

兰州引黄灌区小麦田杂草群落及其生态位研究^{* *}

马丽荣¹ 蔺海明^{2**} 李 荣³

(1. 甘肃省农业科学院 兰州 730070; 2. 甘肃农业大学农学院 兰州 730070;
3. 西北农林科技大学农学院 杨凌 712100)

摘 要 通过田间调查,并结合生态位理论和方法对不同栽培条件下兰州引黄灌区小麦田主要杂草群落组成及生态位特征进行研究。结果表明:小麦田主要杂草种类有打碗花(*Calystegia hederacea*)、藜(*Chenopodium album*)、刺儿菜(*Cephalanoplos segetum*)、马齿苋(*Portulaca oleracea*)、反枝苋(*Amaranthus retroflexus*)、狗尾草(*Setaria viridis*)、苣荬菜(*Sonchus brachyotus*)和蒺藜(*Polygonum aviculare*)。藜时间、水平、垂直生态位宽度值最高,是群落中的优势杂草;其次是打碗花,为主要杂草;且藜与打碗花的时间、水平、垂直生态位重叠值比较大。研究表明小麦田杂草群落存在潜在的变化因素,随着农田环境的变化,会导致农田杂草群落发生变化。

关键词 麦田 麦田杂草 田间杂草群落 生态位宽度 生态位重叠 兰州引黄灌区
中图分类号: Q948.1; S512.1 **文献标识码**: A **文章编号**: 1671-3990(2008)06-1464-05

Weed communities and eco-niches in wheat fields of the Yellow River irrigation zone of Lanzhou

MA Li-Rong¹, LIN Hai-Ming², LI Rong³

(1. Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China; 2. College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 3. College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling 712100, China)

Abstract The composition and eco-niches of weeds in wheat fields of the Yellow River irrigation zone of Lanzhou were field investigated based on eco-niche theory and method. The results show that *Calystegia hederacea*, *Chenopodium album*, *Cephalanoplos segetum*, *Portulaca oleracea*, *Amaranthus retroflexus*, *Setaria viridis*, *Sonchus brachyotus* and *Polygonum aviculare* form the main eco-damage population. Based on calculations of time, horizontal and vertical stretches of weed eco-niches, *C. album* is the dominant species and *C. hederacea* is the main weed. *C. album* and *C. hederacea* niches extensively overlap. The result illustrates that potential factors of wheat field weeds will induce field weed communities change as field environment varying.

Key words Wheat field, Wheat field weed, Field weed community, Eco-niche breadth, Eco-niche overlap, Yellow River irrigation zone of Lanzhou
(Received Aug. 30, 2007; accepted Jan. 7, 2008)

杂草是农业生产中的重要问题之一,是影响农业产量的直接因素。我国农田草害面积约为 0.43 亿 hm^2 , 严重受害面积约 0.1 亿 hm^2 , 每年因草害损失粮食 1 750 万 $\text{t}^{[1]}$ 。世界每年因杂草危害造成的农作物减产达 9.7%, 产量损失达 2 000 亿 kg。据中国农业年鉴 1996 年的统计显示, 中国因草害年损失农产品近 40 亿 kg, 通过杂草防治挽回损失约 90 亿 $\text{kg}^{[2]}$ 。农田化学除草使农业生产获得了巨大的经济效益, 促进了耕作制度的改革。而除草

剂长期施用可产生杂草抗药性、环境污染及除草剂残毒等问题。

生态位是现代生态学发展起来的一种重要理论, 它以数学的方法测度物种在有限资源的多维空间中综合利用资源的能力、利用资源多样化的程度和竞争水平^[3-5]。近年来生态位理论已广泛应用于多种生物的研究。生态位宽度(Niche breadth)是度量种群对环境资源利用能力的尺度。种群动态的一个间接测度和种群在群落中的地位和作用的数

* 国家科学技术攻关西部专项项目(2001BA90A33)资助

** 通讯作者: 蔺海明(1953~), 男, 博士, 研究员, 主要从事农业生态和中药材研究。E-mail: linhm@gsau.edu.cn

马丽荣(1974~), 女, 硕士研究生, 助理研究员, 主要从事农业生态学方面的研究。E-mail: malr1206@yahoo.com.cn

收稿日期: 2007-08-30 接受日期: 2008-01-07

量表达,能够较好地解释群落演替过程中种群的环境适应性和资源利用能力。生态位重叠(Niche overlap)是两个种群在生态因子联系上具有相似性,当两个种群利用同一资源或共占有同一资源时就会出现生态位重叠现象^[6]。

郭水良、肖红等对农田杂草生态位进行了研究^[7-9],而对兰州引黄灌区小麦田杂草生态位的研究尚未见报道。兰州引黄灌区小麦田杂草具有顽强的生命力,计测不同杂草间实际生态位重叠值,明确它们对生态要求的相似程度,可为除草剂的合理配制和优化使用提供科学依据,以有效防止杂草群落的演变,延缓抗性杂草的产生和蔓延,保证农业的可持续发展。

1 材料与方法

1.1 试验地基本概况

试验在甘肃省农业科学院兰州试验场进行。该地位于东经103°53′、北纬36°06′,海拔1 519.2 m。年均气温11.2℃,年均降水量327 mm,年均日照时数2 446 h,无霜期180 d以上。试验场为川水地,土壤为黏质壤土,肥力中等,pH为8.3。土壤有机质含量15.6 g·kg⁻¹,全磷0.89 g·kg⁻¹,全钾22.0 g·kg⁻¹,碱解氮79 g·kg⁻¹,速效磷19 mg·kg⁻¹,速效钾210 mg·kg⁻¹。前茬为胡麻。

1.2 试验设计

试验于2006年3~7月进行。试验为随机区组设计,设3个小麦密度水平,即播种量450万粒·hm⁻²(低密度)、525万粒·hm⁻²(中密度)和600万粒·hm⁻²(高密度),每个密度处理又分除草(CK)和不除草处理。试验重复3次,小区面积12.90 m²,供试小麦品种为“陇春22”。于2006年3月19日播种,播前基施磷酸二铵300 kg·hm⁻²,播种后42 d追施尿素150 kg·hm⁻²。全生育期于5月1日和6月5日分别浇水1次,灌溉量第1水为1 200 m³·hm⁻²,第2水为1 500 m³·hm⁻²。除草处理于4月10日、4月28日、5月18日分别人工除草1次,第1次以锄头除净为度,第2次和第3次人工拔除,以观察时无较大杂草为度。

1.3 测定项目、时间及方法

采用对角线5点取样法,取样大小为0.25 m²。于小麦出苗后10 d开始至6月底每隔10 d调查不除草处理杂草的种类、株数、株高、生长分布情况。对小麦中密度不除草处理进行生态位研究,依据试验调查株数资料,以10 d为1个时间单元,将整个小麦生长期分为9个时间单元,作为资源序列,计算时间生态位;以中密度不除草处理的3个小区中的15个样点为单元,构成资源序列,计算水平生态

位;以小麦株高的1/3为单元,划分为4个资源序列(0~1/3,1/3~2/3,2/3~1,>1),计算垂直生态位。

小麦成熟后小区单收单打计产,并测定小麦株高、穗数、穗粒数和千粒重。

1.4 计算方法

重要值^[10](IV)=(相对多度+相对频度+相对盖度)/300
生态位宽度采用下式^[11]计算:

$$B = - \left(\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i \right) / \ln s \tag{2}$$

式中: $P_i = N_i/N$,即1个物种在1个资源状态中所占的比例; N_i 为物种在第*i*个资源状态的数目, N 为物种在所有资源状态中的数目。 s 为资源状态总数。

生态位重叠采用下式^[12]计算:

$$C_{ih} = 1 - \frac{1}{2} \sum \left| \frac{N_{ij}}{N_i} - \frac{N_{hj}}{N_h} \right| \tag{3}$$

式中, C_{ih} 为*i*种和*h*种之间的生态位重叠指数, N_{ij} 为*i*种在*j*资源等级中的数值, N_i 为*i*种在所有资源等级中的数值, N_{hj} 为*h*种在*j*资源等级中的出现数值, N_h 为*h*种在所有资源等级中的数值。生态位重叠指数的变化范围从0到1,0表示完全不重叠,1表示百分之百重叠。

2 结果与分析

2.1 不同种植密度小麦田杂草群落组成及生物量

试验结果表明,不同种植密度下群落中主要杂草种类均为打碗花(*Calystegia hederacea*)、藜(*Chenopodium album*)、刺儿菜(*Cephalanoplos segetum*)、马齿苋(*Portulaca oleracea*)、反枝苋(*Amaranthus retroflexus*)、狗尾草(*Setaria viridis*)、苣荬菜(*Sonchus brachyotus*)和蒺藜(*Polygonum aviculare*)。

对小麦高、中、低密度处理田间杂草株数及生物量的分析结果表明,杂草平均株数、地上部分鲜重及干重,小麦低密度和高密度处理间差异达显著水平,而小麦中密度处理与低密度和高密度处理间差异不显著(表1)。对小麦中密度处理杂草生态位的分析更能代表大田生产中杂草的实际生态位,因此本试验以中密度即小麦大田密度处理研究麦田杂草生态位。

2.2 不同种植密度小麦田杂草重要值

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,而重要值可显示出不同植物在群落中的作用和地位^[11],因此选

表 1 不同密度处理小麦田杂草株数及生物量比较

Tab.1 Comparison on the amount of weed plants and biomass in different density treatments of wheat field

密度处理 Density treatment	株数 Plants (plants • 0.25m ⁻²)	地上部分鲜重 Overground fresh weight (g • 0.25m ⁻²)	地上部分干重 Overground dry weight (g • 0.25 m ⁻²)
低 Low	100.74 a	420.83 a	63.15 a
中 Medium	94.00 ab	389.51 ab	57.79 ab
高 High	88.20 b	332.87 b	48.54 b

多重比较采用 Duncan 新复极差法,同列不同小写字母表示 0.05 水平下差异显著。Duncan’s new multiple range test was used for multiple comparison, the different small letters indicate significant difference at 0.05 level.

用重要值更能反映杂草在农田中的发生状况。某一杂草的重要值越大,表明该杂草在群落中的优势越大。本试验中小麦田 8 种主要杂草的重要值相差较大。综合小麦高、中、低 3 个密度处理重要值结果,重要值均以藜最高,狗尾草居第 2,蒺藜最低(表 2)。

表 2 不同密度处理小麦田杂草的重要值

Tab.2 Important value of weeds under different density treatments of wheat field

序号 Order	杂草 Weed	中密度 Medium density	位次 Rank	高密度 High density	位次 Rank	低密度 Low density	位次 Rank
1	藜 <i>Chenopodium album</i>	0.437	1	0.372	1	0.396	1
2	刺儿菜 <i>Cephalanoplos segetum</i>	0.156	5	0.078	7	0.073	7
3	打碗花 <i>Calystegia hederacea</i>	0.214	4	0.188	3	0.157	3
4	蒺藜 <i>Polygonum aviculare</i>	0.065	8	0.041	8	0.046	8
5	苣荬菜 <i>Sonchus brachyotus</i>	0.124	6	0.104	5	0.156	4
6	狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	0.379	2	0.370	2	0.389	2
7	马齿苋 <i>Portulaca oleracea</i>	0.102	7	0.102	6	0.083	6
8	反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i>	0.292	3	0.175	4	0.145	5

2.3 小麦田主要杂草生态位分析

2.3.1 生态位宽度

生态位宽度可以作为杂草对农田环境资源利用多样性的一种测度,反映了不同杂草在农田中的生态适应幅度。一般生态位较宽的杂草,对环境资源利用的多样性较高,适应性生存力强,在农田发生面积广,数量多,成为本区的优势杂草,其危害严重,消除困难。

由表 3 可知,试验研究期间藜时间生态位宽度值最大,说明藜与小麦的共生时间最长,达 95% 以上,危害最严重;其次为苣荬菜、刺儿菜、蒺藜、打碗花,其时间生态位宽度值在 0.900 0 以上,与小麦的共生时间都达到 90% 以上。

藜的水平生态位宽度值最大,其次是狗尾草和反枝苋,这 3 种杂草在空间资源位出现的频率较高,在小麦田内分布较广、数量较多、利用资源较为充分,具有较大的生态适应范围。重要值大的物种,其生态位宽度也宽^[13,14]。但也有例外,如反枝苋的生态位宽度大于重要值较大的物种打碗花,说

明反枝苋对环境的适应能力更强。

藜的垂直生态位宽度值也最大,其次是打碗花,这两种杂草植株高度为小麦植株高度的 70.2% ~ 83.1%,处于杂草群落的上层,对光和垂

表 3 8 种主要杂草的生态位宽度值

Tab.3 Niche breadth of the eight main weeds

序号 Order	时间生态位 Time niche	水平生态位 Horizontal niche	垂直生态位 Vertical niche
1	0.956 3	0.966 0	0.830 8
2	0.931 7	0.682 8	0.250 0
3	0.914 7	0.754 9	0.702 8
4	0.923 1	0.395 5	0
5	0.931 9	0.588 4	0.459 1
6	0.670 8	0.945 3	0.151 7
7	0.725 8	0.566 7	0
8	0.622 6	0.925 2	0

直空间竞争强。其次是苣荬菜、刺儿菜,植株高度约为小麦植株高度的 25.0% ~ 45.0%,处于杂草群落的中层。狗尾草、蒺藜、反枝苋和马齿苋接近地面生长,植株相对矮小,处于光竞争弱势。

2.3.2 时间生态位重叠

当两个物种利用同一资源或共同占有某一资源因素(食物、营养成分、空间等)时,就会出现生态位重叠现象。生态位重叠较大的种群或有相近的生态特性,或对生境因子有互补性的要求,即生态位重叠是两个种在其与生态因子联系上的相似性^[15]。生态位重叠值对认识生态系统中种内或种间竞争具有重要意义。时间生态位重叠值的大小反映杂草在时间发生上的重叠情况。由表 4 可知:

表 4 8 种主要杂草的时间生态位重叠值
Tab.4 Time niche overlap of the eight main weeds

序号 Order	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	0.828 0	0.839 6	0.797 4	0.831 3	0.460 4	0.585 6	0.438 1
2		1	0.916 7	0.962 0	0.970 6	0.632 4	0.733 9	0.610 1
3			1	0.897 1	0.917 9	0.620 8	0.730 2	0.598 5
4				1	0.949 0	0.662 9	0.729 4	0.640 6
5					1	0.629 1	0.726 6	0.606 7
6						1	0.839 8	0.933 1
7							1	0.844 7
8								1

2.3.3 水平生态位重叠

水平生态位重叠值的大小反映杂草在空间发生上的重叠情况,重叠值较高的杂草对之间对生境要求有很大的相似性。群落主要种群生态位宽度越宽,与其他种群生态位重叠的机会越大,生态位宽的种群对生态位窄的种群也可能有较大的重叠值,反之则低。

表 5 8 种主要杂草的水平生态位重叠值
Tab.5 Horizontal niche overlap of the eight main weeds

序号 Order	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	0.358 1	0.558 0	0.170 6	0.359 3	0.721 7	0.289 1	0.653 2
2		1	0.386 3	0.228 6	0.490 8	0.319 5	0.217 4	0.427 4
3			1	0.313 0	0.457 3	0.464 4	0.295 7	0.492 4
4				1	0.282 1	0.268 0	0.238 1	0.145 7
5					1	0.285 6	0.230 8	0.397 0
6						1	0.429 9	0.704 9
7							1	0.502 3
8								1

2.3.4 垂直生态位重叠

垂直生态位重叠值的大小反映杂草在高度发生上的重叠情况。由表 6 可知:藜与刺儿菜(0.571 4)、打碗花(0.928 6),刺儿菜与打碗花(0.625 0)、蒺藜(0.500 0)、苣荬菜(0.833 3)、狗尾草(0.554 1)、马齿苋(0.500 0)、反枝苋(0.500 0),打碗花与蒺藜(0.500 0),苣荬菜与狗尾草(0.720 7)、马齿苋(0.666 7)、反枝苋

除藜与狗尾草(0.460 4)、藜与反枝苋(0.438 1)的重叠值较小外,其他杂草之间的重叠值均在0.500 0以上。其中刺儿菜与打碗花(0.916 7)、刺儿菜与蒺藜(0.962 0)、刺儿菜与苣荬菜(0.970 6)、打碗花与苣荬菜(0.917 9)、蒺藜与苣荬菜(0.949 0)、狗尾草与反枝苋(0.933 1)之间的重叠值达 0.900 0 以上。表明各杂草种群资源共享的趋势较明显。农田杂草的时间生态位重叠值较大,可能也与农事操作引起杂草出苗期较一致有关。

由表 5 可知:藜与打碗花(0.558 6)、狗尾草(0.721 7)、反枝苋(0.653 2),狗尾草与反枝苋(0.704 9),马齿苋与反枝苋(0.502 3)之间的水平重叠值在 0.500 0 以上,其他杂草间生态位重叠值均低于 0.500 0。蒺藜与苣荬菜的水平生态位宽度较窄,因此与其他杂草之间的重叠值均小于 0.500 0。

(0.666 7),狗尾草与马齿苋(0.945 9)、反枝苋(0.945 9),马齿苋和反枝苋(1.000 0)之间的垂直生态位重叠值在 0.500 0 以上,其他杂草间垂直生态位重叠值均低于 0.500 0。处于同一高度的杂草,生态位重叠值较高,对资源的竞争能力相近,竞争较为激烈;不同高度的杂草生态位重叠值较小,反映出不同杂草对垂直空间及光照条件要求上的差异。

表 6 8 种主要杂草的垂直生态位重叠值
Tab.6 Vertical niche overlap of the eight main weeds

序号 Order	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	0.571 4	0.928 6	0.464 3	0.440 5	0.161 2	0.107 1	0.107 1
2		1	0.625 0	0.500 0	0.833 3	0.554 1	0.500 0	0.500 0
3			1	0.500 0	0.458 3	0.179 1	0.125 0	0.125 0
4				1	0.333 3	0.054 1	0.000 0	0.000 0
5					1	0.720 7	0.666 7	0.666 7
6						1	0.945 9	0.945 9
7							1	1.000 0
8								1

3 小结与讨论

生态位研究表明,藜和打碗花在时间生态位、水平生态位和垂直生态位 3 个资源轴上的生态位宽度值均较大,表明两种杂草具有很强的资源利用能力和潜在的较强的适应环境变化的能力。两种杂草在试验田内对热量、光照、水分和土壤等生态因子无特殊要求,从而成为群落中的优势种。刺儿菜和苣荬菜的时间生态位宽度值和水平生态位宽度值也较高,但垂直生态位宽度值较小,因而对该资源轴所决定的生态因子变化的适应性较弱,其可利用资源如光因高大种类的遮蔽而不够丰富,且资源利用能力不强,故它们在整个杂草群落中处于相对劣势。狗尾草、反枝苋、蒺藜、马齿苋接近地面生长,垂直生态位宽度值最小。

农田环境、除草剂的长期单一使用以及农田耕作制度和栽培方式的改变加速了杂草群落演替的步伐。通常优势种杂草在得到有效控制的同时,次优种杂草(即与优势杂草生态位重叠值最大的杂草)便迅速占领原有的“空余生态位”,成为新的优势种杂草^[8]。本试验中,优势杂草藜的防除可能会引起打碗花的发生蔓延。因此应加强对这些潜在危害杂草的及时预防和综合治理工作。表明小麦田杂草群落存在潜在的变化因素,随着农田环境的变化,会导致农田杂草群落发生变化,从而给杂草的综合管理带来新的困难。

本文提出应用生态位理论与方法来研究杂草之间的竞争关系,对预测农田杂草群落的演替动态,更加科学合理地防除农田杂草,保护生态环境等方面具有重要的指导意义。

参考文献

[1] 杨健源,杨贤智.我国杂草科学的研究与应用进展[J].

广东农业科学,1998(5):26-29

[2] 强胜. 杂草学[M]. 北京:中国农业出版社,2001:18-35

[3] 黄英姿. 生态位理论研究中的数学方法[J]. 应用生态学报,1994,5(3):331-337

[4] 余世效. 物种多维生态位宽度测度[J]. 生态学报,1994,14(1):32-39

[5] 尚昌玉. 现代生态学中的生态位理论[J]. 生态学进展,1988,5(2):77-84

[6] 张继义,赵哈林,张铜会,等. 科尔沁沙地植物群落恢复演替系列种群生态位动态特征[J]. 生态学报,2004,23(12):2741-2746

[7] 郭水良. 农田杂草生态位研究方法及其计算程序[J]. 浙江师范大学学报,1998,21(3):76-79

[8] 郭水良,李扬汉. 农田杂草生态位研究的意义及方法探讨[J]. 生态学报,1998,18(5):496-503

[9] 肖红,周启星,曹莹,等. 沈阳地区水田主要杂草种群的消长动态及生态位分析[J]. 农村生态环境,2003,19(3):9-13

[10] 骆世明,彭少麟. 农业生态系统分析[M]. 广州:广东科技出版社,1996

[11] 尚玉昌. 现代生态学中的生态位理论[J]. 生态学进展,1988,5(2):77-84

[12] 孙儒泳. 动物生态学原理[M]. 北京:北京师范大学出版社,2001:334-336

[13] 刘金福,洪伟. 格氏栲群落生态学研究——格氏栲林主要种群生态位的研究[J]. 生态学报,1999,19(3):347-352

[14] 董建文,翟明普,徐程扬,等. 京郊风景游憩林侧柏刺槐群落林下植被生态位研究[J]. 中国生态农业学报,2007,15(4):13-17

[15] 王刚. 关于生态位定义的探讨及生态位重叠计测公式改进的研究[J]. 生态学报,1984,4(4):119-127