

多样化农田景观的生态功能研究

刘贵波 杨宗利

(河北省农林科学院旱作农业研究所 衡水 053000)

摘 要 海河低平原区农田景观存在的主要问题是作物景观元素的水平分布日趋单一化,造成了农田景观生态不稳定性。本文采用了景观生态学的基本原理与方法,研究明确了多样化农田景观可减轻病虫害的发生并具有改善田间小气候的微气候效应,对景观单元规格及不同景观元素组合与虫害发生的关系进行了探讨,为实施农田景观生态调控技术,提高生态稳定性提供了理论依据。

关键词 农田景观 多样化 生态功能

景观生态学是70年代后逐渐形成的一门新兴交叉学科,近几年我国一些学者开始涉及这一领域,并进行了一些初步应用研究工作,在农业方面闻大中曾撰文提出了“农业景观”的概念^[1]。1992年世界环境与发展大会正式通过了《保护生物多样性国际公约》,我国作为该公约的正式签字国,正在制定中国生物多样性保护行动计划^[2];但这些行动均限于宣传、制定保护生物多样性的法律、法规以及建立一些自然保护区等。刘成玉曾撰文对“作物多样性对农田生态系统稳定性的影响”进行阐述^[3]。文中提到的作物多样性指的是间作、套种、立体种植等;有关间作、套种的生态防治害虫的研究报道较多,但作为农业生产最基本单位不同作物地块(景观单元)的多样化分布或多样化种植的研究报道却少见。中国科学院对东北早熟棉区的研究表明:组建利用自然天敌控制棉蚜危害的半自控棉田生态系的主要措施之一是在天敌资源丰富的小山、河流、果园或树林附近种植棉花^[4];中国农业科学院植物保护研究所的研究认为:麦棉邻作有利于麦田天敌向棉田转移。这些都是对景观生态学边缘效应原理的应用。在国外,美国加州大学的 Smallwood 采用景观生态学方法,通过详细规划不同的景观单元(嵌块体和廊道)等达到了最大限度地利用天敌控制地鼠危害苜蓿,这种生物控制害虫的景观策略已得到广泛推广和应用^[5]。

自70年代以来,随着河北省棉花生产区域的战略东移,海河低平原区在种植业结构上发生了很大变化,使得该区作物景观布局在较大面积范围内形成了粮食(小麦+夏玉米)与棉花两作物分布的单一化。这种农田景观格局导致单一作物长期连作、轮作换茬困难,病虫害日趋严重。如1992年棉铃虫的特大发生,给国家造成了严重损失,已引起有关部门高度重视。本文在对海河低平原区农田景观现状调查分析基础上,对农田景观的生态功能进行了初步探讨,为改良农田景观现状提供理论依据。

1 研究方法

农田景观现状分析采用了生态学上分析植物群落组成的样方抽样技术,选择景县龙华镇、隆兴乡、衡水市小侯乡、武强孙庄乡、深县王家井5个乡镇,调查范围达3600公里,从中选代表性村,每村选定一方田作为一个样方进行调查,实际调查面积为3052公顷。

多样性指数的计算采用了Shannon-wiener多样性指数公式:

$$H' = 3.3219(\lg N - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^S N_i \lg N_i)$$

式中, N =所有种的个体总数, N_i =第*i*种的个体数。影响多样性指数的大小主要有两个因子,丰富度(S)和均匀度(J')。丰富度 S 为群落中总的种数,均匀度 $J' = \frac{H'}{\lg S}$ 。农田景观多样化分布与病虫害及其天敌发生关系研究以大面积多点多地块田间调查为主;多样化景观的微气候效应研究安排了小区试验,采用农业气象学中的常规方法定点观测。不同邻作作物组合与害虫发生关系研究则根据海河低平原区种植的主要作物有大豆、花生、玉米、谷子、绿豆、芝麻、高粱等,设计了8种不同作物邻作组合:棉田两侧邻作大豆;一侧大豆一侧花生;一侧大豆一侧玉米;棉田两侧花生;一侧花生一侧芝麻;一侧花生一侧绿豆;一侧谷子一侧高粱;两侧棉花。田间排列采用了随机区组试验设计方法。

2 结果分析

2.1 海河低平原区作物景观格局的多样性指数分析

海河低平原区水浇地的作物群落结构较单一,几乎被小麦+夏玉米所覆盖,因而只对旱地作物群落结构进行了多样性指数计算。旱地作物群落水平布局特点是非常零散,若将每一作物地块看作一个景观单元,则景观单元的水平排列,为随机分布,不规则排列,这与目前农村实行的农田责任制条件下农民分户经营有关。同时对调查的作物群落中各种作物的相对密度、相对优势度、相对频度和重要值进行了计算。结果表明,旱地作物群落中作物种类构成是多样化的,具体有棉花、大豆、甘薯、芝麻、花生、高粱。各种作物在作物群落中的生态位有重要值的大小区分,重要值越大居于生态位越重要,重要值大的物种,它的存在与否及消长情况会对整个群落结构造成严重的影响或破坏,直接影响其生态功能的发挥,棉花的重要值最高为84.2,其次是大豆为84.0,这两种作物是该区旱地农田作物群落中最重要的生物组成(见表1)。但这种群落结构的稳定性如何呢?这要取决于多样性指数的高低,将调查结果代入多样性指数公式计算得出旱地农田作物群落的多样性指数 $H' = 2.22$,丰富度 $S = 6$,均匀度 $J' = 0.86$ 。由计算结果可知,旱地农田作物群落具有较高的多样性指数,作物种类也较多。从理论上讲,这种多样化的农田作物景观应具有较高的稳定性。但是现在的这种群落结构并非最佳状态,因其均匀度为0.86,再者此多样性指数的计算未能将各种不同作物的田间分布状况考虑,只是数量上的计算,而不同作物间的邻作组合方式不同对整个作物群落的稳定性至关重要,因各作物间的田间分布其边缘效应具有明显差异,有的甚至为负效应。以上结果只是从理论上计算得出,生产实际中,作物群落结构要受到政策因素、资源条件、经济与社会效益等因素的制约,因其属庞大系统工程,故

确定最佳群落结构要全面考虑这些因素,在此基础上力求最佳。

表1 几种作物的重要值比较表

Tab. 1 Significant values for several Crops

作物种类 Species	相对密度 Relative density	相对优势度 Relative coverage	相对频度 Relative frequency	重要值 Significant values
棉花 Cotton	16.5	45.5	22.2	84.2
大豆 Soybean	34.9	26.9	22.2	84.0
甘薯 Sweet potato	26.8	6.9	16.7	50.4
芝麻 Sesame	13.5	10.4	22.2	46.1
花生 Peanut	6.8	7.6	11.1	25.5
高粱 Sorghum	1.5	2.8	5.6	9.9

总之,海河低平原区作物景观布局现状存在的问题主要是作物分布单一化,水浇地以粮食占据,旱地虽种植多种作物,但各种作物比例差异太大,棉花面积过大,同时田间排列方式杂而无章,不利于边缘效应的发挥,因而景观稳定性差,病虫害发生严重。

2.2 多样化农田景观对病虫害发生的影响

2.2.1 对小麦病虫害发生的影响

通过调查小麦单一景观(百亩以上大片麦田)和麦棉复合景观(粮棉面积比2:1)两种形式,结果发现,单一景观麦蚜始发期为4月19日,5月2日达盛发期;而麦棉复合景观麦蚜始发期为4月20日,5月8日达盛发期;小麦白粉病的始发期单一景观为4月10日,而复合景观始发期为4月20日,推迟了10天。在盛发期5月10日对麦蚜和白粉病的发生情况调查结果见表2。由表2可知麦田的蚜虫量单一景观显著地高于复合景观。几种景观类别比较,粮食占比例越大,蚜虫发生量越大;天敌瓢虫的数量与蚜虫量呈正相关,蚜虫量越大,瓢虫也越多;小麦白粉病的调查结果表明,单一景观的小麦病株率为84.2%,复合景观的麦田白粉病病株率则显著低,而且麦田所占的比例越小,白粉病越轻,说明粮棉复合景观可减轻小麦白粉病的发生。

2.2.2 麦田景观单元规格与蚜虫发生关系

自然分布的作物地块多为长方形,为操作便利多以长边耕作,因而景观单元规格的大小取决于地块短边的长度,短边长度即地块宽度确定后,景观单元的规格就确定了。为了摸清麦田景观规格的大小对其病虫害发生产生的影响,对麦棉复合景观中不同规格的麦田其蚜虫发生情况进行了调查,结果见表3。从调查结果看,随着麦田宽度的增加,百茎蚜量有逐渐增加趋势,23.2米以内变化幅度不明显,到26.5米时百茎蚜量明显增加,几乎增加1倍,37.9米宽小麦田百茎蚜量又增加1倍,而106米麦田方田的蚜虫发生情况却略低于37.9米的麦田蚜虫发生量,因此,蚜虫发生情况与麦田景观单元规格大小密切相关,随宽度增大蚜虫发生越重,在26.5米宽时为一次高峰,在37.9米时又为一次高峰,且

宽度继续增大峰值基本不变。由此启示,为控制蚜虫危害,麦田景观单元规格大小是否应控制在 26.5 米以内。

表 2 不同景观类别麦田病虫发生情况调查表(南王庄,1991)

Tab. 2 Wheat disease and pests incidence under different landscape(Nanwangahuang,1991)

作物景观类别 Type of landscape	麦 蚜			白粉病		
	Aphid			Powdery mildew		
	有蚜株数	有蚜株率 %	百株蚜量	瓢虫数	病株数	病株率 %
	Incidence plant number	Incidence	Aphid number per 100 plants	Lady bug number	Virus-infested plants	Incidence
单一景观 Mono-landscape	1000	100	2865	20	2105	84.2
复合景观 粮棉面积比 2 : 1	245	24.5	724	2	7.5	28.2
Complex landscape 4 : 1	325	32.5	1235	3	1050	42.0
Cereal grain cotton area 6 : 1	527	52.7	1747	16	1460	58.4
ratio 8 : 1	782	78.2	2259	22	1775	70.2

表 3 麦田景观单元规格与蚜虫发生关系调查表(龙华,1992.5)

Tab. 3 Relation of landscape unit specification of wheat field
with aphid incidence (Longhua, May 1992. 5)

地块编号 Field NO.	宽 度(m) Width(m)	百茎蚜量(头) Aphid number in 100 stems
1	4.8	612
2	7.0	867
3	8.2	940
4	11.0	528
5	16.7	854
6	23.2	619
7	26.5	1247
8	31.7	1457
9	37.9	2605
10	106.0	2419

2.2.3 对棉铃虫发生的影响

对不同景观类型棉田棉铃虫发生情况分别在衡水市小侯乡和景县龙华镇进行了调查,在小侯 6 月 15 日—7 月 30 日对 1500 株棉花 10 次调查结果表明,单一景观的棉田累计虫卵量 11100 粒,天敌量 1178 头,益害比 1:9.4,复合景观粮棉比 2:1,累计虫卵量 6450 粒,天敌量 3071 头,益害比 1:2.1。单一景观的棉田比复合景观棉铃虫卵增加 4650 粒,天敌减少 1893 头。

在龙华镇北文柯和南文柯两村 6 月 29 日—9 月 12 日共 21 次的累计调查结果表明,

几种复合景观棉田棉铃虫落卵量均明显低于单一景观棉田棉铃虫落卵量,其中棉田(I)较对照少27.6%;棉田(Ⅰ)较对照少22.6%;棉田(Ⅲ)较对照少24.6%。天敌的发生情况,各类插花种植棉田也均较对照明显增多,分别较对照高:棉田(I)高37%;棉田(Ⅰ)高16.4%;棉田(Ⅲ)天敌量是对照的7.98倍。棉田天敌量如此多原因可能是棉花面积占的比例较少的缘故。因此棉田与其它作物插花种植的农田景观可明显减轻棉田的棉铃虫落卵量,并且增加天敌的数量,在一定程度上减轻了棉铃虫的危害(见表4)。

表4 不同景观群落棉铃虫及天敌发生情况表(龙华)

Tab. 4 Cotton field Pests and natural enemy incidence under different landscape (Longhua)

	棉田景观类型 Cotton Landscape types	百株棉铃虫卵量 Bollworm egg in 100 plants	百株天敌量 Natural enemy number in 100 plants
复合景观 Complex landscape	小麦+夏玉米与棉田插花种植(I) Wheat+corn and cotton(I)	459	38
	杂粮与棉花插花种植(粮棉比1:4) Dryland cereal crops(except wheat and corn) and cotton(Ⅰ) grain:cotton 1:4	491	32
	杂粮与棉花插花种植(粮棉比1:1) Dryland cereal crops(except wheat and corn) and cotton(Ⅰ) grain:cotton 1:1	478	251
单一景观 Mono-landscape	棉方(CK) Cotton(CK)	634	28

表5 棉田规格与棉田一代、二代棉铃虫及天敌分布的关系(龙华)

Tab. 5 Relationship between cottonland specification and the distribution of the first and second generation bollworm and natural enemy

地块编号 Field NO.	棉田宽度 (m) Cottonland width (m)	百株累计落卵量 Accumulated egg bollworm number in 100 plants		百株累计目击天敌头数 Accumulated visual natural enemy number in 100 plants		益害比 Ratio	
		一代 1st gene	二代 2nd gene	一代 1st gene	二代 2nd gene	一代 1st gene	二代 2nd gene
1	6.2	1219	552	302	190	1:4	1:2.90
2	11.7	1657	408	135	72	1:12	1:5.60
3	15.1	2265	568	111	64	1:20	1:8.90
4	17.3	1117	612	56	65	1:20	1:9.40
5	18.1	1597	780	90	126	1:17	1:6.00
6	20.4	1685	538	57	69	1:29	1:7.80
7	21.1	1390	727	67	44	1:20	1:16.0
8	47.0	1761	450	55	20	1:32	1:22.5
9	98.0	1515	468	19	18	1:80	1:26.0

2.2.4 棉田景观单元规格与棉铃虫发生关系

农田景观中以棉花稳产性能最差,加之栽培面积又大,故其在整个农田景观中所处地

位至关重要,其景观规格对整个农田景观格局及其生态稳定性具有明显影响,明确景观单元规格与棉铃虫发生的关系,可以为确立农田景观结构提供理论依据。调查结果表明(见表 5),随着棉田短边长度增大,即棉田景观单元规格越大,天敌的分布越少,但百株落卵量的变化规律不明显,即落卵量与规格大小关系不大,益害比(天敌与害虫量比)则随景观单元的增大比值越小,说明景观单元越大天敌的相对量越低,显然,景观单元规格不宜过大。棉田一代棉铃虫和二代棉铃虫调查结果基本一致。

表 6 与不同作物邻作棉田棉铃虫及天敌发生情况(龙华)

Tab. 6 The incidence of cotton bollworm and the natural enemy in the cotton field closed to different crops

棉田与其它作物邻作方式 Types	一、二代百株累计卵量 Accumulated bollworm number in 100 plants	百株累计天敌目击头数 Accumulated visual natural enemy number in 100 plants	益害比 Ratio
两侧邻作大豆 Two sides soybean	1627	374	1 : 4.4
一侧大豆一侧花生 One side soybean one side peanut	2067	209	1 : 9.9
一侧大豆一侧玉米 One side soybean one side corn	2165	154	1 : 14.1
两侧花生 Two sides peanut	2125	153	1 : 13.9
一侧花生一侧芝麻 One side peanut one side sesame	2373	120	1 : 19.8
一侧花生一侧绿豆 One side peanut one side mung bean	1928	136	1 : 14.2
一侧谷子一侧高粱 One side millet one side sorghum	1567	76	1 : 20.6
两侧棉花 Two sides cotton	2982	155	1 : 19.2

2.2.5 棉田邻作不同作物对棉田棉铃虫发生的影响

两种不同作物邻作即两相邻景观单元之间会产生相互影响,这就是景观单元之间的边缘效应,这种边缘效应表现为多方面的,有的是直接的或间接的。相邻两景观单元的不同会产生不同的边缘效应,边缘效应可以是正效应,也可以为负或者为零。因此棉花与不同的作物邻作对棉田棉铃虫的发生可能会产生不同的影响。针对海河低平原区主要存在的作物种类,选择了棉田与不同作物邻作的七种组合加之对照共八个处理,安排了田间试验,对其棉田内棉铃虫及天敌发生情况进行了调查(见表 6)。由表 6 可知,大多数邻作作物组合比单一棉田的益害比大,说明天敌存在量大,对虫害控制能力强,邻作优于单作。另外,从调查结果看,棉田两侧邻作大豆效果最好,其次是一侧大豆一侧花生的组合;一侧花

生一侧芝麻和一侧谷子一侧高粱的邻作组合效果较差;两侧花生、一侧大豆一侧玉米及一侧花生一侧绿豆的居中。从落卵量上看不同邻作组合无规律性变化,而天敌分布与益害比的情形类似。

2.3 多样化农田景观的微气候效应

小麦灌浆期麦田内的风速、温度、湿度对其光合作用有明显的影响,干燥无风天气,气流交换慢导致麦田冠层内二氧化碳短缺,抑制光合作用进行,是导致光合“午睡”的最重要因素。同时此期麦田的温湿条件,尤其是湿度条件对小麦白粉病尤为重要。因此将麦棉复合景观麦田与单一景观麦田的田间小气候进行了比较测定。结果表明,复合景观麦田冠层处风速较单一景观麦田高,冠层内相对湿度则较单一景观低,而冠层内气温略高;5月23日和5月24日两天测量结果基本一致。两天结果平均为复合景观麦田风速值较单一景观麦田高0.26米每秒,高出11.7%;冠层气温较单一景观高0.82℃,高出3.2%;相对湿度低2.7%,说明复合景观麦田和单一景观麦田比较,由于种植格局的变化使得田间小气候得以改善,这种改良的微气候效应对小麦灌浆期的光合作用有利,而不利于病害的流行,或者说可适当减轻病害的发生发展(见表7)。

表7 两种不同类型麦田的微气候因子比较表(南文柯,1992)

Tab. 7 Microclimatic parameters in two types of wheat field(Nanwenke,1992)

日期 Date	时间 Time	复合景观麦田 Complex landscape			单一景观麦田 Monolandscape		
		风速(m/s) Wind speed (m/s)	冠层温度℃ Canopy temperature ℃	冠层相对湿度% Canopy relative humidity %	风速(m/s) Wind speed (m/s)	冠层温度℃ Canopy temperature ℃	冠层相对湿度% Canopy relative humidity %
5月 23日 May	8:50	1.87	24.80	59.5	1.22	25.35	57.5
	10:00	1.90	28.05	50.5	1.80	27.50	50.0
	12:00	1.98	32.10	41.0	1.78	30.30	39.5
	15:00	1.90	31.95	39.0	1.45	32.60	37.5
	17:00	1.52	30.60	39.5	1.21	27.60	50.0
May	19:00		20.30	78.5		19.20	86.5
	日平均 Daily mean	1.83	27.97	51.3	1.50	27.09	53.5
5月 24日 May	8:50	2.21	21.80	61.0	2.18	21.30	62.0
	10:00	4.10	27.80	44.5	1.70	25.80	48.0
	12:00	3.15	30.20	48.0	2.59	28.80	49.0
	15:00	2.18	30.10	55.0	1.64	28.90	58.0
	17:00	2.08	26.60	57.0	1.98	26.00	62.0
May	19:00	0.65	20.90	71.0		22.10	77.0
	日平均 Daily mean	2.40	26.23	56.1	2.22	25.48	59.3

3 结 语

农田景观的多样化分布较单一景观相比生态稳定性高;不仅可以明显减轻病虫害的发生危害,而且对田间小气候具有显著的改善作用;农田景观单元的规格与虫害的发生具有明显的相关性,为了充分发挥景观单元之间的边缘效应,景观单元的规格应控制在一定范围之内;两种不同景观单元相邻分布即两作物地块邻作二者之间会产生不同的边缘效应,研究表明,棉花与不同邻作作物组合对棉田棉铃虫的发生具有显著的影响,棉花邻作大豆或花生的复合景观可较好地控制棉铃虫的危害。以上研究结果的生理生态机理尚待进一步探讨。

参 考 文 献

- 1 闻大中:农业生态系统与农业景观刍议,《农村生态环境》,(3)1990:52-53
- 2 白效明:关于制定我国区域生物多样性中心评价标准的思考,《农村生态环境》,(4)1993:50-53
- 3 刘成玉:论作物多样性对农田生态系统稳定性的影响,《农业环境保护》,9(6)1990:26-27
- 4 张广学:东北早熟棉区组建自控棉田生态系的研究,《植物保护学报》,17(1)1990:1-4
- 5 K. S. Smallwood: Landscape Strategies For Biological Control And IPM, International Conference on Integrated Resource Management for Sustainable Agriculture, 1993

Ecological Functions of Diversified Farmland landscape

LIU Gui-bo YANG Zong-li

(Dryland Farming Institute, Hebei Academy of Agricultural
Sciences, Hengshui 053000)

Abstract The simple horizontal distribution of farmland landscape in Haihe lowland plain is the reason that farmland landscape is losing its ecological stability. Based on this problem and guided by the landscape ecological principles and methods, a study was conducted to indicate that the diversified crop landscape reduces the incidence of plant disease and insect pests and improves field microclimate. The study makes clear that the relationship between the landscape unit standard and composition of landscape elements with insect pests incidence. The results provide a scientific basis for better management of the farmland landscape ecology and its ecological stability.

key words Landscape of farmland; Diversify; Ecological function