应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2024, 61(2): 429–441. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2024.047

玉米大豆间作对玉米产量及节肢动物群落的影响*

张 曼** 刘全俊 汤永玉 梁 晨 陈 斌 杜广祖 吴国星 高 熹***

（云南农业大学植物保护学院，昆明 650201）

摘 要 【**目的**】明确玉米大豆间作对田间节肢动物群落及玉米产量的影响，以期为云南部分地区玉米大豆间作田间害虫综合治理体系的构建提供参考依据。【**方法**】采用目测法、扫网法、挖穴法及黄板诱集法分别调查记录 2019 和 2020 年间玉米大豆间作田节肢动物的种类和数量，利用群落特征指数、稳定性分析及主要害虫和天敌发生量和时间生态位对节肢动物群落进行分析，并对玉米产量进行测定。【**结果**】2019 年玉米大豆间作田共调查到害虫 41 种，天敌 39 种，玉米单作田共调查到害虫 25 种，天敌 28 种。2020 年玉米大豆间作田共调查到害虫 40 种，天敌 30 种，玉米单作田共调查到害虫 32 种，天敌 25 种。与玉米单作田相比，玉米大豆间作田节肢动物群落的总物种数、多样性指数、丰富度指数、均匀度指数、S_s/S_i 值、S_n/S_p 值、N_n/N_p 值、N_d/N_p 均较大，优势度指数、优势度集中性指数和 S_d/S_p 值均较小；玉米蚜 *Rhopalosiphum maidis*、小绿叶蝉 *Empoasca flavescens* 和草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 是优势害虫，瓢虫类、食蚜蝇类、蚜茧蜂类、蜘蛛类是优势天敌。瓢虫类与食蚜蝇类、瓢虫类与玉米蚜、食蚜蝇类与玉米蚜的时间生态位重叠值均较大；2020 年食蚜蝇类与草地贪夜蛾的生态位重叠值较大。与玉米单作田相比，2019 年玉米大豆间作模式使玉米增产 15.12%，2020 年玉米大豆间作模式使玉米增产 13.56%。【**结论**】玉米大豆间作模式可提高田间节肢动物群落多样性及稳定性，提高天敌的物种数，并能在一定程度上降低玉米田主要害虫玉米蚜、草地贪夜蛾的发生量并提高单位面积玉米产量。

关键词 节肢动物；玉米大豆间作；群落结构；特征指数；时间生态位；玉米产量

Effect of maize-soybean intercropping on maize yield and arthropod community composition

ZHANG Man** LIU Quan-Jun TANG Yong-Yu LIANG Chen CHEN Bin DU Guang-Zu WU Guo-Xing GAO Xi***

(College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract **[Aim]** To investigate the arthropod community composition and maize yield of maize fields intercropped with soybeans, and thereby promote the development of an integrated pest management system for maize-soybean pests in Yunnan. **[Methods]** The species and number of arthropods in intercropped maize-soybean fields in 2019 and 2020 were investigated and recorded by five-point sampling, using visual observation, sweep sampling, pit-fall traps and yellow, sticky-board traps. The community characteristic index, stability analysis, and temporal niche analysis, of the main pests and their natural enemies were used to analyze the community characteristics of the arthropod community. Corn yields were also measured. **[Results]** In 2019, 41 pests and 39 natural enemies were found in intercropped fields, compared to 25 pests and 28 natural enemies in maize monoculture fields. In 2020, a total of 40 pests and 30 natural enemies were identified in intercropped fields compared to 32 pests and 25 natural enemies in monoculture fields. Compared to maize monoculture fields, the total species number,

*资助项目 Supported projects：云南省中青年学术和技术带头人后备人才项目（202205AC160077）；国家重点研发计划项目（2018YFD0200703）

**第一作者 First author，E-mail：zh.ms@foxmail.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：chonchon@163.com

收稿日期 Received：2022-09-30；接受日期 Accepted：2023-04-14

diversity index, richness index, evenness index, S_s/S_i, S_n/S_p, N_n/N_p and N_d/N_p of the arthropod community was higher in intercropped fields, whereas the dominance index, dominance concentration index, and S_d/S_p were lower, than in maize monoculture fields in the same year. *Rhopalosiphum maidis*, *Empoasca flavescens* and *Spodoptera frugiperda* were the dominant pests, and ladybugs, hover flies, aphid cocoon bees and spiders, the dominant natural enemies. The temporal niche overlap values between ladybugs and hover flies, ladybugs and *R. maidis*, and hover flies and *R. maidis*, were relatively large. In addition, the niche overlap values of hover flies and *S. frugiperda* were relatively large in 2020. Compared to maize monocultures, maize-soybean intercropping increased the maize yield by 15.12 % in 2019 and by 13.56 % in 2020. **[Conclusion]** Maize-soybean intercropping improves the diversity and stability of arthropod communities, increases the diversity of natural enemies, and, to some extent, reduces the occurrence of *R. maidis* and *S. frugiperda*, thereby improving maize yield.

Key words Arthropods; maize-soybean intercropping; community structure; characteristic index; temporal niche; maize yield

玉米 *Zea mays* L.是云南省种植面积最大的粮食作物，长期以来，云南省玉米种植面积保持在 160 万 hm^2 左右，每年产出约 700 万吨玉米，近 10 年来，云南全省玉米播种面积和总产量总体呈上升趋势（孙博等，2021）。但在玉米生产过程中，田间虫害的发生与流行是影响玉米产量和品质的重要因素之一，如果虫害发生未得到及时控制，会严重影响玉米的生长发育，造成玉米减产和降低玉米品质，阻碍当地农业发展，威胁农户的经济效益。因此，如何保障完成玉米产量供给的同时提高作物本身御害能力并提高品质，探索有利的害虫生态调控、可持续发展的农田种植模式是当下的研究热点(Godfray *et al*. , 2010)。

禾本科与豆科作物间作是一种常见的种植模式，在农业生产中占有重要地位（张恩和等，2002；李隆，2016）。大量研究表明，禾本科与豆科合理间作可以促进豆科作物生物固氮、提高禾本科作物氮素利用效率（杨文亭等，2013）、提高土壤地力，是资源节约和环境友好的农业生产模式之一（柏文恋等，2018）。另外，禾本科与豆科作物间作（如玉米和大豆、玉米和蚕豆、玉米和花生、小麦和豌豆等）可形成高低错落的空间排列结构，增加生态结构的复杂度，易于吸引捕食者，为其提供良好的生境，延长天敌在作物生长周期内生态服务功能的时间（欧阳芳和戈峰，2011）。其中，玉米与大豆间作是云南各农业区重要的种植模式，二者间作可以充分利用光、温、水、气、肥，实现优势互补和协同增产，具有良好的生态效益（刘丽等，2017；Yang *et al*. , 2017；高凤菊等，2020）。同时，玉米与大豆间作还能减轻玉米田病虫害的发生，使捕食性天敌和寄生性天敌种群数量显著增加，增强自然生态控害功能（王玉正和岳跃海，1998）。岳耀海（1997）调查发现玉米与大豆间作能减少大豆害虫棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 的数量并增加天敌瓢虫与草蛉的数量。近年来，利用玉米与大豆间作控制虫害的研究越来越多。李琼等（2019）设置大豆单作及大豆玉米不同间作密度对大豆田节肢动物群落进行研究，发现大豆玉米间作田节肢动物群落的物种数、丰富度指数、均匀度指数、多样性指数和天敌物种数均高于大豆单作田。郭井菲等（2022）田间试验结果表明，玉米大豆间作中草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 幼虫存活率显著低于玉米单作田中草地贪夜蛾幼虫存活率。常玉明等（2021）田间试验结果显示，与玉米单作相比，玉米大豆间作能够显著降低 2 代亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* 虫口数量和为害程度，并且提高单位面积玉米产量。

可见，玉米与大豆合理间作能增加节肢动物群落的多样性、减轻虫害并增加玉米产量。但上述研究仅调查了玉米大豆间作对部分天敌和害虫的影响，或是仅调查该种植模式对节肢动物群落特征的影响，并未综合调查分析节肢动物群落特征、主要害虫与天敌发生量、时间生态位以及玉米产量。因此，本研究连续 2 年分别在云南宣威和玉溪玉米大豆间作种植区设置小区试验，对

2 种种植模式下玉米田节肢动物群落进行系统调查，明确玉米大豆间作田间节肢动物群落多样性和稳定性，分析其群落特征及主要害虫和天敌发生量及时间生态位，并探究其对玉米产量的影响，以期为云南部分地区玉米大豆间作田间害虫综合治理体系的构建提供参考依据。

1　材料与方法

1.1　供试材料

2019 年试验玉米品种为宣宏 18 号，大豆品种为中黄 37；2020 年试验玉米品种为华兴单 7 号，大豆品种为山江特产。均由当地农业技术推广站提供。

1.2　方法

1.2.1　试验设计　2019 年试验小区位于云南省宣威市板桥镇，平均海拔 1 974 m。玉米与大豆于 5 月 6 日播种，10 月 9 日同时收获。2020 年试验小区位于玉溪市易门县龙田镇梅营南庄，平均海拔 1 576 m。玉米与大豆于 6 月 9 日播种，10 月 12 日同时收获。2 年大田试验均为单因素随机区组试验，参照当地种植设置玉米大豆间作模式和玉米单作模式 2 个处理，其中玉米大豆间作采用 2∶2 间作带模式种植，玉米与玉米之间株距 30 cm，行距 40 cm；大豆与大豆之间为株距 30 cm，行距 35 cm；玉米与大豆行距为 30 cm；玉米单作模式的株距为 30 cm，行距 40 cm。玉米和大豆均采用穴播方式，出苗后及时进行剔苗和补苗，每穴只留 2 株。每个处理 3 次重复，每个小区长 6.5 m、宽 9 m。四周设置玉米单作保护行，播种前施复合肥 200 kg/hm^2 和农家肥 1 000 kg/hm^2 作为基肥，播种后分别在苗期和喇叭期追肥 1 次，每次追肥施尿素 160 kg/hm^2。

1.2.2　节肢动物群落组成及结构的调查　试验采用目测法、扫网法、挖穴法和黄板诱集法进行调查。

目测法：在每个调查样地采用 5 点取样法，每点调查 10 株玉米，仔细观察记录玉米植株上昆虫及蜘蛛的种类、数量。

扫网法：在每个调查样地走 Z 字形路线，边走边扫，扫网时呈倒 8 字形，即“∞”为一网，扫 30 网。

挖穴法：每个调查样地采用 5 点取样法，每样点挖出 50 cm×50 cm，深 20 cm 的穴，观察记录其内昆虫种类和数量。

黄板诱集法：每个调查样点沿对角线放置 3 个黄板，每次放置 24 h 后收集诱集到的昆虫和蜘蛛，进行鉴定，并记录其种类和数量。分别在玉米拔节期、小喇叭口期、大喇叭口期、抽雄期、开花期、乳熟期、完熟期各调查 1 次，每年共调查 7 次。2019 年的调查时间分别为 5 月 29 日、6 月 14 日、6 月 29 日、7 月 14 日、7 月 29 日、8 月 14 日、8 月 29 日；2020 年的调查时间分别为 6 月 23 日、7 月 7 日、7 月 23 日、8 月 6 日、8 月 21 日、9 月 3 日、9 月 16 日。

采用 Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数、Margalef 丰富度指数、Berger-Parker 优势度指数和 Simpson 优势集中性指数对节肢动物群落组成及结构进行描述：

多样性指数：$H' = -\sum P_i \times \ln P_i$，式中 $P_i = N_i/N$；均匀度指数：$J' = H'/\ln S$；丰富度指数：$D_{max} = (S - 1)/\ln N$；优势度指数：$D = N_{max}/N$；优势集中性指数：$C = \Sigma P_i$。其中，S 为物种的数目，N 为所有种的个体总数，N_i 为第 i 种的个体数目，N_{max} 为优势种群数量。

1.2.3　节肢动物群落稳定性分析　本研究采用 S_s/S_i、S_n/S_p、S_d/S_p、N_n/N_p 和 N_d/N_p 对玉米田昆虫群落稳定性进行描述。S_s 为物种数，S_i 为物种个体数、S_n 为天敌种数，S_p 为害虫物种数，S_d 为中性昆虫物种数，N_n 为天敌个体数，N_p 为害虫个体数，N_d 为中性昆虫个体数。

1.2.4　主要害虫和主要天敌时间生态位数据分析　生态位宽度的测算采用 Levins 指数，生态位重叠值计算采用 Pianka 公式。Levins 生态位宽度：$B_i = 1/\left(\sum_{i=1}^{s} P_{ij}^2\right)$

式中，B_i 为物种 i 的生态位宽度，S 为资源状态的等级数；P_{ij} 代表物种 i 在第 j 种资源状态下的个体数占该物种所有个体数的比例。

Pianka 生态位重叠值计算：

$$a_{ij}=\sum_{a=1}^{r}P_{ia}P_{ja}\Bigg/\sqrt{\left(\sum_{a=1}^{r}P_{ia}^{2}\right)\left(\sum_{a=1}^{r}P_{ja}^{2}\right)}$$

式中，a_{ij} 为生态位重叠值；P_{ia} 和 P_{ja} 分别代表第 i 和第 j 物种利用 a 资源占利用总资源等级的比例；r 为资源序列等级数。

1.2.5 玉米产量的测定 玉米完熟后以小区（6.5 m×9 m）为单位记录有效穗数，收获果穗装入网袋中并做好标记，自然风干后每小区随机选取 20 个果穗脱粒并分别记录每个果穗的籽粒数、千粒重。

小区籽粒总重（kg）=[千粒重（g）/1 000×籽粒数×有效穗数]/1 000，

玉米产量（kg/m^2）=（小区籽粒总重/6.5×9 m^2）×666.7 m^2 。

1.3 数据分析

试验数据采用 Excel 2016、DPS 7.05 及 SPSS 25.0 进行处理和分析，不同种植模式玉米田节肢动物群落稳定性和主要害虫与天敌发生量采用独立样本 t 检验进行差异性分析，玉米产量应用 Duncan's 新复极差法进行差异显著性检验，绘图使用 GraphPad Prism 9.2。

2 结果与分析

2.1 不同种植模式玉米田节肢动物群落组成分析

2019 年，玉米大豆间作田共调查到害虫 41 种，天敌昆虫和蜘蛛 39 种，中性昆虫 27 种；玉米单作田共调查到害虫 25 种，天敌昆虫和蜘蛛类 28 种，中性昆虫 18 种。2020 年，玉米大豆间作田共调查到害虫 40 种，天敌昆虫和蜘蛛类 30 种，中性昆虫 24 种；玉米单作田共调查到害虫 32 种，天敌昆虫和蜘蛛类 25 种，中性昆虫 16 种。在这 2 年中，玉米大豆间作田害虫的物种数、天敌昆虫和蜘蛛类的物种数、个体数及个体数所占比例、中性昆虫物种数、个体数及个体数所占比例均大于同年玉米单作田，两种种植模式下害虫、天敌昆虫与蜘蛛类、中性昆虫物种数所占比例均相差不大，但玉米大豆间作田害虫个体数与害虫个体数所占比例明显少于同年玉米单作田。综合来看，2019 与 2020 年玉米大豆间作田的节肢动物总物种数均大于同年玉米单作田，总个体数均略少于同年玉米单作田（表 1）。

2.2 不同种植模式玉米田节肢动物群落特征指数分析

2019 与 2020 年玉米大豆间作田与玉米单作田节肢动物群落特征指数比较结果表明，在玉米主要生育期内，玉米大豆间作田与玉米单作田节肢动物群落各特征指数的时序动态趋势相似；多样性指数、丰富度指数及均匀度指数总体呈上升趋势且总体上玉米大豆间作田大于玉米单作田，在玉米抽雄期前上升较明显，而后至玉米完熟期内波动较大，偶有下降。优势度指数与优势集中性指数则总体呈下降趋势且玉米单作田大于玉米大豆间作田，在玉米抽雄期后波动也较大（图 1）。

表 1 不同种植模式玉米田节肢动物群落组成

Table 1 Community composition of arthropods in maize-soybean intercropping field

种植模式 Planting patterns	害虫 Pests				天敌 Natural enemies				中性昆虫 Neutral insects				合计 Total	
	NS	R_{NS} (%)	NI	R_{NI} (%)	NS	R_{NS} (%)	NI	R_{NI} (%)	NS	R_{NS} (%)	NI	R_{NI} (%)	NS	NI
M-S_1	41	38.31	2 735	76.14	39	36.46	361	10.05	27	25.23	496	13.81	107	3 592
CK_1	25	35.21	4 471	91.26	28	39.44	310	6.33	18	25.35	118	2.41	71	4 899
M-S_2	40	42.55	3 694	75.32	30	31.92	555	11.32	24	25.53	655	13.36	94	4 904
CK_2	32	43.84	4 612	80.43	25	34.24	464	8.09	16	21.92	658	11.48	73	5 734

M-S_1：2019 年玉米大豆间作；M-S_2：2020 年玉米大豆间作；CK_1：2019 年玉米单作；CK_2：2020 年玉米单作；NS：物种数；R_{NS}：物种数所占比例：NI：个体数：R_{NI}：个体数所占比例。下表同。

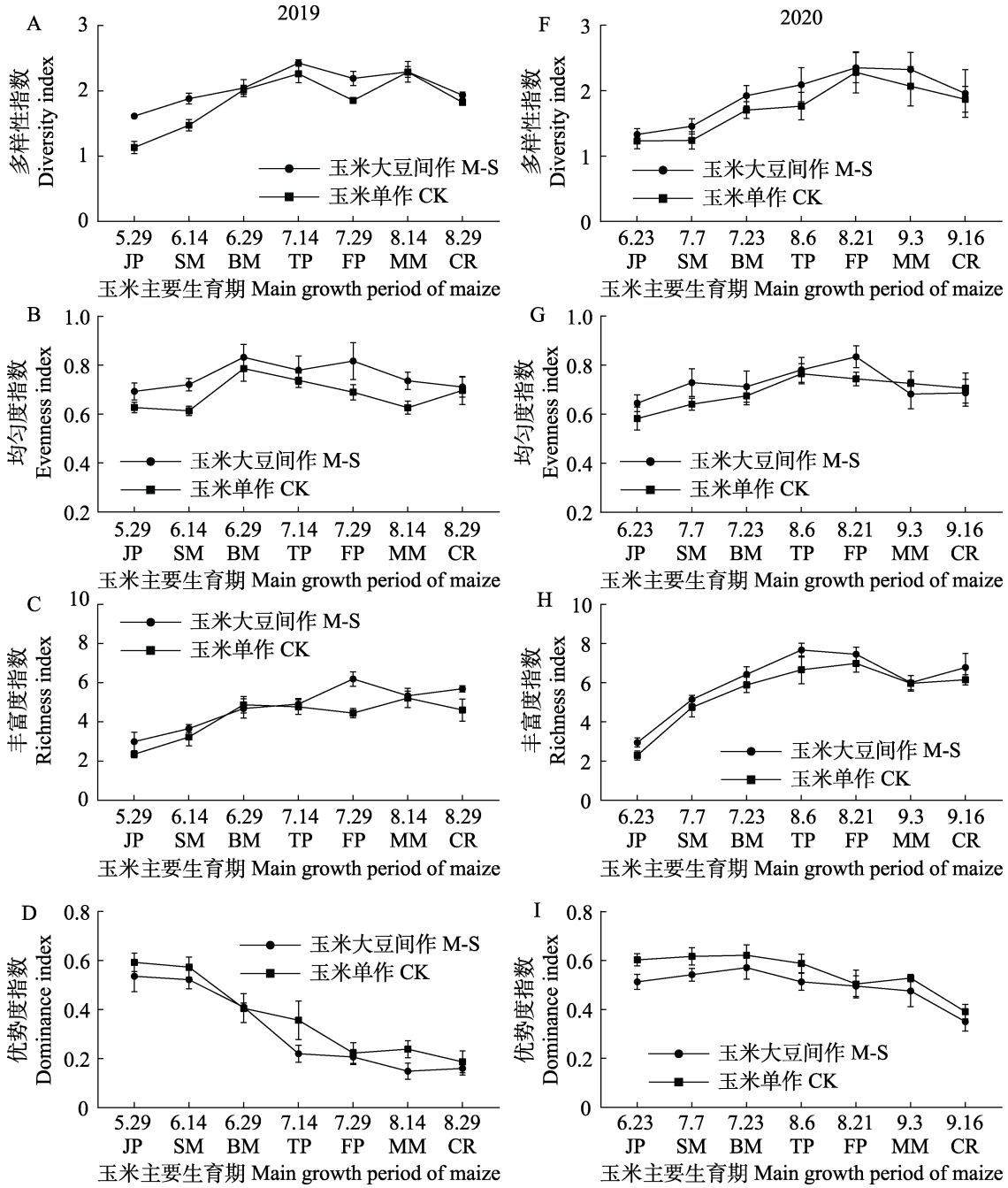
M-S_1: Maize-soybean intercropping in 2019; M-S_2: Maize-soybean intercropping in 2020; CK_1: Maize monoculture in 2019; CK_2: Maize monoculture in 2020; NS: Number of species; R_{NS}: Rate of species; NI: Number of individuals; R_{NI}: Rate of individuals. The same below.

2.3　不同种植模式玉米田节肢动物群落稳定性比较

S_s/S_i 值大小反映不同物种间在数量上的制约作用，其值越大，说明群落容纳的物种数量越丰富，群落的构成越复杂，不同物种间相互制约的效果越好；S_n/S_p 和 S_d/S_p 值大小分别表示天敌和中性昆虫物种数对害虫的制约作用；N_n/N_p 和 N_d/N_p 值大小则分别代表天敌和中性昆虫个体数量对害虫的制约作用。2019 年玉米大豆间作田 S_s/S_i 值与 N_d/N_p 值显著大于同年玉米单作田，S_d/S_p 值则显著小于同年玉米单作田（图 2：A）；2020 年 S_n/S_p 值显著大于同年玉米单作田，其余稳定性指数比值无显著性差异（图 2：B）。

2.4 不同种植模式玉米田害虫与天敌的发生量

2019 年调查期间，对玉米田中玉米蚜 *Rhopalosiphum maidis*、双斑长跗萤叶甲 *Monolepta*



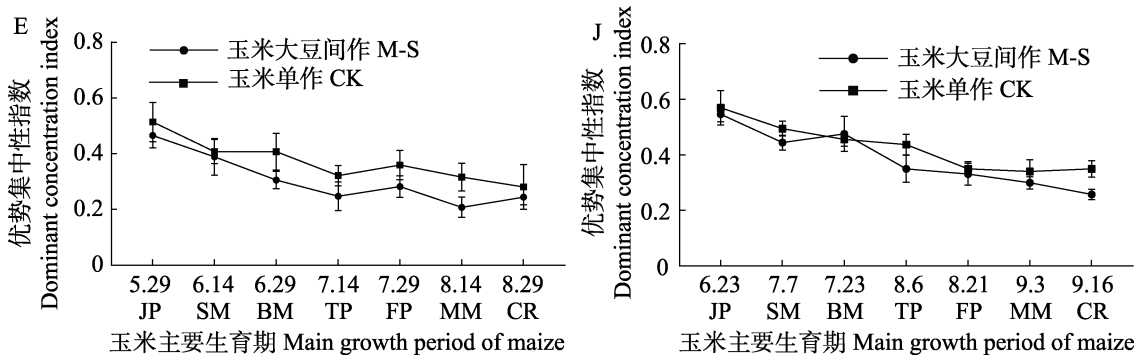


图 1　不同种植模式玉米田节肢动物群落特征指数时序动态

Fig. 1　Temporal dynamics of arthropod community characteristics index in maize-soybean intercropping field

图 A、B、C、D、E 分别为 2019 年节肢动物群落的多样性指数、均匀度指数、丰富度指数、优势度指数和优势度集中性指数；图 F、G、H、I、J 分别为 2020 年节肢动物群落的多样性指数、均匀度指数、丰富度指数、优势度指数和优势度集中性指数；M-S：玉米大豆间作；CK：玉米单作；JP：拔节期；SM：小喇叭口期；BM：大喇叭口期；TP：抽雄期；FP：开花期；MM：乳熟期；CR：完熟期。

Figs.A, B, C, D and E are the diversity index, evenness index, richness index, dominance index and dominance concentration index of arthropod community in 2019, respectively. Figs.F, G, H, I and J are the diversity index, evenness index, richness index, dominance index and dominance concentration index of arthropod community in 2020, respectively. M-S: Maize-soybean intercropping; CK: Maize monoculture; JP: Jointing period; SM: Small bell mouth period; BM: Big bell mouth period; TP: Tasseling period; FP: Flowering period; MM: Milky maturity period; CR: Stage of complete ripeness.

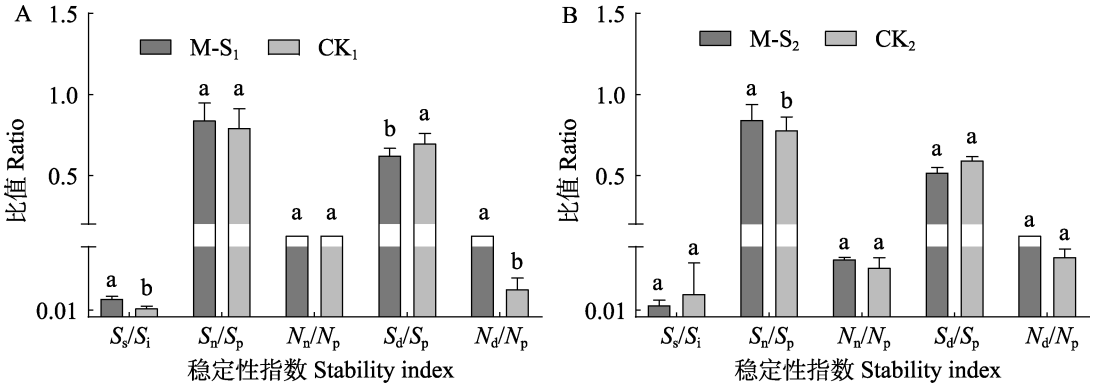


图 2　不同种植模式玉米田节肢动物群落稳定性比较

Fig. 2　Comparison of arthropod community stability in the different maize planting patterns

A. 2019 年玉米田节肢动物群落稳定性；B. 2020 年玉米田节肢动物群落稳定性；S_s：物种数；S_i：物种个体数；S_n：天敌物种数；S_p：害虫物种数；S_d：中性昆虫物种数；N_n：天敌个体数；N_p：害虫个体数；N_d：中性昆虫个体数。柱上不同小写字母表示不同种植模式玉米田主要害虫与天敌的发生量差异显著（P<0.05）。下图同。

A. Arthropod community stability in maize field in 2019; B. Arthropod community stability in maize field in 2020; S_s: Species number; S_i: The number of individuals; S_n: The number of natural enemy species; S_p: The number of insect pests species; S_d: The number of neutral insect species; N_n: The number of natural enemy individuals; N_p: The number of insect pests individuals; N_d: The number of neutral insect individuals. Different lowercase letters above the bars indicate significant difference in the occurrence of major pests and natural enemies in maize fields of different planting patterns (P < 0.05). The same below.

hieroglyphica、小绿叶蝉 *Empoasca flavescens*、粘虫 *Mythimna seperata*、草地贪夜蛾 5 类害虫的发生量进行统计分析（图 3：A），结果表明，玉米单作田中玉米蚜（t = - 1.230，P = 0.286）、粘虫（t = - 2.720，P = 0.053）与草地贪夜蛾（t = 1.000，P = 0.374）3 类害虫的发生量高于玉米大豆间作田，但均无显著差异；玉米大豆间作田中双斑长跗萤叶甲（t = 4.098，P = 0.015）与小绿

叶蝉（$t = 9.257$，$P = 0.001$）的发生量显著高于玉米单作田。对瓢虫类、蚜茧蜂类、食蚜蝇类、蜘蛛类 4 类天敌进行统计分析（图 3：B），结果表明，玉米单作田中瓢虫类的发生量显著高于玉米大豆间作田（$t = -8.128$，$P = 0.001$）；食蚜蝇类的发生量显著低于玉米大豆间作田（$t = 5.427$，$P = 0.006$）；蚜茧蜂类（$t = -1.069$，$P = 0.345$）与蜘蛛类（$t = 1.789$，$P = 0.148$）2 类天敌的发生量在 2 种种植模式下无显著差异（图 3：B）。

2020 年调查期间，对玉米蚜类、豆秆黑潜蝇 *Melanagromyza sojae*、草地贪夜蛾、小绿叶蝉、赤须盲蝽 *Trigonotylus ruficonis* 5 类害虫的发生量进行统计分析（图 3：C），结果表明，玉米单作田中玉米蚜的发生量显著高于玉米大豆间作田（$t = -5.901$，$P = 0.004$）；豆秆黑潜蝇（$t = 12.844$，$P<0.05$）与小绿叶蝉（$t = 10.953$，$P<0.05$）的发生量显著低于玉米大豆间作田；草地贪夜蛾（$t = -0.964$，$P = 0.390$）与赤须盲蝽（$t = 1.506$，$P = 0.265$）2 类害虫的发生量在 2 种种植模式下无显著差异。对瓢虫类、大草蛉 *Chrysopa pallens*、食蚜蝇类、蜘蛛类 4 类天敌进行统计分析（图 3：D），结果表明，玉米单作田中瓢虫

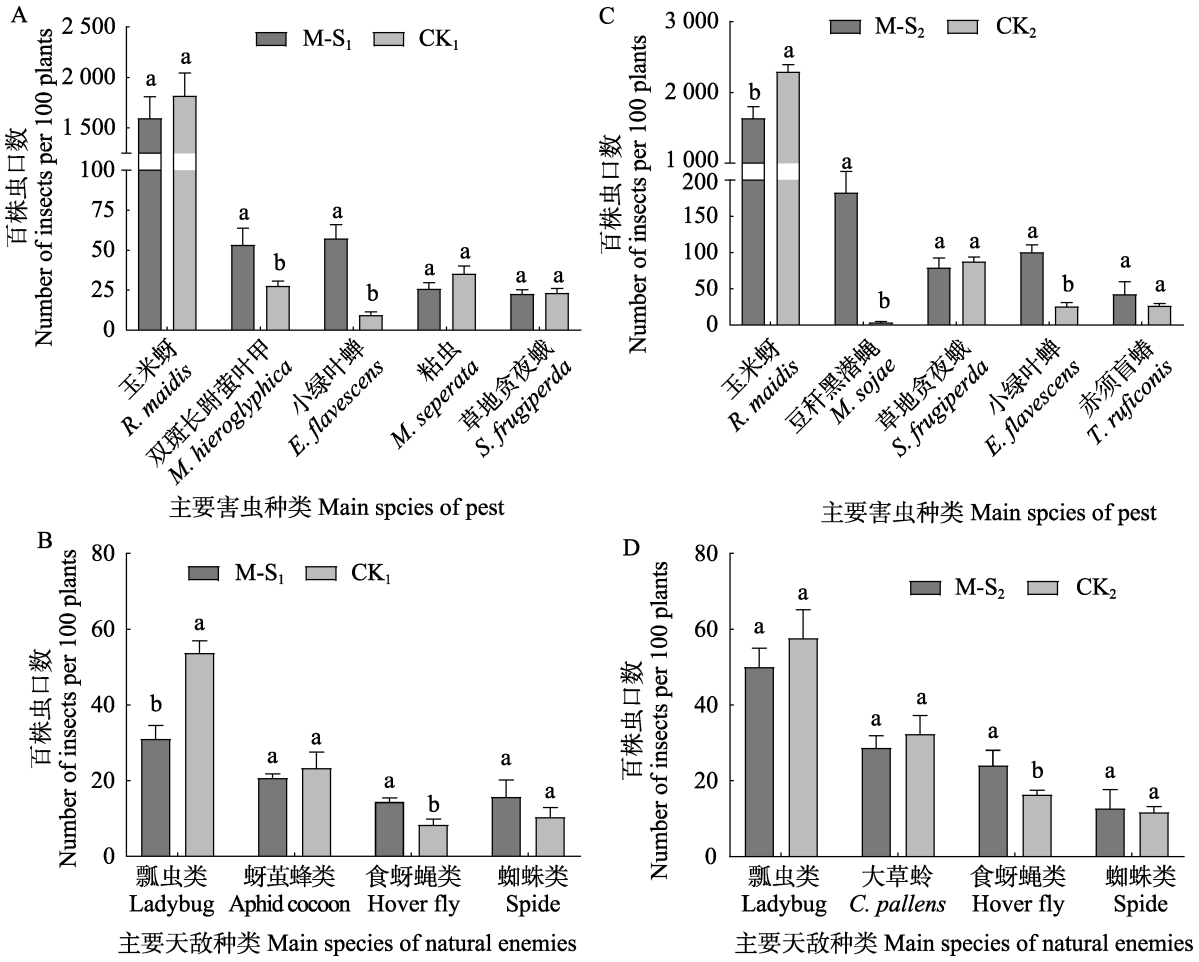


图 3　不同种植模式玉米田主要害虫与天敌的发生量

Fig. 3　The occurrence of major pests and natural enemies in maize fields with different planting patterns

A. 2019 年不同种植模式玉米田主要害虫发生量；B. 2019 年不同种植模式玉米田主要天敌发生量；C. 2020 年不同种植模式玉米田主要害虫发生量；D. 2020 年不同种植模式玉米田主要天敌发生量。

A. The occurrence of major pests in corn fields under different planting patterns in 2019; B. Occurrence of main natural enemies in maize fields under different planting patterns in 2019; C. The occurrence of major pests in corn fields under different planting patterns in 2020; D. Occurrence of main natural enemies in maize fields under different planting patterns in 2020.

（t = - 1.472，P = 0.215）与大草蛉（t = - 1.079，P = 0.341）的发生量高于玉米大豆间作田，蜘蛛类（t = 0.329，P = 0.758）天敌的发生量低于玉米大豆间作田，但均无显著差异；玉米大豆间作田中食蚜蝇的发生量显著高于玉米单作田（t = 3.190，P = 0.033）。

2.5 不同种植模式玉米田主要害虫和天敌时间生态位宽度与生态位重叠值分析

根据调查结果，分别计算 2019 与 2020 年 3 类害虫和 3 类天敌的时间生态位宽度和生态位重叠值（表 2，表 3）。

2019 年，玉米单作田草地贪夜蛾的生态位宽度值（4.921 0）最大，小绿叶蝉的生态位宽度值（3.260 9）最小，3 类天敌中生态位宽度值最高的为蜘蛛（5.463 4）。从生态位重叠值看，玉米单作田中蚜茧蜂类与玉米蚜的生态位重叠值最高（0.972 7），其次是瓢虫类与玉米蚜（0.971 1），瓢虫类与蚜茧蜂类的生态位重叠值也较高（0.930 7）；草地贪夜蛾与玉米蚜的生态位重叠指数为 0.909 8。在 3 类天敌中，蜘蛛类与草地贪夜蛾的生态位重叠指数较高（0.861 3），其次是蚜茧蜂类与草地贪夜蛾的生态位重叠指数为 0.837 9。

玉米大豆间作田中，草地贪夜蛾的生态位宽度值（5.573 3）最大，小绿叶蝉的生态位宽度值（3.394 5）最小；3 类天敌中生态位宽度值最大的为蜘蛛类（5.755 9）。从生态位重叠值看，玉米大豆间作田中玉米蚜与草地贪夜蛾的生态位重叠指数最高（0.942 0），其次是蚜茧蜂类与瓢虫类（0.934 9），瓢虫类与玉米蚜（0.934 6），蜘蛛类、蚜茧蜂类与草地贪夜蛾的生态位重叠指数相对较高，3 类天敌与小绿叶蝉的生态位重叠指数均较低（表 2）。

2020 年，玉米单作田草地贪夜蛾的生态位宽度值（6.329 2）最大，玉米蚜的生态位宽度值（3.324 4）最小。3 类天敌中的生态位宽度值最高的为蜘蛛类（6.418 6）。从生态位重叠值看，食蚜蝇类与玉米蚜、瓢虫类与玉米蚜、食蚜蝇类与瓢虫类的生态位重叠值分别为 0.940 0、0.938 7 和 0.912 5。瓢虫类、食蚜蝇类与小绿叶蝉，食蚜蝇类与草地贪夜蛾的生态位重叠指数也相对较高。

玉米大豆间作田小绿叶蝉的生态位宽度值（5.250 7）最大，玉米蚜的生态位宽度值（3.158 9）最小。3 类天敌中生态位宽度值最高的为蜘蛛类（6.607 0）。从生态位重叠值看，食

表 2 2019 年不同种植模式玉米田主要害虫和天敌时间生态位指数

Table 2 Temporal niche breadth and niche overlap of major pests and natural enemies in maize-soybean intercropping field in 2019

节肢动物名称 Arthropod name	草地贪夜蛾 *S. frugiperda*		小绿叶蝉 *E. flavescens*		玉米蚜 *R. maidis*		瓢虫类 Ladybug		蚜茧蜂类 Aphid cocoon		蜘蛛类 Spide	
	CK_1	$M\text{-}S_1$	CK_1	$M\text{-}S_1$	CK_1	$M\text{-}S_1$	CK_1	$M\text{-}S_1$	CK_1	$M\text{-}S_1$	CK_2	$M\text{-}S_1$
草地贪夜蛾 *S. frugiperda*	4.921 0	5.573 3										
小绿叶蝉 *E. flavescens*	0.741 3	0.722 4	3.260 9	3.394 5								
玉米蚜 *R. maidis*	0.909 8	0.942 0	0.635 6	0.784 3	3.630 4	4.155 2						
瓢虫类 Ladybug	0.807 6	0.902 1	0.534 8	0.577 6	0.971 1	0.934 6	4.225 7	4.159 1				
蚜茧蜂类 Aphid cocoon	0.837 9	0.798 8	0.572 8	0.501 2	0.972 7	0.870 8	0.930 7	0.934 9	4.305 8	3.971 1		
蜘蛛类 Spide	0.861 3	0.792 5	0.814 2	0.603 6	0.891 0	0.828 2	0.852 6	0.802 2	0.876 1	0.652 0	5.463 4	5.755 9

表中对角线数据表示生态位宽度，其他数据表示两个营养群之间的生态位重叠值。下表同。

The diagonal data represent the niche width, and other data represent the niche overlap between two nutrient groups. The same below.

蚜蝇类与瓢虫类、蜘蛛类与瓢虫类的生态位重叠值分别为 0.934 7 和 0.940 0。另外，玉米蚜与小绿叶蝉、食蚜蝇类与草地贪夜蛾的生态位重叠值也较高，分别为 0.989 4 和 0.961 0（表 3）。

2.6　不同种植模式对玉米产量的影响

产量测定结果表明，2019 年玉米大豆间作模式下的玉米果穗千粒重与单位面积玉米产量均显著高于同年玉米单作模式（$P<0.05$），较单作玉米，玉米大豆间作模式下玉米产量增产 15.12%；2020 年玉米大豆间作模式下玉米果穗千粒重高于玉米单作模式，无显著性差异（$P>0.05$）；但单位面积玉米产量显著高于玉米单作模式（$P<0.05$），较单作玉米，玉米大豆间作模式下玉米产量增产 13.56%（表 4）。

3　讨论

间作作为一种能够提高农田生态系统生物多样性和控害能力的种植模式，被广泛应用于农业生产中（Lithourgidis *et al.*，2011），与单一种植的农田相比，间作种植模式通过合理地选择与配置，使农田生态系统能有效获取和利用资源以控制病虫害的发生（Echarte *et al.*，2011）。本研究于 2019 与 2020 年连续 2 年对玉米大豆间作田与玉米单作田的节肢动物群落结构进行系统调查，发现玉米大豆间作田的节肢动物群落害虫、天敌、中性昆虫物种数、天敌个体数、物种的多样性指数、丰富度指数及均匀度指数均大于同年玉米单作田，但害虫的个体数少于同年玉米单作田。这说明较单一种植玉米而言，间作模式

表 3　2020 年不同种植模式玉米田主要害虫和天敌时间生态位指数

Table 3　Temporal niche breadth and niche overlap of major pests and natural enemies in maize-soybean intercropping field in 2020

节肢动物名称 Arthropod name	草地贪夜蛾 *S. frugiperda*		小绿叶蝉 *E. flavescens*		玉米蚜 *R. maidis*		瓢虫类 Ladybug		食蚜蝇类 Hover fly		蜘蛛类 Spide	
	CK_2	$M\text{-}S_2$	CK_2	$M\text{-}S_2$	CK_2	$M\text{-}S_2$	CK_2	$M\text{-}S_2$	CK_2	$M\text{-}S_2$	CK_2	$M\text{-}S_2$
草地贪夜蛾 *S. frugiperda*	6.329 2	3.773 7										
小绿叶蝉 *E. flavescens*	0.813 4	0.927 5	4.112 4	5.250 7								
玉米蚜 *R. maidis*	0.767 0	0.681 8	0.710 1	0.989 4	3.324 4	3.158 9						
瓢虫类 Ladybug	0.868 9	0.883 3	0.947 0	0.952 8	0.938 7	0.860 8	5.505 8	4.941 5				
食蚜蝇类 Hover fly	0.935 9	0.961 0	0.931 2	0.899 3	0.940 4	0.884 2	0.912 5	0.934 7	5.391 5	5.416 7		
蜘蛛类 Spide	0.834 6	0.819 1	0.830 9	0.859 9	0.740 2	0.884 9	0.913 9	0.940	0.879 9	0.739 6	6.418 6	6.607

表 4　不同种植模式下的玉米产量

Table 4　Maize yield under different planting patterns

种植模式 Planting patterns	千粒重（g） 1 000-grains dry weight (g)	产量（kg/hm^2） Yield (kg/hm^2)	增产率（%） Yield increase rate (%)
$M\text{-}S_1$	288.29±4.24 a	14 024.22±532.31 a	15.12
CK_1	251.12±5.08 b	11 894.44±293.09 b	-
$M\text{-}S_2$	268.67±4.15 a	13 793.91±493.92 a	13.56
CK_2	240.23±3.87 a	11 932.27±332.53 b	-

同列不同字母表示经 Duncan's 新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。

Different letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

可以较好地维持群落内种间平衡和群落稳定性，这与张雪艳等（2021）的研究结果相似，但该研究中玉米大豆间作模式对玉米蚜的发生无明显抑制作用，与之不同的是，本研究中玉米大豆间作模式对玉米蚜抑制作用明显。此差异可能与玉米种植区域、栽培管理与种植时间有关。另有研究表明，间作模式会改变田间的小气候环境，这种改变可能不适宜某些害虫的生存和繁殖而对天敌有利（Rao *et al.*，2000；娄善伟等，2010）；王云鹏（2020）认为间作田对天敌更有利，天敌的优势互补作用也较强，更有利于应对复杂的气候条件和环境变化。本研究中，玉米大豆间作田节肢动物群落 S_n/S_p 值、N_n/N_p 值均大于同年玉米单作田，说明间作田天敌对害虫的物种数和个体数均有良好的制约效果。这可能与玉米与大豆间作调整了昆虫生长的微环境有关，从而增加群落多样性与稳定性，有利于抵御害虫的发生定殖。

两年中玉米大豆间作田与玉米单作田共有的主要害虫是草地贪夜蛾、玉米蚜和小绿叶蝉。2019 年，2 种种植模式下草地贪夜蛾的生态位宽度值在害虫中均最大，表明 2019 年草地贪夜蛾在 2 种种植模式下发生时间均很长，对时间资源的利用较充分。2020 年，玉米单作田中草地贪夜蛾的生态位宽度值最大，而玉米大豆间作田中草地贪夜蛾的生态位宽度值有所减小，小绿叶蝉的生态位宽度值最大，究其原因可能是在 2019 年草地贪夜蛾刚入侵到新环境（刘杰等，2021；Sun *et al.*，2021），短期内缺乏有效的天敌和自然生态控制，有利于其定殖和繁衍（杨普云等，2019）。到了 2020 年，草地贪夜蛾对生境有了一定的适应性，大豆植株上原有的优势害虫小绿叶蝉（迟家家等，2017）优势地位上升。玉米蚜是玉米田的优势害虫（白树雄等，2014），在西南地区，一般玉米出苗约 7 d 就有玉米蚜发生（解雅梅，2019），本研究中玉米蚜的生态位宽度值一直处于居中状态，说明玉米蚜在玉米整个生育期都有发生。另外，双斑长跗萤叶甲、粘虫与豆秆黑潜蝇、赤须盲蝽分别在 2019 和 2020 年调查期间也有较高发生量。

瓢虫类、食蚜蝇类与蜘蛛类是玉米田主要的捕食性天敌，蚜茧蜂类是主要的寄生性天敌（李武高，2003；辛肇军等，2011）。在云南东北部昭通与云南南部普洱 2 个不同的玉米生态区，异色瓢虫 *Harmonia axyridis* 在玉米任何生育期都可成为优势种（禹田等，2018），玉米与甘蔗间作模式下，黑带食蚜蝇 *Episyrphus balteatus* 与异色瓢虫成为玉米蚜主要的优势天敌（荆凡胜等，2017）。本研究中，瓢虫类与食蚜蝇类的优势种分别为异色瓢虫与刺腿食蚜蝇 *Ischiodon scutellaris* Fabricius，玉溪气候温和，年平均气温为 16 ℃左右，前人研究指出，当平均气温为 16.6 ℃时，刺腿食蚜蝇的世代历期长达 45.3 d，幼虫期平均捕蚜量达 278.5 头，是蚜虫、蓟马、叶蝉及鳞翅目低龄幼虫的重要捕食性天敌（余春仁等，1994）。一般生境与植被越复杂，蜘蛛类天敌的种类和数量就越多。本研究发现 2 种种植模式下蜘蛛类的时间生态位宽度值比另外 2 种天敌高，并且玉米大豆间作田中蜘蛛类生态位宽度值与发生量均高于同年玉米单作田，这表明蜘蛛类天敌在玉米农田中占有较长时间资源，同时也说明蜘蛛类天敌在间作田中更占优势，这与田耀加等（2012）研究结果一致。宣威试验地与玉溪试验地调查到的主要天敌、主要害虫有所区别，这与其试验地的生态环境、作物品种、行间配置等因素相关。

从天敌与害虫相互关系来看，2 年中蜘蛛类与草地贪夜蛾的生态位重叠值均较高，说明蜘蛛类天敌与草地贪夜蛾有跟随现象。蜘蛛类天敌在农田系统中占有重要地位，种类多，捕食性广，是鳞翅目害虫的优势天敌。另外，在 2020 年调查期间，食蚜蝇类与草地贪夜蛾的生态位重叠值尤为突出，表明食蚜蝇类天敌与草地贪夜蛾也有明显的跟随现象。最近有研究指出，黑带食蚜蝇与草地贪夜蛾存在双向捕食关系，2 龄、3 龄黑带食蚜蝇幼虫可捕食 1-2 龄草地贪夜蛾幼虫，草地贪夜蛾 3 龄及以上龄期的幼虫也可以捕食黑带食蚜蝇各龄期幼虫（Li and Wu，2022）。前人研究中也证实了食蚜蝇幼虫不仅可以捕食蚜虫，还可捕食多种鳞翅目低龄幼虫（程予奇，2019；田径和任炳忠，2019）。2 种种植模式下，瓢虫

类与玉米蚜、蚜茧蜂类与玉米蚜、食蚜蝇类与玉米蚜、瓢虫类与蚜茧蜂类、瓢虫类与食蚜蝇类的生态位重叠值均较大，表明瓢虫类、蚜茧蜂类与食蚜蝇类是玉米蚜的主要天敌，并且对玉米蚜存在竞争。

综合来看，玉米大豆间作种植模式可增强农田生态系统的稳定性，提高节肢动物群落的多样性与丰富度，能以害虫和天敌的种群动态及它们之间时间上的相互作用关系来构建生态位互补群体，从而增强自然生态的控害功能，并能提高玉米单位面积产量。尽管如此，但在生产上仅靠农田发挥自身控害功能并不能对害虫起到良好的防治效果，具体的间作方式还需结合当地情况进行变通，如作物品种的选择、作物行间的配置、播种的时令等，并适当结合其他防治措施对害虫进行综合治理，方能助力高效、绿色和安全的农业生产。

参考文献 (References)

Bai SX, Zhang C, Yan ZF, He KL, Wang ZY, 2014. Spatial dynamics of aphids in corn fields. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(3): 661–667. [白树雄, 张聪, 闫占峰, 何康来, 王振营, 2014. 玉米田蚜虫种群的空间动态. 应用昆虫学报, 51(3): 661–667.]

Bai WL, Zheng Y, Xiao JX, 2018. Below-ground biotic mechanisms of phosphorus uptake and utilization improved by cereal and legume intercropping-a review. *Crops*, 34(4): 20–27. [柏文恋, 郑毅, 肖靖秀, 2018. 豆科禾本科间作促进磷高效吸收利用的地下部生物学机制研究进展. 作物杂志, 34(4): 20–27.]

Chang YM, Zhang ZK, Zhao Y, Liu BQ, Li QY, Chen G, 2021. Effects of maize-soybean intercropping on the occurrence of major diseases, insect pests and the yield of maize. *Journal of Plant Protection*, 48(2): 332–339. [常玉明, 张正坤, 赵宇, 刘宝权, 李启云, 陈光, 2021. 玉米大豆间作对玉米主要病虫害发生及其产量的影响. 植物保护学报, 48(2): 332–339.]

Cheng YQ, 2019. Study on metapopulation structure of aphidphagous syrphids and biological characteristics of important species in Changsha. Master dissertation. Changsha: Hunan Agricultural University. [程予奇, 2019. 长沙市捕食性食蚜蝇集合种群构成及重要种类生物学特性研究. 硕士学位论文. 长沙: 湖南农业大学.]

Chi JJ, Chen P, Zheng XQ, Liu YJ, Liu JZ, 2017. Arthropod community and occurrence dynamics of major pests and natural enemies in spring soybean field in Feicheng. *Shandong Agricultural Sciences*, 49(3): 113–116. [迟家家, 陈鹏, 郑向前, 刘永杰, 刘俊展, 2017. 肥城春大豆田节肢动物群落及主要害虫与天敌发生动态. 山东农业科学, 49(3): 113–116.]

Echarte L, Della Maggiora A, Cerrudo D, Gonzalez VH, Abbate P, Cerrudo A, Sadras VO, Calviño P, 2011. Yield response to plant density of maize and sunflower intercropped with soybean. *Field Crops Research*, 121(3): 423–429.

Gao FJ, Tian YX, Cao PP, 2020. The present situation and suggestion of intercropping technique of maize and soybean—a case study of Dezhou area. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 48(2): 27–29. [高凤菊, 田艺心, 曹鹏鹏, 2020. 玉米-大豆间作种植技术推广的现状及建议——以德州地区为例. 安徽农业科学, 48(2): 27–29.]

Godfray HCJ, Beddington JR, Crute IR, Haddad L, Lawrence D, Muir JF, Pretty J, Robinson S, Thomas SM, Toulmin C, 2010. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327(5967): 812–818.

Guo JF, Han HL, He KL, Bai SX, Zhang TT, Wang ZY, 2022. Dispersal of *Spodoptera frugiperda* in maize monoculture and intercropped maize-soybean fields. *Plant Protection*, 48(1): 110–115. [郭井菲, 韩海亮, 何康来, 白树雄, 张天涛, 王振营, 2022. 草地贪夜蛾在玉米单作及玉米-大豆间作田的扩散规律. 植物保护, 48(1): 110–115.]

Jing FS, Chen B, Chang HY, Zhao YP, Li ZY, Zhang LM, 2017. The effectof corn//sugarcane on *Rhopalosiphum maidis* (Fitch), *Ceratovacuna lanigera*(Zehntne) and their main natural enemies. *Journal of Yunnan Agricultural University* (*Natural Science*), 32(3):432–441. [荆凡胜, 陈斌, 常怀艳, 赵远鹏, 李正跃, 张立敏, 2017. 玉米//甘蔗对玉米蚜、甘蔗绵蚜及其天敌昆虫的影响. 云南农业大学学报(自然科学), 32(3): 432–441.]

Li H, Wu KM, 2022. Bidirectional predation between larvae of the hoverfly *Episyrphus balteatus* (Diptera: Syrphidae) and the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*, 115(2): 545–555.

Li L, 2016. Intercropping enhances agroecosystem services and functioning: Current knowledge and perspectives. *Chinese Journal of Eco-Agriculture,* 24(4): 403–415. [李隆, 2016. 间套作强化农田生态系统服务功能的研究进展与应用展望. 中国生态农业学报, 24(4): 403–415.]

Li Q, Li Q, Zhang XM, 2019. Effects of soybean/maize intercropping densities on the arthropod diversity and stability in soybean field. *Journal of Southern Agriculture*, 50(6):1247–1255. [李琼, 李强, 张晓明, 2019. 大豆/玉米间作密度对大豆田节肢动物群落多样性和稳定性的影响. 南方农业学报, 50(6): 1247–1255.]

Li WG, 2003. Studies on the dynamics of the arthropod communities

in maize field in Guanzhong district. Master dissertation. Yangling: Northwest A&F University. [李武高, 2003. 关中地区玉米田节肢动物群落结构变动规律研究. 硕士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学.]

Liu L, Yang J, Li CY, 2017. Effects of maize-soybean intercropping on the ammonia oxidizing microbes in the rhizosphere of maize. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 33(6): 1278–1287. [刘丽, 杨静, 李成云, 2017. 玉米—大豆间作对玉米根际氨氧化微生物的影响. 江苏农业学报, 33(6): 1278–1287.]

Liu J, Jiang YY, Huang C, Wu QL, Zhang T, Zeng J, 2021. Forecast of major pests and diseases of grain crops in China in 2021. *China Plant Protection*, 41(1): 37–39, 42. [刘杰, 姜玉英, 黄冲, 吴秋琳, 张涛, 曾娟, 2021. 2021 年全国粮食作物重大病虫害发生趋势预报. 中国植保导刊, 41(1): 37–39, 42.]

Lithourgidis AS, Dordas CA, Damalas CA, Vlachostergios DN, 2011. annual intercrops: An alternative pathway for sustainable agriculture. *Australian Journal of Crop Science*, 5(4): 396–410.

Lou SW, Rao CT, Zhao Q, Wang HW, Guo RS, Gao YG, Zhang JS, 2010. Micro-climate characteristics of cotton field under different plant density. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 31(2): 255–260, 270. [娄善伟, 饶翠婷, 赵强, 王宏伟, 郭仁松, 高云光, 张巨松, 2010. 不同种植密度下的棉田小气候特点. 中国农业气象, 31(2): 255–260, 270.]

Ouyang F, Ge F, 2011. Effects of agricultural landscape patterns on insects. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(5): 1177–1183. [欧阳芳, 戈峰, 2011. 农田景观格局变化对昆虫的生态学效应. 应用昆虫学报, 48(5):1177–1183.]

Rao MR, Singh MP, Day R, 2000. Insect pest problems in tropical agroforestry systems: Contributory factors and strategies for management. *Agroforestry Systems*, 50(3): 243–277.

Sun B, Sun LH, Tang AY, Xia YB, 2021. Review and prospect of maize variety test and approval in Yunnan Province in recent 10 years. *Seed Science & Technology*, 39(11): 22–23, 26. [孙博, 孙林华, 汤霭娅, 夏艳波, 2021. 近 10 年云南省玉米品种试验审定工作回顾与展望. 种子科技, 39(11): 22–23, 26.]

Sun XX, Hu CX, Jia HR, Wu QL, Shen XJ, Zhao SY, Jiang YY, Wu KM, 2021. Case study on the first immigration of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* invading into China. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(3): 664–672.

Tian J, Ren BZ, 2019. A conspectus of Syrphidae. *Journal of Jilin Agricultural University*, 41(1): 1–10. [田径, 任炳忠, 2019.食蚜蝇研究概述. 吉林农业大学学报, 41(1): 1–10.]

Tian YJ, Liang GW, Zeng L, Lu YY, 2012. Influence of intercropping on dynamics of insect pests，natural enemies and the damage of *Ostrinia furnacalis* in sweet corn field. *Acta Phytophylacica Sinica*, 39(1): 1–6. [田耀加, 梁广文, 曾玲, 陆永跃, 2012. 间作对甜玉米田主要害虫与天敌动态的影响. 植物保护学报, 39(1): 1–6.]

Wang YP, 2020. Effects of mazie-mung bean intercropping patterns on the occurrence of pests and natural enemies on maize and mung bean. Master dissertation. Taian: Shandong Agricultural University. [王云鹏, 2020. 玉米—绿豆间作方式对玉米和绿豆害虫及天敌发生的影响. 硕士学位论文. 泰安: 山东农业大学.]

Wang YZ, Yue YH, 1998. Efficacy of interplant and mixture sowing of maize and soybean on pest and disease management in soybean. *Plant Protection*, 24(1): 13–15. [王玉正, 岳跃海, 1998. 大豆玉米间作和同穴混播对大豆病虫发生的综合效应研究. 植物保护, 24(1): 13–15.]

Xie YM, 2019. Study on the occurrence regularity and population control of maize aphids. Master dissertation. Yangzhou: Yangzhou University. [解雅梅, 2019. 玉米蚜虫的发生规律及种群控制研究. 硕士学位论文. 扬州: 扬州大学.]

Xin ZJ, Zhuo DG, Li ZH, 2011. Investigation on natural enemies of pests in summer maize field. *Shandong Agricultural Science*, 43(6): 85–89. [辛肇军, 卓德干, 李照会, 2011. 夏玉米田害虫天敌种类调查. 山东农业科学, 43 (6): 85–89.]

Yang F, Liao DP, Wu XL, Gao RC, Fan YF, Ali Raza M, Wang XC, Yong TW, Liu WG, Liu J, Du JB, Shu K, Yang WY, 2017. Effect of aboveground and belowground interactions on the intercrop yields in maize-soybean relay inter cropping systems. *Field Crops Research*, 203: 16–23.

Yang PY, Zhu XM, Guo JF, Wang ZY, 2019. Strategy and advice for managing the fall armyworm in China. *Plant Protection*, 45(4): 1–6. [杨普云, 朱晓明, 郭井菲, 王振营, 2019. 我国草地贪夜蛾的防控对策与建议. 植物保护, 45(4): 1–6.]

Yang WT, Wang XW, Wang JW, 2013. Crop-and soil nitrogen in legume-gramineae intercropping system: Research progress. *Chinese Journal of Ecology*, 32(9): 2480–2484. [杨文亭, 王晓维, 王建武, 2013. 豆科-禾本科间作系统中作物和土壤氮素相关研究进展. 生态学杂志, 32(9): 2480–2484.]

Yu CR, Pan RY, Lian JX, Wang WY, 1994. A preliminary study on the biology of *Ischiodon scutellaris* (FAB.). *Journal of Biosafety*, 3(1): 30–37. [余春仁, 潘蓉英, 连建新, 王文勇, 1994. 短刺刺腿食蚜蝇生物学特性的初步研究. 华东昆虫学报, 3(1): 30–37.]

Yu T, Jia YC, Chai ZQ, Wu D, Bashir N, Ma L, Chen GH, Li Q, 2018. Population dynamics of dominant insect pests and natural enemies on maize in different ecological systems of Yunnan Province. *China Plant Protection*, 38(9): 31–37. [禹田, 贾永超, 柴正群, 吴迪, Nawaz Haider Bashir, 马丽, 陈国华, 李强, 2018. 云南不同生态区玉米害虫优势种及其天敌优势种的种

群动态. 中国植保导刊, 38(9): 31–37.]

Yue YH, 1997. Preliminary observation of intercropping maize on controlling cotton bollworm in soybean field. *Bulletin of Agricultural Science and Technology*, 1(12): 22–23. [岳耀海, 1997. 间作玉米对控制大豆田棉铃虫的初步观察. 农业科技通讯, 1(12): 22–23.]

Zhang EH, Li LL, Huang GB, Huang P, Chai Q, 2002. Regulation of fertilizer application on yield and root growth of spring wheat-faba bean intercropping system. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 13(8): 939–942. [张恩和, 李玲玲, 黄高宝, 黄鹏, 柴强, 2002. 供肥对小麦间作蚕豆群体产量及根系的调控. 应用生态学报, 13(8): 939–942.]

Zhang XY, Zhang Y, Chen HN, Song CC, Deng XY, Wu F, Dong Y, Li Q, Jiang CX, 2021. Arthropods community of maize under different cultivation patterns. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 39(6): 755–765. [张雪艳, 张悦, 陈昊楠, 宋灿灿, 邓晓悦, 吴飞, 董毅, 李庆, 蒋春先, 2021. 四川玉米不同栽培模式田间节肢动物群落. 四川农业大学学报, 39(6): 755–765.]

****

封面介绍

玄灰蝶 *Tongeia fischeri* (Eversmann, 1843)

翅正面黑褐色，有蓝紫色金属反光。后翅近外缘有极不明显的细小红纹，尾突短小。反面灰色，前翅外缘有 2 列各 6 个黑斑，互相平行，内列末两个内移；后中横斑靠近外缘，与亚外缘斑列间无淡色斑列。后翅有 4 列黑斑；亚外缘内侧斑镶有几个橙色纹，后中横斑列曲折排列，基部另有 1 列 4 个黑斑。前后翅中室端各有 1 个横斑。斑纹皆围有白边。

本期封面照片是在第三次新疆综合科学考察过程中，于 2023 年 6 月 8 日拍摄于新疆阿勒泰地区哈巴河县白哈巴大峡谷。科考中发现，该物种喜食林区泥土道路上牲畜的排泄物，取食时，双翅展开，颜色几乎与土色一致，伪装的很好。

感谢黄雅慧女士、陈付强博士帮忙鉴定物种，感谢第三次新疆综合科学考察“阿尔泰山跨境保护地生物多样性考察”（2022xjkk0801）项目资助。

（姜春燕，中国科学院动物研究所）