

草坪 4 种害虫与天敌间的数量和时间关系综合研究

李 芬^{1,2}, 王建盼¹, 刘飞飞¹, 毕守东^{1*}, 邹运鼎¹,

周夏芝¹, 林雪飞¹, 陈向阳¹, 汪文俊¹, 张 欢¹

(1. 安徽农业大学理学院, 合肥 230036; 2. 合肥市 32 中学, 合肥 230001)

摘 要: 为了合理保护和利用天敌进行草坪害虫的综合防治, 用 t 检验法比较高羊茅草坪和麦冬草坪之间害虫及其天敌的种群差异。结果表明, 主要害虫小蟋蟀、粟茎跳甲、麦长管蚜和大眼长蟥的 t 值分别为 0.7938、1.8587、0.9302 和 4.8237, 两种类型草坪之间大眼长蟥差异极其显著, 粟茎跳甲的差异基本显著 ($t_{0.10}=1.72$), 小蟋蟀及麦长管蚜的差异均不显著。天敌锥腹肖蛸、三突花蟹蛛、黄褐新园蛛、草间小黑蛛、艳大步甲和八点球腹蛛的 t 值依次为 1.4393、0.1523、0.1155、0.8546、0.7450 和 3.6077, 八点球腹蛛差异极其显著 ($t_{0.01}=2.82$), 其余差异均不显著 ($t_{0.05}=2.07$)。采用灰色关联度分析法和生态位分析法对 2 种草坪上小蟋蟀、粟茎跳甲、麦长管蚜和大眼长蟥与其天敌在种群数量和发生时间的关系进行综合分析, 结果表明, 与小蟋蟀关系密切的前 3 位天敌, 高羊茅草坪上的依次是艳大步甲、草间小黑蛛和八点球腹蛛, 麦冬草坪上的依次是艳大步甲、草间小黑蛛和黄褐新园蛛, 两种草坪上前两位天敌相同, 第 3 位不同; 与粟茎跳甲关系密切的前 3 位天敌, 高羊茅草坪上的依次是黄褐新园蛛、草间小黑蛛和八点球腹蛛, 麦冬草坪上的依次是黄褐新园蛛、草间小黑蛛和锥腹肖蛸。两草坪上前两位天敌相同, 第 3 位不同; 与麦长管蚜关系密切的前 3 位天敌, 高羊茅草坪上的依次是八点球腹蛛、黄褐新园蛛和草间小黑蛛, 麦冬草坪上的依次是黄褐新园蛛、锥腹肖蛸和三突花蟹蛛, 2 种草坪与麦长管蚜关系密切的 3 位天敌中均都有圆蛛; 与大眼长蟥关系密切的前 3 位天敌, 高羊茅草坪上的依次是草间小黑蛛、八点球腹蛛和锥腹肖蛸, 麦冬草坪上的依次是艳大步甲、八点球腹蛛和草间小黑蛛。为 4 种害虫的综合防治协调运用化学防治和天敌资源控制害虫提供科学依据。

关键词: 草坪; 害虫; 天敌; 数量; 时间; 分析

中图分类号: Q968.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2016)01-0111-08

Comprehensive study on quantity and temporal relationships between four main pests and their natural enemies in lawns

LI Fen^{1,2}, WANG Jianpan¹, LIU Feifei¹, BI Shoudong¹, ZOU Yunding¹, ZHOU Xiazhi¹,
LIN Xuefei¹, CHEN Xiangyang¹, WANG Wenjun¹, ZHANG Huan¹

(1. School of Sciences, Anhui Agricultural University, Hefei 230036; 2. Hefei No.32 Middle School, Hefei 230001)

Abstract: To reasonably conserve and utilize natural enemies for comprehensive control of pests in lawns, a t -test was employed to compare population differences of main pests and their natural enemies in *Festuca arundinaceae* and *Ophiopogon japonicus*. The results showed that the t value of the main pests *Seapsipesus asperus*, *Chaotocnema ingonua*, *Sitobion avenae* and *Geocoris pallidipennis* were 0.7938, 1.8587, 0.9302 and 4.8237, respectively. An extremely significant and significant difference ($t_{0.10}=1.72$) in the number of *Geocoris pallidipennis*

收稿日期: 2015-06-29

基金项目: 安徽省自然科学基金 (95-农-05, 11040606M71) 共同资助。

作者简介: 李 芬, 中教一级。E-mail: benlck@126.com

* 通信作者: 毕守东, 博士, 教授。E-mail: bishoudong@163.com

and *Chaotocnema ingonua* between two lawns was observed, respectively, but no significant difference was found in the number of *Seapsipesus asperus* and *Sitobion avenae*. The t value of *Tetragnatha maxillosa*, *Misumenops tricuspidatus*, *Neoscona doenilzi*, *Erigonidium graminicola*, *Carabus lafossei coelestis* and *Theridion octomaculatum* were 1.4393, 0.1523, 0.1155, 0.8546, 0.7450 and 3.6077, respectively. Therefore, the number of *Theridion octomaculatum* showed a significant difference ($t_{0.01}=2.82$), while the others had no significant differences ($t_{0.05}=2.07$) between the two lawns. The comprehensive study on the relationship in quantity and occurrence time between *Seapsipesus asperus*, *Chaotocnema ingonua*, *Sitobion avenae* and *Geocoris pallidipennis* and their natural enemies were analyzed using the grey system analysis and ecological niche analysis. The results showed that the top three natural enemies of *Seapsipesus asperus* in *Festuca arundinace* were *Carabus lafossei coelestis*, *Erigonidium graminicola* and *Theridion octomaculatum* and *Carabus lafossei coelestis*, *Erigonidium graminicola* and *Neoscona doenilzi* in *Ophiopogon japonicus*. The top three natural enemies of *Chaotocnema ingonua* were *Neoscona doenilzi*, *Erigonidium graminicola* and *Theridion octomaculatum* in *Festuca arundinace* and *Neoscona doenilzi*, *Erigonidium graminicola* and *Tetragnatha maxillosa* in *Ophiopogon japonicus*. The top three natural enemies of *Sitobion avenae* were *Theridion octomaculatum*, *Neoscona doenilzi* and *Erigonidium graminicola* in *Festuca arundinace* and *Neoscona doenilzi*, *Tetragnatha maxillosa* and *Misumenops tricuspidatus* in *Ophiopogon japonicus*. Two lawns had *Neoscona doenilzi*. The top three natural enemies of *Geocoris pallidipennis* were *Erigonidium graminicola*, *Theridion octomaculatum* and *Tetragnatha maxillosa* in *Festuca arundinace* and *Carabus lafossei coelestis*, *Theridion octomaculatum* and *Erigonidium graminicola* in *Radix Ophiopogonis*.

Key words: lawn; pests; natural enemies; quantity; temporal; analysis

随着生态文明建设和精神文化生活水平的提高,人们对环境质量的要求越来越高,城市公园、路旁和家前屋后均栽植了大量草坪。草坪具有多种功能,它既可美化环境、净化空气、防止噪音、调节温湿度、保持水土,还可作为运动场和赛场。频繁的刈割修剪,刈割下的青草又是家畜的良好饲料,路旁的草坪对汽车司机有降低疲劳的功能,意外情况下,草坪又是恶性事故的缓冲带。草坪正以自身的多种功能和显著的社会效益、经济效益在市场经济中成为潜力巨大的产业^[1-2]。

在草坪草的生长发育过程中遭受到小地老虎 *Agrotis ypsilon* (Rottemberg)、蝼蛄 *Gryllotalpa*、草地螟 *Loxostege sticticatis*、蝗虫 *Leucania*、粘虫 *Separata*、螨类 *Acarina*、蚜虫 *Aphidae*、叶蝉 *Cicadelloidae*、秆蝇 *Meromyza saltatrix* 和潜叶蝇 *Chloropidae* 等多种害虫的危害,影响草坪草的生长和功能的发挥^[3-8],草坪害虫的天敌可持续控制害虫的种群数量,且减少农药使用,降低环境污染,但对草坪害虫及其天敌的研究报道极少,多数研究是调查性的基本工作。王运兵等^[9]调查了豫西地区高羊茅草坪有害虫 53 种,天敌 20 种;江俊起等^[10]调查了合肥地区黑麦草上有害虫 13 种;肖林云等^[11]调查了河南新乡黑麦草上主要害虫是螨类和蚜类,主要天敌是蜘蛛类和瓢虫类;Frank^[12]总结了草坪中寄生于日本丽金龟成虫 *Popillia japonica* 身体的

寄生蝇 *Hyperecteina aldrichi* 寄生性状,同时总结了寄生蝇 *Ormiadepleta* 在佛罗里达州草坪建立种群的过程及防治骷髅的效果;Dean 等^[13]报道了东竹粉蚧跳小蜂 *Neodusmetia sangwani* 来防治罗德草 *rhodesgrass* 上的草竹粉蚧 *Antoninagraminis* 获得极大的成功;Heng-Moss 等^[14-15]调查了 2 种跳小蜂 *Rhopus nigroclavatus* 和 *Pseudaphycus* sp. 对野牛草上 2 种介壳虫 *Tridiscus sporoboli* 和 *Trionymus* sp. 的寄生效果,前者对成雌蚧和 3~4 龄若虫的寄生率分别为 78.5% 和 67.5%;魏洪义等^[16]较为系统地综述了昆虫病原线虫、病原细菌、病原真菌、天敌昆虫和昆虫性引诱剂在防治草坪上害虫蛴螬、蝼蛄、地老虎、麦长蝥和介壳虫等的研究进展,并评价了生物防治因子在草坪害虫防治中的作用。上述研究均为涉及到害虫与其天敌在发生时间和种群数量之间的关系,因为它直接与天敌对害虫的控制效果有关。小蟋蟀 *Seapsipesus asperus*、粟茎跳甲 *Chaotocnema ingonua* Baly、麦长管蚜 *Sitobion avenae* 和大眼长蝥 *Geocoris pallidipennis* 是草坪的主要害虫,为此,开展了天敌与 4 种害虫在数量和发生时间上关系的系统研究。以便评判出优势种天敌,为草坪 4 种害虫的生物防治提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查时间和方法

在合肥市西山公园设置样地, 样地为高羊茅和麦冬两种类型草坪, 每种类型样地 0.5 hm^2 , 每种类型随机设样点 5 个, 每个样点 $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$. 采用定点逐株逐叶系统调查, 随机在每个类型样地上按照陷阱诱捕法的要求^[17]放置 5 个陷阱诱捕器, 用水果玻璃罐头瓶内放置千分之一浓度的洗衣粉水溶液, 瓶口与地面齐高。同时在系统调查之前, 每个点每次用直径为 33cm 的标准捕虫网扫网 10 复网, 分别从左到右 1 次 180° 为 1 复网。记载害虫和天敌种类及个体数。

调查时间为 2005 年 4 月-5 月和 9 月每月 2 次, 6-8 月、10-12 月每月 1 次, 共 12 次。

1.2 数学分析方法

1.2.1 4 种害虫与其天敌在数量关系上的灰色关联度分析^[18]

将 4 种害虫 (Y_i) 及其天敌 (X_j) 分别看作一个本征性系统, 4 种害虫数量 (Y_1)、(Y_2)、(Y_3) 和 (Y_4) 作为该系统的参照序列。不同时点上的 4 种害虫 (Y_1)、(Y_2)、(Y_3) 和 (Y_4) 与天敌 (X_j) 在第 k 点上的效果白化值, 进行双序列关系分析: $Y_i = \{Y_i(1), Y_i(2), \dots, Y_i(n)\}$, $i=1, 2, 3, 4$;

$X_j = \{X_j(1), X_j(2), \dots, X_j(n)\}$, $j=1, 2, \dots, M$

经数据均值化后得:

$y_i = \{y_i(1), y_i(2), \dots, y_i(n)\}$, $i=1, 2, 3, 4$; $x_j = \{x_j(1), x_j(2), \dots, x_j(n)\}$, $j=1, 2, \dots, M$

Y_i 与 X_j 在第 k 点上的关联系数:

$r_{ij}(k) = [\min \min |y_i(k) - x_j(k)| + \rho \max \max |y_i(k) - x_j(k)|] / [|\min \min |y_i(k) - x_j(k)| + \rho \max \max |y_i(k) - x_j(k)|]$, $k=1, 2, \dots, n$ 式中: ρ 为分辨系数, 取值区间 $[0, 1]$, 一般取 $\rho=0.5$ 。为了扩大几种天敌与 4 种害虫之间关联系数的差距, 便于进行分析, 本文取 $\rho=0.8$, $\Delta_{ij}(k) = |y_i(k) - x_j(k)|$ 为 y_i 与 x_j 序列在第 k 点上的绝对值差; $\min |y_i(k) - x_j(k)|$ 为 1 级最小值, 表示找出 y_i 与 x_j 序列对应点的差值中的最小差; 而 $\min \min |y_i(k) - x_j(k)|$ 为 2 级最小差, 表示在 1 级最小差的基础上再找出其中的最小差。 $\max |y_i(k) - x_j(k)|$ 与 $\max \max |y_i(k) - x_j(k)|$ 分别为 1 级和 2 级最大差, 其含义与上述最小差相似。 $R(Y_i, X_j) = 1/n \sum r_{ij}(k)$ 即为第 j 种天敌 (X_j) 与 4 种害虫数量关联度, 其大小反映 X_j 对 Y_i 的联系或影响程度。

1.2.2 4 种害虫与其天敌在发生时间上的生态位分析

用 Levins^[17]的生态位宽度指数公式:

$$B = \frac{1}{S \sum P_i^2}$$

式中 B 为物种的生态位宽度; P_i 为物种利用第 i 等级资源占利用总资源的比例; S 为资源的系列等级数。

生态位重叠采用 Levins^[17]的生态位重叠指数公式:

$$L_{ij} = B_i \sum_{h=1}^n P_{ih} P_{jh}$$

式中 L_{ij} 为物种 i 对物种 j 的生态位重叠, P_{ih} 和 P_{jh} 为每个物种在资源序列的第 h 单位上的比例, B_i 为物种 i 的生态位宽度。

生态位相似性比例采用 Morisita 相似性系数公式^[19]:

$$C_{jk} = \frac{2 \sum_{i=1}^n P_{ij} P_{ik}}{\sum_{i=1}^n P_{ij} [(n_{ij} - 1)/(N_j - 1)] + \sum_{i=1}^n P_{ik} [(n_{ik} - 1)/(N_k - 1)]}$$

式中, P_{ij} , P_{ik} 分别表示种 j, k 在第 i 个资源等级上所占的比例, n_{ik} 是 k 物种在 i 资源序列等级上的数量, n_{ij} 是 j 物种在 i 资源序列等级上的数量。 N_j 和 N_k 分别表示 j 物种和 k 物种的个体数量之和。

1.2.3 天敌与其目标害虫关系的综合分析

将天敌与目标害虫之间在数量的关联度和时间生态位重叠指数、生态位相似性比例参数分别除以本参数值的最大值, 进行标准化处理, 此值暂称密切指数, 参数最大值标准化后的密切指数为 1, 将数、时方面密切指数相加, 其密切指数之和最大的天敌为目标害虫在数量和时间关系上的第一位天敌, 依次类推^[20]。

2 结果与分析

高羊茅草坪共调查节肢动物物种数有 52 种, 其中植食类 30 种, 捕食类天敌 15 种, 寄生类天敌和中性昆虫 7 种; 麦冬草坪有节肢动物 52 种, 其中捕食类 30 种, 捕食类天敌 15 种。小蟋蟀、粟茎跳甲、麦长管蚜和大眼长蝽均为两类草坪主要害虫。现将 4 种害虫及其天敌种群数量动态列于表 1, 可看出, 两种草坪中小蟋蟀 4-11 月均有发生, 以 6-9 月份数量最多。粟茎跳甲 5 月份最多, 麦长管蚜主要发生在 4 月中旬-6 月下旬, 大眼长蝽全年都有发生, 5-8 月数量较多。对两种草坪之间 4 种害虫及其天敌的种群数量进行 t 检验, 小蟋蟀、粟茎跳甲、麦长管蚜、大眼长蝽、锥腹肖蛸、三突花蟹蛛、黄褐新园蛛、草间小黑蛛、艳大步甲、八点球腹蛛的 t 值依次为 0.7938、1.8587、0.9320、4.8237、1.4393、0.1523、0.1155、0.8546、0.7450 和 3.6077; $df=22$ 时, $t_{0.01}=2.82$ 、 $t_{0.05}=2.07$ 和 $t_{0.10}=1.72$ 。两种草坪之间大眼长蝽差异极显著, 粟茎跳甲种群数量之间差

异基本显著 ($> t_{0.10}$), 天敌只有八点球腹蛛差异极显著, 其余差异均不显著。另外, 对两种草坪的总群落, 植食类亚群落和捕食类亚群落的节肢动物的物种数和个体数进行 t 检验, t 值依次是 0.1061、0.6035、0.4605、1.3098、1.2313 和 0.5558, t 值均小于 2.07 ($t_{0.05}$), 差异均不显著。

2.1 4种害虫与其天敌之间数量上的关联度

用灰色关联度法分析小蟋蟀、粟茎跳甲、麦长管蚜和大眼长蝽与其天敌之间数量上的关联度, 两者之间的关联度值越大, 说明天敌在数量上对目标害虫的跟随关系越密切, 分析结果列于表 2。可以看出, 与小蟋蟀数量上关联度大的前 3 位天敌, 高

羊茅草坪上分别是八点球腹蛛、黄褐新园蛛和三突花蟹蛛, 麦冬草坪上分别是锥腹肖蛸、黄褐新园蛛和草间小黑蛛; 与粟茎跳甲数量上关系密切的前 3 位天敌, 高羊茅草坪上的是三突花蟹蛛、黄褐新园蛛和锥腹肖蛸, 麦冬草坪上的是八点球腹蛛、艳大步甲和三突花蟹蛛; 与麦长管蚜数量上关系密切的前 3 位天敌, 高羊茅草坪的上是八点球腹蛛、黄褐新园蛛和草间小黑蛛, 麦冬草坪上的是八点球腹蛛、黄褐新园蛛和锥腹肖蛸; 与大眼长蝽数量上关系密切的前 3 位天敌, 高羊茅草坪上的是锥腹肖蛸、三突花蟹蛛和艳大步甲, 麦冬草坪上的是八点球腹蛛、艳大步甲和草间小黑蛛。

表 1 不同草坪上 4 种主要害虫及其主要天敌种群动态

Table 1 Dynamics of the amount of four main pests and their natural predators in different lawns plot/20 m²

物种 Species	样地 Sample area	04- 15	04- 28	05- 15	05- 28	06- 21	07- 19	08- 21	09- 16	09- 29	10- 29	11- 29	12- 29	$\bar{X} \pm S_x$
A	I	1	5	15	17	33	24	30	15	36	3	0	0	14.92±3.8582
	II	0	3	10	14	2	59	6	17	2	5	3	0	10.08±4.7137
B	I	0	0	15	17	0	0	2	4	3	0	4	2	3.92±1.6942
	II	3	6	38	25	0	0	20	30	0	2	14	3	11.75±3.8595
C	I	3	28	39	33	23	3	14	8	7	8	0	0	13.83±3.9097
	II	2	19	27	22	16	2	10	5	5	5	0	0	9.42±2.6139
D	I	1	9	45	26	10	23	21	10	7	25	6	7	16.67±3.2318
	II	0	0	0	1	0	2	0	3	0	0	5	0	0.92±0.4680
E	I	0	3	0	4	2	3	5	4	0	6	5	1	2.75±0.6170
	II	1	9	7	3	4	4	7	6	3	4	0	2	4.1667±0.7671
F	I	0	1	2	0	0	1	2	2	14	14	4	0	3.33±1.4788
	II	0	2	4	1	7	1	4	5	7	4	2	0	3.08±0.7120
G	I	3	8	19	18	9	4	5	5	0	5	3	5	7.00±1.6877
	II	4	10	14	15	7	10	5	4	7	0	3	2	6.75±1.3547
H	I	2	12	30	20	18	9	13	7	9	11	6	1	11.50±2.3404
	II	16	19	22	23	13	24	16	14	15	2	4	3	14.25±2.2093
I	I	4	2	4	7	9	0	5	0	4	2	0	0	3.08±0.8567
	II	5	2	4	3	0	7	0	5	1	0	0	0	2.25±0.7191
J	I	3	8	19	18	9	4	5	5	2	5	3	3	7.00±1.6606
	II	0	1	0	0	5	0	1	1	0	0	1	1	0.83±0.4051
K	I	14	28	30	44	21	25	29	32	26	27	20	12	25.67±2.4474
	II	16	27	22	37	24	30	28	34	34	21	22	17	26.00±1.9694
L	I	71	169	297	335	158	179	233	214	239	208	81	36	185.0±25.9177
	II	87	164	196	275	132	249	216	265	211	86	113	36	169.17±22.5942
M	I	8	15	14	24	10	14	16	18	18	16	9	12	14.50±1.2881
	II	7	13	10	19	8	14	16	16	18	11	12	7	12.58±1.1963
N	I	38	89	176	192	96	130	175	123	186	117	34	24	115.00±17.4929
	II	33	69	115	174	63	140	152	171	136	45	90	22	100.83±15.6577
O	I	4	10	11	13	6	8	9	10	5	7	6	4	7.75±0.8360
	II	7	11	6	11	11	13	9	14	12	6	6	6	9.33±0.8733
P	I	10	45	100	91	43	33	36	38	34	43	24	8	42.08±8.0137

II 30 56 60 72 62 97 48 62 55 14 13 10 48.25±7.6744

A. 小蟋蟀 *Seopsipes asperus*; B. 粟茎跳甲 *Chaotocnema ingonua Baly*; C. 麦长管蚜 *Sitobion avenae*; D. 大眼长蝽 *Geocoris pallidipennis*; E. 锥腹肖蛸 *Tetragnatha maxillosa*; F. 三突花蟹蛛 *Misumenops tricuspidatus*; G. 黄褐新园蛛 *Neoscona doenilzi*; H. 草间小黑蛛 *Erigonidium graminicola*; I. 艳大步甲 *Carabus lafossei coelestis*; J. 八点球腹蛛 *Theridion octomaculatum*; K. 总群落物种数 Total community species; L. 总群落个体 The total individuals of the community; M. 植食类亚群落物种数 Phytophagous sub-community species; N. 植食类亚群落个体数 Number of individuals of phytophagous sub-community; O. 捕食类亚群落物种数 Predacious sub-community species; P. 捕食类亚群落个体数 The total individuals of predacious sub-community; I. 高羊茅草坪 *Festuca arundinaceae*; II. 麦冬草坪 *Ophiopogon japonicus*

2.2 4 种害虫与其天敌在时间关系上的生态位分析

将 2 种类型草坪上 4 种主要害虫与其天敌之间在发生时间上的时间生态位重叠指数计算结果列于表 3。两种类型草坪中与小蟋蟀在发生时间的生态位重叠指数最大的天敌均是艳大步甲，第 2 位的是草间小黑蛛；与粟茎跳甲时间生态位重叠指

数最大的天敌均是黄褐新园蛛，第 2 位的天敌高羊茅草坪的是草间小黑蛛，麦冬草坪的是锥腹肖蛸；与麦长管蚜时间生态位重叠指数最大的天敌，高羊茅草坪的是八点球腹蛛，麦冬草坪的是三突花蟹蛛；与大眼长蝽时间生态位重叠指数最大的天敌，两类型草坪的均是八点球腹蛛。

表 2 两种草坪中 4 种害虫与其主要天敌数量之间的关联度

Table 2 Degree of correlation of four main pests and their natural predators in two different lawns

草坪类型 Type of lawn	害虫 Pest	天敌 Natural enemy					
		锥腹肖蛸 <i>Tetragnatha maxillosa</i>	三突花蟹蛛 <i>Misumenops tricuspidatus</i>	黄褐新园蛛 <i>Neoscona doenilzi</i>	草间小黑蛛 <i>Erigonidium graminicola</i>	艳大步甲 <i>Carabus lafossei coelestis</i>	八点球腹蛛 <i>Theridion octomaculatum</i>
高羊茅草坪 <i>Festuca Arundinaceae</i>	小蟋蟀 <i>S. asperus</i>	0.7376	0.7743	0.7808	0.7287	0.6964	0.7852
	粟茎跳甲 <i>C. ingonua Baly</i>	0.7719	0.7872	0.7762	0.7360	0.6974	0.6496
	麦长管蚜 <i>S. avenae</i>	0.7739	0.7343	0.7933	0.7765	0.7168	0.8291
	大眼长蝽 <i>G. pallidipennis</i>	0.8272	0.7685	0.6804	0.7441	0.7470	0.7114
麦冬草坪 <i>Ophiopogon Japonicus</i>	小蟋蟀 <i>S. asperus</i>	0.8783	0.7754	0.8429	0.8291	0.7953	0.7487
	粟茎跳甲 <i>C. ingonua Baly</i>	0.6499	0.7391	0.7094	0.6775	0.7588	0.7771
	麦长管蚜 <i>S. avenae</i>	0.7278	0.6984	0.7417	0.7120	0.7197	0.7773
	大眼长蝽 <i>G. pallidipennis</i>	0.8104	0.7503	0.7746	0.8438	0.8439	0.8611

表 3 不同草坪上 4 种主要害虫与其主要天敌在发生时间的生态位重叠指数

Table 3 Time niche overlap index of four main pests and their natural predators in different lawns

草坪类型 Type of lawn	害虫 Pest	天敌 Natural enemy					
		锥腹肖蛸 <i>Tetragnatha maxillosa</i>	三突花蟹蛛 <i>Misumenops tricuspidatus</i>	黄褐新园蛛 <i>Neoscona doenilzi</i>	草间小黑蛛 <i>Erigonidium graminicola</i>	艳大步甲 <i>Carabus lafossei coelestis</i>	八点球腹蛛 <i>Theridion octomaculatum</i>
高羊茅草坪 <i>Festuca Arundinaceae</i>	小蟋蟀 <i>S. asperus</i>	0.5554	0.4969	0.5994	0.7683	0.7988	0.7653
	粟茎跳甲 <i>C. ingonua Baly</i>	0.4117	0.2050	0.8728	0.7866	0.5833	0.5739
	麦长管蚜 <i>S. avenae</i>	0.4090	0.2910	0.7394	0.6973	0.6344	0.7926
	大眼长蝽 <i>G. pallidipennis</i>	0.5916	0.5801	0.8041	0.7926	0.6281	0.8585

麦冬草坪 <i>Ophiopogon Japonicus</i>	小蟋蟀 <i>S. asperus</i>	0.5071	0.3253	0.6104	0.6785	0.8033	0.2725
	粟茎跳甲 <i>C. ingonua Baly</i>	0.7191	0.5619	0.7376	0.7130	0.5910	0.1762
	麦长管蚜 <i>S. avenae</i>	0.5940	0.7020	0.6600	0.5510	0.4610	0.5598
	大眼长蝽 <i>G. pallidipennis</i>	0.1239	0.1496	0.1636	0.1413	0.2533	0.3205

将两种类型草坪上4种主要害虫与其天敌之间的时间生态位相似性系数计算结果列于表4。两种类型草坪中与小蟋蟀时间生态位相似性系数最大的天敌均是艳大步甲，第2位的是草间小黑蛛；与粟茎跳甲时间生态位相似性系数最大的天敌均是黄褐新园蛛，第2位天敌高羊茅草坪的是八点球腹蛛，麦冬草坪的是锥腹肖蛸；与麦长管蚜时间生态

位相似性系数最大的天敌，高羊茅草坪的是八点球腹蛛，第2位的是草间小黑蛛，麦冬草坪的第1位天敌是黄褐新园蛛，第2位的是锥腹肖蛸；与大眼长蝽时间生态位相似性系数最大的天敌，高羊茅草坪的是草间小黑蛛，其次是八点球腹蛛，麦冬草坪的是八点球腹蛛，其次是艳大步甲。与时间生态位重叠指数的结论是一致的。

表4 不同草坪上4种主要害虫与其主要天敌在发生时间的生态位相似性系数

Table 4 Time niche similarity coefficient of four main pests and their natural predators in different lawns

草坪类型 Type of lawn	害虫 Pest	天敌 Natural enemy					
		锥腹肖蛸 <i>Tetragnatha maxillosa</i>	三突花蟹蛛 <i>Misumenops tricuspidatus</i>	黄褐新园蛛 <i>Neoscona doenilzi</i>	草间小黑蛛 <i>Erigonidium graminicola</i>	艳大步甲 <i>Carabus lafossei coelestis</i>	八点球腹蛛 <i>Theridion octomaculatum</i>
高羊茅草坪 <i>Festuca Arundinaceae</i>	小蟋蟀 <i>S. asperus</i>	0.5281	0.4195	0.5044	0.6344	0.6571	0.5723
	粟茎跳甲 <i>C. ingonua Baly</i>	0.3614	0.2915	0.6210	0.5703	0.4037	0.5968
	麦长管蚜 <i>S. avenae</i>	0.4685	0.3006	0.8195	0.8388	0.6828	0.8433
	大眼长蝽 <i>G. pallidipennis</i>	0.6725	0.5900	0.7617	0.8338	0.5572	0.8023
麦冬草坪 <i>Ophiopogon Japonicus</i>	小蟋蟀 <i>S. asperus</i>	0.4805	0.5431	0.4990	0.5483	0.5605	0.4017
	粟茎跳甲 <i>C. ingonua Baly</i>	0.5568	0.4943	0.5834	0.5511	0.5083	0.3631
	麦长管蚜 <i>S. avenae</i>	0.7047	0.5930	0.7533	0.6744	0.4500	0.3744
	大眼长蝽 <i>G. pallidipennis</i>	0.1700	0.2125	0.2599	0.2957	0.4352	0.2000

2.3 两种草坪主要害虫与其天敌关系的综合分析

将高羊茅和麦冬草坪的4种害虫与其天敌在数量及发生时间关系用密切指数之和进行综合分析，评判出在时间和发生数量关系上的优势种天敌。密切指数之和最大的天敌即为数量和发生时间上关系最密切的天敌，计算结果列于表5。可看出在种群数量和发生时间上与小蟋蟀关系密切的前3位天敌，高羊茅草坪上的依次是艳大步甲、草间小黑蛛和八点球腹蛛，麦冬草坪上的依次是艳大步甲、草间小黑蛛和黄褐新园蛛，两种草坪上前两位天敌相同，第3位不同；与粟茎跳甲关系密切的前3位天

敌，高羊茅草坪上的依次是黄褐新园蛛、草间小黑蛛和八点球腹蛛，麦冬草坪上的依次是黄褐新园蛛、草间小黑蛛和锥腹肖蛸，2种草坪上前2位天敌相同，第3位不同；与麦长管蚜关系密切的前3位天敌，高羊茅草坪上的依次是八点球腹蛛、黄褐新园蛛和草间小黑蛛，麦冬草坪上的依次是黄褐新园蛛、锥腹肖蛸和三突花蟹蛛，2种草坪与麦长管蚜关系密切的3位天敌中只有黄褐新园蛛相同，但位次不同；与大眼长蝽关系密切的前3位天敌，高羊茅草坪上的依次是草间小黑蛛、八点球腹蛛和锥腹肖蛸，麦冬草坪上的依次是艳大步甲、八点球腹蛛和草间

小黑蛛, 前 3 位天敌中两类型草坪有 2 种相同。

3 讨论与结论

用 t 检验法比较高羊茅草坪和麦冬草坪之间害虫及其天敌的种群差异。结果表明, 主要害虫小蟋蟀、粟茎跳甲、麦长管蚜和大眼长蝽的 t 值分别为 0.7938、1.8587、0.9302 和 4.8237, 两种类型草坪之

间大眼长蝽差异极其显著, 粟茎跳甲的差异基本显著 ($t_{0.10}=1.72$), 两类草坪之间小蟋蟀及麦长管蚜的差异均不显著。天敌锥腹肖蛸、三突花蟹蛛、黄褐新园蛛、草间小黑蛛、艳大步甲和八点球腹蛛的 t 值依次为 1.4393、0.1523、0.1155、0.8546、0.7450 和 3.6077, 八点球腹蛛差异极显著 ($t_{0.01}=2.82$), 其余差异均不显著 ($t_{0.05}=2.07$)。

表 5 不同草坪 4 种害虫与其天敌之间关系的密切指数

Table 5 The close indexes of four main pests and their natural predators in different lawns

害虫 Pest	参数种类 Parameter type	锥腹肖蛸 <i>T. maxillosa</i>	三突花蟹蛛 <i>M. tricuspidatus</i>	黄褐新园蛛 <i>N. doenilzi</i>	草间小黑蛛 <i>E. graminicola</i>	艳大步甲 <i>C. lafossei</i> <i>coelestis</i>	八点球腹蛛 <i>T. octomaculatum</i>
高羊茅草坪 <i>Festuca arundinaceae</i>							
小蟋蟀	a	0.9394	0.9861	0.9944	0.9274	0.8869	1
<i>S. asperus</i>	b	0.6953	0.6221	0.7504	0.9618	1	0.9581
	c	0.8037	0.6384	0.7676	0.9655	1	0.8709
合计 Total		2.4384	2.2466	2.5124	2.8547		2.8290
序号 No.		5	6	4	2	1	3
粟茎跳甲	a	0.9806	1	0.9860	0.9350	0.8859	0.8250
<i>C. ingonua</i>	b	0.4717	0.2351	1	0.9012	0.6683	0.6575
<i>Baly</i>	c	0.5820	0.4694	1	0.9184	0.6500	0.9610
合计 Total		2.0343	1.7045	2.9860	2.7546	2.2042	2.4435
序号 No.		5	6	1	2	4	3
麦长管蚜	a	0.9334	0.8857	0.9568	0.9366	0.8645	1
<i>S. avenae</i>	b	0.5160	0.3671	0.9329	0.8798	0.8004	1
	c	0.5555	0.3565	0.9718	0.9947	0.8097	1
合计 Total		2.0049	1.6093	2.8615	2.8110	2.4746	3
序号 No.		5	6	2	3	4	1
大眼长蝽	a	1	0.9290	0.8225	0.8995	0.9030	0.8600
<i>G. pallidipennis</i>	b	0.6891	0.6757	0.9366	0.9232	0.7316	1
	c	0.8065	0.7076	0.9135	1	0.6683	0.9622
合计 Total		2.4956	2.3123	2.6726	2.8227	2.3029	2.8222
序号 No.		3	4	6	1	5	2
麦冬草坪 <i>Ophiopogon japonicus</i>							
小蟋蟀	a	1	0.8828	0.9597	0.9440	0.9055	0.8524
<i>S. asperus</i>	b	0.6313	0.4050	0.7599	0.8446	1	0.3392
	c	0.8573	0.9690	0.8903	0.9782	1	0.7167
合计 Total		2.4886	2.2568	2.6099	2.7668	2.9055	1.9083
序号 No.		4	5	3	2	1	6
粟茎跳甲	a	0.8363	0.9511	0.9129	0.8718	0.9765	1
<i>C. ingonua</i>	b	0.9749	0.7620	1	0.9666	0.8012	0.2389
<i>Baly</i>	c	0.9544	0.8473	1	0.9446	0.8683	0.6224
合计 Total		2.7656	2.5670	2.9129	2.7830	2.6460	1.8613
序号 No.		3	5	1	2	4	6
麦长管蚜	a	0.9363	0.8985	0.9542	0.9160	0.9259	1
<i>S. avenae</i>	b	0.8462	1.0000	0.9402	0.7849	0.6567	0.7974
	c	0.9355	0.7872	1	0.8953	0.5974	0.4970
合计 Total		2.7180	2.6857	2.8944	2.5962	2.1800	2.2844
序号 No.		2	3	1	4	6	5
大眼长蝽	a	0.9411	0.8713	0.8995	0.9799	0.9800	1
<i>G. pal lidipennis</i>	b	0.3866	0.4668	0.5105	0.4409	0.9703	1
	c	0.3906	0.4883	0.5972	0.6795	1	0.4596
合计 Total		1.7183	1.8264	2.0072	2.1003	2.7703	2.4596

序号 No.

6

5

4

3

1

2

注: a. 数量上的关联度 Degree of correlation; b. 时间生态位重叠指数 Time niche overlap index; c. 时间生态位相似系数 Time niche similarity coefficient

采用灰色关联度分析法和生态位分析法对两种草坪上小蟋蟀, 粟茎跳甲、麦长管蚜和大眼长蝽与其天敌在种群数量和发生时间的关系进行综合分析。结果表明, 与小蟋蟀关系密切的前3位天敌, 高羊茅草坪上的依次是艳大步甲、草间小黑蛛和八点球腹蛛, 麦冬草坪上的依次是艳大步甲、草间小黑蛛和黄褐新园蛛, 两种草坪上前2位天敌相同, 第3位不同; 与粟茎跳甲关系密切的前3位天敌, 高羊茅草坪上的依次是黄褐新园蛛、草间小黑蛛和八点球腹蛛, 麦冬草坪上的依次是黄褐新园蛛、草间小黑蛛和锥腹肖蛸, 2种草坪上前2位天敌相同, 第3位不同; 与麦长管蚜关系密切的前3位天敌, 高羊茅草坪上的依次是八点球腹蛛、黄褐新园蛛和草间小黑蛛, 麦冬草坪上的依次是黄褐新园蛛、锥腹肖蛸和三突花蟹蛛, 2种草坪与麦长管蚜关系密切的3位天敌中均都有圆珠; 与大眼长蝽关系密切的前3位天敌, 高羊茅草坪上的依次是草间小黑蛛、八点球腹蛛和锥腹肖蛸, 麦冬草坪上的依次是艳大步甲、八点球腹蛛和草间小黑蛛。

两类草坪之间麦长管蚜和大眼长蝽的第一位天敌均不同, 高羊茅草坪上麦长管蚜的第一位天敌是八点球腹蛛, 而麦冬草坪上八点球腹蛛的数量太少, 只有高羊茅草坪的九分之一, 所以它不是该草坪的主要天敌。两类草坪大眼长蝽的第1位天敌不同, 高羊茅草坪的是草间小黑蛛, 麦冬草坪的是艳大步甲, 主要是高羊茅草坪上大眼长蝽数量多, 是麦冬草坪大眼长蝽数量的20倍, 高羊茅草坪大眼长蝽与天敌的关系代表大眼长蝽和天敌之间真正的关系, 这是因为害虫数量多时, 才能反映天敌与害虫之间的关系, 麦冬草坪的大眼长蝽数量极少, 不能反映大眼长蝽与天敌之间的真实情况。

过去评价害虫与天敌的关系, 多是从数量上考虑, 确定害虫的天敌^[3-16], 因为在一个草坪的节肢动物群落中, 有多种害虫, 每种害虫又有数量不等的天敌。首先必须从发生时间和种群数量上进行分析, 明确该群落的主要害虫种类, 然后从与主要害虫在发生时间和群落数量关系上进行分析, 明确主要害虫的几种优势种天敌。这样才能在对害虫进行综合防治时, 协调运用化学防治、农业防治和生物防治等措施。达到既控制了害虫又保护了生态环境和群落中的优势种天敌。研究结果有利于指导害虫

的综合防治, 在害虫防治上既有理论意义, 在实践中又有指导意义。本文即是上述思路进行研究的。本文不光从数量上, 而是从发生时间和发生数量两个方面进行综合考虑, 这比单方面考虑数量略显全面一些。也有从两者之间的数量和空间方面研究的^[21], 同样比单独考虑数量关系的内容复杂一些, 深化一些, 更可能真实反应两者的关系。

参考文献:

- [1] 边秀举, 张训忠. 草坪学基础[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2005.
- [2] 郑海金, 华珞, 高占国, 等. 草坪质量的指标体系与评价方法[J]. 首都师范大学学报, 2003, 24(1): 77-80.
- [3] 刘昕, 何惠勇. 春季草坪害虫群落种类丰富度及多样性研究[J]. 草原与草坪, 2001(1): 32-33.
- [4] 李芬, 毕守东, 邹运鼎. 合肥市草坪主要害虫种类的调查[J]. 安徽农学通报, 2005, 11(5): 47-48.
- [5] 唐燕平, 王天云, 陈志胜. 安徽省草坪害虫种类调查及其发生趋势的分析[J]. 安徽农业科学, 2002, 30(2): 179-181.
- [6] 周玉锋, 文克俭, 杨丽玲. 贵州观赏草坪害虫种类调查研究[J]. 四川草原, 2005, 92(3): 47-48.
- [7] 孙国海. 草坪养护技术管理要点[M]. 北京: 现代农业出版社, 2006: 38.
- [8] 高智芳. 百三叶草坪病虫害无公害防治[M]. 石家庄: 河北农业科技出版社, 2006: 17.
- [9] 王运兵, 余昊, 王进梅. 豫西地区高羊茅草坪昆虫种类调查及群落分析[J]. 草业科学, 2006, 23(11): 92-95.
- [10] 江俊起, 陈丽, 缪勇, 等. 黑麦草有害动物群落动态研究[J]. 草业科学, 2006, 23(5): 92-95; 78-81.
- [11] 肖林云, 王家云, 王森山, 等. 黑麦草草坪昆虫群落结构及演替研究[J]. 河南农业科学, 2014, 43(12): 106-108.
- [12] FRANK J H, WALKER T J, PARKMAN J P. The introduction establishment and spread of *ormia depleta* in Florida[J]. Biol Control, 1996, 6(3): 368-377.
- [13] DEAN H A, SCHUSTER M F, BOLING J C, et al. Complete biological control of *Antonina graminis* in teas with *Neodusmetia sangwani* (a classic example) [J]. Bull Entomol Soc Am, 1979, 25: 262-267.
- [14] HENG-MOSS T M, BAENDALE F P, RIORDAN T P, et al. Influence of *Rhopus ingroclavatus* (Hymenoptera: Encyrtidae) on the mealybugs *Tridiscus sporoboli* and *Trionymus* sp. (Homoptera: pseudococcidae) [J]. Environ Entomol, 1999, 28(1): 123-127.
- [15] HENG-MOSS T M, BAENDALE F P, RIORDAN T P. *Rhopus ingroclavatus* (Ashmead) and *Pseudaphycus* sp. (Hymenoptera: Encyrtidae): two Parasitoids of the buffalograss mealybugs, *Tridiscus sporoboli* (Cockerell) and *Trionymus* sp.[J]. Kans Entomol Soc, 1998, 71 (1): 85-86.
- [16] 魏洪义, 李辉, 姚振威. 草坪害虫生物防治[J]. 草业科

- 学, 2006, 23(10): 92-97.
- [17] 邹运鼎, 王弘法. 农林昆虫生态学[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1989: 311-327.
- [18] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 1990: 33-84.
- [19] 张金屯. 植被数量生态学方法[M]. 北京: 科学技术出版社, 1995.
- [20] 施晓丽, 毕守东, 耿继光, 等. “518”油桃主要害虫与其捕食性天敌的关系[J]. 生态学报, 2011, 31(15): 4372-4384.
- [21] 毕守东, 柯胜兵, 徐劲峰, 等. 3 种海拔高度茶园中 2 种害虫与其天敌间的数量和空间关系[J]. 生态学报, 2011, 31(2): 0455-0464.