\text{m}^2$ 。喷药前随机抽样调查杂草种类,喷药后 30d 测定除草效果。

## 2 结果与分析

### 2.1 抗性材料的发现

2004 年初夏,在本院油菜和大豆多年轮作的试验田,喷施咪唑啉酮类除草剂豆施乐的大豆行中,发现 1 株未被杀死的油菜植株,而其他油菜自生植株均被除草剂杀灭,因此当时判断该植株可能为抗咪唑啉酮除草剂的油菜突变体。将其移入 HPG-320H 人工生长箱进行低温春化,昼夜变温处理,白天温度控制在  $10^\circ\text{C}$  左右,夜间温度控制在  $5^\circ\text{C}$  左右,光照时间  $16\text{h/d}$ ;40d 后温度控制调整为白天  $25^\circ\text{C}$ 、夜间  $20^\circ\text{C}$ ,光照时间仍为  $16\text{h/d}$ ,直至油菜开花成熟。收获种子于当年秋播于大田,共种植了 4 行,每行 20~30 株,菜苗长到 3~5 叶期,按山东先达化工有限公司推荐的使用方法,每  $667\text{m}^2$  喷施有效浓度为  $200\text{mg/L}$  的豆施乐  $20\text{kg}$ ,以常规油菜宁油 12 号和杂交油菜苏优 5 号为对照。喷药 20d 后 2 个对照品种全部死亡,而突变体除少数菜苗心叶略为变黄外,生长正常,表明该材料确实具有抗咪唑啉酮类除草剂特性。油菜苗期至抽苔前植株生长基本一致,抽苔开花后生育进程和长势长相有不同程度的分离,故对该材料进一步自交纯合。

### 2.2 抗除草剂性状的稳定性鉴定

2005–2007 年连续 3 年对抗性材料进行自交纯合,选择生长势强、经济性状优良、成熟期适中的植株套袋自交繁殖。在抗性材料自交纯合的同时,对中选材料分别在大田和温室进行抗除草剂鉴定试验。结果表明,该材料抗性性状稳定,所有鉴定材料均未发现抗性性状的分离。2005 年共鉴定 80 株,其中大田 55 株,温室 25 株;2006 年共鉴定 85 株,其中大田 61 株,温室 24 株;2007 年共鉴定 82 株,其中大田 57 株,温室 25 株,均未发现对除草剂高度敏感的植株,仅有部分植株在喷药 10~15d 后菜苗心叶略为变黄,但所有材料喷药后生长均变缓,大田和温室鉴定结果高度一致。在连续 3 年对抗性材料的自交纯合过程中,不断淘汰喷药后菜苗心叶变黄的材料,选育叶色较深、生长势较强的株系,强化材料的抗性选择,至 2008 年夏获得一批植株经济性状稳定的抗性材料。

### 2.3 抗性材料的抗性效应研究

抗性效应研究表明,抗性材料对咪唑啉酮类除草剂豆施乐有较强抗性,在  $100\sim400\text{mg/L}$  有效浓

度范围内,所有处理小区的菜苗均未发现药害症状,但随着喷药浓度增加,对油菜生长有轻微抑制作用,表现为株高相应变矮,叶片、叶面积变小,地上部干物重减少,而总叶数和地下部干物重变化不大。

喷药 50d 时取苗考查生长情况(表 1),结果表明:喷药浓度从 100mg/L 增加到 400mg/L,株高由 43.8cm 依次下降至 33.1cm,分别比对照下降了 0.68%、14.74%、19.72% 和 24.94%。最大叶长、宽由 38.8cm 和 15.0cm 依次下降至 30.3cm 和 13.4cm,叶长和叶宽分别比对照下降了 0.26%、11.31%、14.65%、22.11% 和 5.66%、6.29%、9.43%、15.72%。单株干物重由 22.96g 依次下降至 19.44g,分别比对照下降了 6.93%、10.38%、12.20% 和 21.20%,其中单株地上部干物重由 18.17g 依次下降至 15.41g,分别比对照下降了

8.83%、12.69%、12.39% 和 22.68%。上述性状不同处理间均达到显著或极显著差异。而单株绿叶数和地下部干物重在高浓度处理下才有显著变化,不同处理间叶龄则均无显著变化。可见使用咪唑啉酮类除草剂后,对抗性油菜株高及叶片的生长有一定的抑制作用,即主要影响油菜地上部生长,而对油菜出叶数、出叶速度及地下部干物质积累影响较小,因此,可对喷药油菜采取追施速效肥料等措施,以减轻使用除草剂后对油菜生长的不良影响。实收产量结果表明,喷施 100mg/L 除草剂处理的小区产量最高,对照产量其次,但两者差异不显著,同样对照与喷施 200mg/L 和 300mg/L 除草剂处理的小区产量亦无显著差异,可见在除草剂有效杀草浓度范围内使用豆施乐对本研究发现的抗性油菜产量无显著影响,该抗性材料具有实用价值。

表 1 喷药 50d 时不同除草剂浓度对油菜生长的影响

Table 1 Affect of herbicide concentration on the growth of oilseed rape

处理 (mg/L)	株高 (cm)	最大叶长 (cm)	最大叶长宽 (cm)	叶龄	绿叶数	地上部干物重 (g)	地下部干物重 (g)	单株干物重 (g)	小区产量 (g)
Treatment	Height	Length of the largest leaf	Width of the largest leaf	Age of Leaf	Green leaves	Dry weight of above ground	Dry weight of below ground	Total dry weight	Yield
0	44.1Aa	38.9Aa	15.9Aa	11.4Aa	7.4Bc	19.93Aa	4.74Aa	24.67Aa	3969.70ABab
100	43.8Aa	38.8Aa	15.0ABa	11.8Aa	7.8Bbc	18.17ABb	4.79Aa	22.96Bb	4141.42Aa
200	37.6Bb	34.5ABb	14.9ABa	11.8Aa	8.6Aba	17.40BCb	4.71Aa	22.11Cc	3777.78ABbc
300	35.4Bbc	33.2Bbc	14.4ABab	12.2Aa	7.6Bc	17.46BCb	4.20Bb	21.66Dd	3681.82ABbc
400	33.1Bc	30.3Bc	13.4Bb	11.8Aa	8.2ABb	15.41Cc	4.03Bb	19.44Ee	3580.82Bc

采用邓肯氏新复极差检验,大、小写字母表示 0.01、0.05 水平差异显著  
The result was tested by Duncan's multiple range method. Different small and capital letters stood for significance at 0.01, 0.05 level

本试验还显示,抗性油菜喷药后 10d,各处理地上部干物质积累已有明显差异,至 20d 干物质积累差异达到最大值。且除草剂使用浓度越高对油菜生长的抑制作用越大,喷药 20d 后菜苗开始缓慢恢复

生长,至 65d 后地上部干物质积累量已接近对照。值得指出的是,除草剂对抗性油菜根系的生长影响较小,不同处理间及不同处理与对照间地下部干物质积累无显著差异(图 1~3)。

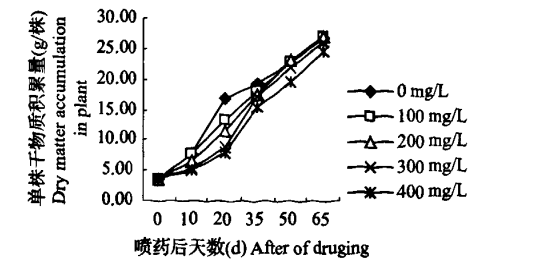


图 1 不同浓度处理对抗性油菜干物质积累的影响  
Fig.1 Affect of herbicide concentration. on dry matter accumulation in resistant oilseed rape

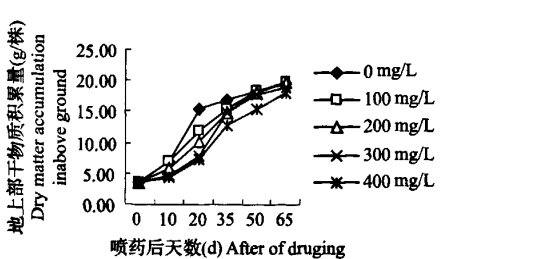


图 2 不同浓度处理对抗性油菜地上部干物质积累的影响  
Fig.2 Affect of herbicide concentration. on dry matter accumulation in above-ground part of resistant oilseed rape

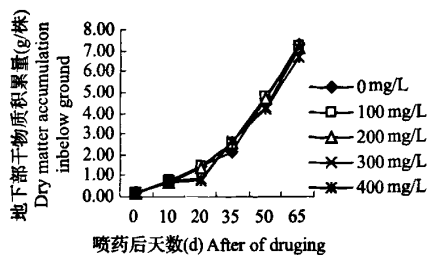


图3 不同浓度处理对抗性油菜地下部干物质积累的影响  
Fig.3 Affect of herbicide concentration. on dry matter accumulation in underground part of resistant oilseed rape

而敏感型油菜喷施除草剂后,用药浓度为100 ~ 200mg/L处理的小区,30d内油菜全部死亡,低浓度(25 ~ 75mg/L)处理对油菜生长影响也较大(图4)。同时,不同处理间对干物质积累影响差异显著,而且对油菜地下部分的生长也有极显著的影响。

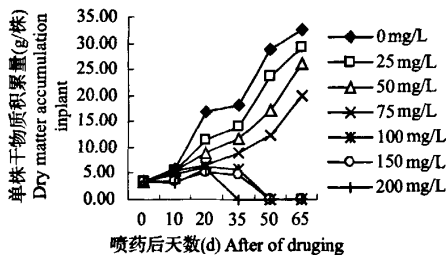


图4 不同浓度处理对敏感型油菜干物质积累的影响  
Fig.4 Affect of herbicide concentration. on dry matter accumulation in sensitive oilseed rape

2.4 咪唑啉酮类除草剂豆施乐的除草效果

试验选择在前茬种植油菜、夏季轮闲杂草发生时间早、密度较大的田块进行。喷药前取样调查表明,主要杂草有婆婆纳、牛繁缕、猪殃殃、看麦娘和芥菜等,碎米荠、小蓟、大巢菜、黄花苜蓿等亦零星发生。喷药5~7d后,除小蓟、黄花苜蓿等少数杂草外,大部分杂草叶片开始黄化;10~15d后杂草心叶开始萎缩,并逐渐腐烂死亡;30d后调查除草效果,结果表明在100~400mg/L浓度范围内,随着施药浓度增加杂草数量显著降低,存活杂草生长量明显减小,存活杂草鲜重由对照小区的3745g下降到400mg/L处理的50g,存活杂草干重由对照小区的575.4g下降到400mg/L处理的9.4g;少量存活杂草也表现为叶色枯黄、茎秆匍匐、危害能力也大大下降。

试验还表明,100mg/L有效浓度豆施乐除草效果为89.99%,200mg/L有效浓度的除草效果达91.78%,喷药浓度提高到300mg/L和400mg/L时,

除草效果仅分别提高了5.5%和6.88%(表2)。因此应用豆施乐防治油菜田苗期杂草的有效浓度以200mg/L、使用量以20kg/667m<sup>2</sup>为宜,这与豆施乐除草剂生产厂家推荐使用方法基本一致。

表2 豆施乐不同处理浓度的杀草效果  
Table 2 Effect of herbicide concentration on weeding

处理 (mg/L)	鲜重 (g)	干重 (g)	防治效果 (%)	多重比较
Treatment	Fresh weight	Dry weight	Effect of Weeding	Multiple comparisons
0	3745	575.4	—	A
100	375	75.2	89.99	B
200	308	61.5	91.78	B
300	102	18.3	97.28	B
400	50	9.4	98.66	B

3 讨论

咪唑啉酮类除草剂通过抑制植物体内支链氨基酸生物合成关键酶乙酰乳酸合酶(ALS),造成异亮氨酸、缬氨酸和亮氨酸生物合成受阻,破坏植物体内的蛋白质合成,进而使植物停止生长而死亡。咪唑啉酮类除草剂活性高、用量低、杀草谱宽、选择性强、使用方便,既可作土壤处理剂也可作茎叶处理剂。

豆施乐是咪唑啉酮类中的一种高效选择性除草剂,苗期使用将药剂喷施叶面后通过内吸作用进入杂草体内,致使杂草死亡,是大豆专用除草剂。豆施乐可有效防除稗草、狗尾草、金狗尾草、马唐等禾本科杂草,苘麻、藜、马齿苋、反枝苋、酸模叶蓼、苍耳等阔叶草杂草,对鸭跖草(兰花菜)、小蓟(刺儿菜)、问荆(节节草)、苣荬菜等杂草也有一定抑制作用,这些杂草也是油菜田的常见杂草。研究表明,在油菜田苗期使用该类型除草剂,每667m<sup>2</sup>喷施20kg有效浓度为200mg/L的豆施乐,防治效果可达90%以上,而抗性油菜能耐400mg/L以上浓度,其抗药浓度是该类除草剂有效杀草浓度的2倍甚至更高,表明该材料的抗性性状具有实用价值,使用该类型除草剂防治抗性油菜田杂草危害是可行的。

ALS作为生物支链氨基酸生物合成过程中第一阶段的关键酶,生物化学和田间实际应用已证明它是一种重要的除草剂作用靶标<sup>[15-17]</sup>,以ALS为靶标开发的结构不同的除草剂已达13类以上,如磺酰脲类、磺酰胺类、咪唑啉酮类、三唑并嘧啶磺酰胺类、嘧啶醚类等,具体的除草剂种类和商品名更是不计其数<sup>[18-19]</sup>。以ALS为目标基因开发的抗咪唑啉酮

类除草剂作物,到目前为止已有玉米、油菜、水稻、小麦和向日葵等作物。值得指出的是,所有已商品化的抗咪唑啉酮类作物都是利用诱变等常规育种技术选育的。另外在甜菜、棉花、大豆、莴苣、番茄和烟草等作物也发现了抗咪唑啉酮除草剂的突变体<sup>[20-21]</sup>。本文获得的抗性材料是在油菜和大豆常年轮作、多年喷施咪唑啉酮类除草剂豆施乐的大豆试验田中发现的,亦有可能是在连续多年除草剂胁迫下诱变产生的突变体,目前正在对该材料进行分子检测。

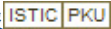
咪唑啉酮类除草剂在土壤中的残效期可长达1年,对下茬轮作作物有一定影响,近年来我国东北大豆主产区由于长期使用咪唑啉酮类除草剂,一定程度上破坏了正常的作物轮作,使大豆的下茬作物难以安排,导致大豆长期重茬,生理性病虫害加重,产量与品质显著下降。选育和利用抗咪唑啉酮类除草剂油菜新品种,在多年使用咪唑啉酮类除草剂的大豆产区种植抗咪唑啉酮类除草剂油菜品种,可大大减缓除草剂在土壤中的残留速率,并为大豆提供新的轮作作物,一举多得。同时,本材料的发现也丰富了我国油菜特异种质资源,对开发具有自主知识产权的油菜抗除草剂基因,选育不受环境释放限制的抗除草剂油菜新品种,均具有重大的理论意义和现实意义。

#### 参考文献

- [1] James C. Global status of commercialized biotech/GM crops in 2008[EB/OL]. ISAAA Briefs 39-2008[2009-05-10]. <http://www.isaaa.org>
- [2] 卢长明. 加拿大转基因油菜产业化与安全管理现状[J]. 中国油料作物学报, 2005, 27(4): 106-110
- [3] 浦惠明. 转基因抗除草剂油菜及其生态安全性[J]. 中国油料作物学报, 2003, 25(2): 89-93
- [4] 浦惠明, 戚存扣, 张洁夫, 等. 转基因抗除草剂油菜对近缘作物的基因漂移研究[J]. 生态学报, 2005, 25(3): 196-203
- [5] 浦惠明, 戚存扣, 张洁夫, 等. 转基因抗除草剂油菜对十字花科杂草的基因漂移研究[J]. 生态学报, 2005, 25(4): 910-916
- [6] 赵祥祥, 陆卫平, 戚存扣, 等. 通过杂交亲和性评估外源抗除草剂基因在十字花科植物间的流动[J]. 科学通报, 2005, 50(16): 1731-1737
- [7] Zhao X X, Lu W P, Qi C K, et al. Assessment on alien herbicide-resistant gene flow among crucifers by sexual compatibility[J]. Chinese Science Bulletin, 2005, 50(15): 1604-1611
- [8] Rieger M A, Lamond M, Preston C, et al. Pollen-mediated movement of herbicide resistance between commercial canola field[J]. Science, 2002, 296: 2386-2388
- [9] Stokstad E. A little pollen goes a long way[J]. Science, 2002, 296: 5577
- [10] 浦惠明, 戚存扣, 傅寿仲. 油菜抗除草剂品种的选育[J]. 江苏农业科学, 1994(5): 24-26
- [11] 浦惠明, 戚存扣, 傅寿仲. 抗除草剂油菜光合特性的研究[J]. 江苏农业学报, 1997, 13(2): 76-80
- [12] 浦惠明, 高建芹. 草甘膦在抗除草剂油菜田的应用研究初报[J]. 杂草科学, 2002(2): 16-17
- [13] 浦惠明, 张洁夫, 戚存扣. 油菜抗除草剂性状的遗传及应用[J]. 江苏农业学报, 2003, 19(2): 81-86
- [14] 浦惠明, 高建芹, 戚存扣. 油菜抗草丁膦性状的遗传与利用[J]. 江苏农业科学, 2003(2): 15-18
- [15] Kleschek W A, Costales M J, Dunbar J E. New herbicidal derivatives of 1,2,4-triazolo[1,5-a]pyrimidine[J]. Pesticide Science, 1990, 29: 341-355
- [16] Mark A S. Herbicides that inhibit acetohydroxyacid synthase[J]. Weed Science, 1991, 39: 428-434
- [17] Dastgheib F, Field R J. Acetolactate synthase activity and chlor-sulfuron sensitivity of wheat cultivars[J]. Weed Science, 1998, 38: 63-68
- [18] Babazinshi P, Zelinski T. Mode of action herbicidal ALS-inhibitors on acetolactate synthase from green plant cell cultures, yeast, and Escherichia coli[J]. Pesticide Science, 1991, 31: 305-323
- [19] 郑培忠, 沈健英. 乙酰乳酸合成酶抑制剂的种类及其耐药性研究进展[J]. 杂草科学, 2009(2): 4-8
- [20] 苏少泉. 抗咪唑啉酮类除草剂作物的发展与未来[J]. 现代农药, 2006, 5(2): 1-4
- [21] 沈晓霞, 译. 咪唑啉酮类除草剂耐受性作物的过去、现状和将来(上)[J]. 世界农药, 2005, 27(5): 9-13
- [22] 沈晓霞, 译. 咪唑啉酮类除草剂耐受性作物的过去、现状和将来(下)[J]. 世界农药, 2005, 27(6): 30-32

作者: 高建芹, 浦惠明, 戚存扣, 张洁夫, 龙卫华, 胡茂龙, 陈松, 陈新军, 陈锋, 顾慧, GAO Jian-qin, PU Hui-ming, QI Cun-kou, ZHANG Jie-fu, LONG Wei-hua, HU Mao-long, CHEN Song, CHEN Xin-jun, CHEN Feng, GU Hui

作者单位: 江苏省农业科学院经济作物研究所, 南京, 210014

刊名: 植物遗传资源学报 

英文刊名: JOURNAL OF PLANT GENETIC RESOURCES

年, 卷(期): 2010, 11(3)

被引用次数: 2次

## 参考文献(22条)

1. Stokstad E [A little pollen goes n long way](#) 2002
2. Rieger M A; Lamond M; Preston C [Pollen-mediated movement of herbicide resistance between commercial cmlola field](#) [外文期刊] 2002
3. Zhao X X; Lu W P; Qi C K [Assessment on alien herbicideresistant gene flow among crucifers by sexual compatibility](#) [期刊论文] - [Chinese Science Bulletin](#) 2005(15)
4. 赵祥祥; 陆卫平; 戚存扣 [通过杂交亲和性评估外源抗除草剂基因在十字花科植物间的流动](#) [期刊论文] - [科学通报](#) 2005(16)
5. 浦惠明; 戚存扣; 张洁夫 [转基因抗除草剂油菜对十字花科杂草的基因漂移研究](#) [期刊论文] - [生态学报](#) 2005(04)
6. 浦惠明; 戚存扣; 张洁夫 [转基因抗除草剂油菜对近缘作物的基因漂移研究](#) [期刊论文] - [生态学报](#) 2005(03)
7. 浦惠明 [转基因抗除草剂油菜及其生态安全性](#) [期刊论文] - [中国油料作物学报](#) 2003(02)
8. 卢长明 [加拿大转基因油菜产业化与安全管理现状](#) [期刊论文] - [中国油料作物学报](#) 2005(04)
9. 沈晓霞 [咪唑啉酮类除草剂耐受性作物的过去、现状和将来\(下\)](#) 2005(06)
10. 沈晓霞 [咪唑啉酮类除草剂耐受性作物的过去、现状和将来\(上\)](#) 2005(05)
11. 苏少泉 [抗咪唑啉酮类除草剂作物的发展与未来](#) [期刊论文] - [现代农药](#) 2006(02)
12. 郑培忠; 沈健英 [乙酰乳酸合成酶抑制剂的种类及其耐药性研究进展](#) [期刊论文] - [杂草科学](#) 2009(02)
13. Babazinshi P; Zelinski T [Mode of action herbicidal ALS-inhibitors on acctolactate synthase from green plant cell cultures, yeast, and Escherichia coli](#) 1991
14. Dastgheib F; Field R J [Acetolactate synthase activity and chlorsulfuron sensitivity of wheat cultivars](#) 1998
15. Mark A S [Herbicides that inhibit acetohydroxyacid synthase](#) 1991
16. Kleschck W A; Costales M J; Dunbar J E [New herbicidnl defivatives of 1,2,4-triazolo\[1,5-a\]pyrimidine](#) 1990
17. 浦惠明; 高建芹; 戚存扣 [油菜抗草丁膦性状的遗传与利用](#) [期刊论文] - [江苏农业科学](#) 2003(02)
18. 浦惠明; 张洁夫 戚存扣. [油菜抗除草剂性状的遗传及应用](#) [期刊论文] - [江苏农业学报](#) 2003(02)
19. 浦惠明; 高建芹 [草甘膦在抗除草剂油菜田的应用研究初报](#) [期刊论文] - [杂草科学](#) 2002(02)
20. 浦惠明; 戚存扣; 傅寿仲 [抗除草剂油菜光合特性的研究](#) 1997(02)
21. 浦惠明; 戚存扣; 傅寿仲 [油菜抗除草剂品种的选育](#) 1994(05)
22. James C [Global status of commercialized biotech/GM crops in 2008](#) 2009

## 引证文献(3条)

1. 浦惠明, 高建芹, [龙卫华](#), [胡茂龙](#), [张洁夫](#), [陈松](#), [陈新军](#), [陈锋](#), [顾慧](#), [傅三雄](#), [戚存扣](#) [油菜抗咪唑啉酮性状的遗传及其应用](#)[期刊论文]-[中国油料作物学报](#) 2011(1)
2. 高建芹, 浦惠明, [龙卫华](#), [胡茂龙](#), [戚存扣](#), [张洁夫](#) [抗咪唑啉酮油菜对非选择性除草剂的抗性效应](#)[期刊论文]-[江苏农业学报](#) 2010(6)
3. 高建芹, 浦惠明, [龙卫华](#), [胡茂龙](#), [戚存扣](#), [张洁夫](#) [抗咪唑啉酮油菜对非选择性除草剂的抗性效应](#)[期刊论文]-[江苏农业学报](#) 2010(6)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_zwyczyxb201003020.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zwyczyxb201003020.aspx)