

小麦收割对新疆北部集约化棉区主要天敌昆虫种群数量的影响^{*}

张鑫^{1,2**} 张江国³ 潘卫林⁴ 吕昭智^{1***}

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所 中国科学院干旱区生物地理与生物资源重点实验室 乌鲁木齐 830011;

2. 中国科学院研究生院 北京 100049; 3. 新疆阿拉山口出入境检验检疫局 博乐 833418;

4. 新疆生产建设兵团农七师 124 团 奎屯 833200)

摘要 于 2009 年 6—8 月小麦成熟至收割期对新疆北部奎屯垦区 124 团集约化棉区进行了调查,通过扫网法采集了棉区麦田和棉田的昆虫,并对其种群数量进行了统计分析。结果表明:随着小麦逐渐成熟,麦田中的天敌昆虫数量持续下降;当小麦全部收割后,麦田中只有极少数天敌昆虫生存。而与麦田相邻的棉田中的天敌昆虫数量在小麦收割后迅速上升,平均百网虫量达到 59.23 头,高于对照组连片棉田(平均百网虫量 15.33 头);小麦的收割比例与棉田天敌昆虫的种群数量存在显著正相关关系($P < 0.05$),4 类主要天敌昆虫(草蛉科、姬蜂科、瓢虫科、食蚜蝇科)种群数量变化趋势之间没有显著差异。小麦收割会驱使失去生境的天敌昆虫转移进入相邻的棉田,姬蜂科、瓢虫科、食蚜蝇科等活动能力强的天敌昆虫类群更容易进入新的生境,而活动能力相对较弱的类群(草蛉科)则难以转移至棉田中。深入研究集约化棉区麦田与棉田中天敌昆虫的库源关系,将有助于集约化农业体系的进一步发展。

关键词 集约化棉区, 小麦收割, 天敌昆虫, 库源关系

Influence of wheat harvesting on populations of the main natural enemies of cotton pests in northern Xinjiang

ZHANG Xin^{1,2**} ZHANG Jiang-Guo³ PAN Wei-Lin⁴ LV Zhao-Zhi^{1***}

(1. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Key Laboratory of Biogeography and Bioresource in Arid Land, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3. Xinjiang Alashankou Exit-entry Inspection and Quarantine Bureau, Bole 833418, China;

4. Regimental Farm 124, Agricultural Division 7, Xinjiang Production and Construction Corps, Kuitun 833200, China)

Abstract This study was carried out during the mature and harvesting stage of wheat in an intensive cotton belt in northern Xinjiang in 2009. The sweeping method was used to collect insects from wheat and cotton fields after which the abundance of insects was recorded and analyzed. The abundance of natural enemies continuously declined as wheat matured and only a few survived in wheat fields after all wheat plants had been harvested. Conversely, numbers of natural enemies increased rapidly in adjacent cotton fields after wheat harvest (59.23 individuals per 100 sweeps), which was higher than in control fields (15.33 individuals per 100 sweeps). A significant positive correlation between the wheat harvest ratio and the abundance of natural enemies in adjacent cotton fields was found but there were no significant seasonal trends in the abundance of 4 main groups of these (Ichneumonidae, Coccinellidae, Syrphidae, and Chrysopidae). Natural enemies of cotton pests that live in wheat fields may be forced to move to adjacent cotton fields when wheat is harvested. Further research on the sink-source relationship of natural enemies in the intensive cotton belt is important to improve the future sustainability of agriculture in this region.

* 资助项目:中国科学院院地合作项目(XBXJ-2011-029)和科技部重大国家合作项目(2007DFA31280)。

**E-mail: dinclas@gmail.com

***通讯作者, E-mail: zhaozhi@ms.xjb.ac.cn

收稿日期:2012-02-18, 接受日期:2012-03-23

Key words intensive cotton belt, wheat harvest, natural enemy, sink-source relationship

新疆维吾尔自治区地处亚欧大陆中部,光能资源丰富,干旱少雨,是理想的棉花生长区,也是我国传统的棉花种植区,与长江流域棉区和黄河流域棉区一起并称中国三大棉区(刘李峰等, 2006; 张晴, 2007; Wu, 2007; 阿布力孜, 2011)。新疆的作物结构主要以粮食作物和棉花为主,随着 90 年代以来逐渐强化农业结构调整力度,棉花种植面积逐年扩大,至 2007 年已达到 178 hm²。而近年来随着粮食生产的进一步强化,新疆棉花种植面积有所下降,2009 年植棉面积为 140 hm²,新疆北部棉区已经由以前的纯植棉区转变为粮、棉、蔬菜、油料作物等混合种植的集约化管理模式棉区,尤其是粮食作物中的小麦成为棉区的主要作物之一。2009 年新疆小麦种植面积达到 121 hm²,创历史新高,棉花-小麦已经成为新疆北部棉区的主要种植模式。

天敌昆虫是农田生态系统的重要组成部分,在农田昆虫群落结构中具有重要生态功能,是维持昆虫群落稳定性的重要类群(Straub *et al.*, 2008; Garratt *et al.*, 2011; Zhang and Swinton, 2012)。在棉区生态系统中,天敌昆虫对于控制棉花的主要害虫棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner)、棉蚜 *Aphis gossypii* Glover 等具有非常重

要的意义(King and Powell, 1992; Gupta *et al.*, 2004; Walker *et al.*, 2010)。小麦由于生长期长,生物量丰富,是天敌昆虫良好的栖息场所(Ahern and Brewer, 2002; 马晓牧等, 2007)。小麦收割将破坏原有麦田昆虫群落的生存环境,从而导致部分昆虫转移至周边环境(Bach and Tabashnik, 1990; 文绍贵等, 1995; 李向东等, 2009)。姚举等(1999)报道了新疆南部莎车县棉区小麦收割对邻作棉田天敌昆虫的影响,但新疆北部集约化棉区的情况目前尚缺乏研究。本研究采用扫网法对昆虫样本进行采集,研究了小麦收割与棉区天敌昆虫种群数量之间的关系。为进一步探讨集约化棉区天敌昆虫的合理利用与保护提供基础。

1 材料与方法

1.1 研究区域

研究区域位于新疆北部奎屯垦区 124 团(E84°09′ ~ 84°17′; N44°34′ ~ 44°59′)。是新疆北部地区的传统植棉区,也是集约化棉区中棉花-小麦种植模式最为明显的棉区之一,从 2007 至 2009 年,研究区域内的棉花种植面积逐年下降,其他作物种植面积扩大,尤其以小麦种植面积扩大速度最快(表 1)。

表 1 2007—2009 年 124 团农作物种植比例(%)

Table 1 Proportions of crop in 124 group, 2007—2009

作物种类 Crop	棉花 Cotton	小麦 Wheat	番茄 Tomato	玉米 Maize	油葵 Sunflower	其他 Others
2007	77.13	1.05	3.21	4.74	3.09	10.78
2008	59.77	4.35	7.11	5.19	5.31	18.27
2009	32.35	17.91	5.60	9.18	8.95	26.01

在研究区域内选择麦田和与之相邻的棉田各 5 块,相距 1 km 以上以避免互相干扰,同时选择连片纯棉田 5 块作为对照。

1.2 研究方法

于 2009 年 6—8 月期间,在目标麦田与棉田中使用扫网法采集昆虫样本,主要采集对象包括草蛉科 Chrysopidae、姬蜂科 Ichneumonidae、瓢虫科 Coccinellidae、食蚜蝇科 Syrphidae 等类群的天敌昆虫,每 6 d 调查 1 次,其中小麦收割前调查 1 次,小

麦收割期间调查 4 次,小麦收割后调查 1 次。在目标农田内采用随机取样法,每 100 复网收集 1 次(捕虫网杆长度 1.2 m,网口直径 38 cm,扫网幅度 180°),将收集到的昆虫装入乙醚瓶内杀死,带回实验室内进行鉴定并统计天敌昆虫的种类和数量。

1.3 数据分析

实验数据采用 Excel 2003 和 OriginPro 7.5 软件进行统计分析,小麦收割比率与相邻棉田内天

敌昆虫的种群数量关系采用线性拟合分析方法,不同类群的天敌昆虫种群数量变化的差异性用各组样本数据之间的 t 测验进行比较(显著水平均为 $P < 0.05$),图、表中所出现的误差处理方式均为平均值 \pm 标准误(mean \pm SE)。

2 结果与分析

2.1 小麦收割期麦田和棉田天敌昆虫种群数量变化

随着6月下旬小麦进入生长后期并逐渐成熟,麦田中的天敌昆虫数量迅速下降,至小麦成熟待收获的7月中旬已经降至前期的3.47%,而与

此同期棉田中的天敌昆虫数量相对较少并保持稳定。实验区域内的小麦于7月3日开始收割,至7月21日全部收割完毕,麦田内仅剩余10 cm左右的麦茬,收割完毕的麦田内尚残余极少数量的天敌昆虫个体(平均百网虫量低于1头),而棉田内的天敌昆虫数量出现明显增加,至7月27日已经达到小麦收割前数量的10倍以上,种群数量高于作为对照的连片棉田(图1)

对小麦收割时间的统计研究结果显示,小麦收割的比率与相邻棉田内天敌昆虫的种群数量存在显著正相关关系(图2)。

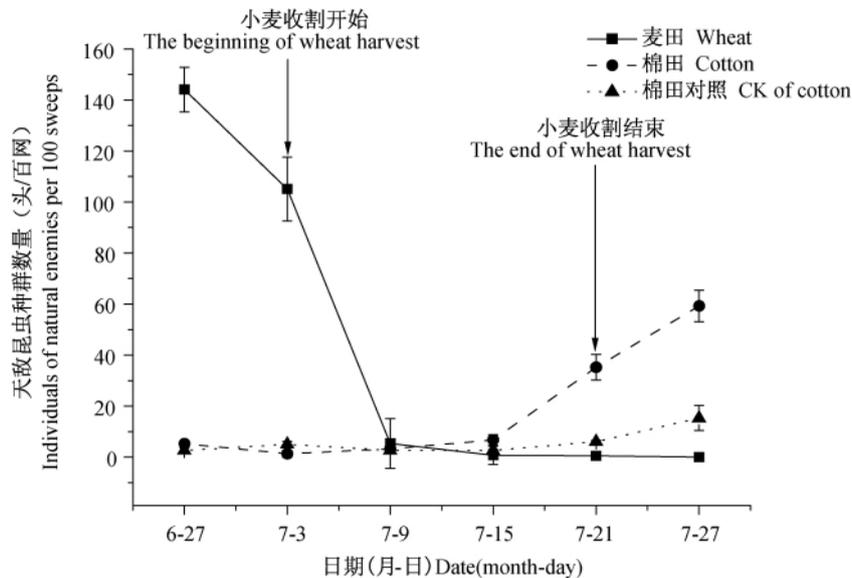


图1 小麦收割前后天敌昆虫种群数量变化

Fig.1 Seasonal abundances of natural enemies before and after wheat harvest

2.2 小麦收割对不同种类天敌昆虫的种群数量影响

由图3可以看出,小麦收割前后,相邻棉田中4个主要类群(草蛉科、姬蜂科、瓢虫科、食蚜蝇科)的天敌昆虫种群数量均出现了一定程度的变化,小麦收割前期(6月27日—7月9日),相邻棉田内的天敌昆虫种群数量为姬蜂科 > 瓢虫科 > 草蛉科 > 食蚜蝇科;小麦收割后期及收割结束后(7月15日—7月27日),相邻棉田内的天敌昆虫种群数量为姬蜂科 > 瓢虫科 > 食蚜蝇科 > 草蛉科,结果显示姬蜂科昆虫作为棉田天敌昆虫中的优势

类群,在小麦收割前后均是棉田中数量最多的天敌昆虫;而草蛉科昆虫数量最少。4个类群的天敌昆虫种群数量变化之间不存在显著差异($P > 0.05$)。

另外,调查中还发现麦田中瓢虫科昆虫的幼虫和蛹数量较多,但随着小麦收割数量减少并最终消失,而小麦收割后棉田中瓢虫成虫数量迅速增加,但瓢虫幼虫和蛹的数量始终很少(表2)。这说明只有瓢虫科昆虫具有飞翔能力的成虫能够从收割过的麦田转移至棉田中。

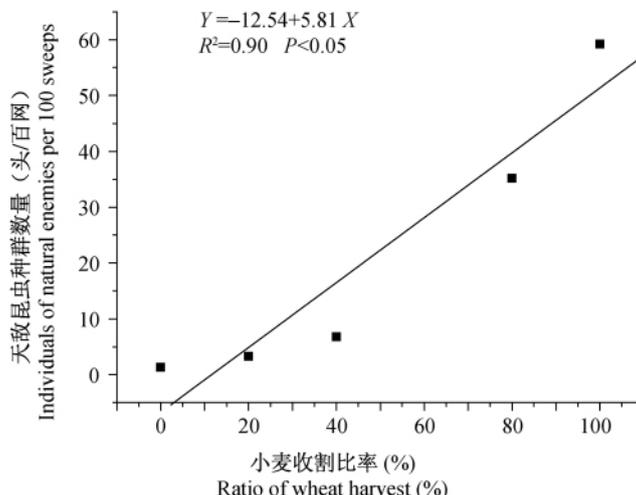


图 2 小麦收割比率与相邻棉田中天敌昆虫的种群数量关系
 Fig. 2 Correlation between wheat harvest ratio and the abundances of natural enemies in the adjacent cotton fields

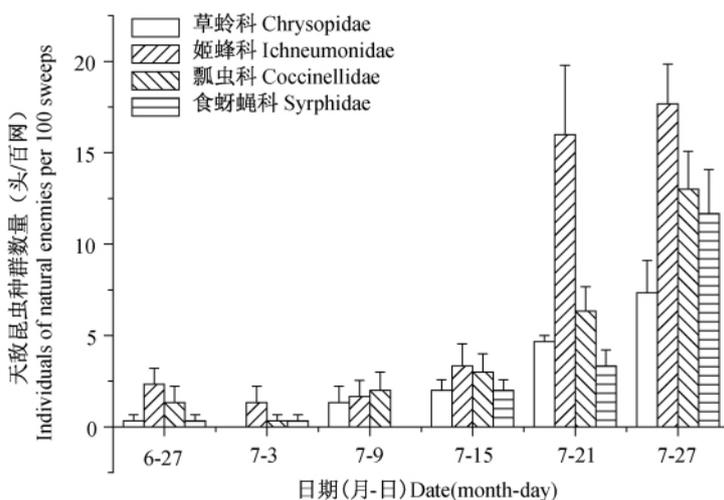


图 3 棉田中 4 大类群天敌昆虫的种群数量变化
 Fig. 3 Seasonal abundances of natural enemies belong to 4 families in cotton fields

表 2 棉田中瓢虫科昆虫 3 种不同虫态种群数量变化

Table 2 Seasonal abundance of 3 different metamorphosis stages of Coccinellidae insects in cotton fields

虫态 Metamorphosis stages	种群数量(头/百网) Individuals (100 sweeps)					
	6 月 27 日 June 27	7 月 3 日 July 3	7 月 9 日 July 9	7 月 15 日 July 15	7 月 21 日 July 21	7 月 27 日 July 27
成虫 Adult	1.33 ± 0.88	0.33 ± 0.33	2.00 ± 1.00	3.00 ± 1.00	6.33 ± 1.33	13.00 ± 2.08
幼虫 Larva	1.80 ± 0.66	1.30 ± 0.58	1.00 ± 0.45	1.60 ± 0.40	1.80 ± 0.37	1.20 ± 0.20
蛹 Pupa*	3	5	1	2	2	4

* 注:蛹的数据来自目测 100 株棉花。

* Pupa is sampled by visual observation on 100 cotton plants.

3 讨论

新疆北部集约化棉区天敌昆虫的种群数量随着小麦收割而出现变化,麦田的天敌昆虫种群数量逐渐降低,说明小麦逐渐成熟并被收割的过程是天敌昆虫原有生境的寄主质量和温度、湿度等环境被逐渐破坏的过程,当小麦开始进入成熟期后,植株含水量大幅下降(Archer *et al.*, 1995),已经不是昆虫栖息的良好环境,当收割结束后,麦地仅存低矮的麦茬,更不足以支持作为捕食者的天敌昆虫生存。而相邻棉田的天敌昆虫种群数量迅速上升,说明部分天敌昆虫可能由于寄主缺乏等胁迫因素离开收割后的麦田而进入生长旺盛、棉蚜逐渐开始滋生的棉田,这与对新疆南部莎车县棉区天敌昆虫的研究结果类似(姚举等, 1999)。

活动能力的强弱是昆虫扩散能力的重要指标之一(Stinner *et al.*, 1983; Dyck and Matthysen, 1999),小麦收割对不同类群天敌昆虫种群数量的影响验证了活动能力对天敌昆虫扩散所起的重要作用,棉田中主要的4类天敌昆虫均为具有一定飞行能力的类群,尤其是姬蜂科和瓢虫科昆虫都具有较强的飞行能力(Seko *et al.*, 2008; Lukas *et al.*, 2010),在研究区域内数量也相对最多。4类天敌昆虫中飞行能力最弱的草蛉科昆虫在小麦收割后期及收割结束后种群数量最少,而对瓢虫科昆虫而言,飞行能力较强的成虫进入棉田的数量显著高于活动能力很弱的幼虫和蛹。这都说明活动能力,尤其是飞行能力限制了天敌昆虫转移进入其他生境的几率。

目前新疆北部棉区作物种类多样性成上升趋势,将为天敌昆虫提供更多的适宜生境,能够提高棉区内天敌昆虫的种群数量和多样性丰富程度(Root, 1973; Steinbauer *et al.*, 2006),小麦作为集约化棉区内种植最为广泛的作物,其收割期与棉花生长期重叠,可以视为棉花生长中后期主要的天敌昆虫虫源地,而小麦收割将成为促使天敌昆虫迁移进入棉田的重要因素,深入研究小麦与棉花在集约化棉区天敌昆虫的库源关系中所起的作用将有助于集约化农业体系的进一步发展,为建设新型农业,发展地方经济提供理论基础。

参考文献(References)

- Ahern RG, Brewer MJ, 2002. Effect of different wheat production systems on the presence of two parasitoids (Hymenoptera: Aphelinidae; Braconidae) of the Russian wheat aphid in the North American Great Plains. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 92(2/3):201—210.
- Archer TL, Bynum ED, Onken AB, Wendt CW, 1995. Influence of water and nitrogen fertilizer on biology of the Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) on wheat. *Crop Prot.*, 14(2):165—169.
- Bach CE, Tabashnik BE, 1990. Effect of nonhost plant neighborson population densities and parasitism rates of the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *Environ. Entomol.*, 19(4):987—994.
- Dyck HV, Matthysen E, 1999. Habitat fragmentation and insect flight: a changing 'design' in a changing landscape? *Trends Ecol. Evol.*, 14(5):172—174.
- Garratt MP, Wright DJ, Leather SR, 2011. Corresponding author contact information, The effects of farming system and fertilisers on pests and natural enemies: A synthesis of current research. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 141(3/4):261—270.
- Gupta RK, Raj D, Devi N, 2004. Biological and impact assessment studies on *Campoletis chlorideae* Uchida: A promising solitary larval endoparasitoid of *Helicoverpa armigera* (Hübner). *J. Asia Pacific Entomol.*, 7(2):239—247.
- King EG, Powell JE, 1992. Propagation and release of natural enemies for control of cotton insect and mite pests in the United States. *Crop Prot.*, 11(6):497—506.
- Lukas J, Bernstein C, Gu H, Dorn S, 2010. Could different environmental conditions select for different flight characteristics in sexual and asexual parasitoid *Venturia canescens*? *Entomol. Exp. Appl.*, 136(1):80—88.
- Root RB, 1973. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecol. Monogr.*, 43:95—124.
- Seko T, Yamashita K, Miura K, 2008. Residence period of a flightless strain of the ladybird beetle *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) in open fields. *Biolog. Control*, 47(2):194—198.
- Steinbauer MJ, Shorta MW, Schmidt S, 2006. The influence of architectural and vegetational complexity in eucalypt plantations on communities of native wasp parasitoids: Towards silviculture for sustainable pest management. *Forest Ecol. Manage.*, 233(1):153—164.
- Stinner RE, Barfield CS, Stimac JL, Dohse L, 1983. Dispersal and movement of insect pests. *Annu. Rev.*

- Entomol.*, 28:319—335.
- Straub CS, Finke DL, Snyder WE, 2008. Are the conservation of natural enemy biodiversity and biological control compatible goals? *Biol. Control*, 45 (2):225—237.
- Walker GP, Herman JB, Kale AJ, Wallace AR, 2010. An adjustable action threshold using larval parasitism of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera:Noctuidae) in IPM for processing tomatoes. *Biol. Control*, 52 (1):30—36.
- Wu K, 2007. Monitoring and management strategy for *Helicoverpa armigera* resistance to Bt cotton in China. *J. Inver. Pat.*, 95 (3):220—223.
- Zhang W, Swinton SM, 2012. Optimal control of soybean aphid in the presence of natural enemies and the implied value of their ecosystem services. *J. Environ. Manage.*, 96 (1):7—16.
- 阿布力孜, 2011. 新疆棉花“十一五”竞争力比较研究. 中国棉花, 38 (8):2—6.
- 李向东, 季书勤, 王汉芳, 郭瑞, 张德奇, 杨铁钢, 2009. 麦棉套种模式的生态功能与利用. 生态学杂志, 28 (12):2607—2612.
- 刘李峰, 张晴, 张照新, 2006. 中国三大棉区的区域优势及发展战略探究. 世界农业, 12:19—21.
- 马晓牧, 龚豪, 刘小侠, 李建成, 张青文, 马永安, 陈冬梅, 焦宏业, 2007. 小麦收获期对麦套棉田捕食性天敌和棉花苗蚜的影响. 华北农学报, 22 (2):156—160.
- 文绍贵, 崔金杰, 王春义, 1995. 不同立体种植对棉花主要害虫及其天敌种群消长的影响. 棉花学报, 7 (4):252—256.
- 姚举, 李号宾, 阿可旦, 马祁, 唐勇, 1999. 麦—棉邻作天敌转移规律研究. 新疆农业大学学报, 22 (4):340—343.
- 张晴, 2007. 中国棉花主产区生产条件及发展对策. 中国棉花, 34 (7):8—10.