

功能植物苣荬菜的特征及其应用潜能*

苏文雯^{1,2**} 杨泉峰^{1,2} 欧阳芳^{1,2} 门兴元³ 戈峰^{1,2***}

(1. 中国科学院动物研究所, 农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室, 北京 100101;

2. 中国科学院大学生物互作卓越中心, 北京 100049; 3. 山东省农业科学院植物保护研究所, 济南 250100)

摘要 苣荬菜 *Sonchus arvensis* L. 在我国广泛分布, 具有耐干旱、耐盐碱、适应性强、管理简便、花期长的特点。我们于 2018 年 9 月最先在山东发现苣荬菜上涵养着大量的天敌昆虫和传粉昆虫。经过进一步调研, 显示苣荬菜与周围作物(玉米、小麦)无共同害虫, 其花期 7-10 月, 与玉米生长同期, 可为玉米田天敌昆虫提供持续的营养补充, 维持天敌昆虫种群; 同时也是一种优质的蜜粉源植物, 符合功能植物的基本特征。本文综述了苣荬菜作为华北玉米田功能植物的特征, 建议通过在玉米田边通过种植苣荬菜可作为玉米害虫生态控害的手段, 以实现维持天敌生物控害、减少化学农药投入、增加收入、改善农田生态环境和美丽乡村等目标。

关键词 功能植物; 苣荬菜; 天敌昆虫

Characteristics and potential uses of the functional plant *Sonchus arvensis* L.

SU Wen-Wen^{1,2**} YANG Quan-Feng^{1,2} OUYANG Fang^{1,2} MENG Xing-Yuan³ GE Feng^{1,2***}

(1. State Key Laboratory of Integrated Management of Pest and Rodents, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing

100101, China; 2. CAS Center for Excellence in Biotic Interactions, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049,

China; 3. Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China)

Abstract *Sonchus arvensis* L. is a medicinal and edible plant that is widely distributed in China. It has a long flowering period, is highly adaptable, resistant to drought and salinity and is easily planted and managed. In September 2018 we discovered that *S. arvensis* is a high-quality honey and pollen source in north China due to its long flowering period and the large number of pollinators it attracts. It has no common pests and has the basic characteristics of a functional plant. The flowering period of *S. arvensis* is from July to October, the same as the corn growing period, which suggests that *S. arvensis* could help maintain populations of natural predators by providing these with a continuous nutritional supplement during the corn growing season. Therefore, planting *S. arvensis* in conjunction with crops could be a new way of controlling pests that could reduce the use of chemical pesticides, enrich the diversity of natural predators, increase farmers' income, and improve the environment, all of which have important economic, ecological, and social benefits.

Key words functional plant; *Sonchus arvensis* L.; natural enemies

功能植物是一类具有能够为天敌提供适合的花粉花蜜等食物补充、提供越冬或越夏的场所、与作物无共同害虫发生、挥发物对害虫及天敌有趋避或诱集作用等特征的一类植物(赵紫华等, 2013; 杨泉峰等, 2018)。农田景观中, 在作物田旁边种植功能植物被认为是害虫生态调

控的重要手段(Landiset *et al.*, 2000)。如在水稻田田埂上种植蜜源植物芝麻, 可提高天敌种群的控害能力进而减轻稻飞虱的发生(朱平阳, 2012; Gurr *et al.*, 2016); 在新疆棉田边缘种植苜蓿带, 苜蓿上涵养的瓢虫可以在苜蓿收割后转移到棉花田控害(张润志等, 1999); 在小麦田边

*资助项目 Supported projects: 国家重点研发计划重点专项(2017YFD0200400); 国家自然科学基金面上项目(31572059)

**第一作者 First author, E-mail: suwenwen@ioz.ac.cn

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: gef@ioz.ac.cn

收稿日期 Received: 2019-12-25; 接受日期 Accepted: 2020-01-14

缘种植功能植物蛇床,可以在麦田害虫发生之前,助增天敌瓢虫迁入麦田控害,且作为小麦、玉米之间的廊道以及它们收获后天敌的保育场所,从而周年实现对害虫的生态调控(杨泉峰等,2018)。

20世纪90年代,害虫的治理从控制害虫数量和危害转向利用作物-害虫-天敌与周围环境相互关系的害虫生态调控方法,在此之后,区域性害虫生态调控强调害虫生态调控应从景观生态出发,探究昆虫的发生动态和转移扩散规律,强调生物因素为主的综合治理措施(戈峰,1998,2001),之后开展的针对华北地区主要作物害虫生态调控的实验(Men *et al.*, 2003, 2005)、多种作物组合种植模式中作物-害虫-天敌之间的关系的研究(Zhao *et al.*, 2013)和定量评价景观因素组成对害虫和天敌种群的影响,发现加强农田景观多样性,增加非作物生境,种植功能植物可以增加天敌昆虫种类及数量,增强天敌的控害能力,进而提高区域性农田景观中天敌昆虫的生物控害服务功能(欧阳芳等,2016;戈峰等,2017)。杨泉峰等于2018年发现功能植物蛇床 *Cnidium monnieri* (L.) Cuss. 在早春涵养瓢虫等捕食性天敌,可以在小麦害虫发生时转移至麦田控害,是北方麦田生态调控的理想功能植物。但有关适合玉米周围的功能植物尚没有报道。

玉米是世界范围上重要的粮食、饲料和能源作物。棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner)、玉米螟 *Pyrausta nubilalis* (Hubern)等鳞翅目害虫是造成玉米减产的主要因素。为了减少害虫危害造成的经济损失,农业生产中长期投入高毒化学农药,不仅造成害虫严重的抗性,还造成了严重的环境污染和食品安全问题,因此筛选针对玉米害虫生态调控的功能植物,是进行玉米害虫生态防治的重点。我们在山东省农科院济阳实验基地连续两年的田间调查中,首次发现一种菊科植物苣荬菜 *Sonchus arvensis* L.,花期与玉米生长同期,其上发生的莴苣指管蚜 *Uroleucon formosanum* Takahashi 不危害玉米,并且存在大量的天敌昆虫和传粉昆虫访花现象,可以作为玉米的功能植物实现玉米害虫的生态调控。本文将从功能植物苣荬菜的主要特征、作用方式及其应用前景展望进行介绍,旨在介绍和推广一种在北方具有良好

害虫生态调控前景的新功能植物——苣荬菜。

1 主要特征

1.1 形态特征及生长习性

苣荬菜 *Sonchus arvensis* L. 菊科,苦苣菜属,多年生草本植物。根垂直直伸,有根状茎。茎直立,高30-150 cm,有细条纹,上部或顶部被稠密的头状具柄的腺毛。基生叶与中下部茎叶长椭圆形,羽状深裂、半裂或浅裂;上部茎叶及接花序分枝下部的叶小,披针形;叶基部圆耳状扩大半抱茎,叶两面光滑无毛(图1, A)。头状花序在茎枝顶端排成伞房状花序。总苞钟状,基部有绒毛。总苞片3层,披针形,顶端渐尖,外面沿中脉有1行头状具柄的腺毛。舌状小花多数,黄色(图1, B)。瘦果稍压扁,长椭圆形,每面有5条细肋,肋间有横皱纹。冠毛白色,长1.5 cm。花果期7-10月(山东地区),随分布地区温度、水分条件存在差异(中国植物志编委会,1985)。

苣荬菜多生于山坡草地、林间草地、潮湿地区或近水旁、村边或河边砾石滩,我国南北皆有分



图1 苣荬菜苗期(A)与花期(B)图片
Fig. 1 Photographs of *Sonchus arvensis* L. during seedling period (A), flowering period (B) at Jiyang Experimental Station of Shandong Academy of Agricultural Sciences in 2019

布, 全球几遍分布。苜蓿菜喜阳, 耐寒、耐旱、耐盐碱, 可种子繁殖, 亦可根茎繁殖, 适生性强, 种植管理简便。

1.2 营养物质成分及化合物

苜蓿菜是一种具有丰富营养和保健价值的野菜, 富含人体所需的多种氨基酸、丰富的微量元素和黄酮类、酯类、萜类、甾体、香豆素类等具有药用价值的生物活性物质。

1.2.1 营养物质 苜蓿菜含有 17 种人体所需的微量元素 Ca、Na、K、Mg、P、Fe、Ba、Mn、Sr、Zn、Cu、B、Cr、Ni、La、V、Cd (段晓琴和朱莉, 2012); 7 种人体必需氨基酸: 缬氨酸、异亮氨酸、赖氨酸、苏氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸; 9 种非必须氨基酸: 天冬氨酸、丝氨酸、甘氨酸、酪氨酸、精氨酸、谷氨酸、丙氨酸、组氨酸、脯氨酸; 以及维生素 C、维生素 B1、维生素 B2 和 β -胡萝卜素 (樊晓虹和杨晓虹, 2000)。苜蓿菜中所含的维生素、氨基酸、微量元素比常见蔬菜含量高, 并且富含优质的可溶性膳食纤维及多糖, 是一种营养丰富且具有保健价值的绿色植物 (姚玉霞, 2003; 马萍等, 2014; 陈琼玲, 2017)。

1.2.2 化合物种类 苜蓿菜富含黄酮类、酯类、萜类、甾体类、香豆素类生物活性物质, 是其具有药用价值的主要原因。黄酮类: 苜蓿菜以含黄酮为主, 渠桂荣等 (1993, 1995) 从中分离出槲皮素-3-O- α -L 鼠李糖苷和山柰酚-3, 金丝桃苷, 金合欢素, 木犀草素苷, 山柰素, 木犀草素, 柯伊利素, 洋芹素, 蒙花苷, 槲皮素等黄酮类化合物。酯类: 苜蓿菜含有苜蓿菜内酯, 以及抗氧化的奎宁酸酯 (Xu *et al.*, 2008; 龙凤来和陈美红, 2017); 甾醇和酚类: 苜蓿菜中含有蒲公英甾醇、羽扇醇、假蒲公英甾醇、谷甾醇, 胡萝卜苷, 异东莨菪亭, 大黄素等甾醇和酚类 (Hooper *et al.*, 1982; Xia and Liang, 2010)。冯锁民等 (1998) 还分离出香豆素类化合物: 秦皮乙素。苜蓿菜的挥发油中包含酸、醛、酯、酮类和芳香族化合物, 其中酸、醇、酯类化合物含量较高 (乔春燕和刘宁, 2008)。苜蓿菜花的挥发油成分中富含烷烃、羰基化合物及羟基化合物 (李长恭等, 2005)。

1.3 药用价值

苦苜蓿菜属植物在中国共有 8 个种, 形态特征极为相近, 在民间不做区分, 统称为苦菜、曲麻菜、败酱草、曲菜等, 不同种之间化合物构成上存在明显差异 (朱晨曦等, 2018), 经考证药用苦菜为苜蓿菜 *Sonchus arvensis* L. (误用名: 北败酱), 收载于《中国药典》1977 年版 (罗霄等, 2018)。《本草纲目》中记载苦菜主治血淋、尿血, 喉痹, 对口恶疮, 赤白痢。《神农本草经》记载, 其性味苦寒, 具有清热解毒, 消肿排脓, 凉血化瘀, 消食和胃, 清肺止咳, 益肝利尿之功效, 用于治疗急性痢疾、肠炎、痔疮肿痛等病症。苜蓿菜含有的生物活性物质具有抑菌、治疗肝炎、保肝、抗肿瘤、降血压、降胆固醇等作用 (张洪民等, 1997; 徐凤敏等, 2000)

1.4 优质饲料及新型饲料添加剂

苜蓿菜是多年生的菊科优质牧草, 适生性强、生物量大、再生性强, 1 年可收获 2-3 茬。植株叶片量大, 脆嫩可口, 粗蛋白、粗脂肪含量较高 (孙启忠等, 2009), 可以作为鸡、猪、鸭、鹅、鸵鸟、鱼、兔、牛等畜禽的优质青饲料, 降低饲料成本 (崔国文等, 2000)。苜蓿还具有促进畜禽食欲, 帮助消化, 预防、控制疾病的效果。苜蓿菜及其复合提取物作为饲料添加剂, 可以提高肉仔鸡的成活率、增质量和饲料转化率。在毛皮兽的饲料中添加苜蓿菜, 可以减少毛皮动物传染性肝炎、病毒性肝炎的患病率和死亡率。苜蓿菜是一种具有推广应用价值的新型绿色饲料及饲料添加剂 (华盛和华树芳, 2005; 宁志利, 2011)。

1.5 优质蜜粉源植物

苜蓿菜花期 7-10 月, 泌蜜丰富, 蜜蜂爱采。花粉黄色, 球形扁球形, 数量较多, 粘着性强, 蜜蜂易采花粉团大, 可以在我国北方开花植物稀少的秋季, 助于蜂群秋季繁殖 (徐万林, 1983)。

2 苜蓿菜作用方式

功能植物苜蓿菜能涵养或保育大量天敌, 其

作用的方式主要有以下几方面。

2.1 与作物无共同害虫

苜蓿菜上发生的害虫种类较少,野外调查和文献资料中仅有莴苣指管蚜 *Uroleucon formosanum* Takahashi, 蚜科,指网蚜属,寄主范围仅为菊科苦苣菜属的几种植物,不危害玉米和小麦等粮食作物。

2.2 小麦功能植物蛇床的接力功能植物

在小麦收割后,小麦上涵养的大量捕食性天敌,可以转移到功能植物蛇床上(杨泉峰等,2018)。苜蓿菜可以作为接力蛇床的功能植物,在作物害虫发生较少时,把瓢虫等捕食性天敌维持在农田生态系统中。苜蓿菜花期 7-10 月,可以为拔节期至乳熟期的天敌昆虫提供持续不断的花粉、花蜜等营养补充,维持和增强天敌昆虫

种群。

2.3 为天敌提供丰富的花蜜、花粉

苜蓿菜的花期较长(山东济南 7-10 月),可以为玉米害虫的天敌提供丰富的花蜜、花粉资源作为营养补充(图 2)。杂食性的捕食性天敌如瓢虫、草蛉等在环境中食物缺少的情况下会取食花粉或花蜜度过不良环境。寄生性天敌如卵育型雌性寄生蜂在卵未成熟时会取食花蜜和花粉,卵熟型寄生蜂也需要营养源来维持活动和代谢,即使在产完卵后也会访花取食(Hogg *et al.*, 2011)。食蚜蝇幼虫和成虫在取食显花植物食物源后,其幼虫对蚜虫的捕食能力有显著的提高(Jervis *et al.*, 1993)。苜蓿菜是优质的蜜粉源植物、花期长,种植在作物周边可以长期为捕食性、寄生性天敌提供营养补充,营养天敌进而增强天敌对害虫的控制能力。



图 2 取食苜蓿菜花粉、花蜜的昆虫

Fig.2 The insects are eating pollen and nectar from *Sonchus arvensis* L.

2.4 提供天敌避难和越冬的环境

玉米收割后,玉米田中大量的异色、七星瓢虫会转移到苜蓿菜上避难,如图 3 所示。此时的苜蓿菜上有大量的莴苣指管蚜发生,可以为瓢虫提供

食物。异色瓢虫有聚集在墙角、石缝、枯枝落叶层等处进入冬眠的习性,干枯的苜蓿菜秸秆可以为瓢虫提供越冬环境,将瓢虫维持在农田生态系统中,实现周年控害的目的(赵静等,2014)。

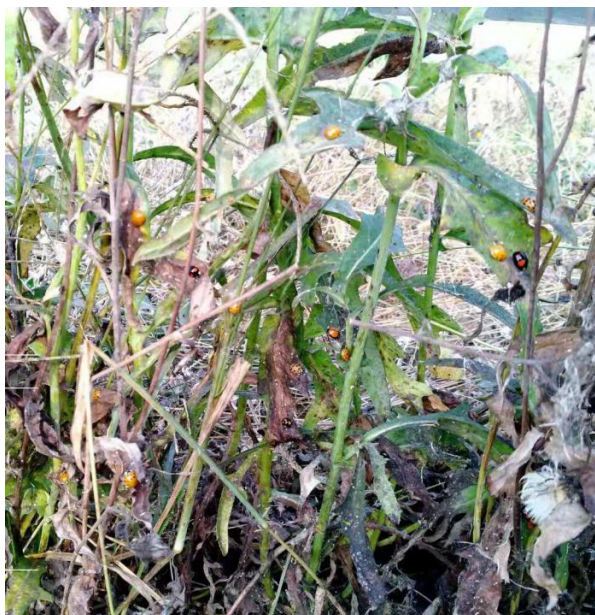


图3 玉米收获后, 苣荬菜上大量的异色瓢虫
Fig.3 The adults of *Harmonia axyridis* Pallas on *Sonchus arvensis* L. after corn is harvested

3 苣荬菜的应用潜能

在区域尺度上, 通过农田景观设计, 利用功能植物涵养天敌、维持天敌从而持续地调控害虫, 是当前害虫综合治理的重要手段和发展趋势。针对不同的气候条件及不同的作物种类, 筛选合适的功能植物是区域性农田景观设计的重点。苣荬菜不仅是具有丰富营养物质和药用价值的药食同源植物, 还是一种优质的蜜、粉源植物, 可以为天敌提供营养补充, 增强天敌的控害能力。在区域尺度通过种植苣荬菜涵养天敌进而控制害虫具有良好的应用前景, 并且苣荬菜分布广泛、适应性强、耐干旱耐盐碱, 可以在我国大多数的粮食生产系统中配置。种植苣荬菜不仅能够实现害虫的生态调控, 还能产生可观的经济价值、生态价值。

经济价值。绿色无公害的苣荬菜, 不仅营养丰富、口味清新独特, 还具有预防和治疗疾病的功效。苣荬菜的嫩茎叶作为可食用的保健蔬菜, 具有广阔的市场和需求。简单发酵后, 可制成酸菜, 烘干后作中药材、苦菜茶和蔬菜干, 亦可制作为蔬菜罐头和加工为蔬菜汁和果蔬汁 (贾生平, 2005)。随着人民食品安全意识的提升和对

食品品质的要求, 苣荬菜具有重要的经济价值和非常广阔的市场前景。

生态价值。涵养天敌:苣荬菜构成的功能植物群落, 干扰小, 具有丰富的食物资源, 可以为天敌提供食物补充和越冬越夏的场所, 提高农田生态系统的物种多样性, 恢复生态系统自身抗性;**生态恢复:**苣荬菜对汞元素具有较强的富集作用, 对镉元素具有很高的耐受性, 又因为适应性强、分布广泛, 可以作为矿区土壤污染治理和生态环境恢复的富集植物, 可以推进矿区土壤的恢复和矿区生态环境的治理工作, 恢复生态环境, 推进我国的生态文明建设 (Wang *et al.*, 2018)。**水土保持:**苣荬菜根系发达, 枝叶繁茂固土能力强, 对增加地表覆盖、保水保土、提高林草覆被率、改善生态环境, 具有良好的社会效益和生态效益, 是治理水土流失的优良植物 (陈英智和陈英群, 2002)。**美化乡村:**苣荬菜头状花序在茎枝顶端排成伞房状花序, 花呈亮丽的鲜黄色, 花期可持续近 2 个月, 具有很高的观赏和美化环境的价值, 推进我国美丽乡村建设的进程。

在区域尺度为了实现种植功能植物苣荬菜对农田生态系统中害虫的生态调控, 还需要严谨科学的实验设计和连续多年的实验重复, 从而阐明苣荬菜对害虫的控害能力和生态调控的机制, 进而实现功能植物苣荬菜的推广和应用。

参考文献 (References)

- Chen QL, 2017. Optimazation of extraction process of soluble dietary fiber from *Sonchus arvensis* L. by response surface methodology and tts properties. *The Food Industry*, 38(10): 93-97. [陈琼玲, 2017. 响应面优化苣荬菜中水溶性膳食纤维提取及其理化性质. *食品工业*, 38(10): 93-97.]
- Chen YZ, Chen YQ, 2002. Economic value and development of wild vegetables. *Special Economic Animal and Plant*, 5(9): 35. [陈英智, 陈英群, 2002. 山野菜的经济价值与开发利用. *特种经济动植物*, 5(9): 35.]
- Cui GW, Yan RF, Li G, 2000. Shortcuts to reducing feed costs-planting forage. *Beijing Agriculture*, (11): 37. [崔国文, 闫锐锋, 李广, 2000. 降低饲料成本的捷径——种牧草. *北京农业*, (11): 37.]
- Duan XQ, Zhu L, 2012. Determination of trace elements on four kinds of edible wild herbs of health-promoting functions,

- Guangdong Trace Elements Science*, 19(8): 38–40. [段晓琴, 朱莉, 2012. 4 种保健野菜中微量元素的测定. 广东微量元素科学, 19(8): 38–40.]
- Editorial Committee of Flora of China, 1985. Flora of China. Vol. 80(1). Beijing: Science Press. 64. [中国植物志编委会, 1985. 中国植物志. 第 80(1)卷. 北京: 科学出版社. 64.]
- Fan XH, Yang XH, 2000. Determination of inorganic elements and amino acids in *Sonchus arvensis* L. stems and leaves. *Ginseng Research*, (1): 36–38. [樊晓虹, 杨晓虹, 2000. 苜蓿菜茎叶无机元素和氨基酸的含量测定. 人参研究, (1): 36–38.]
- Feng SM, Lu HX, Yang JY, Li XS, 1998. Studies on chemical constituents of *Sonchus arvensis* L. *Northwest Pharmaceutical Journal*, 13(3): 108. [冯锁民, 鲁会侠, 杨金玉, 李新生, 1998. 苜蓿菜化学成分研究. 西北药学杂志, 13(3): 108.]
- Ge F, 1998. The principles and methods of ecological regulation and management of pests. *Chinese Journal of Ecology*, 17(2): 38–42. [戈峰, 1998. 害虫生态调控的原理与方法. 生态学杂志, 17(2): 38–42.]
- Ge F, 2001. The principles, methods and practices of regional ecological regulation and management of pests. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 38(5): 337–341. [戈峰, 2001. 害虫区域性生态调控的理论、方法及实践. 应用昆虫学报, 38(5): 337–341.]
- Ge F, Ouyang F, Men XY, 2017. Ecological effects of regional agricultural landscape on insects and prospects. *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences*, 32(8): 830–835. [戈峰, 欧阳芳, 门兴元, 2017. 区域性农田景观对昆虫的生态学效应与展望. 中国科学院院刊, 32(8): 830–835.]
- Gurr GM, Lu ZX, Zheng XS, Xu HX, Zhu PY, Chen GH, Yao XM, Cheng JA, Zhu ZR, Catindig JL, Villareal S, Chien HV, Cuong LQ, Channoo C, Chengwattana N, Lan LP, Hai LH, Chaiwong J, Nicol HI, Perovic DJ, Wratten SD, Heong KL, 2016. Multi-country evidence that crop diversification promotes ecological intensification of agriculture. *Nature Plants*, 2(3): 16014.
- Hogg BN, Bugg RL, Daane KM, 2011. Attractiveness of common insectary and harvestable floral resources to beneficial insects. *Biological Control*, 56(1): 76–84.
- Hooper SN, Chandler RF, Lewis E, 1982. Simultaneous determination of *Sonchus arvensis* L. triterpenes by gas chromatography-massspectrometry. *Lipids*, 17(1): 60.
- Hua S, Hua SF, 2005. Feeding fur bearing animal with *Sonchus arvensis* L. *Special Economic Animal and Plant*, 8(6): 4. [华盛, 华树芳, 2005. 应用苜蓿菜饲喂毛皮兽试验. 特种经济动植物, 8(6): 4.]
- Jervis MA, Kidd NAC, Fitton MG, 1993. Flower-visiting by hymenopteran parasitoids. *Journal of Natural History*, 27(1): 67–105.
- Jia SP, 2005. Processing technology of *Sonchus arvensis* L. *China Rural Science & Technology*, (10): 16–17. [贾生平, 2005. 苜蓿菜的加工技术. 中国农村科技, (10): 16–17.]
- Landis DA, Wratten SD, Gurr GM, 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*, 45(1): 175–201.
- Li CG, Qu GR, Niu HY, Dong CX, Zhu Y, 2005. Synthesis and characterization of N-3-phenyl-acryloyl amino-acids. *Journal of Henan Normal University (Natural Science)*, 33(2): 128–129, 132. [李长恭, 渠桂荣, 牛红英, 董彩霞, 祝勇, 2005. 苜蓿菜的挥发油成分分析. 河南师范大学学报(自然科学版), 33(2): 128–129, 132.]
- Long FL, Chen MH, 2017. The pharmaceutical profile of the *Sonchus* genus. *Industrial & Science Tribun*, 16(8): 80–82. [龙凤来, 陈美红, 2017. 苦苜蓿属植物的药学概况. 产业与科技论坛, 16(8): 80–82.]
- Luo X, Dai Q, Yang XY, Huang XG, Wang XG, Wang YK, 2018. Investigation of the standards of *Herba Patriniae* and its confusable species. *Drug Standards of China*, 19(5): 330–335. [罗霄, 代琪, 杨小艳, 黄晓刚, 王永康, 2018. 败酱草与混淆品种标准研究. 中国药品标准, 19(5): 330–335.]
- Ma P, Liu ZM, Zhou MF, 2014. Response surface methodology for optimizing extraction of polysaccharides from *Sonchus arvensis* L. *China Food Additives*, (6): 77–81. [马萍, 刘志明, 周明芬, 2014. 响应面法优化苜蓿菜多糖提取工艺的研究. 中国食品添加剂, (6): 77–81.]
- Men XY, Ge F, Edwards CA, Yardim EN, 2005. The influence of pesticide applications on *Helicoverpa armigera* Hubner and sucking pests in transgenic Bt cotton and non-transgenic cotton in China. *Crop Protection*, 24(4): 319–324.
- Men XY, Ge F, Liu XH, Yardim EN, 2003. Diversity of arthropod communities in transgenic Bt cotton and nontransgenic cotton agroecosystems. *Environmental Entomology* 32(2): 270–275.
- Ning ZL, 2011. Effect of compound extract of *Sonchus arvensis* L. on performance of broilers. *Feed Research*, (6): 47–49. [宁志利, 2011. 苜蓿菜复合提取物对肉仔鸡生产性能的影响. 饲料研究, (6): 47–49.]
- Ouyang F, Men XY, Guan XM, Xiao YL, Ge F, 2016. Ecological effect of regional agricultural landscape pattern on wheat aphids and their natural enemies. *Chinese Bulletin of Life Sciences*, 46(1): 139–150. [欧阳芳, 门兴元, 关秀敏, 肖云丽, 戈峰, 2016. 区域性农田景观格局对麦蚜及其天敌种群的生态学效应. 中国科学: 生命科学, 46(1): 139–150.]
- Qiao CY, Liu N, 2008. Analysis on chemical constituents of volatile oil from *Sonchus arvensis* L. by GC-MS. *Journal of Northeast*

- Agricultural University*, 39(6):112–114. [乔春燕, 刘宁, 2008. 苜蓿菜挥发油化学成分的 GC-MS 分析. 东北农业大学学报, 39(6): 112–114.]
- Qu GR, Liu J, Wang SX, Wu LJ, Li X, 1995. Studies on flavonol glycosides of *Sonchus oleraceus* L. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, (5): 233–235. [渠桂荣, 刘建, 李新新, 王素贤, 吴立军, 李锐, 1995. 裂叶苜蓿菜黄酮成分的研究. 中草药, (5): 233–235.]
- Qu GR, Wang SX, Wu LJ, Li X, 1993. Studies on chemical constituents of *Sonchus oleraceus* L. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 18(2): 412. [渠桂荣, 王素贤, 吴立军, 李锐, 1993. 裂叶苜蓿菜的化学成分研究. 中国中药杂志, 18(2): 412.]
- Sun QZ, Zhao SF, Yu Z, Tao Y, Han CY, 2009. Biological characteristics and nutritional content of *Sonchus oleraceus* L. *Pratacultural Science*, 26(12): 42–45. [孙启忠, 赵淑芬, 玉柱, 陶雅, 韩春燕, 2009. 苜蓿菜生物学特性与营养成分. 草业科学, 26(12): 42–45.]
- Wang QX, Yang ZB, Yang YX, Sun BW, Zhang C, Zhu XM, 2018. Tolerance characteristics of *Sonchus oleraceus* L. on cadmium. Proceedings of the 2018 7th International Conference on Energy and Environmental Protection (ICEEP 2018). Shenzhen, China. 2018. 1630–1635.
- Xia ZX, Liang JY, 2010. Steroids and phenols from *Sonchus oleraceus*. *Chinese Journal of Natural Medicines*, 8(4): 267–269.
- Xu FM, Wen FF, Li PJ, Zhang RQ, 2000. *Sonchus oleraceus* L. combined therapy for 50 cases of severe jaundice hepatitis. *Chinese Journal of Integrated Traditional and Western Medicine on Liver Diseases*, 10(1): 39–40. [徐凤敏, 温飞飞, 李军平, 张瑞钦. 苜蓿菜加综合疗法治疗重度黄疸型肝炎 50 例. 中西医结合肝病杂志, 10(1): 39–40.]
- Xu WL, 1983. Nectar and Pollen Plants of China. Harbin: Heilongjiang Science and Technology Press. 346. [徐万林, 1983. 中国蜜粉源植物. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社. 346.]
- Xu YJ, Sun SB, Sun LM, Qiu DF, Liu XJ, Jiang ZB, Yuan CS, 2008. Quinic acid esters and sesquiterpenes from *Sonchus oleraceus*. *Food Chemistry*, 111(1): 92–97.
- Yang QF, Ouyang F, Men XY, Ge F, 2018. Discovery and utilization of a beneficial plant, rich in the natural enemies of insect pests, in northern China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 55(5): 942–947. [杨泉峰, 欧阳芳, 门兴元, 戈峰, 2018. 北方富含天敌的功能植物的发现与应用. 应用昆虫学报, 55(5): 942–947.]
- Yao YX, 2003. Analysis of the nutritional components of *Sonchus brachyotus* DC. and *Allium macrostemon* Bunge. *Acta Nutrimenta Sinica*, (2): 173–174. [姚玉霞, 2003. 苜蓿菜、小根蒜营养成分分析. 营养学报, 25(2): 173–174.]
- Zhao J, Li XL, Xu YY, Wang S, 2014. Effects of overwintering aggregation behavior on energy metabolism in *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Environmental Entomology*, 36(6): 879–883. [赵静, 李晓莉, 许永玉, 王甦, 2014. 异色瓢虫越冬聚集行为对其能量代谢的影响. 环境昆虫学报, 36(6): 879–883.]
- Zhang HM, Qu GR, Wu LJ, Li X, 1997. Research progress of *Sonchus oleraceus* L. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, (11): 691–693. [张洪民, 渠桂荣, 吴立军, 李锐, 1997. 裂叶苜蓿菜的研究进展. 中草药, (11): 691–693.]
- Zhang RZ, Liang HB, Tian CY, Zhang GX, 1999. The biological mechanism of controlling cotton aphid by using the edge of cotton field. *Chinese Science Bulletin*, 44(20): 2175–2178. [张润志, 梁宏斌, 田长彦, 张广学, 1999. 利用棉田边缘苜蓿带控制棉蚜的生物学机理. 科学通报, 44(20): 2175–2178.]
- Zhao ZH, Hui C, Ouyang F, 2013. Effects of inter-annual landscape change on interactions between cereal aphids and their natural enemies. *Basic and Applied Ecology*, 14(6): 472–479.
- Zhao ZH, Ouyang F, Men XY, Liu JH, He DH, Ge F, 2013. Habitat management in biological control. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(4): 879–889. [赵紫华, 欧阳芳, 门兴元, 刘军和, 贺达汉, 戈峰, 2013. 生境管理——保护性生物防治的发展方向. 应用昆虫学报, 50(4): 879–889.]
- Zhu CX, Liu XJ, Lin SJ, Wang XP, 2018. Determination of volatile oil components in three species of *Sonchus* by GC-MS. *Journal of Shaanxi University of Chinese Medicine*, 41(3): 65–70, 74. [朱晨曦, 刘西京, 林素静, 王祥培, 2018. 气质联用测定苜蓿菜属三种植物的挥发油成分. 陕西中医药大学学报, 41(3): 65–70, 74.]
- Zhu PY, 2012. Ecological functions of flowering plants in enhancing biological control of key natural enemies on rice planthopper. Master dissertation. Zhejiang: Zhejiang Normal University. [朱平阳, 2012. 显花植物对稻飞虱卵期主要天敌的生态功能. 硕士学位论文. 浙江: 浙江师范大学.]