

DOI:10.11686/cyxb2025110

http://cyxb.magtech.com.cn

周诗杰, 王义莲, 孙攀, 等. 四川省玉米大豆带状复合种植田杂草发生种类及群落特征分析. 草业学报, 2026, 35(2): 143—154.

ZHOU Shi-jie, WANG Yi-lian, SUN Pan, *et al.* Analysis of weed species and community characteristics in soybean-maize fields with a banded compound planting pattern in Sichuan Province. *Acta Prataculturae Sinica*, 2026, 35(2): 143—154.

# 四川省玉米大豆带状复合种植田杂草发生种类及群落特征分析

周诗杰<sup>1</sup>, 王义莲<sup>1</sup>, 孙攀<sup>1</sup>, 尚静<sup>1,2</sup>, 杨文钰<sup>1,2</sup>, 王学贵<sup>1\*</sup>, 杨继芝<sup>1,2\*</sup>

(1. 四川农业大学农学院, 四川 成都 611130; 2. 四川省作物带状复合种植工程技术研究中心, 四川 成都 611130)

**摘要:**为明确四川省玉米大豆带状复合种植田杂草发生规律,于2023—2024年采用倒置“W”9点取样法对四川省13市29个乡镇田间杂草进行了调查,计算各地区杂草相对优势度(relative abundance)以明确优势杂草,然后计算优势度指数(Berger Parker index)、丰富度指数(Margalef index)、香农指数(Shannon Wiener index)、辛普森指数(Simpson index)以分析群落特征,最后采用索雷申(Sorensen)群落相似性系数来衡量群落相似程度。结果表明:四川省玉米大豆带状复合种植田共有杂草40科,114种,其中优势杂草8种,区域性优势杂草11种,常见杂草27种,一般杂草68种。2024年,川西南地区杂草优势度指数最高,Berger Parker指数为5.84,Simpson指数、Shannon Wiener指数、Pielou指数均低于其他地区,优势杂草为马唐、空心莲子草、鸭跖草、羽叶蓼,相对优势度分别为25.92、18.11、13.48、10.00;川东地区杂草优势度仅次于川西南地区,优势杂草为稗草、马唐、空心莲子草,相对优势度分别为35.65、11.82、11.76;川西地区Simpson指数、Shannon Wiener指数、Pielou指数均高于其他地区,优势杂草为马唐、苘草、稗草、空心莲子草,相对优势度分别为33.46、33.41、7.61、6.68;川中地区优势杂草为马唐、苘草、打碗花、香附子,相对优势度分别为36.16、14.20、7.95、7.11。由索雷申群落相似性系数得出,不同地区杂草群落结构差异大,相似性指数均在0.5~0.6。因此,马唐、苘草、空心莲子草和稗草是四川玉米大豆带状复合种植不同区域的优势杂草,该研究结果为科学选择防控药剂提供了理论依据。

**关键词:**杂草群落特征;物种多样性;相对优势度;Berger Parker指数;玉米大豆带状复合种植

## Analysis of weed species and community characteristics in soybean-maize fields with a banded compound planting pattern in Sichuan Province

ZHOU Shi-jie<sup>1</sup>, WANG Yi-lian<sup>1</sup>, SUN Pan<sup>1</sup>, SHANG Jing<sup>1,2</sup>, YANG Wen-yu<sup>1,2</sup>, WANG Xue-gui<sup>1\*</sup>, YANG Ji-zhi<sup>1,2\*</sup>

1. College of Agriculture, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China; 2. Sichuan Engineering Research Center for Crop Strip Intercropping System, Chengdu 611130, China

**Abstract:** In order to clarify the current situation of weeds in soybean (*Glycine max*)-maize (*Zea mays*) banded compound planting pattern fields in Sichuan Province, the occurrence of the weeds was investigated from 2023 to 2024 in 29 towns of 13 cities in Sichuan Province using an inverted W-shaped nine-point sampling method, and the relative abundance of weeds in each region was calculated to determine the dominant species. This was followed by

收稿日期:2025-03-27;改回日期:2025-04-21

基金项目:大豆玉米带状复合种植绿色防控技术研究与集成示范(2023YFN0018)和国家现代农业产业技术体系四川省创新团队项目(No: sccxtd-2025-20)资助。

作者简介:周诗杰(2001—),男,重庆南岸人,在读硕士。E-mail: David2655381937@163.com

\*通信作者 Corresponding author. E-mail: wangxuegui@sicau.edu.cn; yangjz72@sicau.edu.cn

analysis of community characteristics using the Berger-Parker index, Margalef index, Shannon—Wiener index, Simpson index, and Sorensen similarity coefficient to assess community structural similarities. soybean-maize In 2024, The highest dominance index of weeds was found in the southwestern Sichuan region, with a Berger-Parker index of 5.84, while the Simpson index, Shannon—Wiener index and Pielou index were lower than those for weeds in other regions, and where the dominant weeds were *Digitaria sanguinalis*, *Alternanthera philoxeroides*, *Commelina communis* and *Persicaria runcinata* with relative dominance values of 25.92, 18.11, 13.48 and 10.00, respectively. The second-highest weed dominance was found in the eastern Sichuan region where *Echinochloa crus-galli*, *D. sanguinalis* and *A. philoxeroides* were the dominant weeds, with relative dominance values of 35.65, 11.82 and 11.76, respectively. The Simpson index, Shannon Wiener index, and Pielou index in the western Sichuan region were higher than those in other regions, and the dominant weeds in this region were *D. sanguinalis*, *Arthraxon hispidus*, *E. crus-galli* and *A. philoxeroides*, with relative dominance values of 33.46, 33.41, 7.61 and 6.68, respectively. The dominant weeds in the central Sichuan region were *D. sanguinalis*, *A. hispidus*, *Calystegia hederacea* and *Cyperus rotundus*, with relative dominance values of 36.16, 14.20, 7.95 and 7.11, respectively. The Sorensen similarity coefficient analysis revealed significant structural differences in weed communities among different regions, with similarity indices ranging between 0.5 and 0.6. From this analysis, *D. sanguinalis*, *A. hispidus*, *A. philoxeroides* and *E. crus-galli* emerge across different regions of Sichuan as the dominant weed species in soybean-maize fields sown with a banded compound planting pattern. The findings provide a theoretical basis for the scientific selection of targeted control agents and optimization of weed management strategies.

**Key words:** weed community characteristics; species diversity; relative dominance; Berger-Parker index; soybean-corn banded compound planting

玉米(*Zea mays*)和大豆(*Glycine max*)是我国重要的粮油作物。2023年中央“一号文件”中明确指出要“加力扩种大豆油料,深入推进大豆和油料产能提升工程,扎实推进玉米大豆带状复合种植”,该种植模式不仅可提高大豆种植面积,同时稳保玉米产量,缓解了我国粮油争地问题,对实现可持续生态农业发展和大豆产业振兴具有重要意义<sup>[1]</sup>。我国幅员辽阔,气候环境复杂,玉米大豆复合种植环境差异较大,导致田间杂草发生严重,杂草群落结构复杂,发生面积大,对作物危害严重<sup>[2]</sup>。杂草群落的分布受多重环境因子影响,柴继宽等<sup>[3]</sup>调查发现,土壤养分状况、水分供应、地理纬度差异以及土壤理化性质等因素,以及单一化除草剂的施用,共同决定了杂草群落的物种组成及其发生规律。目前,玉米大豆复合种植的杂草防治主要依赖化学除草剂,但能用于玉米大豆复合种植的除草剂品种较少<sup>[4-5]</sup>,如张玉等<sup>[6]</sup>通过调查发现,截至2022年6月,共同登记在玉米、大豆田的除草剂有效成分仅有苯氧羧酸类、二硝基苯胺类、酰胺类等9大类共14种,仍需大力研发和筛选新的除草剂种类;孙倩倩等<sup>[7]</sup>根据地方田间优势杂草发生情况,通过田间药效试验筛选出对马唐(*Digitaria sanguinalis*)、稗草(*Echinochloa crus-galli*)等优势杂草具有更高防效的复配除草剂砒吡草唑+噻草酮,防治效果达96.9%以上;罗英<sup>[8]</sup>针对田间禾本科狗尾草(*Setaria viridis*)、稗草以及阔叶类铁苋菜(*Acalypha australis*)、鸭跖草(*Commelina communis*)等优势杂草,选择45种大豆、玉米田常用除草剂进行综合评价,筛选出大豆、玉米安全相容性高且对后茬主要作物安全的除草剂配方,如乙草胺+噻吩磺隆、氟乐灵+唑嘧磺草胺、仲丁灵+乙氧氟草醚等。因此,针对不同地区杂草发生规律调查,明确田间优势杂草种类和杂草群落特征,对于杂草综合治理和防控具有重要意义。

四川省是我国大豆主产省份之一,也是优质高蛋白大豆的主产区。经过多年推广种植,2022年,玉米大豆复合种植面积达375.4万hm<sup>2</sup>以上,占全国总种植面积的1/4,总产值达70亿元,种植面积逐渐增加,对四川省耕地复种指数和经济效益有着重要意义。四川盆地地貌多样,土壤类型丰富,气候差异大,因地制宜发展出不同的农业耕作、除草方式以及不同种类化学药剂的使用,导致不同地区田间杂草优势种和杂草群落结构出现差异,且带状复合种植模式下包含玉米、大豆两种不同类型作物,化学防控较为困难,易对作物产生药害,防控效果不

佳<sup>[9-11]</sup>。杂草的发生和危害已成为四川省玉米大豆复合种植模式大面积推广和应用的“卡脖子”问题,迫切需要明确各地区杂草发生规律,提高新药的试验力度,改进杂草防控技术,提升防控效果<sup>[12]</sup>。目前,还没有对四川玉米大豆带状复合种植田间杂草发生规律的系统性调查以及杂草群落特征分析,因此,本研究根据地形地势、土壤类型及气候特点对四川省玉米大豆带状复合种植杂草发生规律进行分区调查,以确定不同地区田间优势杂草,为新型药剂的筛选、杂草抗药性测定以及抗药机理研究等工作提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 调查地点

根据种植区域的地理位置划分调查地点,分为四川省东部地区、中部地区、西部地区以及西南地区,每个区域选择3个市,每个市选择2~3个县(镇),每个县(镇)选择一个玉米大豆带状复合种植示范地作为调查地点。2023—2024年连续调查两年(表1)。

### 1.2 调查方法

杂草调查采用倒置“W”9点取样法<sup>[13]</sup>,每个调查地点挑选3~6个示范田块,面积在667 m<sup>2</sup>以上,每块田调查9个样方,样方面积为0.25 m<sup>2</sup>(0.5 m×0.5 m),填写田间记录表,对于不熟悉、确定不了种类的杂草,拍照并采集其整株标本,编号带回,经查阅资料或请教专家辨认以确定种类。记录每个样方的杂草种类、株数,使用测量杆和百分之一电子秤测量杂草高度和鲜重,并采用目测法测量盖度。

### 1.3 测定指标与方法

1)将调查数据录入Microsoft Excel 2021软件,计算出田间杂草的相对频度(relative frequency, RF)、相对质量(relative mass, RM)、相对密度(relative density, RD)、相对高度(relative height, RH)、相对优势度(relative abundance, RA)。其中,RF=杂草出现样方数/调查总样方数×100%;RM=某杂草鲜重/所有杂草鲜重之和×100%;RD=某杂草的密度/所有杂草密度之和×100%;RH=某杂草的平均高度/所有杂草平均高度之和×100%。相对优势度RA=(RH+RD+RM+RF)/4,根据各地区玉米大豆带状复合种植田杂草的相对优势度和危害程度,将田间杂草划分为4种类型,即优势杂草(RA≥5)、区域性优势杂草(3≤RA<5)、常见杂草(1≤RA<3)、一般杂草(RA<1)<sup>[14-15]</sup>。

2)优势度指数(Berger Parker index,  $d$ )=1/( $n_{\max}/N$ );丰富度指数(Margalef index,  $d_{Ma}$ )=( $S-1$ )/ln  $N$ ;香农指数(Shannon Wiener index,  $H_e$ )=-∑ $P_i \ln P_i$ ,辛普森指数(Simpson index,  $D$ )=∑ $P_i^2$ ( $P_i=N_i/N$ )。式中: $n_{\max}$ 表示杂草数量最多的个体数量, $N$ 是样方中所有杂草的密度和, $N_i$ 是杂草 $i$ 的密度;均匀度指数(Pielou index,  $J_e$ )= $H_e/\ln S$ ,物种丰富度(species richness,  $S$ )是某地区调查到的所有杂草的种类数。其中,Shannon Wiener指数表示该地区杂草群落多样性的高低,Simpson指数表示群落中优势物种出现的概率以及群落集中性,Pielou指数表示杂草的均匀程度,如果这些指数越高,则认为该地区的物种多样性程度越高<sup>[16-17]</sup>。

3)采用索雷申(Sorensen,  $C_s$ )群落相似性系数来衡量群落相似程度,其计算公式为: $C_s=2j/(a+b)$ ,其中 $j$ 表示群落A与群落B共有的杂草物种数量, $a$ 和 $b$ 分别代表群落A和群落B的杂草物种总数。该系数的数值为0~1,数值越接近1,则表明两个群落在物种组成上具有更高的相似性<sup>[15,17]</sup>。

### 1.4 数据处理

采用Microsoft Excel 2021和Origin Pro 2018软件对数据进行处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 四川省玉米大豆带状复合田杂草种类

根据2023—2024年调查发现(表2),四川省玉米大豆带状复合田杂草种类涉及禾本科、菊科、藜科、大戟科、蓼科、苋科、十字花科、唇形科、鸭跖草科、玄参科、旋花科等共40科114种,其中菊科、禾本科、蓼科的杂草种类较多,分别有22、9、7种,大戟科、玄参科均有6种;苋科、唇形科均有5种;鸭跖草科、十字花科、豆科均有4种,其他科各有杂草1~3种不等。

表 1 杂草调查地基本信息

Table 1 Weed survey location information

区域 Region	调查位置 Investigation location	经纬度 Longitude & latitude	土壤类型 Soil type	除草方式 Weeding method	年平均降水量 Annual average precipitation (mm)	年平均温度 Annual average temperature (°C)	
川东地区 Eastern Sichuan region	达州市渠县中滩镇 Zhongtan Town, Qu County, Dazhou City	106°54'33.448"E, 30°48'6.502"N	黄壤土、棕壤土 Yellow soil, brown soil	人工除草 Manual weeding	1068.5	16.2	
	达州市宣汉县桃花镇 Taohua Town, Xuanhan County, Dazhou City	107°57'22.320"E, 31°28'53.108"N	黄壤土、棕壤土 Yellow soil, brown soil	人工除草 Manual weeding	1230.2	16.8	
	广元市剑阁县公兴镇 Gongxing Town, Jiange County, Guangyuan City	105°30'1.231"E, 32°10'22.494"N	黄壤土、棕壤土 Yellow soil, brown soil	化学除草 Chemical weeding	1039.4	15.4	
	广元市旺苍县高阳镇 Gaoyang Town, Wangcang County, Guangyuan City	106°13'25.475"E, 32°17'54.712"N	黄壤土、棕壤土 Yellow soil, brown soil	人工除草 Manual weeding	1136.1	16.1	
	巴中市平昌县邱家乡 Qiujia Town, Pingchang County, Bazhong City	107°19'46.128"E, 31°37'30.828"N	黄壤土、棕壤土 Yellow soil, brown soil	人工除草 Manual weeding	1371.1	16.1	
	巴中市通江县龙凤场镇 Longfengchang Town, Tongjiang County, Bazhong City	107°34'20.460"E, 32°1'13.660"N	黄壤土、棕壤土 Yellow soil, brown soil	人工除草 Manual weeding	1279.8	16.6	
	巴中市南江县正直镇 Zhengzhi Town, Nanjiang County, Bazhong City	106°36'0.025"E, 31°58'16.882"N	黄壤土、棕壤土 Yellow soil, brown soil	人工除草 Manual weeding	1263.7	16.7	
	川中地区 Central Sichuan region	自贡市荣县乐德镇 Ledu Town, Rong County, Zigong City	104°24'10.876"E, 29°20'46.820"N	熟化紫泥土、熟化黄泥土 Mature purple soil, maturated yellow soil	人工除草 Manual weeding	771.5	19.1
	自贡市富顺县春光村 Chunguang Village, Fushun County, Zigong City	104°56'25.969"E, 29°13'34.112"N	熟化紫泥土、熟化黄泥土 Mature purple soil, maturated yellow soil	人工除草 Manual weeding	942.3	18.2	
	遂宁市安居区白马镇 Baima Town, Anju District, Suining City	105°21'57.334"E, 30°23'43.109"N	熟化紫泥土、熟化黄泥土 Mature purple soil, maturated yellow soil	化学除草 Chemical weeding	907.3	18.4	
遂宁市东岳镇观龙村 Guanlong Village, Dongyue Town, Suining City	105°21'59.890"E, 30°59'25.271"N	熟化紫泥土、熟化黄泥土 Mature purple soil, maturated yellow soil	人工除草 Manual weeding	873.2	18.3		
遂宁市大英县象山镇 Xiangshan Town, Daying County, Suining City	105°11'58.704"E, 30°40'43.497"N	熟化紫泥土、熟化黄泥土 Mature purple soil, maturated yellow soil	人工除草 Manual weeding	946.5	18.6		
内江市东兴区田家镇 Tianjia Town, Dongxing District, Neijiang City	105°11'51.306"E, 29°41'46.040"N	熟化紫泥土、熟化黄泥土 Mature purple soil, maturated yellow soil	人工除草 Manual weeding	927.2	17.2		
内江市资中县公民镇 Gongmin Town, Zizhong County, Neijiang City	104°51'49.975"E, 29°39'11.672"N	熟化紫泥土、熟化黄泥土 Mature purple soil, maturated yellow soil	人工除草 Manual weeding	977.6	17.4		
川西地区 Western Sichuan region	雅安市芦山县杨头村 Yangtou Village, Lushan County, Ya'an City	102°50'20.530"E, 29°45'48.759"N	黄壤土、棕壤土 Yellow soil, brown soil	化学除草 Chemical weeding	1276.7	15.9	
	雅安市雨城区碧峰峡镇 Bifengxia Town, Yucheng District, Ya'an City	102°53'48.494"E, 30°9'3.416"N	黄壤土、棕壤土 Yellow soil, brown soil	化学除草 Chemical weeding	1800.3	16.1	
	眉山市仁寿县朱嘉镇 Zhujia Town, Renshou County, Meishan City	104°12'48.492"E, 30°3'49.075"N	黄壤土、棕壤土 Yellow soil, brown soil	人工除草 Manual weeding	1009.4	17.4	
	眉山市洪雅县莲花坝 Lianhua Dam, Hongya County, Meishan City	103°17'57.919"E, 29°51'28.764"N	黄壤土、棕壤土 Yellow soil, brown soil	化学除草 Chemical weeding	1435.5	16.6	
	眉山市青神县桥楼村 Qiaolou Village, Qingshen County, Meishan City	103°49'2.680"E, 29°53'11.490"N	黄壤土、棕壤土 Yellow soil, brown soil	人工除草 Manual weeding	1132.1	17.1	
	绵阳市盐亭县岐伯镇 Qibo Town, Yanting County, Mianyang City	105°20'28.147"E, 31°19'19.218"N	黄壤土、棕壤土 Yellow soil, brown soil	化学除草 Chemical weeding	859.7	17.0	
	绵阳市平武县古城镇 Gucheng Town, Pingwu County, Mianyang City	104°41'16.303"E, 32°20'34.735"N	黄壤土、棕壤土 Yellow soil, brown soil	人工除草 Manual weeding	866.5	14.7	
	绵阳市三台县西平镇 Xiping Town, Santai County, Mianyang City	104°55'57.590"E, 31°3'36.058"N	黄壤土、棕壤土 Yellow soil, brown soil	化学除草 Chemical weeding	959.4	16.7	
	川西南地区 Southwestern Sichuan region	泸州市叙永县后山镇 Houshan Town, Xuyong County, Luzhou City	105°29'1.363"E, 27°59'59.309"N	红壤土、山地 Red soil, mountainous	化学除草 Chemical weeding	1172.6	17.9
	泸州市古蔺县双沙镇 Shuangsha Town, Gulin County, Luzhou City	105°49'13.501"E, 27°50'18.604"N	红壤土、山地 Red soil, mountainous	人工除草 Manual weeding	1035.3	17.9	
宜宾市南溪区长兴镇 Changxing Town, Nanxi District, Yibin City	105°1'30.889"E, 28°55'36.289"N	红壤土、山地 Red soil, mountainous	人工除草 Manual weeding	1072.7	18.7		
宜宾市筠连县蒿坝镇 Haoba Town, Junlian County, Yibin City	104°34'26.130"E, 27°55'32.452"N	红壤土、山地 Red soil, mountainous	化学除草 Chemical weeding	1070.1	17.8		
乐山市井研县千佛镇 Qianfo Town, Jingyan County, Leshan City	104°2'34.206"E, 29°35'51.871"N	红壤土、山地 Red soil, mountainous	人工除草 Manual weeding	1025.8	17.2		
乐山市沙湾区福禄镇 Fulu Town, Shawan District, Leshan City	103°39'45.203"E, 29°17'55.536"N	红壤土、山地 Red soil, mountainous	化学除草 Chemical weeding	1023.1	17.3		
乐山市犍为县孝姑镇 Xiaogu Town, Jianwei County, Leshan City	104°2'18.141"E, 29°7'24.205"N	红壤土、山地 Red soil, mountainous	人工除草 Manual weeding	1141.3	17.5		

表 2 四川省玉米大豆带状复合田杂草种类

Table 2 Weed species in soybean-corn banded compound planting pattern fields in Sichuan Province

科名 Family	杂草 Weed	种数 Number of species	占有种数的比例 Percentage of total species (%)
菊科 Asteraceae	滇苦菜 <i>Picris divaricata</i> 、马兰 <i>Aster indicus</i> 、鼠麴 <i>Pseudognaphalium affine</i> 、翅果菊 <i>Lactuca indica</i> 、刺儿菜 <i>Cirsium arvense</i> var. <i>integrifolium</i> 、中华苦苣菜 <i>Ixeris polycephala</i> 、鬼针草 <i>Bidens pilosa</i> 、藿香蓟 <i>Ageratum conyzoides</i> 、羊蹄草 <i>Emilia sonchifolia</i> 、艾草 <i>Artemisia argyi</i> 、苦苣菜 <i>Sonchus oleraceus</i> 、鳢肠 <i>Eclipta prostrata</i> 、苍耳 <i>Xanthium strumarium</i> 、白花鬼针草 <i>Bidens alba</i> 、鱼眼草 <i>Dichrocephala integrifolia</i> 、粗毛牛膝菊 <i>Galinsoga quadriradiata</i> 、豨薟 <i>Sigesbeckia orientalis</i> 、异叶黄鹌菜 <i>Youngia heterophylla</i> 、野苘蒿 <i>Crassocephalum crepidioides</i> 、钻叶紫菀 <i>Symphytotrichum subulatum</i> 、苏门白酒草 <i>Erigeron sumatrensis</i> 、黄花蒿 <i>Artemisia annua</i>	22	19.30
禾本科 Gramineae	马唐 <i>D. sanguinalis</i> 、狗尾草 <i>S. viridis</i> 、狗牙根 <i>Cymodon dactylon</i> 、茅草 <i>Imperata cylindrica</i> 、稗草 <i>E. crus-galli</i> 、自生麦苗 <i>Cyperus iria</i> 、牛筋草 <i>Eleusine indica</i> 、荩草 <i>Arthraxon hispidus</i> 、竹叶草 <i>Oplismenus compositus</i>	9	7.89
蓼科 Polygonaceae	酸模叶蓼 <i>Persicaria lapathifolia</i> 、长鬃蓼 <i>Persicaria longiseta</i> 、杠板归 <i>Persicaria perfoliata</i> 、水蓼 <i>Persicaria hydropiper</i> 、春蓼 <i>Persicaria maculosa</i> 、羽叶蓼 <i>Persicaria runcinata</i> 、荞麦 <i>Fagopyrum esculentum</i>	7	6.14
大戟科 Euphorbiaceae	苦味叶下珠 <i>Phyllanthus amarus</i> 、地锦草 <i>E. uphorbia humifusa</i> 、泽漆 <i>Euphorbia helioscopia</i> 、千金子 <i>Leptochloa chinensis</i> 、铁苋菜 <i>A. australis</i> 、裂苞铁苋菜 <i>Acalypha supera</i>	6	5.26
玄参科 Scrophulariaceae	公母草 <i>Lindernia oblonga</i> 、阿拉伯婆婆纳 <i>Veronica persica</i> 、通泉草 <i>Mazus japonicus</i> 、蓝花猪耳 <i>Torenia fournieri</i> 、婆婆纳 <i>Veronica polita</i> 、蚊母草 <i>Veronica peregrina</i>	6	5.26
苋科 Amaranthaceae	反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i> 、绿穗苋 <i>Amaranthus hybridus</i> 、空心莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i> 、凹头苋 <i>Amaranthus blitum</i> 、苋 <i>Amaranthus tricolor</i>	5	4.39
唇形科 Lamiaceae	益母草 <i>Leonurus japonicus</i> 、辣薄荷 <i>Mentha piperita</i> 、紫苏 <i>Perilla frutescens</i> 、藿香 <i>Agastache rugosa</i> 、白绒草 <i>Leucas mollisima</i>	5	4.39
鸭跖草科 Commelinaceae	饭包草 <i>Commelina benghalensis</i> 、白花紫露草 <i>Tradescantia fluminensis</i> 、鸭跖草 <i>C. communis</i> 、裸花水竹叶 <i>Murdannia nudiflora</i>	4	3.51
十字花科 Brassicaceae	荠菜 <i>Capsella bursa-pastoris</i> 、自生油菜 <i>Brassica rapa</i> 、弯曲碎米荠 <i>Cardamine flexuosa</i> 、野油菜 <i>Rorippa indica</i>	4	3.51
豆科 Fabaceae	钝叶决明 <i>Senna obtusifolia</i> 、小巢菜 <i>Vicia hirsuta</i> 、扁豆 <i>Lablab purpureus</i> 、截叶铁扫帚 <i>Lespedeza cuneata</i>	4	3.51
莎草科 Cyperaceae	香附子 <i>Cyperus rotundus</i> 、短叶水蜈蚣 <i>Kyllinga brevifolia</i> 、碎米莎草 <i>Cyperus iria</i>	3	2.63
茄科 Solanaceae	灯笼草 <i>Clinopodium polycephalum</i> 、苦蕒 <i>Physalis angulata</i> 、龙葵 <i>Solanum nigrum</i>	3	2.63
天南星科 Araceae	犁头尖 <i>Typhonium divaricatum</i> 、天南星 <i>Arisaema heterophyllum</i> 、半夏 <i>Pinellia ternata</i>	3	2.63
旋花科 Convolvulaceae	打碗花 <i>Calystegia hederacea</i> 、旋花 <i>Calystegia sepium</i>	2	1.75
荨麻科 Urticaceae	雾水葛 <i>Pouzolzia zeylanica</i> 、糯米团 <i>Gonostegia hirta</i>	2	1.75
石竹科 Caryophyllaceae	繁缕 <i>Stellaria media</i> 、球序卷耳 <i>Cerastium glomeratum</i>	2	1.75
伞形科 Apiaceae	水芹 <i>Oenanthe javanica</i> 、天胡荽 <i>Hydrocotyle sibthorpioides</i>	2	1.75
牻牛儿苗科 Geraniaceae	老鹳草 <i>Geranium wilfordii</i> 、野老鹳草 <i>Geranium carolinianum</i>	2	1.75
马齿苋科 Portulacaceae	马齿苋 <i>Portulaca oleracea</i> 、树马齿苋 <i>Portulacaria afra</i>	2	1.75
蔷薇科 Rosaceae	覆盆子 <i>Rubus idaeus</i>	1	0.88
葡萄科 Vitaceae	乌敛梅 <i>Causonis japonica</i>	1	0.88
母草科 Linderniaceae	泥花草 <i>Lindernia antipoda</i>	1	0.88
毛茛科 Ranunculaceae	毛茛 <i>Ranunculus japonicus</i>	1	0.88
木贼科 Equisetaceae	问荆 <i>Equisetum arvense</i>	1	0.88

续表 Continued Table

科名 Family	杂草 Weed	种数 Number of species	占所有种数的比例 Percentage of total species (%)
马桑科 Coriariaceae	马桑 <i>Coriaria nepalensis</i>	1	0.88
酢浆草科 Oxalis	黄花酢浆草 <i>Oxalis pes-caprae</i>	1	0.88
落葵科 Basellaceae	落葵薯 <i>Anredera cordifolia</i>	1	0.88
柳叶菜科 Onagraceae	细花丁香蓼 <i>Ludwigia perennis</i>	1	0.88
粟米草科 Molluginaceae	粟米草 <i>Trigastrotheca stricta</i>	1	0.88
藜科 Chenopodiaceae	藜 <i>Chenopodium album</i>	1	0.88
兰科 Orchidaceae	石斛蓼 <i>Centipeda minima</i>	1	0.88
爵床科 Acanthaceae	爵床 <i>Justicia procumbens</i>	1	0.88
景天科 Crassulaceae	垂盆草 <i>Sedum sarmentosum</i>	1	0.88
锦葵科 Malvaceae	苘麻 <i>Abutilon theophrasti</i>	1	0.88
堇菜科 Violaceae	七星莲 <i>Viola diffusa</i>	1	0.88
葫芦科 Cucurbitaceae	赤爬 <i>Thladiantha henryi</i>	1	0.88
凤尾蕨科 Pteridaceae	蜈蚣凤尾蕨 <i>Pteris vittata</i>	1	0.88
大麻科 Cannabaceae	葎草 <i>Humulus scandens</i>	1	0.88
车前科 Plantaginaceae	车前草 <i>Plantago asiatica</i>	1	0.88
阿福花科 Asphodelaceae	黄花菜 <i>Hemerocallis citrina</i>	1	0.88

## 2.2 四川省玉米大豆带状复合田杂草类型划分

根据2023年调查结果(表3),川东地区田间共发现17种杂草,其中稗草、空心莲子草、马唐、香附子、狗尾草、饭包草、苦味叶下珠相对优势度均大于5,为当年川东地区复合田的优势杂草;川中地区田间共发现13种杂草,其中空心莲子草、香附子、节节草、千金子、艾草、鸭跖草、鬼针草、狗尾草相对优势度均大于5,为当年川中复合田的优势杂草;川西地区田间共发现19种杂草,其中苎草、地锦草、马唐、空心莲子草、雾水葛、铁苋菜、苦味叶下珠、黄花酢浆草相对优势度均大于5,为当年川西地区复合田的优势杂草;川西南地区田间共发现18种杂草,其中马唐、苎草、空心莲子草、狗尾草、白花紫露草、白花鬼针草相对优势度均大于5,为当年川西南地区复合田的优势杂草。马唐、苎草、空心莲子草、香附子、稗草和狗尾草综合优势度均大于5,为当年全省内复合田优势杂草,且马唐、苎草和空心莲子草综合优势度分别为15.55、15.49和15,明显高于其他杂草,在杂草群落中占据绝对优势。

根据2024年调查结果(表4),川东地区田间共发现31种杂草,稗草、马唐、空心莲子草、饭包草、狗尾草、铁苋菜、牛筋草、雾水葛相对优势度均大于5,为当年川东地区复合田的优势杂草;川中地区田间共发现27种杂草,其中马唐、苎草、打碗花、香附子、饭包草、雾水葛相对优势度均大于5,为当年川中地区复合田的优势杂草;川西地区田间共发现27种杂草,其中马唐、苎草、稗草、空心莲子草、牛筋草、雾水葛、地锦草、公母草、苦味叶下珠、藜相对优势度均大于5,为当年川西地区复合田的优势杂草;川西南地区田间共发现33种杂草,其中马唐、空心莲子草、鸭跖草、羽叶蓼、弯曲碎米荠、雾水葛、饭包草、粗毛牛膝菊相对优势度均大于5,为当年川西南地区复合田的优势杂草。马唐、苎草、稗草、空心莲子草、雾水葛和饭包草综合优势度均大于5,为当年全省内复合田优势杂草,且马唐、苎草、稗草和空心莲子草综合优势度分别为26.84、12.2、11.45和9.86,明显高于其他杂草,在杂草群落中占据绝对优势。

## 2.3 四川省玉米大豆带状复合田杂草群落的多样性

四川省带状复合田杂草群落的多样性结果如表5所示。根据2024年结果,川西南、川东地区优势度指数较高,Berger Parker指数分别为5.84、3.96;其次为川中、川西地区,分别为2.79、2.37。川东、川西地区复合田杂草物种丰富度指数较高,分别为3.92和3.74;其次为川西南和川中地区,Margalef指数分别为3.54和3.28。从杂草

表 3 2023 年四川省玉米大豆带状复合田主要杂草的优势度

Table 3 The dominance in soybean-corn banded compound planting pattern fields in Sichuan Province in 2023

杂草种类 Weed species	相对优势度 Relative dominance				综合优势度 Overall dominance
	川东地区	川中地区	川西地区	川西南地区	
	Eastern Sichuan region	Central Sichuan region	Western Sichuan region	Southwestern Sichuan region	
马唐 <i>D. sanguinalis</i>	17.35	0.98	11.06	32.82	15.55
荩草 <i>A. hispidus</i>	0.00	0.00	31.32	30.63	15.49
空心莲子草 <i>A. philoxeroides</i>	19.58	21.01	9.67	9.73	15.00
香附子 <i>C. rotundus</i>	15.27	15.48	4.68	0.00	8.86
稗草 <i>E. crus-galli</i>	24.76	0.00	2.08	2.81	7.41
狗尾草 <i>S. viridis</i>	6.86	6.92	0.00	9.35	5.78
千金子 <i>L. chinensis</i>	0.00	10.14	4.13	2.14	4.10
节节草 <i>E. ramosissimum</i>	0.64	12.44	2.76	0.00	3.96
苦味叶下珠 <i>P. amarus</i>	5.69	0.00	5.47	4.28	3.86
铁苋菜 <i>A. australis</i>	4.27	4.37	5.73	0.55	3.73
地锦草 <i>E. humifusa</i>	0.00	0.00	14.44	0.00	3.61
鸭跖草 <i>C. communis</i>	2.66	8.64	0.00	1.98	3.32
艾草 <i>A. argyi</i>	0.00	9.32	0.00	1.53	2.71
黄花酢浆草 <i>O. pes-caprae</i>	1.53	2.13	5.30	1.55	2.63
鬼针草 <i>B. pilosa</i>	0.00	7.73	0.00	0.97	2.18
白花紫露草 <i>T. fluminensis</i>	0.00	0.00	0.00	8.05	2.01
雾水葛 <i>P. zeylanica</i>	0.00	0.00	7.81	0.00	1.95
饭包草 <i>C. benghalensis</i>	6.08	0.00	0.52	0.00	1.65
白花鬼针草 <i>B. alba</i>	0.00	0.00	0.00	5.51	1.38
苍耳 <i>X. strumarium</i>	1.24	4.24	0.00	0.00	1.37
细花丁香蓼 <i>L. perennis</i>	0.00	0.00	0.00	4.87	1.22
打碗花 <i>C. hederacea</i>	2.28	0.00	1.48	0.48	1.06
鳢肠 <i>E. prostrata</i>	0.59	2.31	0.00	1.10	1.00
阿拉伯婆婆纳 <i>V. persica</i>	0.00	0.00	3.89	0.00	0.97
牛筋草 <i>E. indica</i>	3.06	0.00	0.49	0.00	0.89
异叶黄鹌菜 <i>Y. heterophylla</i>	0.97	0.00	2.35	0.00	0.83
钻叶紫菀 <i>S. subulatum</i>	2.28	0.00	0.00	0.00	0.57
扁豆 <i>L. purpureus</i>	0.00	0.00	2.27	0.00	0.57
白绒草 <i>L. mollissima</i>	0.00	0.00	0.00	2.13	0.53
苦苣菜 <i>S. oleraceus</i>	0.00	0.00	2.05	0.00	0.51

注：表中所示杂草为综合优势度大于或等于 0.5。下同。

Note: The weeds shown with an overall dominance  $\geq 0.5$  are listed in the Table. The same below.

群落集中性来看,川西地区杂草物种最少、杂草群落优势物种最集中,Simpson 指数最高,为 0.25;其次是川中、川东和川西南地区,Simpson 指数分别为 0.16、0.11 和 0.08。川西、川中地区香农指数较高,分别为 0.54 和 0.43;川西南和川东地区较低,分别为 0.35 和 0.39。从物种多样性和均匀度来看,川西地区物种多样性最高,杂草种类分布最均匀,Shannon Wiener 指数和 Pielou 指数分别为 0.54 和 0.15;其次为川东和川中地区,Pielou 指数分别为 0.11 和 0.13;而川西南地区最低,为 0.09。对比 2023 年结果,2023—2024 年,四川省各地区复合田杂草群落物种丰富度均有所增加,但香农指数、均匀度指数均减小,川东、川中和川西南地区辛普森指数降低,杂草群落中物种分布趋于分散。

表4 2024年四川省玉米大豆带状复合田主要杂草的优势度

Table 4 The dominance in soybean-corn banded compound planting pattern fields in Sichuan Province in 2024

杂草种类 Weed species	相对优势度 Relative dominance				综合优势度 Overall dominance
	川东地区	川中地区	川西地区	川西南地区	
	Eastern Sichuan region	Central Sichuan region	Western Sichuan region	Southwestern Sichuan region	
马唐 <i>D. sanguinalis</i>	11.82	36.16	33.46	25.92	26.84
荩草 <i>A. hispidus</i>	0.88	14.20	33.41	0.29	12.20
稗草 <i>E. crus-galli</i>	35.65	2.55	7.61	0.00	11.45
空心莲子草 <i>A. philoxeroides</i>	11.76	2.90	6.68	18.11	9.86
雾水葛 <i>P. zeylanica</i>	5.53	5.16	5.60	7.09	5.85
饭包草 <i>C. benghalensis</i>	7.89	6.60	0.81	6.08	5.35
狗尾草 <i>S. viridis</i>	7.06	3.88	4.47	4.12	4.88
牛筋草 <i>E. indica</i>	5.68	4.32	6.51	2.25	4.69
香附子 <i>C. rotundus</i>	3.23	7.11	3.71	2.46	4.13
弯曲碎米荠 <i>C. flexuosa</i>	0.00	2.14	3.25	9.32	3.68
鸭跖草 <i>C. communis</i>	0.78	0.00	0.00	13.48	3.57
铁苋菜 <i>A. australis</i>	5.75	1.17	2.66	4.41	3.50
打碗花 <i>C. hederacea</i>	1.34	7.95	2.08	2.17	3.39
羽叶蓼 <i>P. runcinata</i>	0.37	0.00	0.58	10.00	2.74
苦味叶下珠 <i>P. amarus</i>	2.45	2.44	5.25	0.39	2.63
地锦草 <i>E. humifusa</i>	0.50	2.00	5.60	0.00	2.03
公母草 <i>L. oblonga</i>	0.22	2.44	5.26	0.00	1.98
碎米莎草 <i>C. iria</i>	2.42	0.00	2.12	2.43	1.74
自生麦苗 <i>T. aestivum</i>	4.86	0.00	1.99	0.00	1.71
问荆 <i>E. arvense</i>	1.59	1.42	2.25	1.52	1.70
粗毛牛膝菊 <i>G. quadriradiata</i>	0.00	0.00	0.83	5.48	1.58
异叶黄鹌菜 <i>Y. heterophylla</i>	1.60	3.34	0.00	1.24	1.55
藜 <i>C. album</i>	0.00	0.00	5.06	1.09	1.54
马兰 <i>A. indicus</i>	1.14	1.44	0.00	3.52	1.53
鳢肠 <i>E. prostrata</i>	0.53	0.23	4.04	1.18	1.50
通泉草 <i>M. pumilus</i>	0.27	0.49	0.00	4.74	1.38
黄花酢浆草 <i>O. pes-caprae</i>	0.78	2.04	0.40	1.60	1.21
苘麻 <i>A. theophrasti</i>	4.68	0.00	0.00	0.00	1.17
龙葵 <i>S. nigrum</i>	1.58	1.59	0.67	0.38	1.06
糯米团 <i>G. hirta</i>	0.00	0.00	0.00	4.11	1.03
藿香蓟 <i>A. conyzoides</i>	0.00	1.19	0.00	2.84	1.01
野油菜 <i>R. indica</i>	3.08	0.45	0.19	0.19	0.98
益母草 <i>L. japonicus</i>	3.09	0.00	0.00	0.00	0.77
藿香 <i>A. rugosa</i>	0.00	2.79	0.00	0.00	0.70
蓝花猪耳 <i>T. fournieri</i>	0.00	0.00	0.00	2.78	0.70
繁缕 <i>S. media</i>	0.88	0.00	0.00	1.85	0.68
马齿苋 <i>P. oleracea</i>	0.00	0.25	1.44	0.90	0.65
裂苞铁苋菜 <i>A. supera</i>	0.00	0.00	0.00	2.57	0.64
豨薟 <i>S. orientalis</i>	0.00	0.00	0.00	2.19	0.55
反枝苋 <i>A. retroflexus</i>	0.91	0.17	1.04	0.00	0.53
犁头尖 <i>T. divaricatum</i>	0.54	0.00	0.00	1.51	0.51

#### 2.4 四川省玉米大豆带状复合田杂草群落的相似性

由表 6 可知,2024 年川东地区与川中地区、川中地区与川西地区杂草群落较为相似,相似性指数均为 0.58,而川东地区与川西地区杂草群落相似性指数最低,为 0.52。索雷申(Sorensen)群落相似性系数得出,四川省不同地区玉米大豆复合田杂草群落结构差异大,相似性指数均在 0.5~0.6 之间。

表 5 2023–2024 年四川省不同地区玉米大豆复合田杂草群落的物种多样性

Table 5 Species diversity of weed communities in soybean-corn banded compound planting pattern fields in Sichuan Province from 2023 to 2024

年份 Year	区域 Region	优势度指数 Berger Parker index ( $d$ )	丰富度指数 Margalef index ( $d_{Ma}$ )	辛普森指数 Simpson index ( $D$ )	香农指数 Shannon Wiener index ( $H_e$ )	均匀度指数 Pielou index ( $J_e$ )
2024	川东地区 Eastern Sichuan region	3.96	3.92	0.11	0.39	0.11
	川中地区 Central Sichuan region	2.79	3.28	0.16	0.43	0.13
	川西地区 Western Sichuan region	2.37	3.74	0.25	0.54	0.15
	川西南地区 Southwestern Sichuan region	5.84	3.54	0.08	0.35	0.09
2023	川东地区 Eastern Sichuan region	4.77	3.75	0.14	0.50	0.14
	川中地区 Central Sichuan region	3.24	2.16	0.17	0.54	0.20
	川西地区 Western Sichuan region	2.84	3.23	0.23	0.57	0.17
	川西南地区 Southwestern Sichuan region	2.45	2.30	0.31	0.63	0.20

表 6 2024 年四川省不同地区玉米大豆复合田杂草群落的相似性

Table 6 The similarity of weed communities in soybean-corn banded compound planting pattern fields in different regions of Sichuan Province in 2024

区域 Region	群落 A 杂草种数 Weed species number of community A (a)	群落 B 杂草种数 Weed species number of community B (b)	群落 A+B 共有杂草 种数 Weed species number of community A & B (j)	索雷申相似性系数 Sorensen similarity coefficient ( $C_s$ )
川东地区与川中地区 Eastern and Central Sichuan region	55	45	29	0.58
川东地区与川西地区 Eastern and Western Sichuan region	55	34	23	0.52
川东地区与川西南地区 Eastern and Southwest Sichuan region	55	64	34	0.57
川中地区与川西地区 Central and Western Sichuan region	45	34	23	0.58
川中地区与川西南地区 Central and Southwest Sichuan region	45	64	29	0.53
川西地区与川西南地区 Western and Southwest Sichuan region	34	64	26	0.53

### 3 讨论

本研究发现,四川省玉米大豆带状复合种植杂草共 40 科 114 种,其中菊科、禾本科、蓼科、大戟科、玄参科的杂草种类较多,分别有 22、9、7、6、6 种。杂草发生呈现出种类多、密度高、数量多、危害大等特点,其中,菊科杂草生命力强、繁殖速度快,在田间发生种类最多,发生量仅次于禾本科杂草,这与李好海等<sup>[2]</sup>在河南省的调查研究所得出的结论基本一致。杂草优势度结果表明,马唐、荩草、空心莲子草、香附子、稗草、雾水葛、狗尾草、饭包草等杂草优势度较高,RA 在 5.35~26.84,田间发生频率高,相对密度大,是四川省各地区玉米大豆复合种植田重点防控对象。狗尾草、牛筋草、香附子、千金子等杂草优势度相对稳定,RA 在 3.32~4.88,为次要防控对象。此外打碗花、弯曲碎米荠、节节草等杂草在部分地区发生较严重,应根据实际情况针对当地优势杂草采取特定防控措施,以达到较好的防控效果。

田间杂草的发生受理土深度、种子数量、土壤类型、萌发条件和休眠特性等因素影响,导致其发生时间和种类呈一定程度的随机性和差异性<sup>[18-19]</sup>。根据群落相似性分析结果,四川省不同地区玉米大豆复合田杂草群落结构差异大。其中,川中种植地区多为低海拔丘陵,年平均温度较高,降水量少,土壤类型为熟化紫泥土和熟化黄泥土,形成了以马唐、苘草、空心莲子草、香附子、节节草、千金子为主的杂草群落,并伴有打碗花、饭包草等阔叶杂草;川东、川西和川西南地区靠近四川盆地边缘山地,降水量大,土壤类型以黄壤土、棕壤土、红壤土和山地褐土为主,川东地区地势陡峭,年平均温度较低,种植田呈现面积小、较为分散的特点,田间主要杂草为稗草、马唐、空心莲子草、香附子4种,狗尾草、饭包草、铁苋菜、牛筋草等在部分田块发生较重;川西与川西南地区地势平坦,年平均温度较高,调查区域内优势杂草主要包括马唐、苘草、空心莲子草、鸭跖草、地锦草、狗尾草。四川省各地区耕作方式、水肥管理措施、杂草防除方式等人为因素的不同及种植地区的光照、温度、降水量、土壤类型等自然环境因素不同,使田间杂草的种类、发生量及为害程度有一定差别,这与梁伟等<sup>[20]</sup>的研究结论一致。

杂草群落的多样性是农田杂草持续适应生态环境的必然结果,而物种多样性作为衡量生态系统稳定性的重要指标,揭示了杂草群落间的种间竞争动态,同时也反映了不同地区种质资源的丰富水平<sup>[17,21-23]</sup>。2023—2024年调查数据对比显示,四川省各地玉米大豆复合种植田杂草群落结构发生了明显变化,杂草种类增多,物种丰富度有所增加,杂草分布趋于集中,且各地区之间优势杂草和物种多样性有较大差异。如川西地区种植田较为平坦,大部分为规模化、机械化种植示范区,多采用化学除草方式,在长期的单一性化学除草剂作用下,杂草群落集中性增大,Simpson指数由2023年的0.23上升至2024年的0.25,物种多样性降低,Shannon Wiener指数由2023年的0.57下降至2024年的0.54。川东、川西南地区雨水充沛,温度适宜,玉米大豆复合种植面积大,因此2024年杂草丰富度指数较高,分别为3.96和5.84,杂草种类分布较均匀,物种多样性较高。同一地区气候环境、农药施用种类、耕作制度以及生态环境发生改变时,引发杂草抗药性水平的相应变化,进而导致杂草群落组成发生改变,这与Khattak等<sup>[24]</sup>的结论一致。

#### 4 结论

综上所述,马唐、空心莲子草、苘草和稗草已成为四川省玉米大豆复合种植田最大优势杂草种群,而鸭跖草、地锦草等在部分地区成为优势种杂草。不同地理区域优势杂草种群分布特征明显,川东地区杂草群落以马唐、空心莲子草、稗草、香附子为主;川中地区为马唐、空心莲子草、苘草、香附子;川西地区为马唐、空心莲子草、苘草、地锦草和稗草;川西南地区则是以马唐、空心莲子草、苘草、鸭跖草为主。同时,成都平原农用收割机械在跨区域作业过程中易携带、传播杂草种子,导致复合种植田块出现外来杂草入侵现象,而长期单一使用特定作用机制的除草剂,加速了抗药性杂草种群的演替进程,是引发马唐、空心莲子草等靶标杂草产生抗药性或耐药性的重要原因。因此,在杂草防控实践中,应采取除草剂轮换使用策略,不同作用机理的药剂进行复配施用,结合耕作制度调整、作物轮作等农业措施,构建综合性杂草治理体系<sup>[25]</sup>。

#### 参考文献 References:

- [1] Yuan X T, Tang S, Luo K, *et al.* Yield and benefit analysis of soybean and maize strip compound planting—Based on survey data of 16 demonstration provinces (municipalities, autonomous regions). *Journal of Sichuan Agricultural University*, 2023, 41(5): 834—841, 872.  
袁晓婷, 汤松, 罗凯, 等. 大豆玉米带状复合种植产量与效益分析—基于全国16个示范省(市、区)的调查数据. *四川农业大学学报*, 2023, 41(5): 834—841, 872.
- [2] Li H H, Min H, Han S P, *et al.* Investigation and reflection on chemical control of weeds in soybean and corn strip composite planting in Henan Province. *China Plant Protection*, 2022, 42(9): 96—98.  
李好海, 闵红, 韩世平, 等. 河南省大豆玉米带状复合种植化学防除杂草情况调查与思考. *中国植保导刊*, 2022, 42(9): 96—98.
- [3] Chai J K, Mu P, Zhao G Q, *et al.* Species composition and characterization of weed communities in oat fields in different regions of Qinghai Province. *Acta Agrestia Sinica*, 2018, 26(2): 306—311.

- 柴继宽, 慕平, 赵桂琴, 等. 青海省不同地区燕麦田杂草组成及群落特征. 草地学报, 2018, 26(2): 306—311.
- [4] Ma J, Liu Y, Li J R, *et al.* Practice and reflection on the prevention and control of diseases, pests, and weeds in the belt composite planting of soybeans and corn in Ningxia. *China Plant Protection*, 2024, 44(4): 89—92.  
马景, 刘媛, 李健荣, 等. 宁夏大豆玉米带状复合种植病虫害草害防控实践与思考. 中国植保导刊, 2024, 44(4): 89—92.
- [5] Zhang J W, Liang Q, Sun J H, *et al.* Chemical control of weeds and its safety in the intercropping fields of maize and legume crops in the Hexi Corridor Region. *Plant Protection*, 2023, 49(3): 338—347.  
张锦伟, 梁茜, 孙建好, 等. 河西走廊玉米与豆科作物间作田化学除草及对作物安全性的研究. 植物保护, 2023, 49(3): 338—347.
- [6] Zhang Y, Gu L L, Cao L, *et al.* Herbicides and their application for corn-soybean strip compound planting. *China Plant Protection*, 2022, 42(7): 71—75.  
张玉, 谷莉莉, 曹丽, 等. 大豆玉米带状复合种植田除草剂的种类及其应用. 中国植保导刊, 2022, 42(7): 71—75.
- [7] Sun Q Q, Zheng D T, Zhu T S, *et al.* Screening of pre-emergence herbicides and evaluation of field efficacy in soybean-maize strip intercropping system. *Journal of Northeast Agricultural University*, 2023, 54(11): 1—14.  
孙倩倩, 郑道田, 朱天山, 等. 大豆—玉米带状复合种植田土壤处理除草剂筛选及田间应用效果评价. 东北农业大学学报, 2023, 54(11): 1—14.
- [8] Luo Y. Screening and evaluation of safe compatibility herbicide formulations for soybean and corn. Changchun: Jilin Agricultural University, 2023.  
罗英. 大豆玉米安全兼容性除草剂配方筛选与评价. 长春: 吉林农业大学, 2023.
- [9] Zhao Y X, Yang H M. Effects of crop pattern, tillage practice and water and fertilizer management on weeds and control mechanisms. *Acta Prataculturae Sinica*, 2015, 24(8): 199—210.  
赵玉信, 杨惠敏. 作物格局、土壤耕作和水肥管理对农田杂草发生的影响及其调控机制. 草业学报, 2015, 24(8): 199—210.
- [10] Xia J G, Deng L J, Zhang L P, *et al.* Study on soil taxonomy in Sichuan. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 2002, 20(2): 117—122.  
夏建国, 邓良基, 张丽萍, 等. 四川土壤系统分类初步研究. 四川农业大学学报, 2002, 20(2): 117—122.
- [11] Geng Y L, Wang H, Wang L H, *et al.* Effects of 10 pre-emergence herbicides applied in soybean-maize strip intercropping field. *Acta Agrestia Sinica*, 2023, 31(9): 2890—2896.  
耿亚玲, 王华, 王玲慧, 等. 10种土壤处理除草剂在大豆—玉米带状复合种植田应用效果评价. 草地学报, 2023, 31(9): 2890—2896.
- [12] Ma L, Chen S T, Feng C H, *et al.* Practice and reflection on plant protection of soybean and corn strip composite planting in Sichuan Province. *China Plant Protection*, 2022, 42(12): 90—92.  
马利, 陈顺桃, 封传红, 等. 四川省大豆玉米带状复合种植植保工作实践与思考. 中国植保导刊, 2022, 42(12): 90—92.
- [13] Qu M J, Li H M, She Y M, *et al.* Species and occurrence pattern of weeds in peanut fields of Qingdao. *Journal of Peanut Science*, 2022, 51(4): 96—102.  
曲明静, 李红梅, 库月明, 等. 青岛市花生田杂草种类及其发生规律. 花生学报, 2022, 51(4): 96—102.
- [14] Shrestha A, Knezevic S Z, Roy R C, *et al.* Effect of tillage, cover crop and crop rotation on the composition of weed flora in a sandy soil. *Weed Research*, 2002, 42(1): 76—87.
- [15] Jin C, Xu M T, Yu S X, *et al.* Analysis of weed species and community characteristics in sorghum fields in northern Anhui. *Plant Protection*, 2023, 49(4): 163—170.  
锦程, 许孟桃, 俞少祥, 等. 皖北高粱田杂草种类及群落特征分析. 植物保护, 2023, 49(4): 163—170.
- [16] Ren Y, Liu S, Liu F S, *et al.* Weed community structure in fields of *Astragalus membranaceus* of different ages. *Acta Prataculturae Sinica*, 2021, 30(5): 34—41.  
任艳, 刘莎, 刘付松, 等. 不同生长年限黄芪田间杂草群落结构特征. 草业学报, 2021, 30(5): 34—41.
- [17] Han Y J, Zhang Y, Zhou Z R, *et al.* Variation of weed species composition and community characteristics in wheat fields of Anhui Province. *Plant Protection*, 2020, 46(4): 210—216.  
韩云静, 张勇, 周振荣, 等. 安徽省麦田杂草种类组成变化及群落特征分析. 植物保护, 2020, 46(4): 210—216.
- [18] Jia J R, Geng Z T, Wang Y C, *et al.* Emergence dynamics of *Abutilon theophrasti* in soybean fields in Heilongjiang Province. *Plant Protection*, 2024, 50(3): 316—321.  
贾金蓉, 耿志同, 王月超, 等. 黑龙江省大豆田苘麻田间发生动态. 植物保护, 2024, 50(3): 316—321.
- [19] Haring S C, Flessner M L. Improving soil seed bank management. *Pest Management Science*, 2018, 74(11): 2412—2418.

- [20] Liang W, Guo F X, Chen Y, *et al.* Effects of crop stubble on weed community characteristics in *Angelica sinensis* fields in an alpine cold region. *Acta Prataculturae Sinica*, 2017, 26(11): 35–46.  
梁伟, 郭凤霞, 陈垣, 等. 高寒区农茬口对当归田杂草群落特征的影响. *草业学报*, 2017, 26(11): 35–46.
- [21] Bana R S, Singh D, Nain M S, *et al.* Weed control and rice yield stability studies across diverse tillage and crop establishment systems under on-farm environments. *Soil and Tillage Research*, 2020, 204: 104729.
- [22] Gao X X, Li M, Fang F, *et al.* Species composition and characterization of weed communities in wheat fields in Shandong Province. *Acta Prataculturae Sinica*, 2014, 23(5): 92–98.  
高兴祥, 李美, 房锋, 等. 山东省小麦田杂草组成及群落特征. *草业学报*, 2014, 23(5): 92–98.
- [23] Quan L Z, Lou Z X, Lv X, *et al.* Multimodal remote sensing application for weed competition time series analysis in maize farmland ecosystems. *Journal of Environmental Management*, 2023, 344: 118376.
- [24] Khattak W A, Sun J, Hameed R, *et al.* Unveiling the resistance of native weed communities: Insights for managing invasive weed species in disturbed environments. *Biological Reviews*, 2024, 99(3): 753–777.
- [25] Gao X X, Sun Z W, Li M, *et al.* The effect of herbicide application timing and dosage on control of *Alopecurus myosuroides* in winter wheat. *Acta Prataculturae Sinica*, 2016, 25(8): 172–179.  
高兴祥, 孙作文, 李美, 等. 大穗看麦娘化学防控田间效果评价. *草业学报*, 2016, 25(8): 172–179.