

青海省春小麦田杂草群落组成 及其多样性分析

付贞桢¹, 魏有海^{1,2}, 郭良芝^{1,2}, 翁 华^{1,2},
程 亮^{1,2}, 朱海霞^{1,2}, 李 玮^{1,2}, 陈红雨^{1,2}

(1. 青海大学农林科学院, 青海 西宁 810016; 2. 青海省农林科学院, 青海 西宁 810016)

摘要:为明确青海省春小麦田杂草发生种类及其群落特征,采用倒置“W”九点取样法对青海省东部农业区和柴达木盆地农业区春小麦田杂草种类、生活型、科属组成、群落结构及杂草多样性进行调查。统计分析发现:小麦田有85种杂草,隶属24科64属。其中,菊科和禾本科是数量最多的科别,杂草分别为16种和14种。从杂草的综合优势度来看,藜(*Chenopodium album* L.)、野燕麦(*Avena fatua* L.)、蒺藜(*Polygonum aviculare* L.)、苦苣菜(*Sonchus oleraceus* L.)、苣荬菜(*Herba Sonchi Brachyoti*)5种杂草为优势杂草,芦苇(*Phragmites australis* (Cav.) Trin.)、赖草(*Leymus secalinus* (Georgi) Tzvel.)、狗尾草(*Setaria viridis* (Linn.) Beauv.)、藏薊(*Cirsium eriophoroides*)、荞麦蔓(*Fagopyrum esculentum* Moench.)、节裂角茴香(*Hypocoum leptocarpum* Hook.f.et Thoms.)、猪殃殃(*Galium spurium* L.)、大刺儿菜(*Cirsium arvense* var. *setosum* (Willd.) Ledeb.)、密花香薷(*Elsholtzia densa* Benth.)、野油菜(*Brassica juncea* (L.) Czern. et Coss.)10种杂草为区域性优势杂草。此外有常见杂草22种,一般性杂草48种。东部农业区田间杂草物种丰富度较柴达木地区高,湟中区、大通县、互助县麦田杂草的物种丰富度依次为46、45、42;柴达木盆地的都兰县、德令哈市、乌兰县、格尔木市麦田杂草的物种丰富度依次为30、26、23、13,调查区以格尔木市的物种丰富度最小。比较杂草的生活型发现,同一地区越年生杂草、多年生杂草的发生数量和一年生杂草的数量基本接近50%;从杂草群落的相似性来看,东部农业区的湟中区、互助县、大通县杂草群落组成极为相似,而柴达木盆地绿洲农业区的都兰县、德令哈市、格尔木市、乌兰县杂草群落相似性程度高,杂草群落结构的相似性结果与区域小麦生产实际相吻合。群落结构组成和区域耕作制度、气候条件、土壤理化性质、田间管理水平等具有较大的相关性,建议加强杂草优势种和区域性优势杂草的防控和监测,因地制宜制定杂草绿色防控措施。

关键词:春小麦田;杂草;群落组成;物种多样性;青海省

中图分类号:S541;S19 **文献标志码:**A

Analysis of weed community composition and diversity in spring wheat fields in Qinghai Province

FU Zhenzhen¹, WEI Youhai^{1,2}, GUO Liangzhi^{1,2}, WENG Hua^{1,2},
CHENG Liang^{1,2}, ZHU Haixia^{1,2}, LI Wei^{1,2}, CHEN Hongyu^{1,2}

(1. Academy of Agriculture and Forestry Sciences of Qinghai University, Xining, Qinghai 810016, China;

2. Qinghai Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Xining, Qinghai 810016, China)

Abstract: To clarify the types and community characteristics of weeds in spring wheat fields in Qinghai Province, the inverted “W” nine-point sampling method was used to investigate the types, life forms, family and genus composition, community structure, and diversity of weeds in spring wheat fields in the eastern agricultural areas of Qinghai Province and the Qaidam Basin. Statistical analysis revealed that there were 85 species of weeds in the wheat fields, belonging to 24 families and 64 genera. Among them, Asteraceae and Poaceae were the most abundant families, with 16 and 14 species of weeds, respectively. In terms of the comprehensive dominance of weeds, *Chenopodium album* L., *Avena fatua* L., *Polygonum aviculare* L., *Sonchus oleraceus* L., and *Herba Sonchi*

Brachyoti were the dominant weeds, while *Phragmites australis* (Cav.) Trin., *Leymus secalinus* (Georgi) Tzvel., *Setaria viridis* (Linn.) Beauv., *Cirsium eriophoroides*, *Fagopyrum esculentum* Moench., *Hypocoum leptocarpum* Hook.f.et Thoms., *Galium spurium* L., *Cirsium arvense* var. *setosum* (Willd.) Ledeb., *Elsholtzia densa* Benth., and *Brassica juncea* (L.) Czern. et Coss. were the regional dominant weeds. In addition, there were 22 common weeds and 48 general weeds. The species richness of weeds in the fields of the eastern agricultural region was higher than that in the Qaidam region. The species richness of weeds in the wheat fields of Huangzhong District, Datong County, and Huzhu County was 46, 45, and 42, respectively. The species richness of weeds in wheat fields of Dulan County, Delingha City, Ulan County, and Geermu City in the Qaidam Basin was 30, 26, 23, and 13, respectively. The species richness in Geermu City was the smallest in the survey area. Comparison of different life forms of weeds, it was found that the number of perennial and annual weeds in the same area was almost 50%. From the perspective of community similarity, the communities in Huangzhong District, Huzhu County, and Datong County in the eastern agricultural region were extremely similar, while the communities in Dulan County, Delingha City, Geermu City, and Ulan County in the oasis agricultural region of the Qaidam Basin had a high degree of similarity. The similarity in weed community structure was consistent with the actual wheat production in the region, and the composition of community structure was related to regional cultivation systems, climate conditions, soil physical and chemical properties, and field management level. It is recommended to strengthen the control and monitoring of dominant weed species and regional dominant weeds, and develop green control measures for weeds according to local conditions.

Keywords: spring wheat fields; weed; community composition; species diversity; Qinghai Province

农田杂草是农业生态系统的重要组成部分,长期受到自然选择和人工干扰的双重环境压力,在形态、发育规律以及对生态因子的需求等方面与作物有很多相似之处,在和作物生长期的资源竞争中,表现出很强的环境适应能力。杂草抗逆性强,种子可塑性大,寿命长,出苗、落粒不整齐,繁殖和传播方式多样,能持续为害。全国共有杂草 1 430 余种(含变种),有 130 余种杂草会造成严重危害,作物产量损失的 9.7%是因杂草危害造成的^[1],每年有高达 235 亿元的资金被用于应对杂草所带来的直接经济损失,这些损失总计达到千亿元^[2]。

青海农田杂草共 182 种,隶属 35 科,在春小麦田危害率 52.7%,严重危害率 12.4%^[3]。研究表明,野燕麦密度 150 株·m⁻²左右可造成小麦减产 35%左右,猪殃殃覆盖度达 20%小麦减产率达 19.44%,覆盖度每增加 10%,小麦产量减少 25.92 kg·hm⁻²^[4]。郭青云等^[5]研究野燕麦、遏蓝菜复合群体和小麦的竞争关系发现,野燕麦密度 35.7 株·m⁻²与遏蓝菜密度 26.3 株·m⁻²是防除临界点。李涛等^[6]通过在不同的自然生长区调查不同类型杂草对小麦产量的影响发现,和无草区相比,禾本科杂草生长区、混合杂草生长区和阔叶杂草生长区的小麦产量损失率分别为 8.94%、31.00%和 25.60%。由于化学除草剂长期单一、不合理使用,杂草抗药性生物型数量逐年增加,我国多地小麦田看麦娘、

多花黑麦草、耿氏假硬草、棒头草和野燕麦等杂草种群已经对精噁唑禾草灵产生了显著的抗性^[7],以化学除草为主的农田杂草治理技术体系正面临严峻挑战。

近年来,对于麦田杂草群落组成的研究报道大多集中在我国黄淮海地区冬小麦田、长江流域稻茬小麦田^[8-11]。袁方等^[12]研究了秸秆还田、施肥方法对小麦田内杂草多样性的影响程度。马丽荣等^[13]通过研究兰州引黄灌区不同栽培条件下小麦田主要杂草群落组成,揭示了受到农田环境的变化影响,农田杂草群落会发生变化。冬小麦和春小麦在种植季节、生长周期、适宜的气候条件以及种植区域等方面存在明显的差异,因而春小麦田杂草种类和结构组成也存在一定的差异。邱学林等^[14]采用抽样实地调查方法及问卷式调查方法,对青海省多年生杂草的发生危害情况调查显示,发生频率 70%以上的苜蓿菜、大刺儿菜、苦苣菜等杂草对农作物产量影响较重。翁华等^[15]对青海省春小麦田中的杂草种类、群落结构和种植模式进行了调查和探讨,发现猪殃殃、藜、荞麦蔓、密花香薷、节裂角茴香和蒿蓄这 6 种杂草是传统耕作方式麦田中的主导杂草,尼泊尔蓼、西伯利亚蓼、野燕麦、芦苇、繁缕、苣荬菜和大刺儿菜被认为是区域性的主导杂草。魏有海等^[16-17]调查明确了青海保护性耕作农田中杂草群落的优势杂草和区域性优势杂草,这些杂草群

落的演变周期是 4~8 a。受耕作方式的变化、农业机械化水平的提高、农村劳动力转移、化学农药及化学肥料减量化使用等诸多因素的影响,作物-环境-农药之间的互作关系发生改变,导致农田杂草群落、种群发生演变。在当前背景下,开展杂草群落分布特征研究,明确春小麦田杂草群落组成的变化以及地区之间的群落相似性具有重要意义。为此,开展青海省春小麦田的杂草发生种类、分布及危害调查,明确青海省不同地区春小麦田杂草优势种群组成和群落特征,可为小麦田杂草危害的监测预警及因地制宜地制定绿色防控技术提供依据;同时,对于减少农业投入、提高生产效率、制定和优化杂草绿色防控策略具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 研究地区概况

研究区位于青海省东部农业区西宁市的湟中区和大通县、海东市的互助县以及柴达木盆地绿洲农业区海西蒙古族藏族自治州的都兰县、乌兰县、德令哈市、格尔木市。

东部农业区位于青海省东北部(100°41.5'~103°04'E,35°25.9'~37°05'N),属于半干旱大陆性气候,耕地面积占全省耕地面积的70.7%,是青海省粮油主要产区,境内日照充分、光热条件较好,小麦一年一熟种植。湟中区、互助县、大通县是春小麦的主要生产区,平均年气温 2.0~8.6℃,作物生长季为 180~240 d,年总降水量为 229.9~489.6 mm。主要土壤类型是栗钙土和黑钙土,pH 值介于 8.0~8.3 之间。

柴达木盆地地处青海省西北部(35°00'~39°20'N,90°16'~99°16'E),耕地面积 3.7 万 hm²,农业用地占土地总面积的 0.17%,德令哈市、格尔木市和都兰县是柴达木盆地主要的绿洲农业区,3 县(市)耕地面积占海西州耕地总面积的 85.87%。盆地内属高原大陆性气候,地区中海拔高程 2 675~3 350 m,年降水量仅为 200 mm 左右,自东南向西北递减。区域内气温变化剧烈,年均温在 5℃ 以下,全年日照时数为 2 900~3 000 h,年蒸发量在 3 000 mm 以上。主要土壤类型是灰棕漠土、棕钙土,其盐分含量较高,pH 值介于 8.1~8.5 之间。

1.2 调查方法及样点分布

2022—2023 年 7—8 月在青海省东部农业区的西宁市湟中区、大通县和海东市互助县,柴达木盆地绿洲农业区的都兰县、德令哈市、格尔木市、乌兰县主要春小麦种植区共 32 个乡镇 288 个地块进行杂草群落取样调查,调查期间小麦生育期为抽穗期

~乳熟期。每个地块采用倒置“W”九点取样法取样,共取样 2 592 个样点,样点面积 0.25 m²,详细记录样方内杂草发生的种类、株数、株高、杂草地上部鲜质量及栽培方式、管理措施等。杂草种类主要依据《中国杂草志》^[18]、《青海植物志》^[19]进行分类鉴别。

1.3 数据统计与分析

以县(市、区)为单位统计麦田杂草的相对优势度、物种多样性和群落相似性。采用相对优势度(RA, relative abundance)比较某一杂草在杂草群落中所占的比重。 $RA = (RD + RH + RU + RF) / 4$,其中 RD 为相对密度,即某杂草的密度占总密度的比例;RH 为相对高度,即某杂草的总高度占样方中所有杂草高度的比例;RU 为相对均度,即某种杂草出现的田块数占所有杂草出现的总田块数的比例;RF 为相对频度,即杂草出现的样方数占所有杂草出现的总样方数的比例。RA 体现杂草丰富程度,相对优势度较大的杂草将被视为当地的主要优势杂草。

根据各样点的调查数据计算其物种多样性及群落的相似性。物种多样性选择丰富度指数 S、香农-威纳(Shannon-Wiener)指数 H'、辛普森(Simpson)指数 D 和均匀度(Pielou)指数 J 来衡量^[20]。物种丰富度 S 即样方中包含的所有杂草种类数。Shannon-Wiener 指数 $H' = - \sum P_i \times \ln P_i$, $P_i = N_i / N$,式中 N_i 为样方中第 i 种杂草的密度, N 为样方中杂草的总密度;Simpson 指数 $D = \sum P_i^2$;Pielou 均匀度指数 $J = H / \ln S$ 。

用 Sorenson 指数(Cs)测定群落相似性, $Cs = 2j / (a + b)$,其中 j 为群落 A 与 B 所共有的物种数, a 为群落 A 含有的全部物种数, b 为群落 B 含有的全部物种数。

利用 Excel 2013 对调查数据进行整理,利用 DPS7.5 进行统计和聚类分析。

1.4 物种优势度等级划分

根据青海省各地杂草的优势度、出现频度及其危害程度,参照 2013 年魏有海等^[16]对青海保护耕作农田物种优势度等级及类群划分方法,将青海省春小麦田杂草划分为 4 种类型,即优势杂草(RA ≥ 10)、区域性优势杂草(5 ≤ RA < 10)、常见杂草(1 ≤ RA < 5)和一般杂草(RA < 1)。

2 结果与分析

2.1 青海省春小麦田杂草群落区系组成

如表 1 所示,青海省小麦田杂草有 85 种 24 科 64 属。含 10 种以上的大科为菊科(Compositae)和

禾本科 (Gramineae), 涉及 23 属 30 种, 分别占总属数的 35.94% 和总种数的 35.29%, 是青海小麦田含种数最多的科。含 6~10 种的较大科有十字花科 (Cruciferae, 7 种)、蓼科 (Polygonaceae, 7 种)、唇形科 (Labiatae, 7 种)、豆科 (Leguminosae, 6 种), 涉及 17 属 27 种, 占总属数的 26.56% 和总种数的 31.76%。含 2~5 种的区域寡种科为藜科 (Chenopodiaceae, 5 种)、蔷薇科 (Rosaceae, 5 种)、紫草科 (Boraginaceae, 2 种)、石竹科 (Caryophyllaceae, 2 种), 涉及 4 科 10 属 14 种, 占总属数的 15.63% 和总种数的 16.47%。区域单种科共涉及 14 科, 分别是罂粟科 (Papaveraceae)、杨柳科 (Salicaceae)、旋花科 (Convolvulaceae)、苋科 (Amaranthaceae)、茄科 (Solanaceae)、茜草科 (Rubiaceae)、木贼科 (Equisetaceae)、牻牛儿苗科 (Geraniaceae)、蓝雪科 (Leadwort)、锦葵科 (Malvaceae)、堇菜科 (Violaceae)、蒺藜科 (Zygophyllaceae)、大戟科 (Euphorbiaceae)、车前科 (Plantaginaceae), 占总属数的 21.87% 和总种数的 16.47%。大科和较大科共涉及 6 科 40 属 57 种杂草, 占总属数的 62.50% 和总种数的 67.05%, 而区域寡种科和区域单种科比例占 75.00%, 种数占 32.94%, 这在一定程度上反映了青海小麦田杂草大科少但物种较为丰富、小科较多但物种少的特点。

2.2 青海省春小麦田杂草生活型组成

春小麦田杂草的生活型统计结果表明 (表 2), 在调查的 85 种杂草中, 一年生杂草 43 种, 越年生杂草 8 种, 多年生杂草 34 种, 分别占总杂草数量的

50.59%、9.41% 和 40.00%。从不同地区来看, 青海省东部农业区西宁市湟中区小麦田一年生杂草、越年生杂草、多年生杂草分别为 23、6、17 种, 占本地区杂草数量的百分比依次为 50.00%、13.04%、36.96%; 西宁市大通县小麦田一年生杂草、越年生杂草、多年生杂草分别为 23、5、17 种, 占本地区杂草数量的百分比依次为 51.11%、11.11%、37.78%; 海东市互助县小麦田一年生杂草、越年生杂草、多年生杂草分别为 21、7、14 种, 占本地区杂草数量的百分比依次为 50.00%、16.67%、33.33%; 海西州都兰县小麦田一年生杂草、越年生杂草、多年生杂草分别为 16、3、11 种, 占本地区杂草数量的百分比依次为 53.33%、10.00%、36.67%; 柴达木盆地绿洲农业区德令哈市小麦田一年生杂草、越年生杂草、多年生杂草分别为 14、3、11 种, 占本地区杂草数量的百分比依次为 50.00%、10.71%、39.29%; 乌兰县小麦田一年生杂草、越年生杂草、多年生杂草分别为 12、3、11 种, 占本地区杂草数量的百分比依次为 46.15%、11.54%、42.31%; 格尔木市小麦田一年生杂草、越年生杂草、多年生杂草分别为 7、2、4 种, 占本地区杂草数量的百分比依次为 53.85%、15.38%、30.77%。无论是东部农业区的西宁市湟中区、大通县和海东市互助县, 还是柴达木绿洲农业区的都兰县、德令哈市、乌兰县、格尔木市, 其麦田杂草的丰富度均有所不同。比较本地区杂草的生活型, 多年生杂草和越年生杂草发生数量和一年生杂草的数量占比基本接近 50%。

表 1 青海省春小麦田杂草区系组成

Table 1 Floristic composition of weed species in spring wheat fields of Qinghai Province

科内种数 No. of species in families	科数 No. of family	占总科数的百分比 Percentage/%	属数 No. of genus	占总属数的百分比 Percentage/%	种数(类群) No. of species (Group)	占总种数的百分比 Percentage/%
大科(含种数 ≥ 10) Families with more 10 species	2	8.33	23	35.94	30 (I)	35.29
较大科(含 6~10 种) Families with 6-10 species	4	16.67	17	26.56	27 (II)	31.76
区域寡种科(含 2~5 种) Regional families with 2-5 species	4	16.67	10	15.63	14 (III)	16.47
区域单种科 Regional families with 1 species	14	58.33	14	21.87	14 (IV)	16.47
合计 Total	24	100.00	64	100.00	85	100.00

注: I: 菊科 16 种, 禾本科 14 种; II: 十字花科、蓼科、唇形科各 7 种, 豆科 6 种; III: 藜科、蔷薇科各 5 种, 石竹科、紫草科 2 种; IV: 罂粟科、杨柳科、旋花科、苋科、茄科、茜草科、木贼科、牻牛儿苗科、蓝雪科、锦葵科、堇菜科、蒺藜科、大戟科、车前科各 1 种。

Note: I: 16 species in the Asteraceae family and 14 species in the Poaceae family; II: 7 species in the Brassicaceae, Polygonaceae, and Lamiaceae families, and 6 species in the Leguminosae family; III: Five species each in the Chenopodiaceae and Rosaceae families, and two species in the Caryophyllaceae and Zicao families; IV: 1 species each in the family Papaveraceae, Salicaceae, Convolvulaceae, Amaranthaceae, Solanaceae, Rubiaceae, Equisetaceae, Geraniaceae, Blue Snow, Malvaceae, Violaceae, Tribulus, Euphorbiaceae, and Plantaginaceae.

表 2 青海省不同地区春小麦田杂草生活型组成

Table 2 Life form composition of weeds in spring wheat fields of different regions in Qinhai Province

地区 Region	一年生杂草 Annual weed		越年生杂草 Biennia weed		多年生杂草 Perennial weed		总和 Total
	杂草数量 No. of weed species	百分比/% Percentage	杂草数量 No. of weed species	百分比/% Percentage	杂草数量 No. of weed species	百分比/% Percentage	
西宁市湟中区 Huangzhong District, Xining City	23	50.00	6	13.04	17	36.96	46
西宁市大通县 Datong County, Xining City	23	51.11	5	11.11	17	37.78	45
海东市互助县 Huzhu County, Haidong City	21	50.00	7	16.67	14	33.33	42
海西州都兰县 Dulan County, Haixi Prefecture	16	53.33	3	10.00	11	36.67	30
海西州德令哈市 Delingha City, Haixi Prefecture	14	50.00	3	10.71	11	39.29	28
海西州乌兰县 Wulan County, Haixi Prefecture	12	46.15	3	11.54	11	42.31	26
海西州格尔木市 Geermu City, Haixi Prefecture	7	53.85	2	15.38	4	30.77	13
合计 Total	43	50.59	8	9.41	34	40.00	85

2.3 青海省春小麦田杂草优势度

综合调查区域春小麦田杂草的相对优势度,结果表明,野燕麦 (*Avena fatua* L.)、蒺藜 (*Polygonum aviculare* L.)、藜 (*Chenopodium album* L.)、苦苣菜 (*Sonchus oleraceus* L.)、苣荬菜 (*Herba Sonchi Brachyoti*) 5 种杂草的综合优势度分别为 18.67、18.26、17.08、11.55、11.27 (表 3)。杂草综合优势度均在 10.00 以上,说明其对小麦的生长发育及产量具有严重影响,是春小麦种植区防除的重点。

赖草 (*Leymus secalinus* (Georgi) Tzvel)、狗尾草 (*Setaria viridis* (L.) Beauv.)、芦苇 (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud)、藏薊 (*Cirsium eriophoroides.*)、猪殃殃 (*Galium spurium* L.)、大刺儿菜 (*Cirsium arvense* var. *setosum* (Willd.) Ledeb.)、荞麦蔓 (*Fagopyrum esculentum* Moench.)、密花香薷 (*Elsholtzia densa* Benth.)、野油菜 (*Brassica juncea* (L.) Czern. et Coss.)、节裂角茴香 (*Hypocoum leptocarpum* Hook.f. et Thoms.) 10 种杂草属区域性优势杂草,综合优势度依次为 9.60、8.34、7.19、6.81、6.30、6.26、5.93、5.40、5.08、5.02,综合优势度较高,介于 5~10 之间,这些区域性优势杂草对小麦产量造成较大危害。

田旋花 (*Convolvulus arvensis* L.)、早熟禾 (*Poa annua* L.)、蒲公英 (*Taraxacum mongolicum* Hand.-Mazz.)、泽漆 (*Euphorbia helioscopia* L.)、尼泊尔蓼 (*Polygonum nepalense* Meisn)、二裂叶委陵菜 (*Potentilla bifurca*) 等 22 种杂草发生面积不小,但优势度和频度都不大,对春小麦的危害较小,为小麦田常见杂草。

综合优势度小于 1 的杂草在小麦种植区局部时有发生,对小麦生长影响较小。此类杂草有宝塔菜 (*Stachys sieboldi* Miq.)、车前 (*Plantago asiatica* L.)、黄花蒿 (*Artemisia annua* Linn.)、遏蓝菜 (*Thlaspi arvense* L.)、野芥菜 (*Brassica juncea* (L.) Czern. et Coss)、雀麦 (*Bromus japonicus* Thunb. ex Murr.)、反枝苋 (*Amaranthus retroflexus* Linn.)、薄蒴草 (*Lepyrodiclis holosteoides* (C. A. Mey.) Fisch. et Mey.) 等 48 种,并不作为主要防控对象。

2.4 青海省春小麦田杂草的发生特点及群落结构

青海各农业区由于气候条件、种植制度、田间管理水平的差异,各地区群落结构有较大的差别。海东市互助县、西宁市湟中区和大通县地处青海省东部农业区,该地区主要种植模式为小麦-油菜轮作或小麦-马铃薯、小麦-蚕豆轮作,除草剂应用技术较高,由于轮作和轮作作物田除草剂品种的应用,杂草发生种类较多,又因耕作制度、田间管理水平等的不同,各地区存在差异。互助县小麦田杂草群落组成主要是藜、蒺藜、大刺儿菜、野燕麦、荞麦蔓、田旋花、密花香薷、节裂角茴香;湟中区小麦田主要由蒲公英、猪殃殃、野燕麦、藜、大刺儿菜、密花香薷、尼泊尔蓼等杂草组成;大通县小麦田主要由野燕麦、荞麦蔓、密花香薷、苣荬菜、藜、田旋花、泽漆、狗尾草、蒺藜、节裂角茴香、猪殃殃、大刺儿菜、小蓝雪花组成杂草群落。

德令哈市、都兰县、格尔木市、乌兰县地处柴达木盆地,盆地内栽培的作物主要有小麦、青稞、燕麦、藜麦、枸杞、蚕豌豆,除了小面积的小麦-油菜

(蚕豌豆)外,一般为小麦-青稞或小麦-燕麦轮作,或小麦连作种植,不同地区也因耕作制度、气候因素、土壤理化性质的影响,加之盆地内盐碱化程度高,年蒸发量大,导致境内物种丰富度低,部分田间耐盐碱的杂草种类分布较多。其中德令哈市麦田优势杂草群落组成为蒺藜、野燕麦、苣荬菜、苦苣

菜;都兰县小麦田杂草群落由苦苣菜、野燕麦、藜、野油菜、西伯利亚滨藜、藏荆等优势杂草组成;芦苇、赖草、野燕麦、蒺藜、早熟禾组成格尔木市春小麦田杂草群落;乌兰小麦田则以藜+蒺藜+苣荬菜+藏荆+灰绿藜+赖草+野油菜+苦苣菜组成杂草群落。

表 3 青海省春小麦田主要杂草的优势度

Table 3 Relative abundance of main weeds in spring wheat fields in Qinghai Province

杂草 Weeds	各地区优势度 Regional advantage							综合优势度 Comprehensive advantage
	德令哈 Delingha	都兰 Dulan	格尔木 Geermu	乌兰 Wulan	互助 Huzhu	湟中 Huangzhong	大通 Datong	
野燕麦 <i>Avena fatua</i> L.	33.48	25.30	11.69	7.97	12.79	17.09	22.36	18.67
蒺藜 <i>Polygonum aviculare</i> L.	34.51	8.16	11.54	23.90	21.47	2.06	26.18	18.26
藜 <i>Chenopodium album</i> L.	7.99	14.93	6.99	25.24	28.57	16.95	18.87	17.08
苦苣菜 <i>Herba Sonchi Brachyoti</i>	10.82	35.50	3.11	10.32	2.88	12.14	6.08	11.55
苣荬菜 <i>Sonchus arvensis</i> L.	18.86	4.30	0.00	23.31	4.89	6.81	20.73	11.27
赖草 <i>Leymus secalinus</i> (Georgi) Tzvel.	1.28	10.80	16.89	10.67	4.65	8.39	14.49	9.60
狗尾草 <i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv.	9.36	0.00	5.02	0.00	26.93	0.00	17.09	8.34
芦苇 <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud	0.00	0.00	34.70	3.62	0.00	12.04	0.00	7.19
藏藜 <i>Cirsium eriophoroides</i>	9.59	12.85	4.25	20.64	0.00	0.35	0.00	6.81
猪殃殃 <i>Galium spurium</i> L.	1.73	0.00	0.00	0.98	3.52	22.66	15.21	6.30
大刺儿菜 <i>Cirsium arvense var. setosum</i> (Willd.) Ledeb	0.00	0.00	0.00	0.00	12.84	15.99	15.02	6.26
莽麦蔓 <i>Fagopyrum esculentum</i> Moench.	0.00	0.00	0.00	0.00	12.63	7.19	21.66	5.93
密花香薷 <i>Elsholtzia densa</i> Benth.	4.49	0.00	0.00	0.79	11.16	0.00	21.37	5.40
野油菜 <i>Brassica campestris</i> L.	3.91	14.87	0.00	10.59	1.67	0.83	3.71	5.08
节裂角茴香 <i>Hypecoum leptocarpum</i> Hook.	1.25	0.76	0.00	0.00	10.39	7.23	15.49	5.02
田旋花 <i>Convolvulus arvensis</i> L.	0.00	1.51	0.00	0.00	11.76	3.24	18.17	4.96
早熟禾 <i>Poa annua</i> L.	2.50	10.13	11.36	0.00	0.84	2.39	0.00	4.69
蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i> Hand.-Mazz.	0.00	0.00	0.00	0.00	5.42	22.79	3.53	4.53
泽漆 <i>Euphorbia helioscopia</i> L.	0.00	0.00	0.00	0.00	4.19	8.17	17.46	4.26
尼泊尔蓼 <i>Polygonum nepalense</i> Meisn	0.00	0.00	0.00	0.00	2.51	13.00	4.74	2.89
二裂叶委陵菜 <i>Potentilla bifurca</i>	2.50	0.87	0.00	3.79	2.60	0.81	8.73	2.76
离蕊芥 <i>Malcolmia africana</i> (L.) R.Br.	9.09	9.75	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00	2.73
阔叶独行菜 <i>Lepidium latifolium</i> L.	9.46	1.92	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	2.48
大巢菜 <i>Vicia sativa</i> L.	7.07	0.00	1.80	1.69	1.64	0.00	5.11	2.47
小兰雪花 <i>Plumbagella micrantha</i> (Ledeb.) Spach.	0.00	0.00	0.00	0.00	4.72	0.00	12.44	2.45
欧洲千里光 <i>Senecio vulgaris</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	8.61	2.33	4.87	2.26
西伯利亚滨藜 <i>Atriplex sibirica</i> L.	1.72	13.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.16
灰绿藜 <i>Chenopodium glaucum</i> L.	0.00	1.56	0.00	12.84	0.00	0.28	0.00	2.10
野艾蒿 <i>Artemisia lavandulaefolia</i> DC.	8.58	2.47	0.00	2.22	0.00	0.80	0.00	2.01
蒙山葛苣 <i>Lactucatarica</i> (L.) C.A.Mey.	0.00	12.06	0.00	0.93	0.00	0.00	0.00	1.86
鼠掌老鹳草 <i>Geranium sibiricum</i> L.	0.00	0.00	0.00	0.00	1.90	4.54	6.25	1.81
宝盖草 <i>Lamium amplexicaule</i> Linn.	0.00	0.00	0.00	0.00	4.35	2.25	6.03	1.80
自生青稞 <i>Hordeum vulgare</i> Linn. var. nudum Hook.f.	0.00	6.62	5.45	0.00	0.00	0.00	0.00	1.72
问荆 <i>Equisetum arvense</i> Linn.	0.00	0.00	0.00	0.00	1.26	5.71	3.28	1.46
野芥菜 <i>Raphanus raphanistrum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	7.67	0.00	1.24
白刺 <i>Nitraria sibirica</i>	0.00	6.20	0.00	0.00	0.66	0.00	1.09	1.13
雀麦 <i>Bromus japonicus</i> Thunb.ex Murr.	0.00	5.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75

2.5 青海省各地区春小麦田杂草的物种多样性

青海省东部农业区的西宁市湟中区、大通县,海东市互助县麦田杂草群落的物种丰富度较高,分别有杂草 46 种、45 种、42 种(表 4)。柴达木盆地都兰县、德令哈市、乌兰县、格尔木市 4 个县(市)的物种丰富度相对较低,其中都兰县麦田杂草 30 种,德

令哈市次之,而格尔木市小麦田仅有杂草 13 种,物种丰富度最低。从度量群落物种多样性的香农指数来看,湟中区小麦田杂草物种多样性最高,香农指数达 4.4046,说明湟中区麦田杂草物种多样性比其他地区更丰富,其次为互助县、乌兰县、都兰县、德令哈市、大通县小麦田;格尔木市麦田物种多样

性最低,香农指数为 2.7010。从辛普森指数来看,格尔木市、大通县、德令哈市杂草群落的优势集中性较高,指数分别为 0.0859、0.0682、0.0598。从各地区杂草群落的均匀度指数来看,湟中区小麦田杂草的均匀度指数最高(1.1504),其次为乌兰县、互助县、格尔木市、都兰县、德令哈市,大通县的均匀度指数最低(0.7918),说明大通县杂草群落分布不均匀,稳定性差。

2.6 青海省各地区春小麦田杂草群落的相似性

杂草群落的 Sorenson 相似指数分析结果(表 5)表明,大通县与互助县麦田的杂草群落最为相似,相似指数达 0.8506;湟中区与大通县、互助县的杂草群落相似性指数分别为 0.6374、0.6818,说明地处青海省东部农业区的互助县、湟中区、大通县的春小麦田杂草群落结构相似性较高。德令哈市与乌兰县的相似性指数为 0.6415,说明德令哈市与乌兰县麦田杂草群落较为相似;格尔木市与互助县、湟中区、大通县麦田杂草群落结构差异较大,相似性指数均在 0.3 以下。将各地区相对优势度 $R \geq 0.5$ 的杂草构成矩阵进行系统聚类分析,结果表明青海省麦田杂草群落可以划分为两组(图 1),德令哈市、乌兰县、格尔木市和都兰县杂草群落结构相似,构成

一组;大通县、互助县和湟中区杂草群落结构相似,构成另一组。图示结果和东部农业区、柴达木盆地绿洲农业区农业种植制度、栽培条件、田间管理、土壤环境条件等生产实际吻合,进一步说明了杂草群落结构相似性结果的准确性。

3 讨论

通过对近十余年前后的调查结果进行分析研究发现,青海麦田的杂草情况和种群演替趋势的原因及生物多样性发生了显著变化。在 1994 年,辛存岳等^[20]通过对 1982—1986 年和 1992—1994 年两次调查数据的比较分析,发现青海麦田的杂草种类变化不大,杂草总危害率下降了 6.5%,严重危害率下降了 9.8%;其中,野燕麦、密花香薷、蒿蓄、藜等杂草的危害程度有所减轻,而田旋花、苜蓿菜、大刺儿菜、猪殃殃等多年生和难以控制的杂草危害则变得更加严重。2013 年翁华等^[15]的调查显示,青海省春麦田的杂草种类主要由部分耐药性强的一年生杂草和多年生杂草构成的群落结构发生了演替,野燕麦成为了区域性优势杂草。而近年的调查结果揭示了青海省麦田中以优势一年生杂草为主的群落结构正在明显地向以越年生或多年生杂草为

表 4 青海省不同地区春小麦田间杂草群落的物种多样性

Table 4 Species diversity of weed communities among different spring wheat regions of Qinghai Province

地区 Region	物种多样性指数 Species diversity index			
	物种丰富度 Species richness	香农指数 Shannon-Wiener index	辛普森指数 Simpson's index	均匀度指数 Evenness index
德令哈 Delingha	28	3.0435	0.0598	0.9134
都兰 Dulan	30	3.4403	0.0359	1.0115
格尔木 Geermu	13	2.7010	0.0859	1.0530
乌兰 Wulan	26	3.4943	0.0346	1.0725
互助 Huzhu	42	3.9567	0.0224	1.0586
湟中 Huangzhong	46	4.4046	0.0158	1.1504
大通 Datong	45	3.0140	0.0682	0.7918

表 5 不同地区春小麦田杂草群落的 Sorenson 相似指数

Table 5 Sorenson similarity coefficients of weed communities in different spring wheat regions

地区 Region	都兰 Dulan	格尔木 Geermu	乌兰 Wulan	互助 Huzhu	湟中 Huangzhong	大通 Datong
德令哈 Delingha	0.5614	0.5000	0.6415	0.4348	0.3836	0.4167
都兰 Dulan		0.4186	0.5000	0.3333	0.4211	0.2933
格尔木 Geermu			0.4615	0.2909	0.2712	0.2414
乌兰 Wulan				0.3529	0.4722	0.3662
互助 Huzhu					0.6818	0.8506
湟中 Huangzhong						0.6374

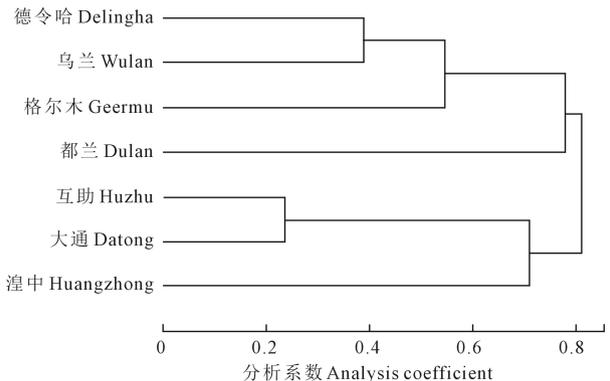


图 1 不同地区春小麦田杂草群落的聚类分析
Fig.1 Hierarchical cluster analysis of weed community among different spring wheat regions

主的群落结构转变,青海省麦田杂草群落结构主要由一年生杂草和越年或多年生杂草构成^[21]。青海省不同地区的麦田杂草群落结构演变受到多个因素的影响^[22],包括除草剂使用、地貌类型、田间管理和种植制度等^[23-25]。本研究发现,在柴达木盆地区域的麦田中,野燕麦、蒺藜、苦苣菜和苣荬菜的发生频率和优势度较高,而其他杂草的发生受环境气候和农作措施的影响有所差异,形成了特定的区域恶性杂草,例如格尔木市的芦苇、都兰县的苦苣菜、德令哈市的野燕麦以及乌兰县的藜和藏茴等。在青海省东部农业区的麦田中,野燕麦、蒺藜、苦苣菜和苣荬菜的发生频率和优势度也较高,而其他杂草的发生受环境气候和农作措施的影响存在较大差异,特定的区域恶性杂草例如湟中区的猪殃殃、大通县的荞麦蔓和密花香薷,以及互助县的狗尾巴草和藜等。

麦田中除草剂的使用是导致杂草组成差异和群落演替的原因之一^[26-29]。对同一类型或同一种除草剂连续多年使用使杂草产生了抗药性问题。为了应对抗药性,可以采用不同品种除草剂轮换使用的策略,并加快研发安全高效的化学农药和生物农药。此外,在剂量合理的基础上,可以减少除草剂的使用量,例如针对性添加助剂、采用植保无人机等新型高效的施药器械,以有效减少除草剂用量,保护环境安全。同时可对农户进行精准培训,提升其对杂草的认知,以及针对农田的不同杂草进行对靶除草剂的使用技术培训,提高其除草知识和科学除草技能。青海省西北部柴达木盆地地区属于轻盐碱地,在小麦苗期使用双氟磺草胺、砒啶磺草胺配合防除禾本科杂草的除草剂进行土壤封闭处理,可以提高药剂的除草效果;青海省东部农业区常年降水量少,在较干旱条件下,杂草对除草剂的吸收传导减少,导致除草效果下降,可考虑在早上露水稍干后进行打药,避免高温影响,有利于农药雾滴在靶标的沉积。

明确各个地区麦田杂草的群落结构特征后,需要加强对麦田杂草的监测,包括对麦田早期杂草种类和杂草种子库等情况进行调查。杂草种子库是留于土壤中的杂草种子或营养繁殖体,也是麦田杂草的主要发生来源,通过减少种子库的输入量、麦田播种前结合土壤深翻(25 cm)等措施,可以有效遏制杂草种子库;或播种前采用浅耕促进杂草种子发芽,减少杂草种子库容量,在连年种植小麦区,每年进行土壤深翻可以有效减少除草剂的使用,同时能抑制杂草的萌发^[30]。此外通过合理的轮作制度

可以创造不利于杂草生长的生态环境,也可有效地控制杂草。持续种植单一作物会增加优势杂草的数量,并降低杂草的生物多样性^[31]。研究发现,长期连续种植冬小麦会导致狐尾草和旱雀麦的严重发生,而春小麦的连作则会促进野燕麦的生长^[32]。轮作可以减少某些杂草的竞争优势,同时增加其他杂草的竞争优势。许艳丽等^[33-35]研究表明,在同一地区不同的轮作制度和作物组合条件下,小麦连作田的杂草密度和数量最高,而玉米-大豆-小麦轮作田的杂草数量最少。可见,针对性地采取轮作措施,可以有效地降低杂草发生以及优势杂草群落的数量。因此,根据青海省不同区域麦田杂草特性,因地制宜地制定科学的防控策略、及时进行防治、对田间杂草进行综合防控,在保障麦田的生态稳定性、提升防治效果和增加小麦产量方面起到了至关重要的作用。在今后的工作中,要深入探究农作措施及环境因子对杂草种群的影响及其内在机制,明确麦田杂草优势种动态消长与群落演替的关键驱动力。在此基础上,提出和制定有针对性的麦田杂草科学防控方案,以保障我国粮食安全和生态安全。

4 结 论

从青海省各地区春小麦田杂草发生危害情况及优势度可以看出,野燕麦、蒺藜、苦苣菜、苣荬菜这5种优势杂草和赖草、狗尾草、芦苇、藏茴、猪殃殃、大刺儿菜、荞麦蔓、密花香薷、野油菜、节裂角茴香这10种区域性优势杂草是青海省春麦田的主要危害杂草,因此控制这15种杂草是目前青海省春麦田杂草的防除重点。同时,要继续监测麦田常见杂草和一般杂草,防范其转变为优势杂草。青海省东部农业区,以野燕麦、狗尾草等禾本科杂草为主的田块,可采用啶磺草胺、炔草酯、精恶唑禾草灵等除草剂,以蒺藜、藜、密花香薷、猪殃殃等阔叶杂草为主的田块,可选用双氟磺草胺、辛酰溴苯腈、氯氟吡氧乙酸等除草剂;在东部农业区用二氯吡啶酸防除菊科杂草时,后茬慎种马铃薯、蚕豆等阔叶作物,易产生药害。在柴达木盆地菊科杂草发生严重的田块,可以选用二氯吡啶酸、2,4-D异辛酯等除草剂。本研究调查相似性指数结果表明,青海省东部农业区和柴达木盆地绿洲农业区麦田杂草群落相似性较低,这可能与气候条件、种植模式、耕作制度以及农田管理存在差异有关。

参 考 文 献:

- [1] 潘浪,刘敏,刘伟堂,等.我国杂草科学学科发展现状与展望[J].植物保护,2023,49(5):295-302,389.

- PAN L, LIU M, LIU W T, et al. Current situation and prospects of weed science in China [J]. *Plant Protection*, 2023, 49(5): 295-302, 389.
- [2] 魏有海. 春小麦春油菜轮作区不同耕作方式下杂草群落演替及化学控制研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012.
- WEI Y H. Studies on community succession and chemical control of weeds in the spring wheat-rape rotation under different tillage practices [D]. Yangling: Northwest A&F University, 2012.
- [3] 董春华, 刘强, 高菊生, 等. 不同施肥模式下水稻生育期间杂草群落特征[J]. *草业学报*, 2013, 22(3): 218-226.
- DONG C H, LIU Q, GAO J S, et al. Effects of different fertilization models on the characteristics of weed communities during the rice growing seasons [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2013, 22(3): 218-226.
- [4] 翁华, 郭青云, 魏有海, 等. 春麦田恶性杂草猪殃殃的发生与防除[J]. *陕西农业科学*, 2009, 55(4): 64-65.
- WENG H, GUO Q Y, WEI Y H, et al. The occurrence and control of malignant weeds in spring wheat fields [J]. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 2009, 55(4): 64-65.
- [5] 郭青云, 涂鹤龄, 邱学林, 等. 野燕麦、遏兰菜复合群体对小麦产量损失研究[J]. *植物保护学报*, 1993, 20(4): 369-374.
- GUO Q Y, TU H L, QIU X L, et al. Effect of the population complex of wild oats and bastard cress on wheat yield [J]. *Journal of Plant Protection*, 1993, 20(4): 369-374.
- [6] 李涛, 温广月, 钱振官, 等. 不同类型杂草危害对小麦产量的影响[J]. *中国植保导刊*, 2013, 33(4): 28-30.
- LI T, WEN G Y, QIAN Z G, et al. The influence on wheat yield loss caused by different kinds of weeds [J]. *China Plant Protection*, 2013, 33(4): 28-30.
- [7] 董立尧, 王豪, 高海涛, 等. 我国小麦田禾本科杂草对精噁唑禾草灵的抗药性研究进展[J]. *植物保护*, 2023, 49(5): 303-315.
- DONG L Y, WANG H, GAO H T, et al. Research progress on herbicide resistance of gramineous weeds against fenoxaprop-P-ethyl in wheat fields in China [J]. *Plant Protection*, 2023, 49(5): 303-315.
- [8] 高兴祥, 李美, 房锋, 等. 山东省小麦田杂草组成及群落特征[J]. *草业学报*, 2014, 23(5): 92-98.
- GAO X X, LI M, FANG F, et al. Species composition and characterization of weed communities in wheat fields in Shandong Province [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2014, 23(5): 92-98.
- [9] 高兴祥, 李美, 房锋, 等. 河南省冬小麦田杂草组成及群落特征[J]. *麦类作物学报*, 2016, 36(10): 1402-1408.
- GAO X X, LI M, FANG F, et al. Species composition and characterization of weed community in winter wheat fields in Henan Province [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2016, 36(10): 1402-1408.
- [10] 黄红娟, 黄兆峰, 姜翠兰, 等. 长江中下游小麦田杂草发生组成及群落特征[J]. *植物保护*, 2021, 47(1): 203-211.
- HUANG H J, HUANG Z F, JIANG C L, et al. Weed species composition and characterization in wheat fields along the middle and lower Yangtze River [J]. *Plant Protection*, 2021, 47(1): 203-211.
- [11] 高新菊, 王恒亮, 马毅辉, 等. 河南省小麦田杂草组成及群落特征[J]. *植物保护学报*, 2016, 43(4): 697-704.
- GAO X J, WANG H L, MA Y H, et al. Species composition and characterization of weed communities in wheat fields in Henan Province [J]. *Acta Phytologica Sinica*, 2016, 43(4): 697-704.
- [12] 袁方, 李勇, 李粉华, 等. 不同施肥方式对稻麦两熟制小麦田杂草群落的影响[J]. *应用生态学报*, 2016, 27(1): 125-132.
- YUAN F, LI Y, LI F H, et al. Effects of different fertilization regimes on weed communities in wheat fields under rice-wheat cropping system [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2016, 27(1): 125-132.
- [13] 马丽荣, 蔺海明, 李荣. 兰州引黄灌区小麦田杂草群落及其生态位研究[J]. *中国生态农业学报*, 2008, 16(6): 1464-1468.
- MA L R, LIN H M, LI R. Weed communities and eco-niches in wheat fields of the Yellow River irrigation zone of Lanzhou [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2008, 16(6): 1464-1468.
- [14] 邱学林, 郭青云, 辛存岳, 等. 青海农田苜蓿菜、大刺儿菜等多年生杂草发生危害调查报告[J]. *青海农林科技*, 2004, (4): 15-18.
- QIU X L, GUO Q Y, XIN C Y, et al. Investigate report on perennial weeds of *sonchus arvensis* and *circsium setouem* etc occurring damage in farmland of Qinghai [J]. *Science and Technology of Qinghai Agriculture and Forestry*, 2004, (4): 15-18.
- [15] 翁华, 魏有海, 郭良芝, 等. 青海省春小麦田杂草种类组成及群落特征[J]. *作物杂志*, 2013, (3): 116-120.
- WENG H, WEI Y H, GUO L Z, et al. Species composition and characterization of weed community in spring wheat field in Qinghai [J]. *Crops*, 2013, (3): 116-120.
- [16] 魏有海, 郭青云, 郭良芝, 等. 青海保护性耕作农田杂草群落组成及生物多样性[J]. *干旱地区农业研究*, 2013, 31(1): 219-225.
- WEI Y H, GUO Q Y, GUO L Z, et al. The community composition and biodiversity of weeds in conservation tillage system in Qinghai Province [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2013, 31(1): 219-225.
- [17] 魏有海, 郭青云, 冯俊涛. 保护性耕作制度下青海麦油轮作田间杂草群落组成调查 [J]. *干旱地区农业研究*, 2011, 29(2): 101-104.
- WEI Y H, GUO Q Y, FENG J T. Survey on species composition of weed community at wheat-rape rotation fields in conservation tillage system of Qinghai Province [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2011, 29(2): 101-104.
- [18] 李扬汉. 中国杂草志 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 1-1617.
- LI Y H. *Journal of weeds in China* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1998: 1-1617.
- [19] 中国科学院西北高原生物研究所青海植物志编辑委员会. 青海植物志-第 4 卷 [M]. 西宁: 青海人民出版社, 1999: 295-330.
- Qinghai Flora Editorial Committee of Northwest Plateau Biology Institute, Chinese Academy of Sciences. *Flora of Qinghai-volume 4* [M]. Xining: Qinghai People's Publishing House, 1999: 295-330.
- [20] 辛存岳, 涂鹤龄, 邱学林, 等. 青海麦田杂草近十年演替趋势调查 [J]. *青海农林科技*, 1995, (3): 23-27.
- XIN C Y, TU H L, QIU X L, et al. Investigation of weed succession trends in wheat fields in Qinghai over the past decade [J]. *Science and Technology of Qinghai Agriculture and Forestry*, 1995, (3): 23-27.
- [21] ALARCÓN R, HERNÁNDEZ-PLAZA E, NAVARRETE L, et al. Effects of no-tillage and non-inversion tillage on weed community diversity and crop yield over nine years in a Mediterranean cereal-legume cropland [J]. *Soil and Tillage Research*, 2018, 179: 54-62.

- [22] MICHAEL P J, OWEN M J, POWLES S B. Herbicide-resistant weed seeds contaminate grain sown in the Western Australian Grainbelt[J]. *Weed Science*, 2010, 58(4): 466-472.
- [23] 高兴祥, 李尚友, 李美, 等. 土层深度对三种麦田禾本科杂草出苗及生长的影响[J]. *植物保护学报*, 2019, 46(5): 1132-1137.
GAO X X, LI S Y, LI M, et al. Effects of soil depths on seedling emergence and growth of three gramineous weeds in wheat fields[J]. *Journal of Plant Protection*, 2019, 46(5): 1132-1137.
- [24] TANG L L, CHENG C P, WAN K Y, et al. Impact of fertilizing pattern on the biodiversity of a weed community and wheat growth[J]. *PLoS One*, 2014, 9(1): e84370.
- [25] ZHU J W, WANG J, DITOMMASO A, et al. Weed research status, challenges, and opportunities in China[J]. *Crop Protection*, 2020, 134: 104449.
- [26] THOMAS A G, DERKSEN D A, BLACKSHAW R E, et al. A multi-study approach to understanding weed population shifts in medium- to long-term tillage systems[J]. *Weed Science*, 2004, 52(5): 874-880.
- [27] YANNICCARI M, GIGÓN R. Cross-resistance to acetyl-CoA carboxylase-inhibiting herbicides conferred by a target-site mutation in perennial ryegrass (*Lolium perenne*) from Argentina[J]. *Weed Science*, 2020, 68(2): 116-124.
- [28] 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, 2016.
ZHANG D. Resistance monitoring and management of weeds in wheat field[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2016.
- [29] 王伟. 河北省小麦田杂草调查及防控技术研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2015.
WANG W. Study on the survey and chemical control of weeds in wheat field in Hebei Province[D]. Baoding: Hebei Agricultural University, 2015.
- [30] 王新媛, 李好海, 闵红, 等. 河南省麦田杂草发生现状及防除技术研究[J]. *中国植保导刊*, 2020, 40(12): 49-53.
WANG X Y, LI H H, MIN H, et al. Study on weed occurrence and control technology in wheat field of Henan [J]. *China Plant Protection*, 2020, 40(12): 49-53.
- [31] SOSNOSKIE L M, HERMS C P, CARDINA J, et al. Seedbank and emerged weed communities following adoption of glyphosate-resistant crops in a long-term tillage and rotation study[J]. *Weed Science*, 2009, 57(3): 261-270.
- [32] MOHAMMADDOUST E, CHAMANABAD H R, BAGHESTANI M A, TULIKOV A M. The impact of agronomic practices on weed community in winter rye[J]. *Pakistan Journal of Weed Science Research*, 2006, 12(4): 281-291.
- [33] 许艳丽, 李兆林, 李春杰. 连作、迎茬和轮作大豆对田间杂草群落变化的影响[J]. *大豆科学*, 2003, 22(4): 283-286.
XU Y L, LI Z L, LI C J. Soybean rotation and continuous cropping system effects on weed population[J]. *Soybean Science*, 2003, 22(4): 283-286.
- [34] 许艳丽, 李春杰, 李兆林. 玉米连作、迎茬和轮作对田间杂草群落的影响[J]. *生态学杂志*, 2004, 23(4): 37-40.
XU Y L, LI C J, LI Z L. Effects of corn rotation and continuous cropping system on weed population [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2004, 23(4): 37-40.
- [35] 许艳丽, 李兆林, 李春杰. 小麦连作、迎茬和轮作对麦田杂草群落的影响[J]. *植物保护*, 2004, 30(3): 26-29.
XU Y L, LI Z L, LI C J. Effects of wheat rotation and monocropping system on weed populations in wheat fields [J]. *Plant Protection*, 2004, 30(3): 26-29.

(上接第 253 页)

- [26] SÁNCHEZ-MARTÍN L, VALLEJO A, DICK J, et al. The influence of soluble carbon and fertilizer nitrogen on nitric oxide and nitrous oxide emissions from two contrasting agricultural soils[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2008, 40(1): 142-151.
- [27] 罗晓琦, 张阿凤, 陈海心, 等. 覆膜方式和灌溉对夏玉米产量及农田碳排放强度的影响[J]. *环境科学*, 2018, 39(11): 5246-5256.
LUO X Q, ZHANG A F, CHEN H X, et al. Effects of plastic film mulching patterns and irrigation on yield of summer maize and greenhouse gas emissions intensity of field [J]. *Environmental Science*, 2018, 39(11): 5246-5256.
- [28] TELLEZ-RIO A, GARCIA-MARCO S, NAVAS M, et al. N₂O and CH₄ emissions from a fallow-wheat rotation with low N input in conservation and conventional tillage under a Mediterranean agroecosystem[J]. *Science of the Total Environment*, 2015, 508: 85-94.
- [29] 单玉华, 蔡祖聪, 韩勇, 等. 淹水土壤有机酸积累与秸秆碳氮比及氮供应的关系[J]. *土壤学报*, 2006, 43(6): 941-947.
DAN Y, CAI Z, HAN Y, et al. Accumulation of organic acids in relation to C : N ratios of straws and N application in flooded soil [J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2006, 43(6): 941-947.
- [30] 常单娜, 刘春增, 李本银, 等. 翻压紫云英对稻田土壤还原物质变化特征及温室气体排放的影响[J]. *草业学报*, 2018, 27(12): 133-144.
CHANG D N, LIU C Z, LI B Y, et al. Effect of incorporating Chinese milk vetch on reductive material characteristics and greenhouse gas emissions in paddy soil [J]. *Acta prataculturalae Sinica*, 2018, 27(12): 133-144.
- [31] SANT' ANNA S A C, MARTINS M R, GOULART J M, et al. Biological nitrogen fixation and soil N₂O emissions from legume residues in an Acrisol in SE Brazil [J]. *Geoderma Regional*, 2018, 15: e00196.
- [32] FUNGO B, LEHMANN J, KALBITZ K, et al. Ammonia and nitrous oxide emissions from a field Ultisol amended with tithonia green manure, urea, and biochar[J]. *Biology and Fertility of Soils*, 2019, 55(2): 135-148.
- [33] SHARIFI M, LYNCH D H, HAMMERMEISTER A, et al. Effect of green manure and supplemental fertility amendments on selected soil quality parameters in an organic potato rotation in Eastern Canada[J]. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2014, 100(2): 135-146.