

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2024.02.002

浙江省柑橘园杂草物种多样性及其影响因素

冯唐奇¹, 吴兰¹, 吴彪¹, 孙文静¹, 袁祥瑞¹,
王鹏², 程慧林³, 楼润忠⁴, 马洪菊^{1, 5}

1. 华中农业大学, 植物科学技术学院, 武汉 430070;
2. 浙江省柑橘研究所, 浙江 台州 318020;
3. 浙江省衢州市农业林业科学研究院, 浙江 衢州 324003;
4. 衢州市龙游县农业农村局, 浙江 衢州 324499;
5. 果蔬园艺作物种质创新与利用全国重点实验室, 武汉 430070

摘要: 以浙江省衢州市和台州市共34个柑橘园为代表, 系统调查了浙江省柑橘主产区柑橘园的杂草群落结构。结果发现, 浙江省柑橘主产区柑橘园共有杂草89种, 隶属43个科、77个属。利用物种重要值确定柑橘园的优势杂草为马唐、牛筋草、稗草、铁苋菜、喜旱莲子草、狗尾草、小蓬草、碎米莎草、酸模叶蓼、龙葵、狗牙根、酢浆草、粟米草、鸭跖草、地锦、翅果菊、藿香蓟、苦苣菜、马齿苋和大白茅。其中, 马唐物种重要值最大, 是浙江省柑橘主产区柑橘园内发生量最大的杂草。通过典范对应分析(CCA)发现, 浙江省柑橘主产区柑橘园杂草群落结构主要受降水量、年平均气温、经纬度及海拔等环境因子的影响。

关键词: 柑橘园; 植物种类; 群落多样性;

环境因子; 浙江

中图分类号:S451

文献标志码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号:2097-1354(2024)02-0009-11

Weed Species Diversity and Influencing Factors in
Citrus Producing Areas in Zhejiang ProvinceFENG Tangqi¹, WU Lan¹, WU Biao¹, SUN Wenjing¹,
YUAN Xiangrui¹, WANG Peng², CHENG Huilin³,
LOU Runzhong⁴, MA Hongju^{1, 5}

收稿日期: 2024-03-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(32272632, 3197230); 国家柑橘产业技术体系项目(CARS-26)。

作者简介: 冯唐奇, 博士研究生, 主要从事除草剂毒理学与杂草绿色防治研究。

通信作者: 马洪菊, 博士, 副教授。

1. College of Plant Sciences & Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;
2. Institute of Citrus Research, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Taizhou Zhejiang 318020, China;
3. Quzhou Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Quzhou Zhejiang 324003, China;
4. Longyou County Agriculture and Rural Affairs Bureau, Quzhou Zhejiang 324449, China;
5. National Key Laboratory for Germplasm Innovation & Utilization of Horticultural Crops, Wuhan 430070, China

Abstract: The weed community structure of 34 citrus orchards in Quzhou and Taizhou, Zhejiang Province, was investigated systematically. According to the importance value of species, it was determined that the dominant weeds in the main citrus producing areas in Zhejiang province were *Digitaria sanguinalis*, *Eleusine indica*, *Echinochloa crus-galli*, *Acalypha australis*, *Alternanthera philoxeroides*, *Setaria viridis*, *Erigeron canadensis*, *Cyperus iria*, *Persicaria lapathifolia*, *Solanum nigrum*, *Cynodon dactylon*, *Oxalis corniculata*, *Trigastrotheca stricta*, *Commelina communis*, *Parthenocissus tricuspidata*, *Lactuca indica*, *Ageratum conyzoides*, *Sonchus oleraceus*, *Portulaca oleracea* and *Imperata cylindrica*. Among them, *D. sanguinalis* had the largest importance value of species with the highest occurrence rate in the advantageous citrus producing areas of Zhejiang Province. It was found that the weed community structure in advantageous citrus producing areas in Zhejiang Province was mainly influenced by environmental factors such as precipitation, annual average temperature, longitude and latitude, and altitude through canonical correspondence analysis.

Key words: citrus orchard; plant species; community diversity; environmental factor; Zhejiang

柑橘是中国第一大水果,中国柑橘产业规模居世界首位,柑橘产量约占世界柑橘产量的1/3^[1].柑橘产业是浙江省农业主导产业之一,2019年,柑橘栽培面积、产量和产值分别占全省水果的28.0%,40.8%和26.9%^[2].衢州市和台州市是浙江省柑橘的主要产地,自2011年以来,两市柑橘产量占全省柑橘产量的50%以上^[3].

柑橘园中的恶性杂草严重危害柑橘生长,它们会与果树竞争营养、水分等资源,导致果树减产或果实品质下降,亦会为果树害虫提供越冬场所,滋生病虫害,恶化果园生态^[4-5].此外,杂草生命力顽强,防除困难,进而导致柑橘生产成本增加.因此,明确柑橘园杂草发生情况及其群落结构,对柑橘园杂草的科学管理至关重要.2005—2006年,李先信等^[6]发现湖南宜章、资兴、江永、新宁、洞口、衡阳、娄底、长沙、麻阳、泸溪、安化、张家界、石门、浏阳等县(市)柑橘园杂草有41科136种,以禾本科、菊科和苋科为主;2008年,凌泽洪等^[7]调查发现,重庆市柑橘园杂草有25科68种,主要为禾本科、菊科和苋科等;2009年,郭跃华等^[8]报道广西壮族自治区钦州市柑橘园杂草有34科160种,优势杂草为禾本科和菊科等;2018年,罗义灿等^[9]调查发现广东惠州、韶关和梅州等地杂草主要为牛筋草、龙葵、马唐、狗尾草和稗草等;2020年,闫洋洋等^[10]明确了湖北省宜昌市三峡库区柑橘园杂草有53科185种,以禾本科、菊科、蓼科和苋科为主,恶性杂草主要为空心莲子草、十字马唐、香附子和鬼针草等.2009年,赵建华等^[11]调查并报道浙江省衢州市柑橘园杂草有27科80种,主要为牛筋草、马唐、铁苋菜、小飞蓬、早熟禾、牛繁缕、猪殃殃、苍耳、旱稗、看麦娘和婆婆纳等,且这些杂草在夏秋季节危害严重;2014年,徐南昌等^[12]发现浙江省衢州市柑橘园杂草有56科212种,以菊科、禾本科、蓼科和唇形科为主,夏季柑橘园优势杂草主要为马唐、牛筋草、狗尾草、苘草、小飞蓬、莠竹、空心莲子草、铁苋菜、匾蓄、豨莶、藿香蓟、牛膝、地锦、鼠曲草等.由此可见,2009—2014年,衢州柑橘园优势杂草种群及其群落结构的变化可能是除草方式等因素的改变导致的.随着浙江省柑

橘产业的高质量发展,明确柑橘园杂草发生现状,探究影响柑橘园杂草生长的因素,分析浙江省衢州市和台州市柑橘园杂草群落结构和环境因子的关联性,对因地制宜地制定浙江省柑橘主产区柑橘园杂草科学管理措施具有十分重要的理论和应用价值.

1 材料与方法

1.1 试验地点

本研究调查地点位于浙江省衢州市和台州市. 浙江省地处东南沿海长江三角洲南翼(27°02′—31°11′N, 118°01′—123°10′E), 属亚热带季风气候, 年平均气温 15~18 ℃, 年平均降水量 980~2 000 mm, 全年日照 1 710~2 100 h, 无霜期 200~330 d. 2021 年, 衢州和台州两市的柑橘产量为 98.1 万 t, 占全省柑橘产量的 54.3%.

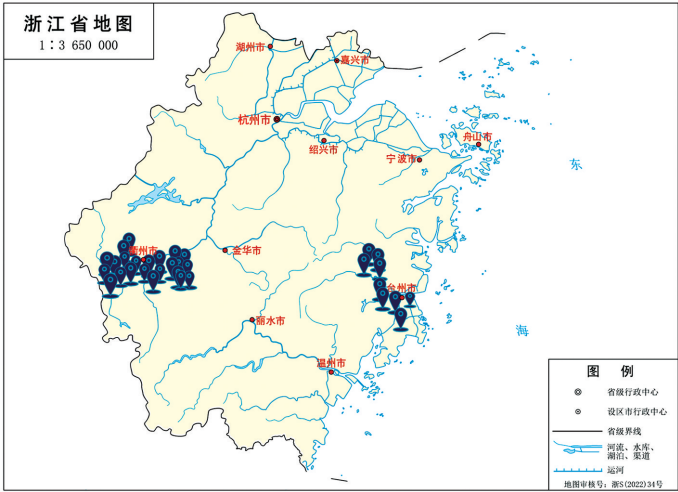
1.2 调查样地分布

为明确浙江省柑橘主产区柑橘园杂草群落结构, 研究团队于 2022 年杂草盛发期(7—8 月)对浙江省衢州市和台州市柑橘产区进行了杂草群落结构调查, 共调查了 34 个柑橘园的杂草发生情况(表 1, 图 1).

表 1 浙江省柑橘主产区柑橘园杂草群落结构调查样地分布

产区	样地分布	产区调查样地总数/个
衢州	柯城区(5)、衢江区(6)、常山县(5)、龙游县(8)	24
台州	黄岩区(4)、临海市(3)、温岭市(3)	10
合计		34

注: 括号内数字为该地区样地数量.



审图号:浙 S(2022)34 号

图 1 浙江省柑橘主产区柑橘园杂草群落结构调查样地分布

1.3 杂草群落结构调查与数据采集

采用倒“W”9 点取样法对各调查样地的杂草进行统计调查, 样方面积为 1 m²(1 m×1 m). 记录样方内杂草种类、株数、株高、鲜重、盖度等数据^[13], 将调查样地内所有种类的杂草拍照并记录, 对于特征不明显、难以直接鉴定的杂草, 通过收集杂草种子、采集植株样本、拍摄杂草

细节图的方法,将样本及其图像资料带回实验室,参考《中国杂草志》^[14]及 iPlant 植物智进行进一步鉴定.记录调查样地的经纬度及海拔等地理数据,并记录柑橘园种植面积、种植年限、柑橘品种、除草方式等基本信息,使用希玛 pH328 土壤检测仪测量土壤 pH 值,并从国家地球系统科学数据中心(<http://www.geodata.cn>)获取月平均气温、月平均降水量和潜在蒸散量等气候数据,使用 python 3.9 进行数据处理,获得调查样地对应经纬度下的气候数据,计算其年平均气温和年平均降水量.

1.4 数据分析

重要值(IV)是描述物种在群落中相对重要性的重要指标,能代表物种在群落中的优势程度^[15],由相对多度(RA)、相对高度(RH)、相对频度(RF)以及相对质量(RW)求和后取平均值得到^[16],计算公式如下:

$$RA(\%) = \sum_{i=1}^n A_i \times 100\% \quad i=1,2,3,\dots,n$$

$$RH(\%) = \sum_{i=1}^n H_i \times 100\% \quad i=1,2,3,\dots,n$$

$$RF(\%) = \sum_{i=1}^n F_i \times 100\% \quad i=1,2,3,\dots,n$$

$$RW(\%) = \sum_{i=1}^n W_i \times 100\% \quad i=1,2,3,\dots,n$$

$$IV(\%) = \frac{RA+RH+RF+RW}{4} \times 100\%$$

其中: A_i 为群落中杂草 i 的个数, $\sum_{i=1}^n A_i$ 为群落中杂草的个数之和; H_i 为群落中杂草 i 的高度, $\sum_{i=1}^n H_i$ 为群落中杂草的高度之和; F_i 为群落中杂草 i 的频度, $\sum_{i=1}^n F_i$ 为群落中杂草的频度之和; W_i 为群落中杂草 i 的鲜重, $\sum_{i=1}^n W_i$ 为群落中杂草的鲜重之和. 使用 python 3.9 计算调查样地杂草物种重要值. 采用典范对应分析(CCA)并引入环境因子数据对浙江省柑橘主产区柑橘园杂草物种和样方进行排序分析,通过 Canoco 5 完成典范对应分析.

2 结果与分析

2.1 浙江省柑橘园杂草物种的基本组成

2022 年,对浙江省柑橘主产区的 34 个典型柑橘园进行杂草群落结构调查,在样地中共调查到杂草 89 种,隶属 43 科、77 属(图 2). 其中,被子植物门杂草种类最多,共 39 科 73 属 85 种,占杂草总种数的 95.5%. 被子植物门杂草中,双子叶杂草有 35 科 61 属 72 种,以菊科(Asteraceae, 13 种)和豆科(Fabaceae, 6 种)为主;单子叶杂草有 4 科 12 属 13 种,以禾本科(Poaceae, 8 种)为主. 蕨类植物门杂草种类较少,仅有木贼(*Equisetum hyemale* L.)、海金沙(*Lygodium japonicum* (Thunb.)Sw.)、蕨(*Pteridium aquilinum*)、剑叶凤尾蕨(*Pteris ensiformis* Burm.),共计 4 科 4 属 4 种,占杂草总种数的 4.5%.

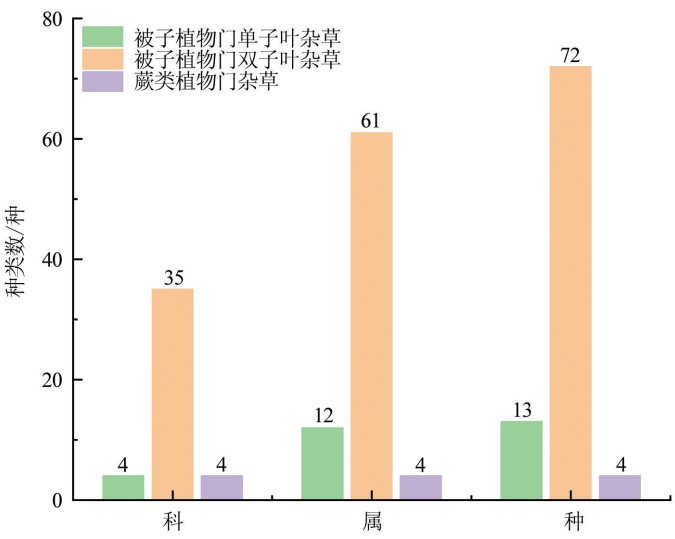


图 2 浙江省柑橘主产区柑橘园杂草物种组成

浙江省柑橘主产区柑橘园中的杂草以多年生植物为主, 共有 47 种, 占杂草总种数的 52.8%. 此外, 柑橘园杂草生长型多样, 其中草本植物有 68 种, 占杂草总种数的 76.4%, 灌木、亚灌木有 12 种, 占杂草总种数的 13.5%, 还存在少量的藤本植物和乔木幼苗, 分别有 6 种和 3 种, 占杂草总种数的 6.7%和 3.4%(表 2). 由此可见, 柑橘园杂草中草本植物优势显著, 代表性杂草的形态特征如图 3 至图 5 所示.



图 3 牛筋草(*Eleusine indica* (L.) Gaertn.)的形态特征



图4 扛板归(*Persicaria perfoliata* (L.) H. Gross)的形态特征



图5 木贼(*Equisetum hyemale* L.)的形态特征

表 2 浙江省柑橘主产区柑橘园杂草生活型与生长型统计

分类	特性	种数/种	占总种数百分比/%
生活型	一、二年生	42	47.2
	多年生	47	52.8
生长型	草本	68	76.4
	灌木、亚灌木	12	13.5
	藤本	6	6.7
	乔木	3	3.4

按杂草的重要值大小排序,选取重要值大于 1%的 20 种杂草作为优势种(表 3),其中禾本科杂草(6 种)种类最多,包括马唐(14.58%)、牛筋草(8.34%)、稗草(7.40%)、狗尾草(4.55%)、狗牙根(2.27%)、大白茅(1.06%),其中马唐在 20 种优势杂草物种中重要值最大,表明浙江省柑橘主产区柑橘园中发生量较大的是以马唐为主的禾本科杂草;除禾本科杂草外,菊科杂草有 4 种,为小蓬草、翅果菊、藿香蓟和苦苣菜,其重要值分别为 4.33%,1.57%,1.45%和 1.45%;大戟科杂草有铁苋菜和地锦 2 种,其重要值分别为 6.87%,1.58%;苋科、莎草科、蓼科、茄科、酢浆草科、粟米草科、鸭跖草科和马齿苋科均各有 1 种杂草,分别为喜旱莲子草(4.91%)、碎米莎草(3.80%)、酸模叶蓼(3.05%)、龙葵(2.83%)、酢浆草(1.97%)、粟米草(1.95%)、鸭跖草(1.71%)、马齿苋(1.39%)。

表 3 浙江省柑橘主产区柑橘园重要值大于 1%的杂草的重要值 %

杂草名称	相对频度	相对高度	相对质量	相对多度	重要值
马唐	6.74	16.53	22.1	12.95	14.58
牛筋草	4.84	10.15	11.26	7.12	8.34
稗草	5.05	10.41	7.57	6.55	7.40
铁苋菜	5.47	8.03	7.45	6.54	6.87
喜旱莲子草	2.32	2.09	10.79	4.43	4.91
狗尾草	4.21	6.32	3.6	4.06	4.55
小蓬草	4.42	6.52	2.63	3.76	4.33
碎米莎草	4.21	5.05	2.33	3.62	3.80
酸模叶蓼	3.58	3	2.92	2.7	3.05
龙葵	4.42	2.93	1.56	2.4	2.83
狗牙根	2.53	1.8	2.14	2.59	2.27
酢浆草	3.37	0.97	0.9	2.62	1.97
粟米草	1.68	1.39	2.4	2.31	1.95
鸭跖草	1.89	1.52	1.59	1.83	1.71
地锦	2.74	0.46	1.67	1.45	1.58
翅果菊	2.11	1.85	0.96	1.34	1.57
藿香蓟	1.26	1.23	1.88	1.44	1.45
苦苣菜	2.11	1.74	0.71	1.25	1.45
马齿苋	1.05	0.49	2.76	1.27	1.39
大白茅	1.26	1.39	0.66	0.93	1.06

2.2 不同环境下柑橘园杂草物种的多样性

浙江省柑橘主产区柑橘园杂草物种的多样性指数计算结果如图 6 所示,由图 6 可知,在一定范围内,柑橘园杂草物种的多样性随柑橘种植年限、海拔和年平均降水量等因素的增加而增

加; 随纬度和经度等因素的增加而降低。此外, 除草方式和柑橘品种对柑橘园杂草物种的多样性无显著影响, 但二者显著影响柑橘园中杂草的相对丰度, 如马唐在宽皮柑橘类果园中的丰度显著高于其在杂柑类和柚类果园, 长期使用除草剂的柑橘园内牛筋草丰度显著高于人工除草的柑橘园(图7)。

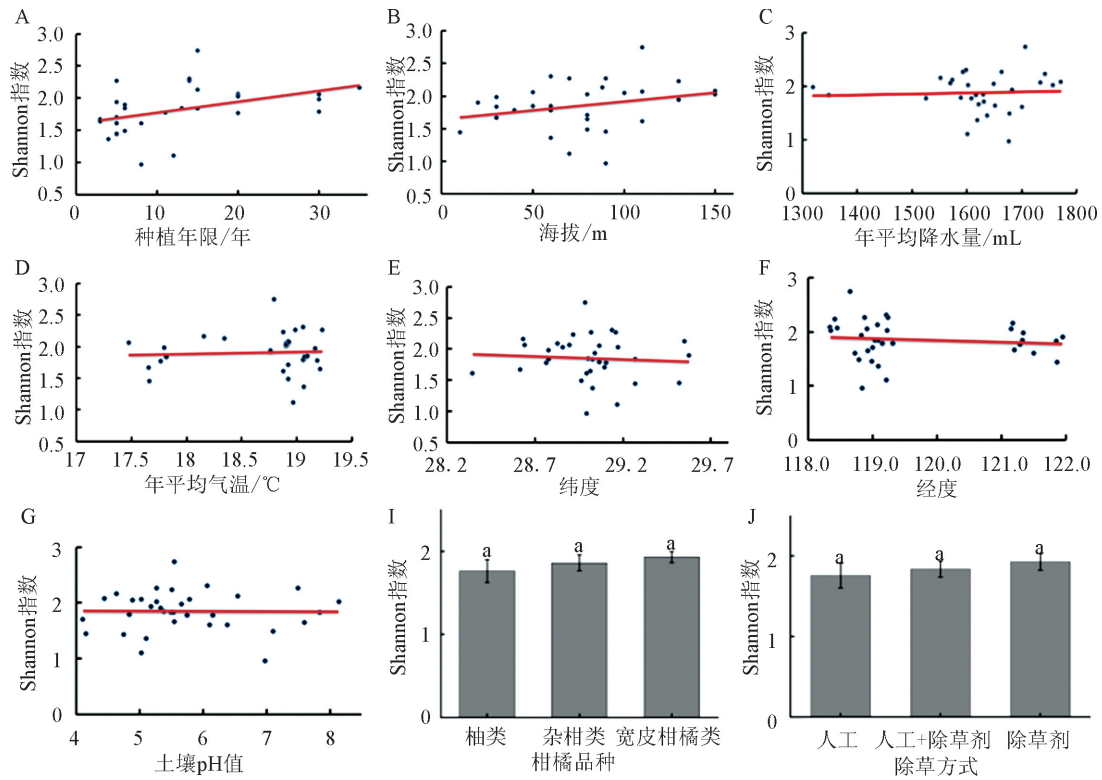


图6 不同因素下浙江省柑橘主产区柑橘园杂草物种的多样性指数

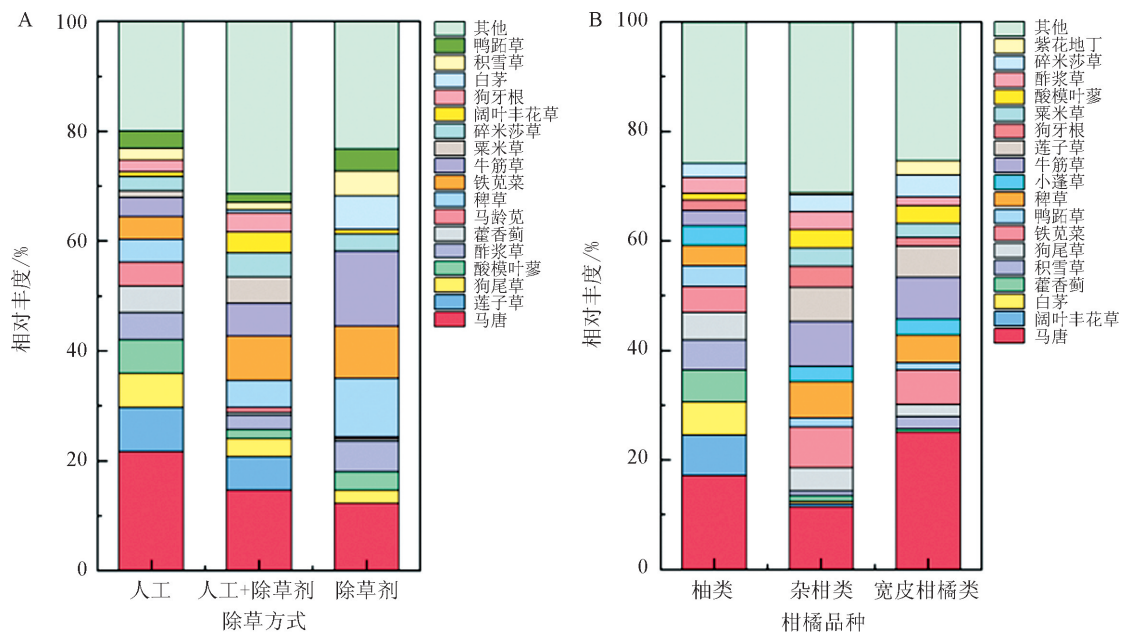


图7 不同除草方式和柑橘品种柑橘园优势杂草的相对丰度

[illegible]

3 讨论与结论

通过物种重要值,确定浙江省柑橘主产区的优势杂草为马唐、牛筋草、稗草、铁苋菜、喜旱莲子草、狗尾草、小蓬草、碎米莎草、酸模叶蓼、龙葵、狗牙根、酢浆草、粟米草、鸭跖草、地锦、翅果菊、藿香蓟、苦苣菜、马齿苋和大白茅.其中,马唐的物种重要值最大,是浙江省柑橘主产区内发生量最大的杂草.根据杂草发生量、相对质量并结合杂草生物学特性,可以将杂草分为恶性杂草、常见杂草和一般性杂草^[18].其中恶性杂草是指相对质量在2%以上、植株较高、根系粗壮发达的杂草,它们可作为某些害虫的中间寄主,对柑橘园危害较大,会影响柑橘果树

生长发育及园内农事操作,柑橘生产中应注意及时防控此类杂草.浙江省柑橘主产区20种优势杂草中,恶性杂草主要为牛筋草、稗草、小蓬草、喜旱莲子草、酸模叶蓼、马齿苋、龙葵、鬼针草、藿香蓟、木贼、翅果菊以及大白茅,虽然龙葵、鬼针草、大白茅和木贼等的相对质量低于2%,但由于其植株较高大,龙葵还是柑橘木虱和柑橘潜叶蛾的潜在中间寄主,故将其定为恶性杂草.常见杂草指相对质量在1%~2%、植株低矮、须根系、对柑橘生产影响较小的杂草,浙江省柑橘主产区柑橘园中的常见杂草主要为马唐、狗尾草、铁苋菜、鸭跖草、粟米草、碎米莎草以及苦苣菜.其中,马唐、狗尾草及粟米草等禾本科杂草发生量较多,但其为须根系,植株较矮小,故将其定为常见杂草.一般性杂草是指在柑橘产区内发生量较少,相对质量在1%以下,根系较不发达,对柑橘园生产基本无影响的杂草,以酢浆草、狗牙根和地锦等低矮草本为主.常见杂草和一般性杂草对柑橘园影响较小,适当保留此类杂草有利于保护柑橘园的生物多样性,提高柑橘园的生态稳定性,同时还能对柑橘园土壤起到保水保墒的改良.

此前有研究报道,2009年,浙江衢州市柑橘园的优势杂草为牛筋草、马唐、铁苋菜、小飞蓬、早熟禾、牛繁缕、猪殃殃、苍耳、旱稗、看麦娘和婆婆纳等,2014年,浙江省衢州市柑橘园夏季优势杂草为马唐、牛筋草、狗尾草、苅草、小飞蓬、莠竹、空心莲子草、铁苋菜、匾蓄、豨薟、藿香蓟、牛膝、地锦、鼠曲草等.本研究发现,目前浙江省柑橘主产区的优势杂草为马唐、牛筋草、稗草、铁苋菜、喜旱莲子草、狗尾草、小蓬草、碎米莎草、酸模叶蓼和龙葵等,表明浙江省柑橘园部分优势杂草种类随气候和果园管理方式等因素的变化而变化.物种多样性是研究杂草群落结构和发生分布规律的重要指标^[19-20],从物种多样性角度看,浙江省柑橘主产区柑橘园杂草物种的多样性随柑橘种植年限、海拔和年平均降水量等因素的增加而增加;随经度和纬度等因素的增加而降低.从物种丰富度来看,尽管柑橘园的种植品种和除草方式对杂草物种多样性无显著影响,但仅使用除草剂除草的柑橘园,牛筋草的相对丰度显著增加.此外,CCA结果进一步证明,浙江省柑橘产区柑橘园杂草群落结构主要受海拔、纬度以及年平均降水量等环境因子的影响.CCA1轴与经度显著正相关,与年平均降水量、海拔、纬度和年平均气温等因子显著负相关,表明年平均降水量、海拔、纬度和年平均气温等因子越高,马唐、鸭跖草、酢浆草、小蓬草和酸模叶蓼等杂草发生量越大;CCA2轴与纬度和经度正相关,与年平均气温和海拔负相关,表明年平均气温和海拔等因子越高,粟米草、铁苋菜、地锦和鬼针草等杂草发生量越大.上述结果表明浙江省柑橘园杂草群落的发生与分布由多种环境因子共同控制.

本研究系统调查并分析了浙江省柑橘主产区柑橘园的杂草群落结构,阐明了优势杂草种类,明确主要恶性杂草为牛筋草、稗草、小蓬草、喜旱莲子草、酸模叶蓼、马齿苋和龙葵等,发现仅依赖除草剂防治杂草时,柑橘园中牛筋草丰度显著增加,通过典范对应分析(CCA)发现,浙江省柑橘主产区杂草群落结构主要受到降水量、气温、经纬度以及海拔等环境因子的影响,明确了柑橘产区杂草群落结构及发生现状,对指导柑橘园杂草科学防控具有重要意义.

参考文献:

- [1] 邓秀新. 中国柑橘育种60年回顾与展望[J]. 园艺学报, 2022, 49(10): 2063-2074.
- [2] 柏德玟, 姚莹, 童琦珏. 浙江省柑橘产业提升对策的探讨[J]. 浙江农业科学, 2019, 60(8): 1431-1434.
- [3] 浙江省统计局, 国家统计局浙江调查总队. 2022浙江统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2022.
- [4] NUNES M A, BERGAMINIM P, COERINIL F, et al. Citrus Leprosis Virus C Naturally Infecting Commelina Benghalensis, a Prevalent Monocot Weed of Citrus Orchards in Brazil[J]. Plant Disease, 2012, 96(5): 770.

- [5] LUH L, FANGX D, WUF N, et al. Adaptability and ‘*Candidatus Liberibacter Asiaticus*’ Titres of *Diaphorina Citri* Adults on Three Weed Species in China [J]. Pest Management Science, 2021, 77(7): 3216-3223.
- [6] 李先信, 张秋胜, 张孝岳, 等. 湖南柑桔园杂草种类及优势种群调查研究 [J]. 中国南方果树, 2007, 36(6): 1-6.
- [7] 凌泽洪, 董克园, 李靖, 等. 重庆市柑橘园杂草优势种群调查及化学防除效果评价[C]//中国植物保护学会 (China Society of Plant Protection). 粮食安全与植保科技创新. 中国农业科学技术出版社, 2009: 6.
- [8] 郭跃华, 黄河征, 陈军, 等. 钦州市柑橘园杂草优势种群调查及化学防除效果评价 [J]. 中国植保导刊, 2010, 30(6): 33-35.
- [9] 罗义灿, 章勇, 刘家莉, 等. 粤东粤北柑桔病虫草害调查及农药使用状况分析 [J]. 广东农业科学, 2018, 45(11): 81-88.
- [10] 闫洋洋, 王玉宽, 徐佩, 等. 三峡库区柑橘园杂草种类、分布及危害[J]. 草业科学, 2020, 37(11): 2309-2319.
- [11] 赵建华, 姚和金. 浙西南柑橘园杂草种群分布特点研究 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37(32): 15764-15766, 15771.
- [12] 徐南昌, 徐法三, 刘立峰, 等. 衢州市橘园杂草种群结构的调查 [J]. 浙江农业科学, 2014, 55(12): 1789-1793, 1817.
- [13] THOMASA G. Weed Survey System Used in Saskatchewan for Cereal and Oilseed Crops [J]. Weed Science, 1985, 33(1): 34-43.
- [14] 李扬汉. 中国杂草志 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [15] CURTISJ T, MCINTOSHR P. An Upland Forest Continuum in the Prairie-Forest Border Region of Wisconsin [J]. Ecology, 1951, 32(3): 476-496.
- [16] 夏向东, 张建华, 陈华, 等. 我国莲藕主产区莲藕田间杂草组成及群落特征 [J]. 杂草科学, 2014, 32(3): 5-8.
- [17] 李锡文. 中国种子植物区系统计分析 [J]. 云南植物研究, 1996(4): 3-24.
- [18] 卢培, 郭兴科, 李方方, 等. 保定地区苹果园夏季杂草种类及优势种群调查 [J]. 北方园艺, 2014(8): 29-33.
- [19] ZHANG J T, ZHANG M, MIAN R. Effects of Elevation and Disturbance Gradients on Forest Diversity in the Wulingshan Nature Reserve, North China [J]. Environmental Earth Sciences, 2016, 75(10): 904.
- [20] 刘旻霞, 南笑宁, 张国娟, 等. 高寒草甸不同坡向植物群落物种多样性与功能多样性的关系 [J]. 生态学报, 2021, 41(13): 5398-5407.

责任编辑 孙文静