

草坪杂草生态位研究

谭永钦¹, 张国安^{1*}, 郭尔祥²

(1. 华中农业大学植物保护系, 武汉 430070; 2. 武汉钢铁集团绿化公司, 武汉 430083)

摘要:调查研究草坪杂草的重要值、生态位宽度、以及不同种类杂草之间的生态位重叠值,能够揭示杂草种间生态相似关系,能够预测杂草之间相互影响的趋势。利用杂草种间的相互制约关系,可以指导合理地使用除草剂,从而达到降低草坪养护成本,保护环境的双重效果。以武汉市多种不同种类草坪为研究对象,对该地区草坪主要杂草进行了系统调查,通过七级目测法,计算了草坪 20 种主要杂草的重要值,并计测了它们的生态位宽度和生态位重叠值。结果表明,看麦娘(*Alopecurus aequalis*),牛繁缕(*Stellaria media*),野燕麦(*Avena fatua*),猪殃殃(*Galium aparine*),一年蓬(*Erigeron annuus*),鼠麴草(*Gnaphalium multiceps*),毛茛(*Ranunculus arvensis*),通泉草(*Mazus japonicus*)等杂草的实际生态位比较宽,它们是本地区草坪的主要杂草。而猪殃殃(*Galium aparine*),婆婆纳(*Veronica persica*),野燕麦(*Avena fatua*)等杂草间的生态位重叠值大。杂草生态位宽度大小反映了杂草利用资源的多样化水平或特化水平,通常生态位宽度大的杂草以牺牲对局域范围内资源的利用效率来换取对大范围内资源的利用能力。

关键词:草坪杂草; 重要值; 生态位宽度; 生态位重叠值

Researches on weed niche in turf

TAN Yong-Qin¹, ZHANG Guo-An^{1*}, GUO Er-Xiang² (1. Department of Plant Protection, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 2. Wuhan Iron and Steel Company, Wuhan 430083, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(6): 1300~1305.

Abstract: Niche is an important theoretic problem in studying plant population and community ecology. Niche breadth may be a measure of turfs' using diversity to environmental resource and it is a response of weeds to ecological niche. Niche-overlap is a measure to display the similarity of plant interspecies bionomics. Studies on the important value, niche breadth, and niche overlap of different weeds in turf can reveal the ecological demand similarity of different weeds, and can forecast the trend of reciprocal affect between different kinds of weeds. So it can give some guide in using herbicide reasonably and get to a double-aim of dropping cost in maintaining turf and protecting the environment.

When turf is identified as a healthy ecosystem, this turf ecosystem remains resistant or resilient to the long-term and unexpected disturbance caused by natural or human activities. Long-term application of a certain herbicide let a variation of weed populations in turf. It increases the difficulty controlling weeds effectively. Therefore, it is a hot problem for us to solve. In this paper, different kinds of turfs in Wuhan region were exemplified systematically. In the turfs in Wuhan region, 20 sites under different ecological condition were surveyed in detail with seven scales by visualization of weed dominance to rape to obtain the important value of 20 main weeds. The species niche breadth and niche overlap were calculated on the basis of the investigation. The results show that *Alopecurus aequalis* (0.559), *Stellaria media* (0.4341), *Avena fatua* (0.3214), *Gnaphalium multiceps* (0.2909), *Galium apaine* (0.2747), *Ranunculus arvensis* (0.2686), and *Mazus japonicus* (Thunb) O. Ltze (0.2474) have bigger value in ecological niche. The bigger value of the weeds showed that they have wider ecological-amplitude, and they can adapt to more kinds of environment. Because different weeds have different ecological annidation, they have different niche overlap value. The more ecological niche overlaps value show that the more same ecological resource can be

基金项目:国家自然科学基金资助项目(39770845)

收稿日期:2002-10-29; **修订日期:**2003-11-10

作者简介:谭永钦(1975~),女,土家族,湖北恩施人,硕士,主要从事草地科学研究。

* 通讯作者 Author for correspondence

Foundation item: National Natural Science Foundation of China(No. 39770845)

Received date: 2002-10-29; **Accepted date:** 2003-11-10

Biography: TAN Yong-Qin, Master candidate, mainly engaged in grassland science. E-mail: yqtan@mail.hzau.edu.cn

used, and they must compete more fierily. Different weeds can be classified according to their overlap value. For example, *Galium apaine*, *Avena fatua*, and *Veronica persica* belong to the same class. *Galium apaine* and *Veronica persica* have a bigger overlap value than *Avena fatua*. *Alopecurus aequalis*, *Stellaria media*, *Mazus japonicus* (Thunb) O. Ltze., *Gnaphalium multiceps*, *Cardamine hirsuta* L., *Ranunculus arvensis* and *Poa annual* can be classed together. These weeds always occur in similar spaces and have a large number. As compared with those of the other species, the niche overlaps between *Galium apaine*, *Veronica persica*, and *Avena fatua* were higher. The bigger value of weeds showed that they have wider ecological-amplitude, and they can adapt to more kinds of environment.

Niche breadth reflects weeds' variety or specialization level in using nature resource. In the ordinary way weeds having a bigger niche breadth immolate the using-efficiency to the resource in a small range, and gain the using capacity to the resource in a bigger range. When the resource is insufficient, weeds used vary resource have stronger ecological accommodation, bigger distribution range and more living chance.

Because different weeds have varied ecological annidation, they have different niche overlap value between each other. The more ecological niche overlaps value show that the more same ecological resource can be used, and they must compete more fierily. Different weeds can be classified according to their overlap value, and these weeds always occur in similar spaces and have a large number.

Key words: weeds in turf; important value; niche-breadth; niche-overlap

文章编号:1000-0933(2004)06-1300-06 中图分类号:Q143,S451.1 文献标识码:A

近年来,随着社会的不断进步,人们生活水平的日益提高,人们对环境质量的要求也越来越高,各地区不断地改善环境。草坪以其低矮、平坦、青绿的表面给人以视觉上的美,为人们提供了很好的休闲、娱乐的场所;它具有美化环境、陶冶情操、恢复和保护视力、净化空气、调节小气候、降低噪音、保持水土、维护生态平衡及提供良好的运动场所等重要作用,倍受环境保护部门和园林绿化部门的青睐,是人类社会物质文明和精神文明建设的一个重要内容。但随着草坪地面积不断地增大,草坪的管理水平跟不上,草坪上的有害生物的破坏严重影响了草坪的观赏性,降低了草坪的使用价值。其中,杂草是草坪有害生物的一个重要组成部分,杂草的危害对草坪是最大的威胁。

正如农田使用化学除草使农业生产获得了巨大的经济和社会效益,促进了耕作制度的改革,但是,除草剂长期单一使用,加速了农田杂草群落结构的演变^[1~3]。在草坪上长期单一使用除草剂,也会引起草坪杂草群落的演变。选择性除草剂在除去一种或多种杂草的同时,往往使处于次要地位的杂草上升为主要杂草^[4~7]。第一届国际杂草防除会议指出,将来的杂草生态学研究应强调不同时空下杂草种群的构成以及对作物的影响这样一个群体动态,杂草工作者应提出对杂草群落治理过程中种群变化的预测;如果长期单一地施用同一类除草剂,虽然控制了当时的主要的敏感杂草,也为非主要杂草(对该类除草剂不敏感)的生长和蔓延创造了条件,它们很有可能成为主要杂草,对这一问题的研究已日益受到人们的重视。目前缺乏草坪专用除草剂,绝大多数情况下,草坪除草仍然使用的农田用除草剂品种,因此就没有针对性,除草效果差。而除草剂作用下草坪杂草群落的迅速更迭,极大的增加了化学除草难度,目前国内外还没有提出一套理论与方法来对这种变化进行解释与预测。杂草在草坪上的发生和分布状况是杂草在人工和自然的双重因素作用下形成的,不同种类草坪上杂草的分布情况不相同,不同地区的相同种类草坪上杂草的分布情况也有差异,这反应了它们对周围环境的适应能力以及它们种内和种间的竞争情况。从植物学的观点来看,要全面的描述单一种杂草的生态学特点是比较困难的,但是任意两种杂草种间比较时,就可以比较容易的掌握它们的生态学特点的差异,从而能把握不同杂草对生态条件的要求差异。

生态位是研究植物种群和群落生态的重要理论问题,生态位宽度可以作为杂草对环境资源利用多样性的一种测定,反应了不同杂草的生态适应幅度^[8~13]。生态位重叠可以作为植物种间生态学相似性的测定^[7]。通过计测不同杂草间的实际生态位重叠值,能明确不同杂草对生态条件要求的相似性程度,基于杂草对除草剂敏感性的资料,从而预测一定种类的除草剂长期单一使用后杂草群落的演替方向。这方面的研究将为合理使用除草剂提供指导,为此,本研究室在 2000~2002 年间在华中农业大学和武汉钢铁集团公司的多种大面积草坪,以及多点街道绿化草坪上对草坪杂草进行了系统调查,并进行了杂草生态位的研究。

1 材料与方法

1.1 计测杂草重要值

在武汉地区根据草坪品种和自然区域条件,按主要杂草发生的变化情况,选择 20 个样点,每个样点随机选择条件相对一致,面积约为 667m² 的样方,应用七级目测法计测每个样方中每种杂草的优势度级^[7]。所有被调查的样点当季都没有进行专门人工和化学除草。

据目测结果,计算样点中杂草的重要值(important value),计算公式如下:

$$IV = \sum_{i=1}^7 A_i \times B_i / 5 \times C$$

公式中, A_i 表示杂草在第 i 优势度级的代表值, B_i 表示杂草在第 i 优势度级出现的样方数, C 为该样点中的样方数。重要值在 0~1 之间。

1.2 杂草生态位宽度计算

根据生态位宽度是表示生物利用资源的多样性这一定义,杂草生态位宽度可用下式计算:

$$B = \frac{1}{S \times \sum_{i=1}^s \left(IV_i / \sum_{i=1}^s IV_i \right)^2}$$

公式中, B 为杂草的生态位宽度, S 为样点数, IV_i 为该种杂草在第 i 个样点中的重要值。

1.3 杂草生态位重叠值计算

王刚提出生态位重叠值计算公式,引入了生态因子间隔,消除了因资源划分不均匀造成计测重叠的误差^[3]。具体计算方法如下:

(1)计算群落相似矩阵 用频率超过 20% 的杂草的重要值作为指标,在草坪-杂草群落中,草坪草是一个富集种,对计算样点的相似系数没有指示意义,故在计算样点间相似系数时将其除去。用夹角余弦法计算样点的群落相似系数^[8],构建相似系数矩阵。

(2)求样点间的生态距离间隔 计算每个样点与其它所有样点的相异系数总值,以具有最大的相异系数总值的样点作为始端样点。根据预始端样点的相异系数大小,对其余样点进行排列,使重新排列后的样点系列具有生态梯度变化。

按下式计算各样点与始端样点的生态距离^[3]:

$$D_i = (\lg a - \lg Z_i) / \lg 2$$

式中, D_i 为第 i 个样点与始端样点的生态距离, Z_i 第 i 个样点与始端样点间的相似系数, a 为始端样点 10 个样方的平均相似系数。用夹角余弦法计算始端样点中 10 个样方间的相似系数, a 值为样方相似系数的平均值,计算指标用样方中杂草出现的优势度级的代表值,为简化计算, a 值也可用 1 来近似。在得到各样点与始端样点的生态距离的基础上,用下式计算样点间的生态距离间隔^[3]:

$$L_i = D_i - D_{i-1}$$

始端样点的生态距离间隔用第二号样点的值代替。

(3)生态位重叠值计算 在得到各样点生态距离间隔的基础上,根据下式计算杂草间的生态位重叠值^[3]:

$$NO = \frac{\sum_{i=1}^r \min[f_i(x^i), f_{j-1}(x^i)] L_i}{\max \left[\sum_{i=1}^r f_i(x^i) L_i, \sum_{i=1}^r f_{j-1}(x^i) L_i \right]}$$

式中, NO 为第 $j, j-1$ 种杂草的生态位重叠值, r 为样点数, $f_j(X^i), f_{j-1}(X^i)$ 分别表示 $j, j-1$ 两种杂草在第 i 个样点中的重要值, L_i 为第 i 个样点的生态距离间隔。

2 结果与分析

于 2000~2001 年,在武汉地区的不同种类草坪上选择 20 个样点,应用七级目测法得到的样方优势度级转换的样点杂草重要值(见表 1)。

2.1 草坪几种主要杂草的生态位宽度

武汉地区草坪杂草共发生 90 种,其中发生频率达到 20% 的有 20 种,计算出这 20 种主要杂草地生态位宽度(见表 2)。生态位计测表明,几种主要草坪杂草中生态位比较宽的是看麦娘(0.5559),牛繁缕(0.4341),野燕麦(0.3214),猪殃殃(0.2747)等,这说明这些杂草的生态幅比较宽,对环境资源利用的多样性比较高,是草坪主要杂草。

2.2 草坪几种主要杂草的生态位重叠值

主要杂草对草坪的生态适应性是不同的,这表现在它们生态位重叠值上的差异,不同种类杂草生态位重叠值越大,表明它们能共同利用的生态资源越多,在相同的生态环境中相互竞争就越激烈。几种主要杂草的生态位重叠值见表 3。

根据各种杂草的生态重叠值,可以将不同杂草进行分类,其中,酸味草和猪殃殃的生态位重叠值达到 0.462,婆婆纳与大巢菜的生态位重叠值达到 0.486,婆婆纳与猪殃殃的生态位重叠值达到 0.49,看麦娘与牛繁缕的生态位重叠值达到 0.768,看麦娘与鼠麴草的生态位重叠值达到 0.794,说明它们相互之间生态学相似性比较大,竞争也激烈,而酸味草、猪殃殃、婆婆纳、大巢菜

可以归为一类,它们主要分布于武汉市管理比较粗放、容易发生干旱的砂质草坪地。看麦娘、牛繁缕、鼠麴草、通泉草、碎米荠、毛茛以及早熟禾等可以归为一类,它们一般主要分布于土壤有机质含量高,通气性差,容易发生积水地草坪地上。

表 1 草坪几种主要杂草的重要值统计

Table 1 Important value of 20 main weeds in turf of Wuhan region

种类 Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
猪殃殃 <i>Galium apaine</i>	0.4	0.1	0.15	0.49	0.85	1	0.0206	0	0	0	0.08	0.018	0.022	0	0	0	0	0	0.37	0.21
婆婆纳 <i>Veronica persica</i>	0.204	0.06	0	0	0	1	0.8	0	0	0	0	0	0.05	0.02	0.08	0	0	0	0	0
一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>	0.2	0.05	0	0	0	0	0.4	0.2	0.22	0.15	0	0	0	0.4	0.02	0.08	0.008	0	0	0
看麦娘 <i>Alopecurus aequalis</i>	0	0	0	0	1	0.4	0.02	0.01	0	0	0.1	0.3	0.003	0	0	0.44	0.1	0.11	0.02	0.05
牛繁缕 <i>Stellaria media</i>	0.002	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.08	0.1	0.4	0.39	0.1	0	0
野燕麦 <i>Avena fatua</i>	0.39	0.4	0.16	0	0	0	0	0	0.2	0.006	0.03	0.1	0.4	0.08	0.44	0.6	1	0.2	0.73	0.06
鼠麴草 <i>Gnaphalium multiceps</i>	0.02	0	0	0.02	1	0.04	0.1	0	0	0	0.1	0.3	0	0.08	0	0.4	0.01	1	0.02	0.25
毛茛 <i>Ranunculus arvensis</i>	0	0	0	0.05	0	0.01	0.08	0	0	0	0.02	0.1	0.04	0.3	0.39	0.07	0.02	0.4	0	0.08
早熟禾 <i>Poa annua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.05	0	0	0	0.06	0.22	0.17	0.5	0.1	0	0
卷耳 <i>Cerastium caespitosum</i>	0.35	0.23	0.08	0.02	0.12	0	0	0.05	0.03	0	0.1	0.3	0	0.02	0.18	0.03	0.06	0.24	0.4	0.7
碎米荠 <i>Cardamine hirsuta</i>	0	0	0	0	0	0.16	0	0	0	0	0	0	0.1	0.8	0.08	0.004	0.2	0.3	0.08	0.79
通泉草 <i>Mazus japonicus</i>	0	0	0	0	0	0	0.001	0	0	0	0.01	0.2	0.3	0.4	0.05	0	0	0.3	0	0
香附子 <i>Cyperus rotundus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.16	0.24	0	0	0	0	0	0	0.4	0.3	0.02	0.44
白三叶 <i>Trifolium repens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0.06	0.4	0.2	0.3	0.02	0	0	0	0	0.08	0.4	0.06
酸味草 <i>Oxalis corniculata</i>	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0.1	0.02	0	0	0	0.4	0.03	0.15	0	0.6
大巢菜 <i>Vicia sativa</i>	0	0	0	0.04	0.26	0.01	0.5	0	0	0	0.02	0	0.02	0.1	0	0	0	0.02	0.03	0
刺儿菜 <i>Cephalanoplos segetum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0.1	0.3	0.02	0.06	0	0	0	0.4	0.08	0.59
水花生 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	0	0	0	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.12	0.05	0.48	0.23	0.08	0	0
车前 <i>Plantago major</i>	0	0	0	0	0	0	0	0.05	0.26	0	0	0	0	0.06	0	0.12	0.04	0	0	0
狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	0.05	0.2	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02	0.01	0.2	0

3 小结与讨论

通过本文生态位计测研究表明,几种主要草坪杂草中生态位比较宽的是看麦娘,牛繁缕,野燕麦,鼠麴草,猪殃殃,毛茛,通泉草等,这说明这些杂草的生态幅比较宽,对环境资源利用的多样性比较高。由于杂草对草坪的生态适应性是不同的,它们在生态位重叠值上是有差异的,不同种类杂草生态位重叠值越大,表明它们能共同利用的生态资源越多,在相同的生态环境中相互竞争就越激烈。其中,酸味草和猪殃殃,婆婆纳与大巢菜,婆婆纳与猪殃殃,看麦娘与牛繁缕,看麦娘与鼠麴草的生态位重叠值比较大,说明它们相互之间生态学相似性较大,竞争也激烈。而根据各种杂草的生态位重叠值进行分类,猪殃殃、野燕麦、婆婆纳等 3 种杂草可以归为一类,与野燕麦相比,猪殃殃与婆婆纳的生态学相似性比较大,竞争也更加激烈一些。而看麦娘、牛繁缕、通泉草、鼠麴草、碎米荠、毛茛和早熟禾等也可以归为一类。

杂草生态位宽度大小反映了杂草利用资源多样化水平或特化水平,通常生态位宽度大的杂草以牺牲对局域范围内资源的

表 2 草坪几种主要杂草的生态位宽度

Table 2 The niche breadth of 20 main weeds in turf in Wuhan region

种类	生态位宽度	种类	生态位宽度	种类	生态位宽度
Species	Niche breadth	Species	Niche breadth	Species	Niche breadth
看麦娘	0.5559	酸味草	0.3284	婆婆纳	0.1940
白三叶	0.5026	野燕麦	0.3214	卷耳	0.1929
狗尾草	0.4652	鼠麴草	0.2909	刺儿菜	0.1868
香附子	0.4564	猪殃殃	0.2747	车前	0.1646
牛繁缕	0.4341	水花生	0.2708	早熟禾	0.1594
一年蓬	0.3786	毛茛	0.2686	碎米荠	0.1439
大巢菜	0.3644	通泉草	0.2474		

* 学名见表 1 the same as table 1

表 3 草坪几种主要杂草的生态位重叠值
Table 3 The niche overlap of 20 main weeds in turf of Wuhan region

种类 Species	猪殃殃	婆婆纳	一年蓬	看麦娘	牛繁缕	野燕麦	鼠麴草	毛茛	早熟禾	卷耳	碎米荠	通泉草	香附子	白三叶	酸味草	大巢菜	刺儿菜	水花生	车前	狗尾草
猪殃殃 <i>Galium apaine</i>	1																			
婆婆纳 <i>Veronica persica</i>	0.490	1																		
一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>	0.142	0.054	1																	
看麦娘 <i>Alopecurus aequalis</i>	0.028	0		0.367	1															
牛繁缕 <i>Stellaria media</i>	0.032	0.440	0.209	0.768	1															
野燕麦 <i>Avena fatua</i>	0.399	0.465	0.083	0.002	0	1														
鼠麴草 <i>Gnaphalium multiceps</i>	0.052	0.028	0.394	0.672	0.390	0.017	1													
毛茛 <i>Ranunculus arvensis</i>	0.058	0.005	0.403	0.426	0.429	0	0.380	1												
早熟禾 <i>Poa annua</i>	0.016	0.008	0.913	0.519	0.420	0.01	0.440	0.342	1											
卷耳 <i>Cerastium caespitosum</i>	0.055	0.444	0.031	0.001	0	0.041	0.043	0.005	0.066	1										
碎米荠 <i>Cardamine hirsuta</i>	0.049	0.028	0.326	0.565	0.481	0.021	0.794	0.421	0.402	0.018	1									
通泉草 <i>Mazus japonicus</i>	0.026	0.008	0.494	0.518	0.422	0	0.332	0.324	0.395	0.008	0.39	1								
香附子 <i>Cyperus rotundus</i>	0.012	0.024	0.016	0.028	0.034	0.204	0	0	0.190	0.064	0.072	0.011	1							
白三叶 <i>Trifolium repens</i>	0.002	0.234	0.072	0.081	0	0.104	0	0.006	0.208	0.002	0.002	0.048	0	1						
酸味草 <i>Oxalis corniculata</i>	0.028	0.124	0.039	0.008	0.026	0	0.002	0.106	0	0.006	0.001	0.016	0.004	0.462	1					
大巢菜 <i>Vicia sativa</i>	0.486	0.001	0.028	0	0.012	0.002	0.014	0.204	0.002	0.018	0.028	0.002	0.002	0.126	0.016	1				
刺儿菜 <i>Cephalanoplos segetum</i>	0.022	0.014	0	0	0.249	0	0.024	0.062	0.026	0.03	0.026	0.081	0.051	0.001	0	0.509	1			
水花生 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	0.403	0.302	0.46	0.314	0.333	0.403	0.364	0.467	0.32	0.036	0.004	0.032	0.134	0.348	0.018	0.002	0	1		
车前 <i>Plantago major</i>	0.052	0.034	0.092	0.056	0.01	0.016	0.022	0.026	0.49	0.023	0.124	0.006	0	0.241	0.22	0.104	0.008	0.001	1	
狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	0.049	0.056	0.024	0.126	0.018	0.039	0.106	0.012	0.024	0.028	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

利用效率来换取对大范围内资源的利用能力。当资源供应不足时,作为利用资源多样化的泛化型杂草种类具有更强的生态适应、更广的分布范围和更大的存活机会,当资源供应丰富时,在局域小生境范围内,特化杂草具有更高的资源利用效率,其竞争能力强于泛化型杂草种类。杂草生态位重叠值反映了杂草对资源利用的相似性。在重要值选定上,由于以个体或盖度均难以反映出农田杂草对环境资源的利用程度及对作物的危害,故采用 7 级目测法,参照了杂草与作物的相对高度,盖度及多度,以此得到的重要值更能够反映它们在生境中的发生状况。

尽管已有一些学者应用生态位理论来研究天然植物群落的种间关系,但国内外尚无对草坪杂草生态位进行研究以揭示杂草生态学特性的报道。由于杂草生活史短,种群之间的竞争结局容易在短时间内反映出来,故应用生态位理论来研究杂草之间的竞争关系,也能阐述生态位研究中的一些理论问题。可以预见,研究杂草在时间上的生态位,也将为杂草的综合防除提供有参考价值的资料。

应该指出,本文提出应用生态位理论与方法来研究各种草坪杂草之间的竞争关系,利用杂草之间固有的相互制约关系,对预测草坪杂草群落的演替动态,更加科学合理地防除草坪杂草,保护生态环境等多方面具有重要的指导意义。但是杂草生态位计算是依据调查样点中杂草同时出现的频率与数量比例,因此,在田间取样时,要求有代表性和广泛性。笔者在武汉地区多个不同种类草坪中调查取样 20 个点,每个样点又取了环境条件相似的样方 10 个,考虑到了样点分布和生境条件的多样性。若进一步增加样点数,会在一定程度上提高结论的客观性。

References:

[1] Cui B S, Yang Z F. Establishing a Indicator System for Ecosystem Health Evaluation on Wetlands I. A theoretical Framework. *Acta*

Ecologica Sinica, 2002, **22**(7):1005~1011.

- [2] Feng W X. Effects of some chemical Herbicides on the Variation of Weed Species Communities in Wheat and BARLEY fields. *Journal of Weed Science*, 1990, **4**(1):23~29.
- [3] Wang g. On the Measurement of Niche Overlap in Plant Communities. *Acta Phytoecologica et Geobotanica Sinica*, 1984, **8**(4):330~335.
- [4] Zhu G Q. Population Change of Weeds in Wheat Fields of Shanghai County and Strategy of Control. *Weed Science*, 1992, **3**:25~27.
- [5] Guo S L. Significance and Method of Studies on Weed Niche in Crop Fields. *Acta Ecologica Sinica*, 1998, **18**(5):496~503.
- [6] Guo S L. Studies on the Wheat Weeds Communities in Wheat Fields in JingQu Basin of Zhejiang Province. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 1993, **11**(3):239~246.
- [7] Cui B S, Liu X T. Discussion on Some Basic Problems in design of Wetland Ecosystem. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001, **12**(1):145~150.
- [8] Cui B S. A Study on Changes of Ecological Characters and Sustainability of Wetland Ecosystem. *Chinese Journal of Ecology*, 1999, **18**(2): 43~49.
- [9] Liu C R, Ma K P. Measurement of Biotic Community Diversity. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, **17**(6):601~610.
- [10] Ren J Z, Li X L, Hou F J. Research Progress and Trend on Grassland Agroecology. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, **13**(8): 1017~1021.
- [11] Hubbell S P. A Unified Theory of Biogeography and Relative Species Abundance and Its Application to Tropical Rain Forests and Coral Reefs. *Coral Reefs*, 1997, **16**(Suppl):S9~S21.
- [12] Van der Putten W H, Mortimer S R, Hedlund K, *et al.* Plant species diversity as a driver of early succession in abandoned fields; a multi-site approach. *Oecologia*, 2000, **124**(1)
- [13] Andreas Kruess. Indirect interaction between a fungal plant pathogen and a herbivorous beetle of the weed *Cirsium arvense*. *Oecologia*, 2002, **130**(4).

参考文献:

- [1] 崔保山, 杨志峰. 湿地生态系统健康评价指标体系: 理论. *生态学报*, 2002, **22**(7):1005~1011.
- [2] 冯文煦, 陈碧莲. 化学除草剂对麦田杂草种群变化的影响. *杂草学报*, 1990, **4**(1):23~29.
- [3] 王刚. 植物群落中生态位的计测. *植物生态学与地植物学丛刊*, 1984, **8**(4):330~335.
- [4] 朱国泉, 顾一心. 上海县麦田杂草的种群变化及防除对策. *杂草科学*, 1992, **3**:25~27.
- [5] 郭水良. 农田杂草生态位研究的意义及方法探讨. *生态学报*, 1998, **18**(5):496~503.
- [6] 郭水良. 浙江金衢盆地小麦-杂草群落的研究. *武汉植物学研究*, 1993, **11**(3):239~246.
- [7] 崔保山, 刘兴土. 湿地生态系统设计的一些基本问题. *应用生态学报*, 2001, **12**(1):145~150
- [8] 崔保山. 湿地生态系统生态特征变化及其可持续性问题. *生态学杂志*, 1999, **18**(2): 43~49.
- [9] 刘灿然, 马克平. 生物群落多样性的测度方法. *生态学报*, 1997, **17**(6):601~610
- [10] 任继周, 李向林. 草地农业生态学研究进展与趋势. *应用生态学报* 2002, **13**(8):1017~1021.