

# 小麦品种多样性对麦长管蚜的生态调控作用

周海波<sup>1,2</sup> 陈巨莲<sup>2\*</sup> 刘勇<sup>1</sup> 程登发<sup>2</sup> 陈林<sup>2</sup> 孙京瑞<sup>2</sup>

(1. 山东农业大学植物保护学院, 泰安 271018; 2. 中国农业科学院植物保护研究所,  
植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193)

**摘要:** 为探讨麦田遗传多样性对麦长管蚜的生态效应, 系统调查了麦长管蚜及其天敌的种群时序变化, 并分析了对麦长管蚜空间分布的影响。结果表明, 所有间作处理麦田中高峰期麦长管蚜无翅蚜的百株蚜量均显著低于单作麦田, 其顺序为: 小麦单作北京837(7 422.0头) >与KOK间作(5 796.7头) >与红芒红间作(5 406.7头) >与郑州831间作(5 291.7头) >与JP2间作(4 493.4头) >与中四无芒间作(4 155.0头), 且麦蚜由聚集分布趋于均匀分布; 蚜茧蜂发生的高峰期, 各间作处理麦田中蚜茧蜂的平均数量高于小麦单作田, 且差异达极显著水平( $P < 0.01$ ); 各间作处理麦田小麦理论产量增加, 与小麦单作处理差异显著( $P < 0.05$ )。表明大田小麦品种间作抗蚜品种对麦长管蚜有显著的调控作用。

**关键词:** 小麦; 麦长管蚜; 遗传多样性; 间作; 生态调控

## Using genetic diversity of wheat varieties for ecological regulation on *Sitobion avenae*

Zhou Haibo<sup>1,2</sup> Chen Julian<sup>2\*</sup> Liu Yong<sup>1</sup> Cheng Dengfa<sup>2</sup> Chen Lin<sup>2</sup> Sun Jingrui<sup>2</sup>

(1. College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, Shandong Province, China;  
2. State Key Laboratory for Biology of Plant Disease and Insect Pests, Institute of Plant Protection,  
Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

**Abstract:** To study the ecological effect of genetic diversity in wheat field on *Sitobion avenae*, the population dynamic of *S. avenae* and its natural enemies was investigated systematically in wheat fields, the spatial distribution of *S. avenae* was also analyzed. The results showed that, compared with monocultures, cv. Beijing 837, the amount of *S. avenae* apterae per 100 plants in intercropping patterns were significantly lower during aphid peak period, and the cascade of population densities was that cv. Beijing 837 monoculture (7 422.0) > intercropped with cv. KOK (5 796.7) > intercropped with cv. Hongmanghong (5 406.7) > intercropped with cv. Zhengzhou831 (5 291.7) > intercropped with cv. JP2 (4 493.4) > intercropped with cv. Zhongsiwumang (4 155.0), and the spatial distribution of *S. avenae* were changed from aggregated pattern to uniform one. In aphid parasitoids peak period, there were higher population densities of aphid parasitoids in each intercropping field with the very significant level of  $P < 0.01$ . The theoretical yield were more increasing with the significant level of  $P < 0.05$ . Above all, the intercropping of wheat varieties of different resistances to aphids with the field cultivar could own an obvious advantage in ecological regulation to *S. avenae*.

**Key words:** wheat; *Sitobion avenae*; genetic diversity; intercropping; ecological regulation

基金项目:国家重点基础研究发展计划“973”项目(2006CB10023),“十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD08A05),粮食丰产科技工程(2006BAD02A16),现代农业产业技术体系建设专项资金(2060302)

作者简介:周海波,男,1982年生,硕士研究生,研究方向为昆虫化学生态, email: zhoudaibo417@163.com

\* 通讯作者(Author for correspondence), email: jlchen@ippcaas.cn; 收稿日期:2008-09-08

麦长管蚜 *Sitobion avenae* (Fabricius) 为小麦产区常发性重要害虫,既能直接刺吸小麦汁液,也能传播病毒病造成作物严重减产。随着人们食品安全、绿色环保意识的增强,提出了“生态调控”的理念<sup>[1]</sup>,进而,以生物多样性控制害虫的研究受到广泛关注。

作物品种单一种植,导致遗传背景狭窄、遗传防御机制脆弱,容易为植食性昆虫提供持续的方向性选择。同时,这种单一的种植模式也加快了植食性昆虫对植物防御的适应,引起病虫害的暴发<sup>[2-4]</sup>,作物产量也随之下降<sup>[5]</sup>。合理的作物间混作能够协调作物间的竞争与互补关系、减轻病虫危害<sup>[6-7]</sup>、降低化肥农药的使用量、减少对环境的污染以及降低生产成本,还可以充分利用自然资源,使群体产量和整体经济效益得到提高<sup>[8]</sup>。

目前,国内外有关利用水稻<sup>[9-10]</sup>和小麦<sup>[11-12]</sup>遗传多样性控制病害已有较为深入的研究。Ninkovic 等<sup>[13]</sup>研究表明,大麦品种混作能够影响蚜虫对寄主植物的接受程度。拥有不同遗传背景的小麦品种,可以发挥各自的遗传优势,面对多样性病虫害和生态环境压力的威胁都有较大的适应性<sup>[14]</sup>,但有关不同小麦品种间作对植食性昆虫及其天敌的影响鲜有研究报道。作者研究了不同遗传背景的小麦品种间作对麦长管蚜及其主要天敌种群动态的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试小麦品种

抗蚜小麦品种:中四无芒(高抗)、JP2(中抗)、郑州831(低抗),各品种抗麦长管蚜鉴定结果源于国家“八五”攻关黄淮海麦区品种抗蚜鉴定;红芒红(抗生性)、KOK(不选择性),各品种抗麦长管蚜鉴定结果源于陈巨莲等<sup>[15]</sup>的研究结果。所选抗蚜品种的生育期均与大田品种相近,以便同时收获。大田小麦品种:北京837,为抗倒、稳产、中熟品种。以上小麦品种均由中科院植物保护研究所提供。

### 1.2 试验小区设置

试验在河北省廊坊市农业部廊坊有害生物防治重点野外科学观测试验站(116°69' E, 39°52' N)进行,试验田总面积432 m<sup>2</sup>,小区面积均为10 m×1 m,小麦行距30 cm,小区间隔2 m空行,试验田四周种植1 m宽的对照小麦作保护行。所有小麦品种均在2007年10月20日播种,并于2008年6月20日收割。试验区土壤特点及田间管理与大田一致,整个

试验期不施用其它任何农药及除草剂。

试验共设6个处理:北京837分别与中四无芒、JP2、郑州831、红芒红、KOK以8:2的行数进行行间作,以北京837单作为对照区。试验采用完全随机设计,每处理重复3次。

### 1.3 田间调查方法

从4月11日开始至小麦收割为止,每5天调查1次。麦长管蚜和僵蚜的调查采用“Z”形抽样法,每小区选取5个点,每点固定抽取10株小麦植株,分别记录麦长管蚜的数量和僵蚜量。有翅蚜的调查采用粘性黄板诱捕法,将黄板(30 cm×20 cm)置于试验小区中央,黄板下缘距地面1.2 m,每次调查后更换黄板。瓢虫的调查采用直接记数法,每小区取1个样点(1 m<sup>2</sup>),记录瓢虫的种类及数量。寄生蜂的调查采用网捕法,每小区取1个样点(1 m<sup>2</sup>),每点扫10网(网口直径30 cm,网深50 cm,一个往返为1网,网幅为1 m),将采到的样本用75%酒精浸泡,带回实验室鉴定物种并记数。

### 1.4 空间分布型的聚集度指标测定

平均拥挤度  $m^* = \bar{x} + S^2 / \bar{x} - 1$ , 扩散系数  $C = S^2 / \bar{x}$ 。其中  $\bar{x}$  为平均密度,  $S^2$  为样本方差。当  $C < 1$  时为均匀分布,  $C = 1$  时为随机分布,  $C > 1$  时为聚集分布。

### 1.5 小麦产量测定

小麦成熟后,测定每个小区,包括抗蚜品种在内的理论产量及千粒重。

$$\text{理论产量} (\text{kg}/\text{hm}^2) = \frac{\text{穗数}/\text{hm}^2 \times \text{穗粒数}}{1000 \times 1000} \times \text{千粒重} (\text{g})$$

千粒重的确定方法:分两次数500粒并分别称重,当2个数的差值≤0.05 g时,2个数之和便是该点的千粒重。如果2个数的差值>0.05 g,应再数1个500粒并称重,如果3个数两两的差值仍>0.05 g,应继续增加数值,直到其中2个500粒的重量之差≤0.05 g,便确定为该样点的千粒重。

### 1.6 数据处理

采用SAS 9.0对试验数据进行统计分析,对各处理进行方差分析和Duncan氏多重比较( $P \leq 0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同种植方式对麦长管蚜种群动态的影响

#### 2.1.1 对麦长管蚜无翅蚜种群动态的影响

不同处理麦田中麦长管蚜无翅蚜种群数量的时序变化趋势基本一致,为单峰型。5月1日前种群

增长缓慢,数量较少,5月1日以后温度升高,进入麦长管蚜适宜温区,种群数量迅猛增加,并于5月21日达到高峰。麦长管蚜无翅蚜高峰期的平均百株蚜量:小麦单作(7422.0头)>与KOK间作(5796.7头)>与红芒红间作(5406.7头)>与郑州831间作(5291.7头)>与JP2间作(4493.4头)>与中四无芒间作(4155.0头),且小麦单作与各间作处理差异极显著( $df=5, F=64.87, P<0.01$ ),其中,与JP2和与中四无芒间作蚜量最少,且与其它间作处理存在显著差异。此后,随着温度的继续升高以及天敌数量的增加,无翅蚜种群数量急剧下降(图1)。从蚜虫的总量可以看出,小麦单作(24908.67头)>与郑州831间作(16634.0头)>与KOK间作(16509.3头)>与红芒红间作(15563.7头)>与JP2间作(15031.0头)>与中四无芒间作(13819.0头),其中,小麦单作蚜量最高,与中四无芒间作蚜量最少,且差异极显著( $df=5, F=137.78, P<0.01$ ),其余4个间作处理之间的差异不显著,但蚜量也明显低于小麦单作。由此可见,

与小麦单作相比,不同小麦品种间作处理皆显著降低了麦长管蚜无翅蚜的种群数量。

### 2.1.2 对麦长管蚜有翅蚜种群动态的影响

麦长管蚜有翅蚜在不同处理方式下的种群变动曲线均为双峰型。有翅蚜发生到结束的时间与无翅蚜大体相同,但有翅蚜在5月6—11日出现了第1个高峰期,比无翅蚜提前约10天。此后,随着对环境的适应,有翅蚜数量又逐渐减少。该高峰期平均蚜量为:小麦单作(101.4头)>与红芒红间作(89.9头)>与中四无芒间作(81.2头)>与郑州831间作(79.7头)>与JP2间作(69.0头)>与KOK间作(66.5头)。除与红芒红间作外,小麦单作与其它各间作处理均存在极显著差异( $df=5, F=14.96, P<0.01$ )。5月21—26日,气温升高,有翅蚜量又出现第2个高峰期,但由于天敌数量增加,总体蚜量明显低于第1个高峰期。并且与小麦单作相比,各间作处理的高峰期延后3~5天,且蚜量明显降低( $df=5, F=33.47, P<0.01$ ),其中与KOK间作和与中四无芒间作的处理蚜量最少(图1)。

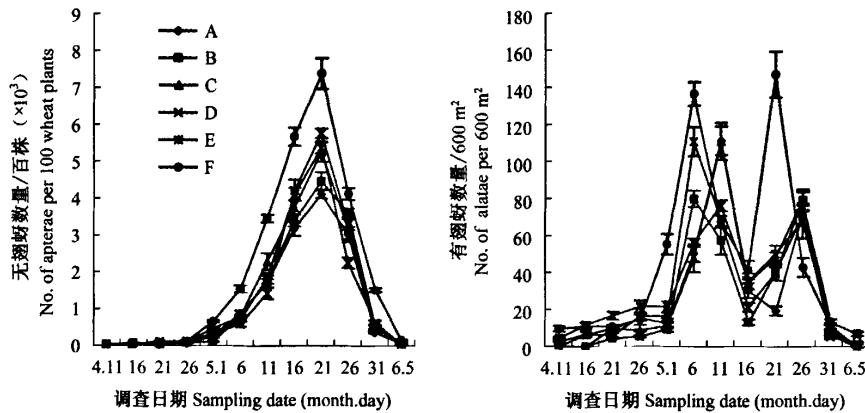


图1 不同种植方式下麦长管蚜无翅蚜和有翅蚜的种群动态

Fig. 1 The apterae and alatae population dynamics of *Sitobion avenae* in different planting patterns

注:图内各点为3次重复的平均值±标准误差(SE)。A:北京837与中四无芒间作;B:北京837与JP2间作;C:北京837与郑州831间作;D:北京837与红芒红间作;E:北京837与KOK间作;F:北京837单作。图2~4同。Note: Data in figure were the average values of three replicates ± standard error. A: cv. Beijing837 intercropped with cv. Zhongsiwumang; B: cv. Beijing837 intercropped with cv. JP2; C: cv. Beijing837 intercropped with cv. Zhengzhou831; D: cv. Beijing837 intercropped with cv. Hongmanghong; E: cv. Beijing837 intercropped with cv. KOK; F: cv. Beijing837 monoculture. The same for the Figures 2~4.

## 2.2 不同种植方式对麦长管蚜天敌种群动态的影响

### 2.2.1 对蚜茧蜂种群动态及僵蚜率的影响

麦田中蚜茧蜂优势种主要为燕麦蚜茧蜂 *Aphidius avenae* Haliday 和烟蚜茧蜂 *Aphidius gifuensis* Ashmead,这两种蚜茧蜂都是寄生麦长管蚜的内寄生

蜂。不同的处理方式同样影响了蚜茧蜂的种群动态,并且显著改变其数量(图2)。5月16—26日,为蚜茧蜂发生的高峰期,各处理蚜茧蜂的平均数量(头/m<sup>2</sup>)为:与JP2间作(25.0)>与红芒红间作(19.9)>与中四无芒间作(19.7)>与KOK间作

(16.8) >与郑州 831 间作(16.7) >小麦单作(13.8)。小麦单作蚜茧蜂数量低于各间作处理麦田,且差异极显著( $df = 5, F = 53.95, P < 0.01$ )。与中四无芒间作和与红芒红间作之间无差异,与 KOK 间作和与郑州 831 间作之间也无差异,但这两组之间存在极显著的差异( $P < 0.01$ ),而与 JP2 间作处理区有较高的种群密度。

调查期间,各处理麦长管蚜僵蚜率变化趋势稍有差别。不同处理麦田的僵蚜率在 5 月 6 日前差异不显著;5 月 11 日后,随着蚜虫种群数量的逐渐增加,僵蚜率也随之升高,并于 5 月 31 日达到最大值。与 JP2、红芒红、郑州 831、中四无芒和 KOK 间作的最大僵蚜率分别为 47.8%、44.3%、42.4%、41.6% 和 41.3%,均高于小麦单作(36.3%),且差异极显著( $df = 5, F = 19.28, P < 0.01$ )。6 月初,僵蚜率开始回落,其中小麦单作的降低幅度最大。

## 2.2.2 对瓢虫种群动态的影响

麦田中瓢虫的优势种为七星瓢虫 *Coccinella septemmaculata* Linnaeus、异色瓢虫 *Harmonia axyridis* Pallas 和龟纹瓢虫 *Propylaea japonica* Thunberg。在不同处理区内瓢虫种群变动趋势存在差异(图 3)。5 月 1 日以前瓢虫种群增长缓慢,数量较少;5 月 1 日以后,随着麦长管蚜种群数量的激增,瓢虫种群数量增长加快,且与 KOK 间作处理增长的速度最快;5 月 26—31 日,不同处理中的瓢虫种群数量同时达到高峰;6 月初以后,温度急剧升高,七星瓢虫迁出麦田,此时,麦田内瓢虫主要有异色瓢虫和龟纹瓢虫,再加上蚜虫数量减少,瓢虫种群数量也急剧下降。

与中四无芒、JP2、郑州 831、红芒红、KOK 间作和小麦单作瓢虫总量分别为 72.4、80.4、84.7、102.4、103.0 和 112.4 头,尽管小麦单作的瓢虫总量显著高于与中四无芒间作,而与 JP2 间作没有显著差别,但其它 3 个间作处理的瓢虫量均极显著高于小麦单作( $df = 5, F = 42.26, P < 0.01$ ),且与 KOK 间作瓢虫数量最多。这也表明了瓢虫种群的数量在一定程度上受到抗蚜小麦品种的影响。

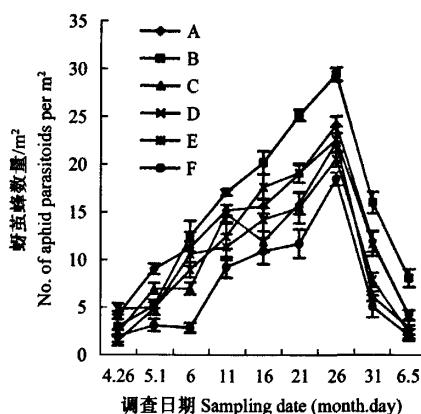


图 2 不同种植方式下蚜茧蜂的种群动态

Fig. 2 Population dynamics of aphid parasitoids in different planting patterns

## 2.3 不同种植方式对麦长管蚜空间分布型的影响

5 月 6 日前,各处理间拥挤度变化趋势基本一致。5 月 11 日后,小麦单作的拥挤度急剧上升,并在 5 月 21 日达到高峰,而各间作处理拥挤度上升稍缓,且拥挤度高峰值有所降低,时间也推迟了 3~5 天(图 4)。

在小麦单作的种植方式下,麦蚜种群空间分布 5 月初期为随机分布,随着温度的升高,呈现为聚集分布,5 月末则再次趋于随机分布,直至麦长管蚜种群消亡。麦长管蚜发生高峰期前,各间作处理与

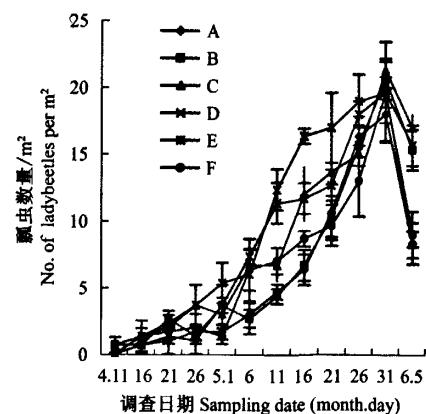


图 3 不同种植方式下瓢虫的种群动态

Fig. 3 Population dynamics of ladybeetles in different planting patterns

小麦单作变化趋势一致,但聚集程度均低于小麦单作。5 月 21 日后,小麦单作依然呈聚集分布,而各间作处理区则趋于均匀分布。6 月初,各间作处理区趋于随机分布,直至麦长管蚜种群退出麦田(图 4)。表明间作小麦抗性品种在一定程度上改变了麦长管蚜高峰期的空间分布,使其趋于均匀分布,减少聚集,降低对小麦的危害程度。

## 2.4 不同种植方式对小麦产量的影响

通过测定小麦产量的两个常用指标千粒重和理论产量,分析不同处理方式对小麦产量的影响。结

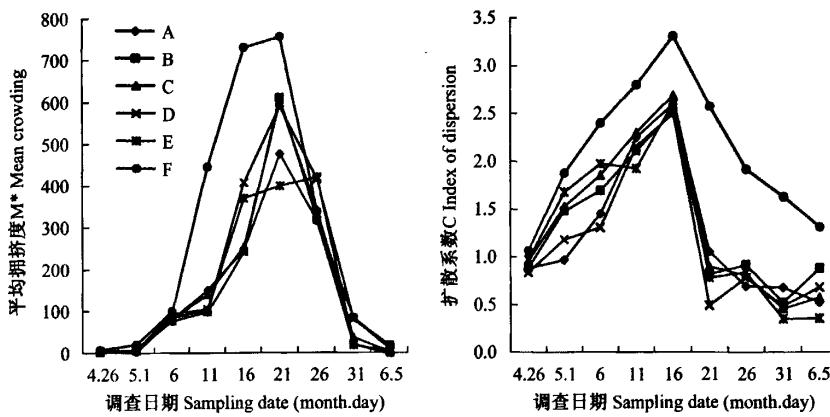


图4 不同种植方式对麦长管蚜聚集度的影响

Fig. 4 The aggregation indices for *Sitobion avenae* in different planting patterns

果显示,小麦单作的千粒重明显低于各间作处理,且差异显著( $df = 5, F = 3.93, P < 0.05$ ),而各间作处理之间无显著差异;各间作处理的产量都明显高于小麦单作,且差异显著( $df = 5, F = 12.67, P < 0.05$ ),

除与 KOK 间作外,其它间作处理之间无明显差异(表1)。可见,间作一定量的抗性小麦品种有利于作物产量的提高。

表1 不同种植方式对小麦产量的影响

Table 1 The yield of wheat in different planting patterns

小麦产量 Wheat yield	处理 Treatment					
	A	B	C	D	E	F
千粒重(g) 1000 grain weight	42.3 a	43.4 a	42.0 a	42.2 a	44.3 a	36.1 b
理论产量(kg/hm <sup>2</sup> ) Theoretical yield	7060 a	7077 a	7356 a	7382 a	5908 b	4778 c

注:A:北京837与中四无芒间作;B:北京837与JP2间作;C:北京837与郑州831间作;D:北京837与红芒红间作;E:北京837与KOK间作;F:北京837单作。同一行中,不同的小写字母表示差异达显著水平( $P < 0.05$ )。Note: A: cv. Beijing837 intercropped with cv. Zhongsiwumang; B: cv. Beijing837 intercropped with cv. JP2; C: cv. Beijing837 intercropped with cv. Zhengzhou831; D: cv. Beijing837 intercropped with cv. Hongmanghong; E: cv. Beijing837 intercropped with cv. KOK; F: cv. Beijing837 monoculture. Means with different letters indicates significant differences among control and treatments (ANOVA followed by LSD test,  $P < 0.05$ ) in the same line.

### 3 讨论

我国是世界上农作物布局和栽培制度最复杂的国家,适宜采用生态调控措施防治农作物病虫害<sup>[16]</sup>。作物品种多样性间作作为一种经济、实用的生态调控措施已经在控制水稻病害中取得了显著的效果<sup>[9]</sup>,并已大面积推广应用。

本研究中,拥有不同抗蚜类型的小麦品种与大田品种间作,增加了麦田的遗传多样性,不同处理麦田麦长管蚜种群的变动趋势并没有因为间作抗性品种而发生改变,但整个发生期麦田麦长管蚜总量及其高峰期的数量却显著降低。这在某种程度上印证

了“由于混作引起作物信息释放反应进而导致蚜虫对寄主植物接受程度改变”的假说<sup>[13]</sup>。与抗感品种间作时,由于抗性植株会产生一些挥发性次生物质,对植食性昆虫有趋避、毒杀<sup>[17-19]</sup>作用,并对天敌具有吸引等作用<sup>[20]</sup>,使田间植食性昆虫种群数量减少。尽管麦长管蚜的数量显著降低,但由于多样化的复杂环境能够提供更加有效的替代资源和微栖境<sup>[13]</sup>,间作处理田中优势天敌仍保持较高的种群密度,这与天敌假说相吻合<sup>[21]</sup>。此外,麦长管蚜的空间分布型也随着小麦不同抗性品种、不同比例的间作而发生改变,间作处理的拥挤度和扩散系数都比小麦单作低,且变化趋势略有差别,这在一定程度上

提高了麦长管蚜在麦田分布中的均匀性,减少聚集分布的时间和程度,进而有效减轻了对小麦的危害程度。

本研究结果表明,不同抗蚜类型、级别的小麦品种与大田品种间作,可减少虫害、增加天敌数量;再加上组合内两品种株高差异,在田间形成立体植株群落,提高了单位耕地上自然资源如光、温、水、气等的利用率<sup>[22]</sup>,因此,小麦的千粒重和理论产量均得到不同程度地提高。理论产量不仅与千粒重有关,每公顷穗数与穗粒数等也是其重要影响因素,因此,尽管与KOK间作处理的千粒重与其它间作处理间无显著差异,但其理论产量明显低于其它间作处理,这也为深入探讨产量提高的原因提供了切入点。

在农田实际应用品种多样性控制害虫时,应选择与当地主栽品种相适应的抗性品种、恰当的种植比例以及最佳的空间格局。利用抗蚜小麦品种与大田品种间作减少农药的使用、降低环境污染。此外,多样性种植模式成本低、可操作性强,具有广阔的应用前景,但有关最佳的科学间作模式和害虫调控机制,还需进一步研究。

### 参考文献(References)

- [1] 丁岩钦. 论害虫种群的生态控制. 生态学报, 1993, 13(2): 99-106
- [2] Karban R, Baldwin I T. Induced responses to herbivory. // Interspecific interactions. The University of Chicago Press, Chicago, 1997
- [3] 李潮海, 苏新宏, 孙敦立. 不同基因型玉米间作复合群体生态生理效应. 生态学报, 2002, 22(12): 2096-2103
- [4] Leung H, Zhu Y Y, Revilla-Molina I, et al. Using genetic diversity to achieve sustainable rice disease management. Plant Disease, 2003, 87(10): 1156-1169
- [5] Khush G S, Virk P S. Rice improvement: past, present, and future. // Kang M S. Crop improvement: Challenges in the twenty-first century. New York, Food Products Press, 2002: 17-28
- [6] Khan Z R, Pickett J A, van den Berg J, et al. Exploiting chemical ecology and species diversity: stem borer and striga control for maize and sorghum in Africa. Pest Management Science, 2000, 56(11): 957-962
- [7] Reda F, Verkleij J A C, Ernst W H O. Intercropping for the improvement of sorghum yield, soil fertility and striga control in the subsistence agriculture region of Tigray (northern Ethiopia). Journal of Agronomy and Crop Science, 2005, 191(1): 10-19
- [8] Trenbath B R. Intercropping for the management of pests and diseases. Field Crops Research, 1993, 34(3/4): 381-405
- [9] Zhu Y Y, Chen H R, Fan J H, et al. Genetic diversity and disease control in rice. Nature, 2000, 406(6797): 718-722
- [10] Wolfe M S. Crop strength through diversity. Nature, 2000, 406(6796): 681-682
- [11] 陈企村, 朱有勇, 李振岐. 利用品种混合控制小麦病害之研究进展. 中国农学通报, 2005, 21(11): 320-324
- [12] 曹克强, 曾士迈. 小麦品种混合种植的抗病增产作用. 国外农学-麦类作物, 1992(3): 47-48
- [13] Ninkovic V, Olson U, Pettersson J. Mixing barley cultivars affects aphid host plant acceptance in field experiments. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2002, 102(2): 177-182
- [14] Nevo E, Beiles A. Genetic diversity of wild emmer wheat in Israel and Turkey structure, evolution, and application in breeding. Theoretical and Applied Genetics, 1989, 77: 421-455
- [15] 陈巨莲, 孙京瑞, 丁红建, 等. 主要小麦抗蚜品种(系)的抗性类型及其生化抗性机制. 昆虫学报, 1997, 40(增刊): 190-194
- [16] 郭予元. 我国农作物病虫害生态调控实例分析. 植物保护, 2006, 32(2): 1-4
- [17] Dicke M, Sabelis M W, Takabayashi J, et al. Plant strategies of manipulating predator-prey interactions through allelochemicals: prospects for application in pest control. Journal of Chemical Ecology, 1990, 16(11): 3091-3118
- [18] Cook S M, Jönsson M, Skellern M P, et al. Responses of *Phradis* parasitoids to volatiles of lavender, *Lavandula angustifolia* - a possible repellent for their host, *Meligethes aeneus*. BioControl, 2007, 52(5): 591-598
- [19] Ufkes L L, Grams G W. The isolation and identification of volatile insect repellents from the fruit of the Osage orange (*Maclura pomifera*). Journal of Essential Oil Research, 2007, 19(2): 167-170
- [20] Dicke M, Sabelis M W. How plants obtain predatory mites as bodyguards. Netherlands Journal of Zoology, 1988, 38(2/4): 148-165
- [21] 吕昭智, 李进步, 田卫东, 等. 生物多样性在害虫控制中的生态功能与机理. 干旱区研究, 2005, 22(3): 400-404
- [22] 冉家庆. 我国立体农业经营的现状与前景. 作物研究, 1994, 8(2): 16-19