牛枝子繁种田田间杂草防除技术研究

武育芳[1]， 彭文栋[1*]， 张灵瑜[1]， 刘定鑫[1]， 李凤阳[1]， 赵向峰[1]，
郭 瑾[1]， 伏兵哲[2]

（1. 盐池县科技服务中心，吴忠 751500；2. 宁夏大学林业与草业学院，银川 750021）

摘要 为实现优质牧草牛枝子 *Lespedeza potaninii* 繁种田田间杂草的有效防控。本研究设置土壤封闭处理和茎叶喷雾处理，通过综合评估不同处理对牛枝子的安全性和对田间杂草的防除效果，筛选最佳农药或农药组合。结果表明：土壤封闭处理在施药 60 d 后 5%咪唑乙烟酸水剂对牛枝子的生长无影响，不会造成牛枝子死苗，且对田间阔叶类杂草的株防效和鲜重防效最优，分别为 96.35%和 88.87%，对禾本科杂草的株防效和鲜重防效分别为 98.48%和 95.98%；茎叶处理药剂 158 g/L 高效氟吡甲禾灵乳油＋440 g/L 氟醚·灭草松可溶液剂在牛枝子三叶期喷施后60 d 对田间杂草的株防效和鲜重防效分别达到 85.86%和 88.33%，该药剂组合对牛枝子生长无不良影响。综上，在大面积进行牛枝子繁种田建设时采用上述配方进行土壤封闭或杂草茎叶处理可达到用药成本低和防效高的杂草防控成效。

关键词 牛枝子； 除草剂； 安全性； 杂草防效

中图分类号： S 451.2 **文献标识码：** B **DOI：** 10.16688/j.zwbh.2024670

Weed control technology in *Lespedeza potaninii* seed production field

WU Yufang[1]， PENG Wendong[1*]， ZHANG Lingyu[1]， LIU Dingxin[1]， LI Fengyang[1]， ZHAO Xiangfeng[1]，
GUO Jin[1]， FU Bingzhe[2]

（1. *Yanchi County Science and Technology Service Center*，*Wuzhong* 751500，*China*；
2. *College of Forestry and Prataculture*，*Ningxia University*，*Yinchuan* 750021，*China*）

Abstract To effectively control weeds in *Lespedeza potaninii* seed production fields，this study evaluated soil sealing treatments and foliar spray treatments. The optimal pesticide or pesticide combination was selected through a comprehensive assessment of the safety to *L. potaninii* and its weed control efficacy in the field. The results showed that：60 days after the application of soil sealing treatment，5% AS imazethapyr had no adverse effects on the growth of *L. potaninii* and did not cause seedling mortality. Moreover，it achieved the optimal control efficacy against field weeds：the plant control efficacy and fresh weight control efficacy against broadleaf weeds reached 96.35% and 88.87%，respectively，while those against gramineous weeds reached 98.48% and 95.98%，respectively. The stem and leaf treatment agent haloxyfop-*P*-methyl 158 g/L EC＋acifluorfen bentazone 440 g/L SL achieved a plant control efficacy of 85.86% and a fresh weight control efficacy of 88.33% on field weeds after 60 days of treatment at the three leaf stage of *L. potaninii*，with no adverse effects on *L. potaninii* growth. The results indicate that the above formula can be used for pre-emergence herbicide application or weed stem and leaf treatment to achieve low herbicide cost and effective weed control in large-scale potaninii propagation field construction in production practice.

Key words *Lespedeza potaninii*； herbicide； security； control efficacy

近年来，我国退化草地生态修复使用的草种资源以栽培或引进草种为主，存在适应性弱、修复效果持久性差等问题[1]。乡土植物因其为退化草地所在地区天然分布的植物种群，对当地土壤、气候等自然条件较强的适应性，成为退化草地生态建设的首选植物[1]。牛枝子 *Lespedeza potaninii* 为豆科 Fabaceae 胡枝子属 *Lespedeza* 植物，广泛分布于荒漠草原及干旱草原地带，是新疆、内蒙古、宁夏等省区荒漠草原上的优势低矮强旱生小半灌木种[2]，也是一种优良的豆科牧草，牛羊喜啃食，为牧区主要牧

收稿日期： 2024－12－20 **修订日期：** 2025－02－06
基金项目： 宁夏盐池县草原畜牧业转型升级项目(MB1511742640323506)；基于生态安全的荒漠草原植被修复及生态生产功能耦合关键技术研究与示范项目(NGSB-2021-14-06)
* 通信作者 E-mail：nkspwd@163.com

草种类之一[3]。从生物多样性、生态系统多功能性和稳定性的理论出发,牛枝子是退化草地生态建设的理想物种[4]。退化草地生态建设目前遇到的最大瓶颈是本土优等草种存在“有种无源”的情况,而在牛枝子繁种过程中,杂草是制约其繁种的关键因素。在田间,杂草与饲草竞争光照、水分、生存空间等,还可能产生有机酸、生物碱等生物活性物质,降低饲草的产量和品质[5-6]。同时,杂草掺杂在饲草种子田中会影响田间机械作业效率和后续产品深加工,增加生产成本[7]。因此,科学、高效、安全地防治杂草是牛枝子繁种过程中亟须解决的问题。

目前,杂草防控主要采用化学除草措施,化学除草可有效解决杂草对农作物的危害,极大减少农业生产的除草用工和成本,促进农业生产的发展[8-9]。大量实践表明,豆科植物田使用咪唑乙烟酸、高效氟吡甲禾灵、精异丙甲草胺、氟乐灵、灭草松、精喹·氟磺胺等化学除草剂能有效抑制田间杂草发生率[10-15]。然而,一旦除草剂选择和应用不当,将导致除草剂对作物产生严重药害,使用残留期长的除草剂也会危害到后茬作物的生产,轻者抑制作物生长、减产,重者死苗、绝产[16],目前,豆科植物的除草剂研究与应用已较为成熟,但针对牛枝子繁种田杂草防控研究尚鲜有。因此,本试验在保障对牛枝子安全性的基础上筛选防控效果最佳的农药或农药组合,以期为牛枝子种子生产中的杂草防控提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验地概况

牛枝子繁种田位于宁夏回族自治区盐池县四墩子科创基地(37°46′N,107°28′E)。试验田土地平整,土壤肥力均匀,田间灌水管理等措施一致。盐池县气候干燥,降水量少,属农牧交错带地区。年平均降水量为 282.3 mm,降水多集中在每年 7 月—9 月,约占全年降水量 64%以上,年蒸发量达 2 131.7 mm;绝对无霜期 124 d 左右,相对无霜期 165 d, ≥0℃年积温 3 811.7℃,≥10℃年积温 3 436.06℃,年日照时数 2 346.82 h,年平均气温 9.1℃。田间阔叶类杂草以灰绿藜 *Oxybasis glauca* 和反枝苋 *Amaranthus retroflexus* 为主,禾本科杂草以早熟禾 *Poa annua* 和马唐 *Digitaria sanguinalis* 为主。

1.2　试验材料

供试药剂包括土壤封闭除草剂和茎叶处理除草剂。土壤封闭除草剂:960 g/L 异丙甲草胺乳油(EC),杭州颖泰生物科技有限公司;960 g/L 精异丙甲草胺乳油(EC),先正达(苏州)作物保护有限公司;480 g/L 氟乐灵乳油(EC),山东胜邦绿野化学有限公司;48%仲丁灵乳油(EC),江西盾牌化工有限责任公司;5%咪唑乙烟酸水剂(AS),沈阳科创化学品有限公司。茎叶处理除草剂:158 g/L 高效氟吡甲禾灵乳油(EC),沈阳市和田化工有限公司;440 g/L 氟醚·灭草松可溶液剂(SL),合肥星宇化学有限公司;22% 精喹·氟磺胺乳油(EC),合肥星宇化学有限公司;10%乙羧氟草醚乳油(EC),青岛现代化农业有限公司;480 g/L 三氯吡氧乙酸乳油(EC),吉林延边天保生物制剂有限公司。

1.3　试验设计

1.3.1　土壤封闭处理和茎叶喷雾处理

土壤封闭处理先灌水后施药,待土壤适宜播种后,于 2024 年 5 月 10 日播种,试验设 5 个处理(表 1),每处理重复 3 次,设对照组 CK1 不加任何药剂处理,每个小区面积 24 m^2,小区间随机排列。

茎叶喷雾处理于 2024 年 6 月 5 日,在牛枝子三叶期进行,试验设 4 个处理(表 1),每处理重复 3 次,设对照组(CK2)不加任何药剂处理,每个小区面积 24 m^2,小区间随机排列。

1.3.2　安全性调查

土壤封闭处理施药后 60 d,对每个试验处理随机选 5 个 1 m×1 m 样方调查记录牛枝子整株的色泽、形态和株高以及是否有死苗。每样方选取 5 株测定株高,调查统计每样方牛枝子总株数,死苗数,计算牛枝子死苗率,死苗率=死苗数/总株数×100%。

茎叶喷雾处理施药后 10 d,调查药剂对植株农艺性状的影响程度,分为 4 个等级:全部(或绝大多数)植株枯死(++++);部分植株枯死、严重影响植株生长(+++);植株弱小发黄、抑制植株生长(++);叶片正常或顶部叶片微黄、对生长无影响(+)[17]。

1.3.3　杂草防效调查

土壤封闭处理施药后 60 d,茎叶喷雾处理施药后 10、20、60 d,每处理随机选取 3 个重复样方,每样方面积为 0.25 m^2,调查记录样方内杂草存活株数并计算株防效,施药后 60 d 称取地上部杂草鲜重质量并计算鲜重防效。

株防效=(空白对照区杂草株数-药剂处理区杂草株数)/空白对照区杂草株数×100%;

鲜重防效=(空白对照区杂草鲜重-药剂处理区杂草鲜重)/空白对照区杂草鲜重×100%[18]。

表 1　试验设计

Table 1　Test design

处理 Treatment	除草剂 Herbicide	每公顷药剂用量 Dosage per hectare
土壤封闭 Pre-emergence herbicide application	960 g/L 异丙甲草胺乳油　metolachlor 960 g/L EC	1 500 g
	960 g/L 精异丙甲草胺乳油　*S*-metolachlor 960 g/L EC	1 800 mL
	480 g/L 氟乐灵乳油　trifluralin 480 g/L EC	2 250 g
	48%仲丁灵乳油　butralin 48% EC	2 250 g
	5%咪唑乙烟酸水剂　imazethapyr 5% AS	2 250 g
茎叶处理 Stem and leaf spray	158 g/L 高效氟吡甲禾灵乳油+440 g/L 氟醚•灭草松可溶液剂 haloxyfop-*P*-methyl 158 g/L EC+acifluorfen • bentazone 440 g/L SL	750 mL+750 g
	158 g/L 高效氟吡甲禾灵乳油+22%精喹•氟磺胺乳油 haloxyfop-*P*-methyl 58 g/L EC+quizalofop-*P*-ethyl • fomesafen 22% EC	750 mL+1 500 g
	158 g/L 高效氟吡甲禾灵乳油+10%乙羧氟草醚乳油 haloxyfop-*P*-methyl 58 g/L EC+fluoroglycofen 10% EC	750 mL+900 mL
	158 g/L 高效氟吡甲禾灵乳油+480 g/L 三氯吡氧乙酸乳油 haloxyfop-*P*-methyl 58 g/L EC+triclopyr 480 g/L EC	750 mL+6 000 g

1.4　数据处理

试验数据使用 Excel 2010 进行整理，利用 SPSS 20.0 进行统计分析，采用单因素方差分析，Duncan 氏新复极差法进行差异显著性检验。

2　结果与分析

2.1　牛枝子田土壤封闭处理安全性及田间防效

5 种土壤封闭处理后 60 d(表 2)，从牛枝子的死苗率来看，5%咪唑乙烟酸 AS 的安全性最高，牛枝子的死苗率为 0，其次为 48%仲丁灵 EC 和 480 g/L 氟乐灵 EC，牛枝子死苗率分别为 1.90%和 1.73%。960 g/L 异丙甲草胺 EC 和 960 g/L 精异丙甲草胺 EC 造成牛枝子死苗率高达 50%以上。从施药对牛枝子株高的影响来看，5%咪唑乙烟酸 AS 处理与对照组株高无显著差异，对株高影响最小，960 g/L 异丙甲草胺 EC、480 g/L 氟乐灵 EC、960 g/L 精异丙草胺 EC、48%仲丁灵 EC 处理均抑制牛枝子正常生长，其中 960 g/L 异丙甲草胺 EC 对牛枝子株高的抑制最大，与对照相比株高显著降低 34.68%。从株防效来看，5%咪唑乙烟酸 AS 对阔叶类杂草及禾本科杂草株防效均最高，分别为 96.35%和 98.48%，显著高于其他处理，从对杂草的鲜重防效来看，5%咪唑乙烟酸 AS 对阔叶类杂草的鲜重防效为 88.87%，显著高于其他处理。960 g/L 异丙甲草胺 EC 对禾本科杂草鲜重防效最好，达 96.12%，5%咪唑乙烟酸 AS 效果次之(95.98%)，两者无显著差异

表 2　不同土壤封闭药剂施药后 60 d 对牛枝子安全性以及杂草鲜重防效[1)]

Table 2　Safety and fresh weight control effect of different pre-emergence herbicides to *Lespedeza potaninii* 60 days after application

处理 Treatment	牛枝子 死苗率/% Dead seedling rate of *L. potaninii*	牛枝子株高/cm Plant height of *L. potaninii*	株防效/% Plant control efficacy		鲜重防效/% Fresh weight control efficacy	
			阔叶类杂草 Broadleaf weed	禾本科杂草 Gramineae weed	阔叶类杂草 Broadleaf weed	禾本科杂草 Gramineae weed
960 g/L 异丙甲草胺 EC metolachlor 960 g/L EC	(82.33±1.45)a	(2.26±0.27)b	(78.41±1.70)b	(88.77±1.23)b	(78.24±1.45)b	(96.12±1.47)a
960 g/L 精异丙甲草胺 EC *S*-metolachlor 960 g/L EC	(53.00±4.35)b	(2.43±0.18)b	(78.72±1.27)b	(95.21±2.63)ab	(78.69±3.32)b	(91.96±2.63)a
48%仲丁灵 EC butralin 48% EC	(1.90±0.30)c	(2.53±0.12)b	(83.96±3.08)b	(71.19±4.97)c	(73.95±2.76)b	(83.67±1.38)b
480 g/L 氟乐灵 EC trifluralin 480 g/L EC	(1.73±0.14)c	(2.70±0.05)b	(71.19±3.15)c	(87.18±1.16)b	(75.04±2.73)b	(91.58±2.09)a
5% 咪唑乙烟酸 AS imazethapyr 5% AS	(0.00±0.00)c	(3.23±0.08)a	(96.35±0.65)a	(98.48±1.51)a	(88.87±0.59)a	(95.98±2.00)a
对照　CK1	(0.00±0.00)c	(3.46±0.17)a	—	—	—	—

1) 表中数据为平均值±标准误，同列数据后不同小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验差异显著($P<0.05$)，下同。
Data in the table are average±standard error, and different lowercase letters after the data in the same column indicate significant differences by Duncan's new multiple range test ($P<0.05$). The same applies below.

但 960 g/L 异丙甲草胺 EC 处理后牛枝子的死苗率为 82.33%，因此综合 3 个方面进行评定牛枝子田的最佳土壤封闭除草剂为 5%咪唑乙烟酸 AS。

2.2　牛枝子田茎叶处理安全性及田间防效

施药后 10 d 安全性观测结果表明，158 g/L 高效氟吡甲禾灵 EC+480 g/L 三氯吡氧乙酸 EC 对牛枝子安全性表现为全部或绝大多数植株枯死（++++），因此不再测量后续株防效及鲜重防效。158 g/L 高效氟吡甲禾灵 EC+10%乙羧氟草醚 EC 对牛枝子安全性表现为植株弱小发黄、抑制植株生长（++），因此以上 2 种除草剂不宜用于牛枝子田杂草防除。158 g/L 高效氟吡甲禾灵 EC+22%精喹・氟磺胺 EC 和 158 g/L 高效氟吡甲禾灵 EC+440 g/L 氟醚・灭草松 SL 施用后，牛枝子叶片正常或顶部叶片微黄、对生长无影响（+），说明这两个药剂组合在本试验用量下对牛枝子生长的安全性较好。

由表 3 可知，药后 10 d 158 g/L 高效氟吡甲禾灵 EC+22%精喹・氟磺胺 EC（57.83%）和 158 g/L 高效氟吡甲禾灵 EC+440 g/L 氟醚・灭草松（56.46%）的株防效显著高于 158 g/L 高效氟吡甲禾灵 EC+10% 乙羧氟草醚 EC 处理（29.16%），药后 20 d 和 60 d 158 g/L 高效氟吡甲禾灵 EC+22%精喹・氟磺胺 EC 对牛枝子田间杂草株防效均为最高，分别为 69.50%和 89.66%，其次是 158 g/L 高效氟吡甲禾灵 EC+440 g/L 氟醚・灭草松 SL，株防效分别为 69.00%和 85.86%。而在 60 d 后的鲜重防效调查结果显示 158 g/L 高效氟吡甲禾灵 EC+22%精喹・氟磺胺 EC 和 158 g/L 高效氟吡甲禾灵 EC+440 g/L 氟醚・灭草松 SL 最高，均为 88.33%。

表 3　不同茎叶除草剂对牛枝子安全性及田间杂草防除效果

Table 3　Safety of different herbicides to *Lespedeza potaninii* and weeds control efficacy in field

处理 Treatment	10 d 安全性 Safety	10 d 株防效/% Plant control efficacy	20 d 株防效/% Plant control efficacy	60 d 株防效/% Plant control efficacy	60 d 鲜重防效/% Fresh weight control efficacy
158 g/L 高效氟吡甲禾灵 EC+22%精喹・氟磺胺 EC haloxyfop-*P*-methyl 158 g/L EC+quizalofop-*P*-ethyl・fomesafen 22% EC	+	(57.83±3.29)a	(69.50±2.05)a	(89.66±3.06)a	(88.33±4.82)a
158 g/L 高效氟吡甲禾灵 EC+10% 乙羧氟草醚 EC haloxyfop-*P*-methyl 158 g/L EC+fluoroglycofen 10% EC	++	(29.16±3.39)b	(62.4±3.10)a	(82.16±3.11)a	(84.86±1.80)a
158 g/L 高效氟吡甲禾灵 EC+440 g/L 氟醚・灭草松 SL haloxyfop-*P*-methyl 158 g/L EC+acifluorfen+bentazone 440 g/L SL	+	(56.46±3.98)a	(69.00±3.16)a	(85.86±1.99)a	(88.33±2.39)a

2.3　不同除草剂处理的用药成本

由表 4 可知，土壤封闭处理中 960 g/L 精异丙甲草胺 EC 的用药成本最高为 18.24 元/667m²，其他按成本由高到低分别为 960 g/L 异丙甲草胺 EC（10 元/667m²）、480 g/L 氟乐灵 EC（9.38 元/667m²）、48%仲丁灵 EC（8 元/667m²），成本最低为 5%咪唑

表 4　不同除草剂处理的用药成本

Table 4　Cost of different herbicide treatments

处理 Treatment	除草剂 Herbicide	单位 Unit	净含量 Net content	单价/元 Price	667 m² 用药量 Dosage of 667 m²	可用面积/m² Available area	成本/(元/667m²) Cost
土壤封闭 Pre-emergence herbicide application	960 g/L 精异丙甲草胺 EC　*S*-metolachlor 960 g/L EC	瓶	500 mL	76	120 mL	2 781.39	18.24
	960 g/L 异丙甲草胺 EC　metolachlor 960 g/L EC	瓶	500 g	50	100 g	3 335	10.00
	480 g/L 氟乐灵 EC　trifluralin 480 g/L EC	瓶	400 g	25	150 g	1 780.89	9.38
	48% 仲丁灵 EC　butralin 48% EC	瓶	375 g	20	150 g	1 667.5	8.00
	5% 咪唑乙烟酸 AS　imazethapyr 5% AS	瓶	500 g	20	150 g	2 221.11	6.00
茎叶处理 Stem and leaf spray	480 g/L 三氯吡氧乙酸 EC　triclopyr 480 g/L EC	袋	10 g	3	400 g	20.01	120.00
	22%精喹・氟磺胺 EC quizalofop-*P*-ethyl・fomesafen fomesafen 22% EC	瓶	100 g	25	100 g	667	25.00
	10% 乙羧氟草醚 EC　fluoroglycofen 10% EC	袋	8 mL	1	60 mL	86.71	7.50
	158 g/L 高效氟吡甲禾灵 EC haloxyfop-*P*-methyl 158 g/L EC	瓶	500 mL	40	50 mL	6 670	4.00
	440 g/L 氟醚・灭草松 SL acifluorfen・bentazone 440 g/L SL	瓶	200 g	15	50 g	2 668	3.75

异烟酸 AS(6 元/667m²)。茎叶处理中由 158 g/L 高效氟吡甲禾灵 EC(4 元/667m²)与其他试剂复配,其中 480 g/L 三氯氟吡氧乙酸 EC 的用药成本最高为 120 元/667m²,其他按成本由高到低分别为 22%精喹·氟磺胺 EC(25 元/667m²)、10%乙羧氟草醚 EC(7.5 元/667m²),成本最低为 440 g/L 氟醚·灭草松 SL(3.75 元/667m²)。

3 结论与讨论

多年生优质豆科牧草牛枝子的繁种田建植年杂草防控尤为关键,如果防控不及时或不到位可能受一年生杂草的危害,还会对后续出苗保苗以及越冬等环节造成一定程度的影响。经调查,本试验地田间杂草共有 20 种,其中阔叶类杂草占 80%以上,为优势群体。禾本科类杂草占 14%,其他杂草 4%。从杂草组成上看,杂草防控难点和重点在阔叶杂草和其他少数杂草上。

除草能力是除草剂选择的重要指标,株防效和鲜重防效可直接反映除草剂的除草能力[19-20]。同时,除草剂使用不当会对植物产生药害,因此,安全性对除草剂的选择应用也至关重要。本研究发现,土壤封闭处理中异丙甲草胺和精异丙甲草胺对田间杂草防控效果较好,但两者均抑制牛枝子生长,造成生长缓慢,甚至死苗,因此不适合在牛枝子繁种田大面积使用。5%咪唑乙烟酸 AS 为咪唑啉酮类除草剂,常用于大豆田和其他豆类作物田中阔叶杂草的防治[21],本研究中 5%咪唑乙烟酸 AS 对牛枝子安全性高,无显著的抑制作用,对阔叶杂草灰绿藜和反枝苋和禾本科杂草的防效最高。任忠伟等[22]在红三叶 *Trifolium pratense* 田土壤封闭除草剂的筛选中发现 5%咪唑乙烟酸 AS 对阔叶杂草和禾本科杂草有较好的除草效果。因此 5%咪唑乙烟酸 AS 可作为土壤封闭方法的首选药剂。

茎叶喷雾处理中,158 g/L 高效氟吡甲禾灵 EC 是禾本科植物选择性芳氧苯氧丙酸酯类除草剂,具有杀草快、内吸作用强及对作物高度安全等特点[23],与其他试剂复配,通过不同的作用机理和作用方式,杀草谱存在很强的互补性。本试验发现,158 g/L 高效氟吡甲禾灵 EC+480 g/L 三氯吡氧乙酸 EC 和 158 g/L 高效氟吡甲禾灵 EC+10%乙羧氟草醚 EC 均抑制牛枝子生长,因此不适用于牛枝子田杂草防治。158 g/L 高效氟吡甲禾灵 EC+22%精喹·氟磺胺 EC 处理和 158 g/L 高效氟吡甲禾灵 EC+440 g/L 氟醚·灭草松 SL 处理在药后 60 d 对杂草的鲜重防效中二者均为 88.3%。结合农药投资成本考虑,22%精喹·氟磺胺 EC 用药成本达 25 元/667m²,440 g/L 氟醚·灭草松 SL 用药成本为 3.75 元/667m²,因此选择 440 g/L 氟醚·灭草松 SL 的性价比更高。

综合来看,本研究中,牛枝子繁种田的土壤封闭处理中喷施 5%咪唑乙烟酸 AS 对田间杂草防效最好,茎叶喷雾时在牛枝子三叶期选择 158 g/L 高效氟吡甲禾灵 EC+440 g/L 氟醚·灭草松 SL 复配除草剂对牛枝子的安全性及杂草防效最好且性价比高。牛枝子繁种田杂草防控受杂草种类、土壤墒情、气温和苗龄等多因素综合影响,因此,其他地区开展杂草防控时需在确保施药安全性的基础,结合当地具体条件进行调整及试验验证。

参考文献

[1] 南志标,王彦荣,贺金生,等. 我国草种业的成就、挑战与展望[J]. 草业学报, 2022, 31(6): 1-10.

[2] 李新荣. 毛乌素沙地灌木资源区系特征及其保护对策[J]. 自然资源学报, 1997, 12(2): 51-57.

[3] 曹静. 牛枝子根际土壤微生物对不同铅(Pb)浓度的响应研究[D]. 银川:宁夏大学, 2021.

[4] 中国科学院中国植物编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 153.

[5] 苟智强,赵桂琴,刘欢,等. 混配除草剂对燕麦田杂草的防效及燕麦产量的影响[J]. 草业科学, 2019, 36(1): 101-110.

[6] 张倩,杨晶,姚宝辉,等. 放牧模式对祁连山东缘高寒草甸土壤理化特性和物种多样性的影响[J]. 草原与草坪, 2021, 41(2): 105-112.

[7] 毛培胜,欧成明,贾志程,等. 我国牧草与草坪草种子生产技术的研究进展[J]. 中国草地学报, 2023, 45(1): 1-11.

[8] 刘泽渊,魏有海,郭良芝,等. 5 种除草剂对春油菜田优势阔叶杂草的防效及安全性评价[J]. 农药, 2025, 64(3): 229-234.

[9] 牛树君,王玉灵,赵峰,等. 氨氯吡啶酸、二氯吡啶酸和 2,4-滴二甲胺盐在天然草原土壤和牧草中的消解动态[J]. 植物保护, 2025, 51(2): 141-146.

[10] 蔡鹏元. 不同除草剂对苜蓿田杂草的防效及苜蓿苗期安全性和生理指标的影响[D]. 兰州:甘肃农业大学, 2016.

[11] 柴锦隆,马晓东,吴召林,等. 不同除草剂对科尔沁沙地苜蓿田反枝苋的防除效果[J/OL]. 草原与草坪, 2025. [2024-12-20]. https://link.cnki.net/urlid/62.1156.S.20250319.

[12] 陈剑,葛维德,赵阳,等. 960 g/L 精异丙甲草胺乳油苗前封闭对小豆苗期生长发育和生理代谢以及杂草防效的影响[J]. 河北农业科学, 2024, 28(2): 48-56.

(下转 352 页)

ALS 抑制剂的抗性及其靶标基因突变分析[J]. 植物保护学报，2023，50(1)：224 - 230.
[11] 张佩. 小麦田多花黑麦草(*Lolium multiflorum*)对精噁唑禾草灵的抗药性及其治理研究[D]. 南京：南京农业大学，2018.
[12] COCKER K M，NORTHCROFT D S，COLEMAN J O D，et al. Resistance to ACCase-inhibiting herbicides and isoproturon in UK populations of *Lolium multiflorum*：mechanisms of resistance and implications for control [J]. Pest Management Science，2001，57(7)：587 - 597.
[13] 吴仁海，孙慧慧，苏旺苍，等. 氟噻草胺与二甲戊灵混配对多花黑麦草的协同控制作用及对小麦的安全性[J]. 河南农业科学，2017，46(6)：89 - 92.
[14] 吴仁海，孙慧慧，苏旺苍，等. 氟噻草胺与氟唑磺隆混配协同作用及在小麦田杂草防治中的应用[J]. 植物保护，2018，44(2)：209 - 214.
[15] 吴仁海，徐洪乐，孙兰兰，等. 甲基二磺隆与唑啉草酯混用对麦田节节麦和多花黑麦草的防治效果[J]. 河南农业科学，2022，51(6)：103 - 110.
[16] 徐洪乐，李慧龙，张彬，等. 砜吡草唑与氟噻草胺协同作用防治多花黑麦草及其对小麦的安全性[J]. 植物保护，2022，48(4)：346 - 352.
[17] 周伟男，李友顺，黄岚，等. 42%二氯异噁草酮・异丙隆水分散粒剂的效果及其安全性测定[J]. 农药科学与管理，2021，42(9)：54 - 59.
[18] 付瑞霞，王俊平，董立尧. 4 种助剂对异丙隆防除菵草的增效作用[J]. 植物保护，2021，47(3)：70 - 75.
[19] 中华人民共和国农业部. 农药室内生物测定试验准则 除草剂 第 4 部分 活性测定试验 茎叶喷雾法 NY/T 1155.4-2006 [S]. 北京：中国农业出版社，2006.
[20] SUN Yunpei，JOHNSON E R. Analysis of joint action of insecticides against house flies [J]. Journal of Economic Entomology，1960，53(5)：887 - 892.
[21] 中华人民共和国农业农村部. 农药田间药效试验准则(一) 除草剂防治麦类作物地杂草：GB/T 17980.41-2000 [S]. 北京：中国农业出版社，2000.
[22] 张迪. 小麦田主要杂草抗药性监测及治理技术研究[D]. 南京：南京农业大学，2018.
[23] 邱芳心，杜桂萍，刘开林，等. 杂草抗药性及其治理策略研究进展[J]. 杂草科学，2015(2)：1 - 6.
[24] 张世全，吴怀刚. 75%异丙隆可湿性粉剂防治小麦田单双子叶杂草药效试验[J]. 现代农业科技，2008(14)：111 - 113.
[25] 中国农药信息网. 农药登记数据[DB/OL]. [2024 - 12 - 11]. http://www.chinapesticide.org.cn/zwb/dataCenter? hash=reg-info.
[26] 郭琳，樊祥山，韩世鹏，等. 二氯异噁草酮应用于作物田杂草防除谱测定[J]. 山东农业大学学报(自然科学版)，2024，55(4)：627 - 632.
[27] 吴仁海，义珊池，徐洪乐，等. 二氯异噁草酮与 3 种封闭除草剂混用对多花黑麦草的协同作用[J]. 植物保护，2025，51(1)：297 - 303.
[28] 张改霞，李培，彭青，等. 55%吡酰・异丙隆 SC 防除小麦田杂草药效试验[J]. 上海农业科技，2021(4)：151 - 152.
[29] 张帮林，金立. 吡氟酰草胺与异丙隆混配对冬小麦田一年生杂草室内配方筛选及田间试验防效探索[J]. 世界农药，2021，43(5)：44 - 48.
[30] 王宏臣，马明. "封趣+苏麦隆"防除小麦田多花黑麦草效果试验[J]. 基层农技推广，2024，12(4)：35 - 37.
[31] 孔卷. 淮北地区小麦冻害原因分析及应对措施[J]. 安徽农学通报(上半月刊)，2010，16(17)：92.

(责任编辑：田　喆)

(上接 340 页)

[13] 尚栋亮，臧辉，李国良，等. 我国大豆用农药登记现状分析[J]. 大豆科技，2024(6)：36 - 43.
[14] 张彦军，王兴荣，李玥，等. 8 种除草剂对大豆田间杂草的防除效果[J]. 甘肃农业科技，2020(10)：45 - 50.
[15] 张洋洋，王常清，朱倩丽，等. 河西地区苜蓿苗期除草剂的筛选及安全性评价[J]. 草业科学，2023，40(6)：1608 - 1616.
[16] 苟红燕，陈国艳，周顺龙，等. 不同土壤处理除草剂对大豆田间杂草的防效试验[J]. 云南农业科技，2023(S1)：63 - 64.
[17] 郭志刚，郭振营，王振军，等. 黄芩田茎叶处理除草剂筛选试验[J]. 现代农业科技，2024(10)：53 - 58.
[18] 鲁传涛. 除草剂原理与应用原色图鉴[M]. 北京：中国农业科学技术出版社，2014.
[19] CUI Lie，YANG Hong. Accumulation and residue of napropamide in alfalfa (*Medicago sativa*) and soil involved in toxic response [J]. Journal of Hazardous Materials，2011，190(1/2/3)：81 - 86.
[20] MILLER A J，LEITE V M，HALL L M，et al. Forage legume establishment under exposure to progressive declines in aminocyclopyrachlor and aminopyralid in temperate pastures [J/OL]. Agronomy，2020，10(3)：392. DOI：10.3390/agronomy10030392.
[21] PERUCCI P，SCARPONI L. Effects of the herbicide imazethapyr on soil microbial biomass and various soil enzyme activities [J]. Biology and Fertility of Soils，1994，17(3)：237 - 240.
[22] 任忠伟，于林清，王文颖，等. 红三叶田土壤封闭除草剂的筛选[J]. 中国草地学报，2025，47(4)：94 - 101.
[23] BEHPOURI G A. Effect of trifluralin，pronamide，haloxyfop-p methyl，propaquizafop，and isoxaben on weed control and oilseed rape yield in Iran [J]. Crop Protection，2010，29(8)：808 - 812.

(责任编辑：田　喆)