



阿尔孜姑丽·肉孜, 丁新华, 吐尔逊·阿合买提, 虞国跃, 付开赞, 何江, 阿地力·沙塔尔, 郭文超. 新疆农田系统瓢虫资源调查与多样性研究 [J]. 环境昆虫学报, 2021, 43 (2): 292–304.

## 新疆农田系统瓢虫资源调查与多样性研究

阿尔孜姑丽·肉孜<sup>1,2</sup>, 丁新华<sup>2</sup>, 吐尔逊·阿合买提<sup>2</sup>, 虞国跃<sup>3</sup>,  
付开赞<sup>2</sup>, 何江<sup>2</sup>, 阿地力·沙塔尔<sup>1\*</sup>, 郭文超<sup>4\*</sup>

(1. 新疆农业大学林学与园艺学院, 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆农业科学院植物保护研究所/农业农村部西北荒漠绿洲作物有害生物综合治理重点实验室, 乌鲁木齐 830091; 3. 北京市农林科学院植物保护环境保护研究所, 北京 100097; 4. 新疆农业科学院微生物应用研究所/新疆特殊环境微生物重点实验室, 乌鲁木齐 830091)

**摘要:** 为全面了解新疆农田系统瓢虫资源组成以及多样性结构差异, 本研究采用网捕法于 2018 年、2019 年连续两年对新疆 11 个地州 50 个县/市/区 15 种农作物生境的 406 个采集点开展了瓢虫资源系统调查。结果表明: 共获 7 001 号瓢虫标本, 隶属 3 亚科 13 属 26 种, 其中多异瓢虫 *Hippodamia variegata* 为绝对优势种类, 其个体数量占比达 55.11%, 深点食螨瓢虫 *Stethorus punctillum*、龟纹瓢虫 *Propylea japonica* 等 10 种为常见种; 不同生境瓢虫群落多样性分析显示, 苜蓿田和麦田的丰富度指数 (5.598150、7.546581)、多样性指数 (0.874884、0.708508)、均匀度指数 (0.661678、0.544575) 都较高, 但优势度指数则分别仅为 0.224261、0.342884; 大豆田和西瓜田的多样性指数、丰富度指数以及均匀度指数均显著低于其他生境类型 ( $P < 0.05$ ), 但优势度指数远高于其他生境, 为 0.663091、0.658502, 可见苜蓿田、麦田等生境瓢虫物种数和个体数量丰富, 且分布均匀, 而大豆田和西瓜田种类相对贫乏, 且分布不均匀; 不同地州的瓢虫群落多样性分析显示, 伊犁州的丰富度指数 (7.363638)、多样性指数 (0.970345)、均匀度指数 (0.712583) 都较高, 但优势度指数仅为 0.135821; 阿克苏地区的多样性指数、丰富度指数以及均匀度指数都显著低于其他地州, 但优势度指数远高于其他地州, 为 0.663477, 可见伊犁州的瓢虫物种数和个体数量丰富, 且分布均匀, 而阿克苏地区种类相对贫乏, 且分布不均匀; 不同海拔带瓢虫群落多样性分析则显示, 300 m ~ 1 300 m 海拔区间农田瓢虫群落多样性指数和丰富度指数显著高于其它海拔区间, 且低海拔 (–130 m ~ 300 m) 或高海拔 (1 600 m ~ 2 800 m) 区间的瓢虫群落丰富度和多样性指数较低, 但优势度较高, 这表明 300 m ~ 1 300 m 海拔区间内瓢虫种类比较丰富, 而在低海拔或高海拔区间农田生境内的瓢虫物种贫乏, 个体数量也比较少。本研究基本明确了新疆农田系统瓢虫资源组成及多样性, 揭示了其生态系统和生物多样性保护中的重要价值, 同时为生物防治提供了丰富捕食性天敌瓢虫资源。

**关键词:** 瓢虫资源; 新疆; 优势种; 农田系统; 群落多样性

中图分类号: Q968.1; S476

文献标识码: A

文章编号: 1674–0858 (2021) 02–0292–13

## Investigation and diversity of ladybug resources of farmland system in Xinjiang

Arzigul · ROUZI<sup>1,2</sup>, DING Xin-Hua<sup>2</sup>, Tursun · AHMAT<sup>2</sup>, YU Guo-Yue<sup>3</sup>, FU Kai-Yun<sup>2</sup>, HE Jiang<sup>2</sup>,  
Adili · SATAR<sup>1\*</sup>, GUO Wen-Chao<sup>4\*</sup> (1. College of Forestry and Horticulture Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 2. Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crop in

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2017YFD0201000, 2017YFD0201800)

作者简介: 阿尔孜姑丽·肉孜, 女, 1993 年生, 新疆喀什人, 硕士研究生, 研究方向为林业有害生物防治, E-mail: 726550268@qq.com

\* 通讯作者 Author for correspondence: 阿地力·沙塔尔, 博士, 教授, 研究方向为森林保护, E-mail: adl1968@126.com; 郭文超, 博士, 研究员, 研究方向为农林害虫综合治理, E-mail: gwc1966@163.com

收稿日期 Received: 2020–03–09; 接受日期 Accepted: 2020–04–21

Northwestern Oasis/Institute of Plant Protection, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China; 3. Institute of Plant and Environment Protection Beijing Academy of Agricultural and Forestry Science, Beijing 100097, China; 4. Institute of Applied Microbiology, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences/Xinjiang Key Laboratory of Special Environmental Microbiology, Urumqi 830091, China)

**Abstract:** In order to fully understand the composition and diversity of ladybug resources in Xinjiang farmland system, a systematic survey of ladybug resources was conducted at 406 collection points of 15 crop habitats in 50 countries/cities/districts in 11 prefectures in 2018 and 2019 by using the net capture method. The results showed that 7 001 ladybug specimens were collected, belonging to 26 species of 13 genera in 3 subfamilies. Among them, *Hippodamia variegata* was the dominant species, with the individual number up to 55.11%, *Stethorus punctillum*, *Propylea japonica* and 10 others were common species. The diversity analysis of ladybug communities in different habitats showed that the richness index (5.598150, 7.546581), diversity index (0.874884, 0.708508) and evenness index (0.661678, 0.544575) of alfalfa and wheat fields were all higher, but the dominance index was only 0.224261 and 0.342884 respectively. Diversity index, richness index and evenness index in soybean fields and watermelon field were significantly lower than those of other habitat types ( $P < 0.05$ ), but the dominance index was much higher than other habitat, only 0.663091 and 0.658502 respectively, it could be seen that alfalfa field, wheat field were rich in ladybug species and distributed even, while soybean fields and watermelon fields were relatively poor in ladybug species, and distributed uneven. Diversity analysis of ladybug communities in different regions showed that the richness index (7.363638), diversity index (0.970345) and evenness index (0.712583) in Yili were the highest, but the dominance index was only 0.135821. The diversity index, richness index and evenness index of Aksu region were significantly lower than those of other prefectures, but the dominance index was much higher than that of other prefectures (0.663477). It could be seen that the number of species and individuals of ladybug in Yili prefecture was the most abundant and distributed even, while the species in Aksu region was relatively scant and distributed uneven. In different elevations ladybug community diversity analysis indicates that diversity index and richness index of farmland ladybug community at 300 m ~ 1 300 m above sea level were significantly higher than that of elevations, and the richness and diversity index of the beetles community at low altitude (-130 m ~ 300 m) or high altitude (1 600 m ~ 2 800 m) were low, but the dominance index was higher, which indicates that ladybug species within 300 m ~ 1 300 m above sea level was more abundant, but the ladybug species and individuals in the lowest or highest elevations relatively poor. This study basically clarified the composition and diversity of ladybug resources in Xinjiang farmland system, which has important value in ecosystem and biodiversity conservation, and providing rich predatory natural enemy ladybug resources for biological control.

**Key words:** Ladybug resources; Xinjiang; dominant species; farmland system; community diversity

瓢虫是瓢虫科 Coccinellidae 昆虫的统称, 属鞘翅目 Coleoptera, 其广布于世界各地, 目前全世界已知种类 6 000 多种 (Magro, 2010), 而我国是世界上瓢虫资源最为丰富的国家之一, 已知 725 种, 其中约 5/6 种类作为蚜虫、蚧壳虫、螨类等有害生物的掠食者, 对于我国农林业主要害虫起着重要的自然控制作用 (庞虹等, 2010)。

在瓢虫资源多样性研究领域, 国外起步较早,

且已开展了大量相关研究, 研究成果较为系统 (Gordon, 1985; Ellis *et al.*, 2001), 例如, 1968 年北海道大学科学考察队从尼泊尔中部到喜马拉雅地区发现 46 种瓢虫 (Miyatake, 1985)。2001 年在巴基斯坦奇特拉地区捕食性瓢虫进行了广泛调查 (Inamullah *et al.*, 2007)。我国也开展了很多相关研究, 如, 李国锋等对四川南充市郊 4 种生境的瓢虫种群结构及多样性进行了抽样调查 (李国锋

和王慧, 2005)。姜双林等研究报道了陇东地区 5 种生境瓢虫群落多样性 (姜双林等, 2006)。刘德波等调查报道了黔东南州高黎贡山百花岭垂直带瓢虫群落结构及物种多样性 (刘德波等, 2011)。这些研究对我国个别区域的少数几种生境系统瓢虫群落多样性分析, 显示出瓢虫群落多样性受到生境类型和环境因素的影响。

新疆地理环境显著有别于我国内地省份, 植物类型多样, 独特的气候条件造就了新疆特有的生态多样性, 同时也蕴藏着极其丰富而又独特的天敌昆虫资源 (郭文超等, 2016), 尤其是适应西北荒漠绿洲干旱、高温、多风沙等极端环境的天敌瓢虫资源, 这些天敌瓢虫的研究和开发不仅是新疆生物防治的重要资源, 也是我国天敌昆虫资源的重要组成部分。为此, 有学者开展了部分研究, 如对阿克苏地区棉花田 (李进步等, 2005)、喀什地区莎车县棉田 (李号宾, 2007)、北疆棉田 (阿力甫·那思尔等, 2015) 以及新疆麦田 (虞国跃和梁宏斌, 1998; 吴卫等, 2007) 等地的瓢虫资源进行了初步研究报道。上述已有研究虽在一定程度上开展了相关调查工作, 但缺乏全面性、系统性, 对目前新疆这一特殊生态区域内瓢虫天敌资源尤其是常见农田生态系统的分布组成现状等

仍存在本底不清的突出问题。有鉴于此, 本研究通过系统调查新疆 11 个地州 50 个县/市/区 15 种主要农田作物生境的瓢虫种类及其个体数量, 旨在探明新疆农田系统瓢虫群落的结构组成, 明确瓢虫群落多样性与生境、区域、海拔之间的变化关系, 以期新疆农田瓢虫资源的进一步研究和保护利用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 调查点设计

2018 年 5 月下旬 – 2019 年 9 月上旬期间, 本研究通过新疆 11 个地州 50 个县/市/区中调查了 15 种主要农田作物生境里的瓢虫资源。调查点选择单一作物农田。综合考虑田间非作物生境和周围相邻的其他生境对目标田 (所要调查的作物田生境) 的影响, 每目标田从 4 方田埂往田中心 3 m 宽度的地块当作为隔离带, 要在隔离带内设置调查点进行调查。每种农作物生境至少设 5 个单次调查点, 一共 406 个单次调查点 (因在新疆各农作物种植面积大小不同, 本文所调查的每种农作物生境内的调查点总数也不相同), 两个调查点之间距离至少 1 km 以上。各调查点信息详见表 1 和图 1。

表 1 新疆农田系统瓢虫资源调查主要农作物生境情况  
Table 1 Investigation on ladybird resources of farmland system in Xinjiang

| 序号<br>No. | 作物生境<br>Crop habitats | 调查点数<br>Number of<br>survey points | 分布地州<br>Distribution state                                                                                                                                                                                       | 调查时期<br>Survey of time                   | 生境特点<br>Habitat characteristics                                                                                                                                |
|-----------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 麦田<br>Wheat field     | 65                                 | 阿勒泰地区、博州、昌吉州、喀什地区、乌鲁木齐市、伊犁州<br>Altay Prefecture, Bayingol Prefecture, Changji Prefecture, Kashgar Prefecture, Urumqi, Yili Prefecture                                                                            | 5 月中旬至 7 月下旬<br>Mid May to late July     | 普通管理的麦田, 拔节期、抽穗期以及扬花期等三个阶段的小麦, 单作物农田<br>Wheat field under general management, wheat at jointing stage, heading stage and flowering stage, single crop farmland |
| 2         | 棉花田<br>Cotton field   | 68                                 | 阿克苏地区、巴音郭楞州、博州、昌吉州、和田地区、喀什地区、塔城地区、吐鲁番市、伊犁州<br>Aksu Prefecture, Bayingol Prefecture, Bortala Prefecture, Changji Prefecture, Hotan Prefecture, Kashgar Prefecture, Tarbagatay Prefecture, Turpan, Yili Prefecture | 6 月下旬至 8 月下旬<br>Late June to late August | 普通管理的棉花田, 蕾期和花铃期阶段的棉花, 棉花田中无杂草, 单作物农田<br>Cotton field under general management, cotton in bud and boll stage, no weeds in cotton field, single crop farmland   |

续表 1 Continued table 1

| 序号<br>No. | 作物生境<br>Crop habitats   | 调查点数<br>Number of<br>survey points | 分布地州<br>Distribution state                                                                                                                                                                                                                             | 调查时期<br>Survey of time                                                     | 生境特点<br>Habitat characteristics                                                                                                                                                                                                    |
|-----------|-------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3         | 苜蓿田<br>Alfalfa field    | 64                                 | 阿克苏地区、阿勒泰地区、巴音郭楞州、昌吉州、和田地区、喀什地区、塔城地区、吐鲁番市、乌鲁木齐市、伊犁州<br>Aksu Prefecture, Altay Prefecture, Bayingol Prefecture, Changji Prefecture, Hotan Prefecture, Kashgar Prefecture, Tarbagatay Prefecture, Turpan, Urumqi, Yili Prefecture                        | 5 月下旬、6 月上旬、6 月下旬至 8 月下旬<br>Late May, early June, late June to late August | 普通管理的苜蓿田, 子叶凋落期和始花期的阶段苜蓿, 田中具有蒲公英、黎等杂草, 单作物农田<br>Alfalfa field under general management, alfalfa in the period of cotyledon withering and initial flowering, with dandelion, Li and other weeds in the field, single crop farmland |
| 4         | 玉米田<br>Corn field       | 107                                | 阿克苏地区、阿勒泰地区、巴音郭楞州、博州、昌吉州、和田地区、喀什地区、塔城地区、吐鲁番市、乌鲁木齐市、伊犁州<br>Aksu Prefecture, Altay Prefecture, Bayingol Prefecture, Bortala Prefecture, Changji Prefecture, Hotan Prefecture, Kashgar Prefecture, Tarbagatay Prefecture, Turpan, Urumqi, Yili Prefecture | 5 月下旬至 9 月上旬<br>Late May to early September                                | 普通管理的玉米田, 小喇叭口期、大喇叭口期、抽雄期以及开花期等阶段的玉米田中几乎无长出杂草, 单作物农田<br>Corn field under general management, such as small bellmouth stage, big bellmouth stage, tassel stage and flowering stage                                                  |
| 5         | 水稻田<br>Rice field       | 8                                  | 阿克苏地区、伊犁州<br>Aksu Prefecture, Yili Prefecture                                                                                                                                                                                                          | 7 月上旬至中旬<br>Early to mid July                                              | 普通管理的水稻田, 秧苗分蘖期和幼穗发育期阶段的水稻, 单作物农田<br>Rice field under general management, rice at tillering stage and young ear development stage, single crop farmland                                                                            |
| 6         | 甜瓜田<br>Melon field      | 10                                 | 喀什地区、吐鲁番市、乌鲁木齐市<br>Kashgar Prefecture, Turpan, Urumqi                                                                                                                                                                                                  | 6 月下旬、8 月上旬<br>Late June and early August                                  | 普通管理的甜瓜田, 伸蔓期和结果期阶段的甜瓜, 单作物农田<br>Melon field under general management, melon field with single crop at vine extension and fruiting stage                                                                                           |
| 7         | 西瓜田<br>Watermelon field | 18                                 | 阿克苏地区、阿勒泰地区、博州、昌吉州、喀什地区、塔城地区<br>Aksu Prefecture, Altay Prefecture, Bortala Prefecture, Changji Prefecture, Kashgar Prefecture, Tarbagatay Prefecture                                                                                                   | 6 月下旬至 8 月中旬<br>Late June to mid-August                                    | 普通管理的西瓜田, 伸蔓期和结果期阶段的西瓜, 单作物农田<br>Watermelon field under general management, watermelon at the stage of spreading and bearing, single crop farmland                                                                                 |
| 8         | 大豆田<br>Soybean field    | 13                                 | 阿勒泰地区、喀什地区、伊犁州<br>Altay Prefecture, Kashgar Prefecture, Yili Prefecture                                                                                                                                                                                | 6 月下旬、7 月上旬、7 月下旬<br>Late June, early July and late July                   | 普通管理的大豆田, 生长期阶段的大豆, 单作物农田<br>General management soybean field, growth stage soybean, single crop farmland                                                                                                                          |

续表 1 Continued table 1

| 序号<br>No. | 作物生境<br>Crop habitats   | 调查点数<br>Number of<br>survey points | 分布地州<br>Distribution state                                                                                                                                     | 调查时期<br>Survey of time                                                      | 生境特点<br>Habitat characteristics                                                                                                                                  |
|-----------|-------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9         | 花生田<br>Peanut field     | 5                                  | 塔城地区、吐鲁番市、伊犁州<br>Tarbagatay Prefecture, Turpan,<br>Yili Prefecture                                                                                             | 7 月上旬、8 月上旬<br>Early July and<br>early August                               | 普通管理的花生田，生长期阶段的花生，田中无杂草，打理得很干净，单作物农田<br>Peanut field under general management, peanut at growth stage, no weeds in the field, well managed, single crop farmland |
| 10        | 油菜田<br>Rape field       | 5                                  | 伊犁州、阿勒泰地区、博州<br>Yili Prefecture, Altay Prefecture,<br>Bortala Prefecture                                                                                       | 7 月上旬至中旬、8 月中旬<br>Early to mid-July<br>and mid-August                       | 普通管理的油菜田，薹期阶段的油菜，单作物农田<br>Rape field under general management, rape at bolting stage, single crop farmland                                                       |
| 11        | 向日葵田<br>Sunflower field | 5                                  | 阿勒泰地区、博州、伊犁州<br>Altay Prefecture, Bortala<br>Prefecture, Yili Prefecture                                                                                       | 7 月中旬至下旬<br>Mid to late July                                                | 普通管理的向日葵田，现蕾期和开花期阶段的向日葵，单作物农田<br>Sunflower field under general management, sunflower at budding stage and flowering stage, single crop farmland                  |
| 12        | 马铃薯田<br>Potato field    | 14                                 | 阿勒泰地区、昌吉州、喀什地区、伊犁州<br>Altay Prefecture, Changji<br>Prefecture, Kashgar<br>Prefecture, Yili Prefecture                                                          | 5 月下旬、6 月下旬、7 月上旬、7 月下旬<br>Late May, late<br>June, early July,<br>late July | 普通管理的马铃薯田，生长期阶段的马铃薯，单作物农田<br>Potato field under general management, potato at growth stage, single crop field                                                    |
| 13        | 甜菜田<br>Beet field       | 9                                  | 巴音郭楞州、博州、昌吉州、喀什地区、塔城地区、伊犁州<br>Bayingol Prefecture, Bortala<br>Prefecture, Changji Prefecture,<br>Kashgar Prefecture, Tarbagatay<br>Prefecture, Yili Prefecture | 5 月下旬、6 月下旬、7 月中旬、8 月中旬<br>Late May, late<br>June, mid July,<br>mid-August  | 普通管理的甜菜田，糖分增长长期阶段的甜菜，单作物农田<br>Sugar beet field under general management, sugar beet at the stage of sugar growth, single crop farmland                           |
| 14        | 胡萝卜田<br>Carrot field    | 5                                  | 喀什地区、伊犁州<br>Kashgar Prefecture, Yili<br>Prefecture                                                                                                             | 6 月下旬、7 月上旬<br>Late June and<br>early July                                  | 普通管理的胡萝卜田，叶生长盛期阶段的胡萝卜，单作物农田<br>Carrot fields under general management, carrots at the stage of leaf growth, single crop farmland                                 |
| 15        | 葫芦瓜田<br>Gourd field     | 10                                 | 巴音郭楞州、昌吉州、塔城地区、伊犁州<br>Bayingol Prefecture, Changji<br>Prefecture, Tarbagatay Prefecture,<br>Yili Prefecture                                                    | 6 月下旬、7 月上旬、8 月中旬<br>Late June, early<br>July and mid<br>August             | 普通管理的葫芦瓜田，蒴果期阶段的葫芦瓜，田中少有藜等杂草，单作物农田<br>Gourd field under common management, gourd at the stage of pugua stage, with few weeds such as Li, single crop farmland    |

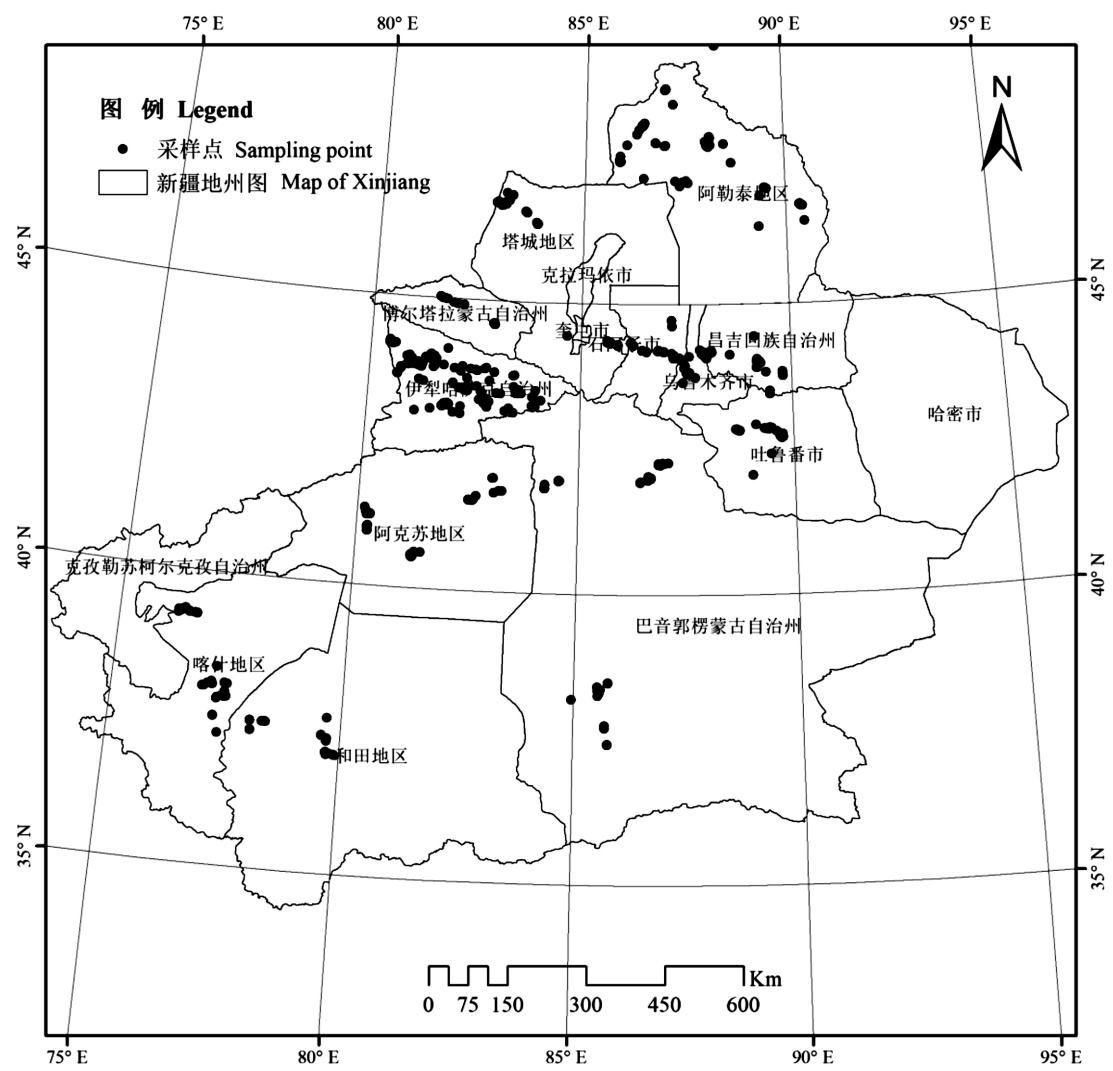


图 1 新疆农田系统瓢虫资源调查点分布图

Fig. 1 Distribution map of survey spots of ladybug resources of farmland system in Xinjiang

1.2 标本采集与鉴定方法

本试验采用扫网法收集瓢虫标本，为了方便多种不同高度的作物上扫网，选择最广泛使用的直径为 38 cm、杆长为 150 cm 的捕虫网扫铺，对于玉米和向日葵等高杆型农作物生境上，尽可能地从下向上或斜向上的手法扫网，速度稍快并用点力道，沿着植株连续扫 100 复网，将玉米杆上的瓢虫扫落网内（王兴民等，2014）；对于其他 13 种矮杆型和中杆型农作物生境上，以捕虫网网口面与地成 30°~60°角快速横刮，往返 1 次为一复网，每个调查点连续扫 100 复网。调查后，将采回的瓢虫样品分装于 70% 酒精的离心管内，记录相关采样信息，将其带回实验室借助双目式体视显微镜在（Nikon SMZ 745T）下仔细观察瓢虫的外形、鞘翅斑纹以及外生殖器特征，依据相关文献与论著（刘崇乐，1963；虞国跃，2008；任

顺祥，2009；虞国跃，2010；胡胜昌等，2011；Li *et al.*，2016）进行形态学描述，并寄至我国瓢虫分类专家虞国跃研究员完成鉴定。

1.3 数据处理与分析

1.3.1 优势种的确定

新疆农田系统优势种瓢虫依据其所占百分比确定：>10% 为优势种，1%~10% 为常见种，<1% 为稀有种（王宗英等，1996；徐正会等，1999）。

1.3.2 多样性指标

本文试验利用 Microsoft Office Excel 2010 对新疆农田系统中调查的瓢虫数量数据进行统计分析和完成绘图；为避免每样方（生境、地州、海拔区间）的调查点总数不一致而产生的调查取样强度差异对多样性分析结果的影响，本文在群落多样性分析过程中具体先求取每样方的物种个体平

均值进行计算,再采用 Shannon - Wiener 多样性指数 ( $H'$ ) 公式、Pielou 均匀度 ( $J'$ ) 公式、Margalef 丰富度 ( $D$ ) 公式及 Simpson 优势度 ( $C$ ) 公式来计算瓢虫群落的多样性、均匀度、丰富度和优势度 (陈廷贵和张金屯,1999)。具体计算公式为:

$$\textcircled{1} \text{ 个体平均值数 } (Ni') \quad (1)$$

$$Ni' = Ni/Sp$$

$$\textcircled{2} \text{ Pielou 指数 } (J')$$

$$J' = H'/H'_{\max} = [-\sum Pi \log Pi]/\log S \quad (2)$$

$$\textcircled{3} \text{ Shannon - Wiener 指数 } (H')$$

$$H' = -\sum Pi \log Pi \quad (3)$$

$$\textcircled{4} \text{ Margalef 指数 } (D)$$

$$D = (S - 1) / \ln N \quad (4)$$

$$\textcircled{5} \text{ Simpson 指数 } (C)$$

$$C = \sum (Pi)^2 \quad (5)$$

式中,  $Ni'$  是每样方物种  $i$  的个体数总和 ( $Ni$ ) 除以总调查点个数 ( $Sp$ ),  $Pi$  是一个个体属于其中某类 ( $As$ ) 的概率, 通常用  $Ni'/N$  ( $Ni'$  为  $As$  类的个体平均数,  $N$  为样方内物种的个体平均数总和) 来近似地表示;  $S$  为总物种数量;  $\ln$  为自然对数, 底数 2.7182838。

### 1.3.3 调查点分布图的制作

将调查点的地理分布数据导入 ArcMap 10.2.2 软件, 制作新疆农田系统瓢虫资源调查分布图。

## 2 结果与分析

### 2.1 新疆主要农田系统瓢虫资源组成

新疆主要农田作物生境系统中瓢虫资源的组成由表 2 可看出, 本次调查共获得瓢虫标本 7 001 号, 经鉴定, 隶属瓢虫科 3 个亚科 6 族 13 属 26 种。就物种组成方面, 瓢虫亚科 Coccinellinae 种类最多, 为 19 种, 占总种类数的 73.07%; 其次依次为小毛瓢虫亚科 Scymninae (4 种) 和盔唇瓢虫亚科 Chillocorinae (3 种), 占总物种数的比例依次为 15.39%、11.54%。从瓢虫的食性来看, 捕食性瓢虫种类和数量最多 (24 种, 6 902 头), 菌食性瓢虫最少 (1 种, 61 头), 植食性瓢虫最少 (1 种, 38 头)。

瓢虫个体数量组成来看, 多异瓢虫 *Hippodamia variegata* 占绝对优势, 占总个体数量的 55.11%, 方斑瓢虫 *Propylea quatuordecimpunctata* 次之, 占 10.86%, 深点食螨瓢虫 *Stethorus stethorus*

*punctillum* 和龟纹瓢虫 *Propylea japonica* 则依次各占 6.87%、5.8%, 上述 4 种瓢虫个体数总占比例 78.63%, 其余 22 种瓢虫个体数占总数的仅是 21.37%。综上可见, 多异瓢虫和方斑瓢虫为新疆农田系统的优势种类, 深点食螨瓢虫、龟纹瓢虫、二星瓢虫 *Adalia bipunctata*、七星瓢虫 *Coccinella septempunctata*、横斑瓢虫 *Coccinella transversoguttata*、菱斑巧瓢虫 *Oenopia conglobata*、十三星瓢虫 *Hippodamia tredecimpunctata*、双七星瓢虫 *Coccinula quatuordecimpustulata*、异色瓢虫 *Harmonia axyridis*、十一星瓢虫 *Coccinella undecimpunctata* 等 10 种为常见种类, 余下的二十二星菌瓢虫 *Psyllobora vigintiduopunctata*、中国双七星瓢虫 *Coccinula sinensis* 等在内的 14 种为稀见种。

### 2.2 不同生境间瓢虫群落物种多样性的比较

新疆农田系统的 15 种主要作物生境中瓢虫群落物种多样性特征指数详见表 3。丰富度指数由麦田 (7.546581) > 玉米田 (7.007879) > 苜蓿田 (5.598150) > 棉花田 (4.379833) > 水稻田 (4.038361) > 向日葵田 (3.802039) > 西瓜田 (3.597758) > 大豆田 (3.509945) > 花生田 (3.374720) > 葫芦瓜田 (3.323715) > 甜菜田 (3.168145) > 甜瓜田 (3.094931) > 油菜田 (3.024672) > 马铃薯田 (2.765239) > 胡萝卜田 (2.368938) 依次递减, 且以麦田瓢虫群落丰富度最高, 为 7.546581, 胡萝卜田最低, 为 2.368938; 多样性指数方面, 苜蓿田瓢虫群落多样性最高, 为 0.874884, 玉米田和水稻田其次, 棉花田瓢虫群落最低, 为 0.366285; 均匀度指数方面, 则是水稻田和向日葵田瓢虫群落较高, 依次为 0.791652、0.748711; 优势度指数由棉花田 > 大豆田 > 西瓜田 > 马铃薯田 > 甜瓜田 > 油菜田 > 花生田 > 胡萝卜田 > 麦田 > 葫芦瓜田 > 玉米田 > 甜菜田 > 向日葵田 > 水稻田 > 苜蓿田依次减小。可见, 苜蓿田和麦田生境瓢虫种类和个体数量丰富、分布尺度大, 多样性程度高, 种类间保持相对平衡状态, 瓢虫群落趋于稳定, 这原因可能是苜蓿田、麦田等生境中蚜虫是最常见的害虫, 是瓢虫最喜爱的猎物, 且苜蓿田和麦田生境中的节肢动物不易受到农药的影响。因此对瓢虫而言, 这些生境是包含的猎物量最多, 最适合繁殖生存的最好栖息地; 与之相对应, 大豆田和西瓜田生境瓢虫种类和个体数量都少, 种类分布尺度窄且过于集中, 多样性程度低。

表 2 新疆农田系统瓢虫资源群落组成  
Table 2 Composed of ladybug resource communities of farmland system in Xinjiang

| 亚科<br>Subfamily        | 族<br>The family      | 属<br>genus                    | 物种<br>species                                | 个体数<br>No. of<br>individuals                 | 所占<br>比例 ( % )<br>Proportion |       |
|------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------|-------|
| 小毛瓢虫亚科<br>Scymninae    | 食螨瓢虫族<br>Stethorini  | 食螨瓢虫属<br><i>Stethorus</i>     | 深点食螨瓢虫 <i>Stethorus punctillum</i>           | 481                                          | 6. 87                        |       |
|                        | 小毛瓢虫族<br>Scymnini    | 小毛瓢虫属<br><i>Scymnus</i>       | 四斑小毛瓢虫 <i>Scymnus frontalis</i>              | 37                                           | 0. 53                        |       |
|                        |                      |                               | 连斑小毛瓢虫 <i>Scymnus inderihensis</i>           | 5                                            | 0. 07                        |       |
|                        |                      |                               | 塔城毛瓢虫 <i>Scymnus tachengicus</i>             | 13                                           | 0. 19                        |       |
| 盔唇瓢虫亚科<br>Chilocorinae | 盔唇瓢虫族<br>Chilocorini | 盔唇瓢虫属<br><i>Chilocorus</i>    | 李斑唇瓢虫 <i>Chilocorus geminus</i>              | 1                                            | 0. 01                        |       |
|                        |                      | 细齿光瓢虫属<br><i>Parexochomus</i> | 闪蓝光瓢虫 <i>Parexochomus semenoui</i>           | 13                                           | 0. 19                        |       |
|                        |                      |                               | 黄足光瓢虫 <i>Parexochomus flavipes</i>           | 18                                           | 0. 26                        |       |
| 瓢虫亚科<br>Coccinellinae  | 瓢虫族<br>Coccinellini  | 长足瓢虫属<br><i>Hippodamia</i>    | 多异瓢虫 <i>Hippodamia variegata</i>             | 3 858                                        | 55. 11                       |       |
|                        |                      |                               | 十三星瓢虫 <i>Hippodamia tredecimpunctata</i>     | 139                                          | 1. 99                        |       |
|                        |                      | 长隆瓢虫属<br><i>Coccinula</i>     | 中国双七星瓢虫 <i>Coccinula sinensis</i>            | 47                                           | 0. 67                        |       |
|                        |                      |                               | 双七星瓢虫 <i>Coccinula quatuordecimpustulata</i> | 125                                          | 1. 79                        |       |
|                        |                      |                               | 曲缘瓢虫 <i>Coccinula sinuatomarginata</i>       | 17                                           | 0. 24                        |       |
|                        |                      | 大丽瓢虫属<br><i>Adalia</i>        | 二星瓢虫 <i>Adalia bipunctata</i>                | 233                                          | 3. 33                        |       |
|                        |                      | 龟文瓢虫属<br><i>Propylea</i>      | 龟纹瓢虫 <i>Propylea japonica</i>                | 406                                          | 5. 80                        |       |
|                        |                      |                               | 方斑瓢虫 <i>Propylea quatuordecimpunctata</i>    | 760                                          | 10. 86                       |       |
|                        |                      | 小巧瓢虫属<br><i>Oenopia</i>       | 菱斑巧瓢虫 <i>Oenopia conglobata</i>              | 151                                          | 2. 16                        |       |
|                        |                      | 瓢虫属<br><i>Coccinella</i>      | 七星瓢虫 <i>Coccinella septempunctata</i>        | 225                                          | 3. 21                        |       |
|                        |                      |                               | 拟九斑瓢虫 <i>Coccinella magnifica</i>            | 3                                            | 0. 04                        |       |
|                        |                      |                               | 天山瓢虫 <i>Coccinella sedakovi</i>              | 1                                            | 0. 01                        |       |
|                        |                      |                               | 十一星瓢虫 <i>Coccinella undecimpunctata</i>      | 85                                           | 1. 21                        |       |
|                        |                      |                               | 大斑瓢虫 <i>Coccinella magnopunctata</i>         | 1                                            | 0. 01                        |       |
|                        |                      |                               | 横斑瓢虫 <i>Coccinella transversoguttata</i>     | 163                                          | 2. 33                        |       |
|                        |                      |                               | 五斑瓢虫 <i>Coccinella nivicola</i>              | 1                                            | 0. 01                        |       |
|                        |                      |                               |                                              |                                              |                              |       |
|                        |                      | 和瓢虫属<br><i>Harmonia</i>       | 异色瓢虫 <i>Harmonia axyridis</i>                | 119                                          | 1. 70                        |       |
|                        |                      |                               |                                              |                                              |                              |       |
|                        |                      | 小盾瓢虫族<br>Tytthaspidini        | 布瓢虫属<br><i>Bulaea</i>                        | 甜菜瓢虫 <i>Bulaea lichatschovi</i>              | 38                           | 0. 54 |
|                        |                      | 食菌瓢虫族<br>Psylloborini         | 食菌瓢虫属<br><i>Psyllobora</i>                   | 二十二星菌瓢虫 <i>Psyllobora vigintiduopunctata</i> | 61                           | 0. 87 |

表 3 新疆主要农田作物生境中瓢虫群落特征指数

Table 3 Characteristics index of ladybug community in main farmland crop habitats in Xinjiang

| 作物生境<br>Crop habitats | 物种数 (S)<br>Species<br>numbers | 个体平均数 (N)<br>Individual<br>numbers | 多样性指数<br>(H)<br>Diversity index | 丰富度指数<br>(D)<br>Richness index | 均匀度指数<br>(J)<br>Evenness index | 优势度指数 (C)<br>Concentration<br>index |
|-----------------------|-------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| 大豆田 Soybean field     | 9                             | 9.77                               | 0.372090                        | 3.509945                       | 0.389932                       | 0.663091                            |
| 胡萝卜田 Carrot field     | 8                             | 19.20                              | 0.548051                        | 2.368938                       | 0.606862                       | 0.442491                            |
| 葫芦瓜田 Gourd field      | 9                             | 11.10                              | 0.662361                        | 3.323715                       | 0.694122                       | 0.289019                            |
| 花生田 Peanut field      | 6                             | 4.40                               | 0.503603                        | 3.374720                       | 0.647179                       | 0.446281                            |
| 马铃薯田 Potato field     | 8                             | 12.57                              | 0.435651                        | 2.765239                       | 0.482400                       | 0.574186                            |
| 麦田 Wheat field        | 20                            | 12.40                              | 0.708508                        | 7.546581                       | 0.544575                       | 0.342884                            |
| 棉花田 Cotton field      | 14                            | 19.46                              | 0.366285                        | 4.379833                       | 0.319585                       | 1.427633                            |
| 苜蓿田 Alfalfa field     | 21                            | 35.61                              | 0.874884                        | 5.598150                       | 0.661678                       | 0.224261                            |
| 水稻田 Rice field        | 9                             | 7.25                               | 0.755428                        | 4.038361                       | 0.791652                       | 0.228300                            |
| 甜菜田 Beet field        | 8                             | 9.11                               | 0.662847                        | 3.168145                       | 0.733977                       | 0.262939                            |
| 甜瓜田 Melon field       | 8                             | 9.60                               | 0.502445                        | 3.094931                       | 0.556362                       | 0.484158                            |
| 西瓜田 Watermelon field  | 11                            | 16.11                              | 0.367912                        | 3.597758                       | 0.353288                       | 0.658502                            |
| 向日葵田 Sunflower field  | 9                             | 8.20                               | 0.714452                        | 3.802039                       | 0.748711                       | 0.246877                            |
| 油菜田 Rape field        | 10                            | 19.60                              | 0.526969                        | 3.024672                       | 0.526969                       | 0.478551                            |
| 玉米田 Corn field        | 19                            | 13.05                              | 0.758666                        | 7.007879                       | 0.593285                       | 0.284903                            |

### 2.3 不同地州之间农田作物系统瓢虫群落物种多样性的比较

不同地州之间瓢虫群落物种多样性比较情况从图 2 可看出, 11 个地州瓢虫物种多样性顺序依次为伊犁州 (0.970345) > 昌吉州 (0.700536) > 乌鲁木齐市 (0.560706) > 博州 (0.542854) > 喀什地区 (0.495138) > 塔城地区 (0.485584) > 和田地区 (0.455770) > 阿勒泰地区 (0.417021) > 吐鲁番市 (0.382605) > 巴音郭楞州 (0.354535) > 阿克苏地区 (0.276222), 以伊犁州瓢虫群落多样性指数最高, 为 0.970345, 巴音郭楞州和阿克苏地区的多样性指数较低, 各为 0.354535、0.276222; 丰富度指数而言, 伊犁州的瓢虫群落最高, 为 7.363638, 昌吉州和阿勒泰地区次之, 和田地区最低, 为 1.015259; 均匀度指数而言, 各地州瓢虫群落均匀度指数很相似, 和田地区最高, 为 0.757018, 伊犁州和乌鲁木齐市次之, 阿克苏地区瓢虫群落最低, 为 0.326852; 就优势度指数而言, 阿克苏地区最高, 为 0.663477, 阿勒泰地区和巴音郭楞州次之, 伊犁州瓢虫群落最低, 为

0.135821。可见, 伊犁州、昌吉州等地区的多样性水平较高, 这表明该地区瓢虫种类丰富、各物种分布均匀, 种类间保持相对平衡状态, 该地区瓢虫群落趋于稳定; 而在阿克苏地区的瓢虫群落丰富度、均匀度和多样性指数都较低, 但优势度指数较最高, 这表明可能阿克苏地区物种和个体数量较少, 物种分布不均匀, 瓢虫群落不稳定。

### 2.4 不同海拔高度区间瓢虫群落物种多样性的比较

对调查数据分析后发现不同海拔高度间种群结构分布差异显著。现根据新疆荒漠绿洲农田生态系统的海拔高度, 将垂直高度划分为 H1 (−130 m ~ 300 m)、H2 (300 m ~ 500 m)、H3 (500 m ~ 700 m)、H4 (700 m ~ 900 m)、H5 (900 m ~ 1 100 m)、H6 (1 100 m ~ 1 300 m)、H7 (1 300 m ~ 1 500 m)、H8 (1 600 m ~ 2 800 m) 等 8 个海拔区间。在不同海拔区间瓢虫群落物种多样性比较由表 4 和图 3 可显示, 瓢虫群落物种数和个体数量变化而言, 随着海拔高度的升高瓢虫物种数和个体数量先逐渐升高后下降, H6 地带的物种

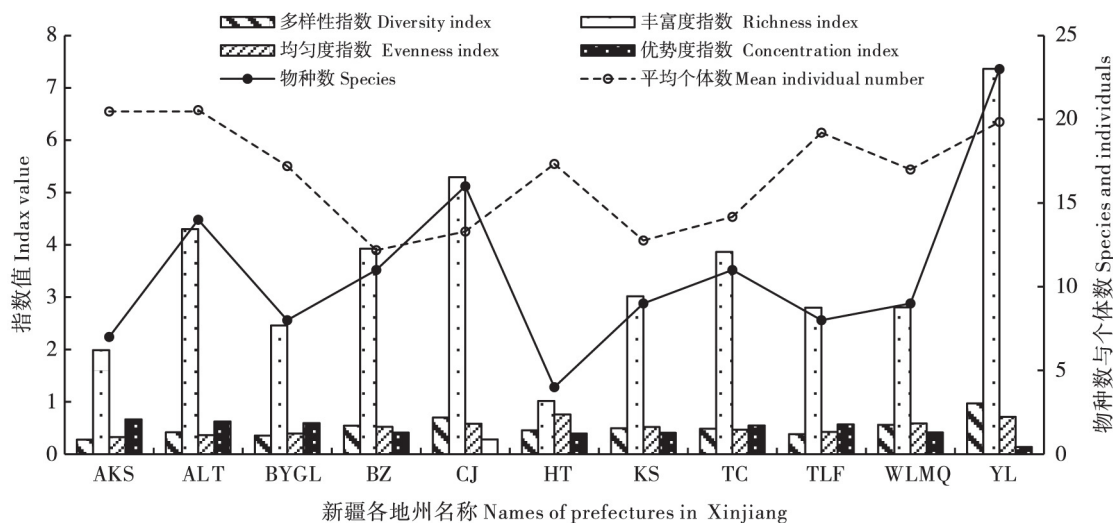


图2 新疆各地州瓢虫群落特征指数动态

Fig. 2 Characteristics index of ladybug community in Xinjiang

注: AKS, 阿克苏地区; ALT, 阿勒泰地区; BYGL, 巴音郭楞州; BZ, 博州; CJ, 昌吉州; HT, 和田地区; KS, 喀什地区; TC, 塔城地区; TLF, 吐鲁番市; WLMQ, 乌鲁木齐市; YL, 伊犁州。Note: AKS, Aksu Prefecture; ALT, Altay Prefecture; BYGL, Bayingol Prefecture; BZ, Bortala Prefecture; CJ, Changji Prefecture; HT, Hotan Prefecture; KS, Kashgar Prefecture; TC, Tarbagatay Prefecture; TLF, Turpan; WLMQ, Urumqi; YL, Yili Prefecture.

表4 不同海拔高度带瓢虫群落特征指数

Table 4 Characteristics index of ladybug community at different elevations

| 编号<br>No. of<br>sampling<br>plots | 海拔带<br>(m)<br>Altitude<br>level | 物种数<br>(S)<br>Species<br>numbers | 个体平均数<br>(N)<br>Individual<br>numbers | 多样性<br>指数 (H')<br>Diversity<br>index | 丰富度<br>指数 (D)<br>Richness<br>index | 均匀度<br>指数 (J')<br>Evenness<br>index | 优势度<br>指数 (C)<br>Concentration<br>index |
|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|
| H1                                | - 130 ~ 300                     | 8                                | 12.64                                 | 0.381930                             | 2.759310                           | 0.422914                            | 0.572544                                |
| H2                                | 300 ~ 500                       | 17                               | 16.15                                 | 0.453932                             | 5.751738                           | 0.368916                            | 0.572656                                |
| H3                                | 500 ~ 700                       | 21                               | 15.90                                 | 0.740467                             | 7.230464                           | 0.560018                            | 0.292789                                |
| H4                                | 700 ~ 900                       | 21                               | 18.45                                 | 0.934265                             | 7.204385                           | 0.706589                            | 0.168630                                |
| H5                                | 900 ~ 1 100                     | 17                               | 20.33                                 | 0.486215                             | 5.311624                           | 0.395153                            | 0.512133                                |
| H6                                | 1 100 ~ 1 300                   | 22                               | 21.85                                 | 0.852107                             | 6.808708                           | 0.634753                            | 0.250014                                |
| H7                                | 1 300 ~ 1 500                   | 11                               | 9.27                                  | 0.574252                             | 4.490189                           | 0.551427                            | 0.359349                                |
| H8                                | 1 600 ~ 2 800                   | 7                                | 9.36                                  | 0.564524                             | 2.683195                           | 0.667998                            | 0.346425                                |

数和个体数量最为丰富, 各为 22 种, 21.85 头/每调查点; 分布在 H8 地带 (7 种、9.36 头/每调查点) 和 H1 地带 (8 种、12.64 头/每调查点) 的瓢虫物种贫乏, 个体数量较少; 瓢虫群落丰富度指数几乎呈相同变化趋势; 瓢虫群落多样性指数由 H4 > H6 > H3 > H7 > H8 > H5 > H2 > H1 依次递减, H4 地带的多样性指数最高, 为 0.934265, 而 H1 地带多样性指数最低, 为 0.381930; 均匀度指数

而言, 分布在 H4、H8 地带的瓢虫群落均匀度指数较高, 各为 0.706589、0.667998; 优势度而言, 分布在 H1、H2 地带的瓢虫群落优势度较高, 而分布在 H4 地带的优势度较低。可知, 分布在 300 m ~ 1 300 m 海拔带瓢虫群落多样性指数和丰富度指数较高, 这表明该海拔高度范围内瓢虫种类比较丰富, 而分布在低海拔 ( - 130 m ~ 300 m) 或高海拔 ( 1 300 m ~ 2 800 m) 地带的瓢虫群落丰富度和

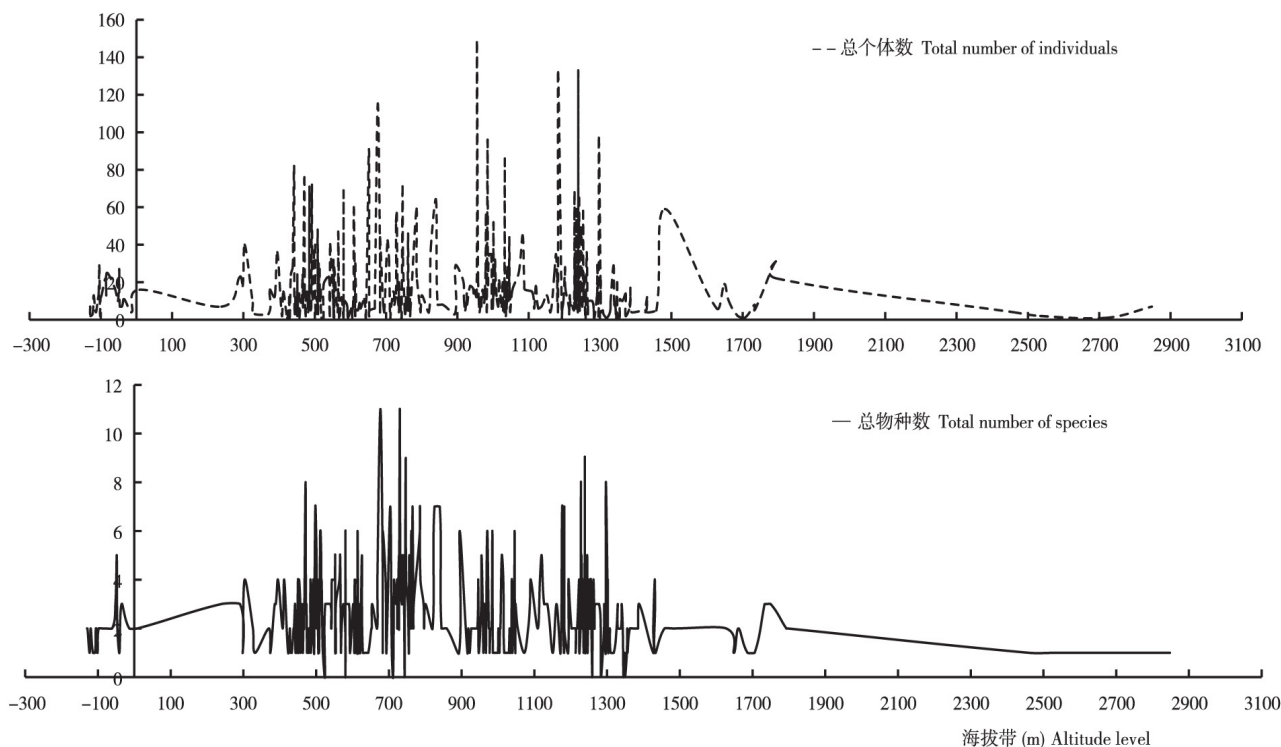


图3 不同海拔带瓢虫种群数量频次分布图

Fig. 3 Characteristics index dynamics of ladybug community at different elevations

多样性指数较低,但优势度高,这表明分布在低海拔(−130 m~300 m)或高海拔(1300 m~2800 m)范围内的瓢虫物种数贫乏,个体数量比较少。

### 3 结论与讨论

2018年至2019年期间,本调查及分析结果表明新疆农田系统瓢虫种类,共有26种,隶属3个亚科6族13属。从各亚科的种类和数量来看,瓢虫亚科的种类和数量最多,小毛瓢虫亚科次之,盔唇瓢虫亚科最少。从瓢虫的食性来看,捕食类瓢虫的种类和数量最多,菌食类瓢虫最少。从群落种类组成的性质分析来看,在新疆农田系统所发现的26个种类中多异瓢虫、方斑瓢虫等2种为优势种类,深点食螨瓢虫等在内10种为常见种类,余下的14种为罕见种类。该结果与前人的研究(李进步等,2007;阿力甫·那思尔等,2015)相似,以上2种优势种均在此次调查的所有生境及样点内出现。

群落多样性指数、丰富度指数和均匀度指数都是反映群落特征的重要指标,用以表达不同空间昆虫群落结构的异同,是害虫综合治理中评估

生态效益的一项重要标志(王江平等,2001)。新疆15种主要农田作物生境瓢虫群落多样性比较来看,以苜蓿田(0.874884)为最高,玉米田(0.758666)为其次,棉花田(0.366285)最低。在实际调查中,花生田(6种,4.40头/每调查点)的物种数和个体数均小于棉花田(14种,19.46头/每调查点),但其多样性指数却高于后者,可见物种数和个体数少不一定多样性和均匀度就低。这种情况下,应结合同种丰富度、个体数及各种多样性指标进行综合分析。本研究在所调查的11个地州瓢虫物种多样性顺序依次为伊犁州>昌吉州>乌鲁木齐市>博州>喀什地区>塔城地区>和田地区>阿勒泰地区>吐鲁番市>巴音郭楞州>阿克苏地区。伊犁州、昌吉州、乌鲁木齐市等地州的瓢虫群落多样性较高,种类和个体数量最为丰富。而巴音郭楞州、阿克苏地区等地州的多样性水平明显较低,且瓢虫种类贫乏及个体数量较少。这是因为伊犁州、昌吉州均处于北疆地区,气候温暖湿润,植被繁茂,且生境复杂且多样,为瓢虫的生存繁殖提供了良好的食物资源和栖息环境。而巴音郭楞州、阿克苏地区处于南疆地区塔克拉玛干沙漠北部绿洲,气候相对干燥,且农田系统中各作物生境组成的镶嵌结构

简易, 植被稀少, 农事活动频繁, 人为干扰较大, 因此这两地州的多样性指数值明显小于前者。从均匀性指数 ( $E$ ) 及优势度 ( $C$ ) 也明显地看出这种变化趋势。

海拔是影响生物多样性分布的重要因子, 海拔变化引起垂直环境水热因子的异质性 (王敏等, 2020), 300 m ~ 1 600 m 之间区域温湿度较适合瓢虫的繁殖, 为瓢虫科昆虫提供了丰富的栖息环境。海拔 1 300 m 以下的瓢虫多样性随海拔的升高而逐渐升高, 在海拔 900 m ~ 1 300 m 范围内瓢虫多样性最高, 海拔 1 300 m 以上的多样性随海拔的升高而逐渐降低。这主要是不同海拔地带之间的气温、湿度、植物类型和小气候差异所致。例如, 对于新疆而言, 吐鲁番市的地理位置主要分布在 (-130 m ~ 300 m) 低海拔地带中, 该区域拥有典型的大陆性暖温带荒漠气候, 日照充足, 热量丰富但又极端干燥, 降雨稀少且大风频繁, 年平均降水量仅有 16.4 mm, 而蒸发量则高达 3 000 mm 以上, 于是分布在该区域的植被类型单一, 只生存对于极端环境适应能力很强的天敌瓢虫, 种类较少。

综上所述, 新疆农田系统瓢虫群落多样性随着不同作物生境、不同地州、不同海拔高度等三个因素的变化而变异。其中作物生境的变化对于瓢虫群落多样性的影响最大。因此, 为了更好地保护和利用新疆农田系统的瓢虫资源, 瓢虫种类较丰富的生境中除了减少杀虫剂的使用外, 造成有利于天敌瓢虫生存与繁衍的环境条件及植被结构, 为瓢虫提供诸如替代猎物或寄主, 庇护所等, 仍是至关重要的 (李国锋和王慧, 2005)。比如作物生境周围建造一定面积的非农田生境如杂草地, 通过生境调节, 发挥捕食性天敌瓢虫对害虫种群的生态控制作用, 这近未来定能成为开发绿色防控技术, 从而管理农田害虫的一种新途径。

### 参考文献 (Reference)

- Chen TG, Zhang JT. A comparison of fifteen species diversity indices [J]. *Henan Science*, 1999, 17 (6): 55-57, 71. [陈廷贵, 张金屯. 十五个物种多样性指数的比较研究 [J]. 河南科学, 1999, 17 (6): 55-57, 71]
- Ellis D, Mcavoy R, Ayyash LA, et al. Evaluation of *Serangium parcesetosum* (Coleoptera: Coccinellidae) for biological control of silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae), on Poinsettia [J]. *The Florida Entomologist*, 2001, 84 (2): 215-221.
- Gordon RD. The Coccinellidae (Coleoptera) of America North of Mexico [J]. *Journal of The New York Entomological Society*, 1985, 93 (1): 1-912.
- Guo WC, Hu HY, Tursun AM, et al. Research and application progress in major wasp resources of Xinjiang agriculture and forestry pests [J]. *Xinjiang Agricultural Science*, 2016, 53 (1): 22-37. [郭文超, 胡红英, 吐尔逊·阿合买提, 等. 新疆农林害虫主要寄生蜂资源研究与应用进展 [J]. 新疆农业科学, 2016, 53 (1): 22-37]
- Hu SC, Lin XW, Wang BH. Coccinellidae of The Qinghai - Xizang Plateau [M]. Zhengzhou: Henan Science and Technology Press, 2013: 1-210. [胡胜昌, 林祥文, 王保海. 青藏高原瓢虫 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2013: 1-210]
- Inamullah K, Sadrud D, Khan KS, et al. Survey of predatory coccinellids (Coleoptera: Coccinellidae) in the Chitral District, Pakistan [J]. *Journal of Insect Science*, 2007, 7 (7): 1-6.
- Jiang SL. Studies on the diversity of ladybug communities in the eastern area of Gansu province [J]. *Acta Agriculturae Boreali - occidentalis Sinica*, 2006, 15 (2): 63-65. [姜双林. 陇东地区瓢虫群落多样性的研究 [J]. 西北农业学报, 2006, 15 (2): 63-65]
- Li GF, Wang H. Species diversity of lady beetles in the suburbs of Nanchong City, Sichuan [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2005, 42 (3): 311-314. [李国锋, 王慧. 四川南充市郊瓢虫物种多样性的初步研究 [J]. 昆虫知识, 2005, 42 (3): 311-314]
- Li HB, Wu KM, Yao J, et al. Population dynamics of natural enemies in cotton fields in Shache county of Xinjiang Uygur Autonomous Region [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2007, 23 (4): 297-305. [李号宾, 吴孔明, 姚举, 等. 新疆莎车县棉田自然天敌数量动态 [J]. 中国生物防治, 2007, 23 (4): 297-305]
- Li JB, Lu ZZ, Yuan WC, et al. Population dynamics of predatory enemies of cotton field in southern Xinjiang [J]. *Plant Protection*, 2005, 31 (5): 50-53. [李进步, 吕昭智, 袁伟超, 等. 新疆南部地区棉田捕食性天敌种群动态 [J]. 植物保护, 2005, 31 (5): 50-53]
- Li WJ, Huo LZ, Wang XM, et al. The genera *Exochomus* Redtenbacher, 1843 and *Parexochomus* Barovsky, 1922 (Coleoptera: Coccinellidae: Chilocorini) from China, with descriptions of two new species [J]. *The Pan-Pacific Entomologist*, 2016, 91 (4): 291-304.
- Liu CL. Coccinellidae in Chinese Economic Entomology (Coleoptera) [M]. Beijing: Science Press, 1963: 1-170. [刘崇乐. 中国经济昆虫志 (鞘翅目瓢虫科) [M]. 北京: 科学出版社, 1963: 1-170]
- Lu DB, Zhang Z, Zhang PY, et al. Community structure and diversity of ladybugs in Baihualing of Gaoligong mountain III [J]. *Journal of Anhui Agricultural Science*, 2011, 39 (31): 19183-19185. [刘德波, 张真, 张培毅, 等. 高黎贡山百花岭瓢虫群落结构及多样性研究 III - 垂直带瓢虫群落结构及物种多样性 [J]. 安徽农业科学, 2011, 39 (31): 19183-19185]
- Magro A, Lecompte E, Magné F, et al. Phylogeny of ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae): Are the subfamilies monophyletic

- [J]. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 2010, 54 (3): 833 – 848.
- Miyatake M. Coccinellidae collected by the Hokkaido university expedition to Nepal Himalaya, 1968 (Coleoptera) [J]. *Insecta Matsumurana. Series Entomology. New Series*, 1985, 30 (2): 1 – 33.
- Naser ALP, Hasan ABDHYM, Meng L, et al. Behavioral response of predatory insects to *Aphis gossypii* in cotton fields in north Xinjiang [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2015, 52 (4): 877 – 882. [阿力甫·那思尔, 艾山·阿布都热依木, 孟玲, 等. 北疆棉田捕食性天敌昆虫应对棉蚜的数量反应 [J]. 应用昆虫学报, 2015, 52 (4): 877 – 882]
- Pang H, Ren SX, Zeng T, et al. Species Diversity and Utilization of Ladybug in China [M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 2004: 1 – 204. [庞虹, 任顺祥, 曾涛, 等. 中国瓢虫物种多样性及其利用 [M]. 广州: 广东科技出版社, 2004: 1 – 204]
- Ren SX. Primary Color Map of Ladybug in China [M]. Beijing: Science Press, 2009: 1 – 336. [任顺祥. 中国瓢虫原色图鉴 [M]. 北京: 科学出版社, 2009: 1 – 336]
- Wang JP, Kang XL, Liu XL, et al. On poplation characters of the main pests and natural enemies in coton square stage in Arwati county [J]. *Xinjiang Agricultural Science*, 2001, 38 (3): 132 – 135. [王江平, 康新丽, 刘晓林, 等. 新疆阿瓦提县棉田蕾期主要害虫及天敌群落特征调查研究 [J]. 新疆农业科学, 2001, 38 (3): 132 – 135]
- Wang M, Li XY, Yang YC, et al. Diversity of ground beetle communities in Helan mountain and its correlation with environmental factors [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2020, 34 (4): 154 – 161. [王敏, 李欣芸, 杨益春, 等. 贺兰山地表甲虫群落多样性及其与环境因子的相关性 [J]. 干旱区资源与环境, 2020, 34 (4): 154 – 161]
- Wang XM, Chen XS, Qiu BL, et al. Collection and sampling technology of predatory ladybug [J]. *Acta Applied Entomologica Sinica*, 2014, 51 (5): 1362 – 1366. [王兴民, 陈晓胜, 邱宝利, 等. 捕食性瓢虫采集与调查取样技术 [J]. 应用昆虫学报, 2014, 51 (5): 1362 – 1366]
- Wang ZY, Lu YC, Wang HF. The ecological distribution of soil mites in Jiuhua mountains [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1996, 16 (1): 58 – 64. [王宗英, 路有成, 王慧英. 九华山土壤螨类的生态分布 [J]. 生态学报, 1996, 16 (1): 58 – 64]
- Wu W, Zhang JJ, Huang RX. Investigation on beneficial insect in Xinjiang (I) – predatory insect [J]. *Xinjiang Agricultural Science*, 2007, 44 (5): 595 – 598. [吴卫, 张晶晶, 黄人鑫. 新疆有益昆虫的调查 (一) – 天敌昆虫 [J]. 新疆农业科学, 2007, 44 (5): 595 – 598]
- Xu ZH, Zeng G, Liu TY, et al. A study on communities of formicidae ants in different subtypes of vegetation in Xishuangbanna district of China [J]. *Zoological Research*, 1999, 20 (2): 118 – 125. [徐正会, 曾光, 柳太勇, 等. 西双版纳地区不同植被亚型蚁科昆虫群落研究 [J]. 动物学研究, 1999, 20 (2): 118 – 125]
- Yu GY, Liang HB. Coccinellidae collected in the wheat fields of Xinjiang, China with description of a new species (Coleoptera: Coccinellidae) [J]. *Journal of Insect Taxonomy*, 1998, 20 (2): 52 – 57. [虞国跃, 梁宏斌. 新疆麦田瓢虫种类记述 (鞘翅目: 瓢虫科) [J]. 昆虫分类学报, 1998, 20 (2): 52 – 57]
- Yu GY. Chinese Lady Beetles (the Subfamily Coccinellinae) [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2010: 1 – 180. [虞国跃. 中国瓢虫亚科图志 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2010: 1 – 180]
- Yu GY. Ladybug Ladybug [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2008: 1 – 195. [虞国跃. 瓢虫瓢虫 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 1 – 195]