

普通野生稻-长喙毛茛泽泻-柳叶箬混作种群的竞争效应

周 进¹, 陈中义², 陈家宽^{3*}

(1. 武汉大学生命科学学院, 武汉 430072 2. 湖北农学院, 荆州 434103 3. 复旦大学生物多样性科学研究所, 遗传研究所, 上海 200433)

摘要 以正交实验探讨了普通野生稻、长喙毛茛泽泻和柳叶箬 3 因子各 5 个种植密度水平对各种种群的影响。结果表明, 混作对 3 种植物均有不利影响, 初始密度越大, 影响越大。各种群对于来自种间的竞争是敏感的, 对来自种内竞争的影响也不可忽视。

3 个因子中, 普通野生稻因子作用最大, 柳叶箬因子次之。从测定的项目看, 在不同的种植水平上, 每一种群的无性繁殖率和单株生物量明显受到自身和其它因子的影响。初始密度越大, 无性繁殖率越小。普通野生稻和柳叶箬种群的单株生物量随着初始密度的增加而提高, 但长喙毛茛泽泻种群单株生物量则随着初始密度的增加而降低。比起普通野生稻和柳叶箬种群, 长喙毛茛泽泻种群在光合份额和有性生殖份额方面对密度的变化要敏感得多, 其无性小株死亡率也随着初始密度的增加而上升。

总之, 柳叶箬种群有最强的竞争能力, 普通野生稻种群次之, 长喙毛茛泽泻种群竞争能力最弱, 在竞争中处于不利的地位, 当混作实验种群经一个生长季节后, 面临被排除的危险。

关键词 竞争 种群 普通野生稻 长喙毛茛泽泻 柳叶箬

The effects of competition among the mixed crop populations of *Oryza rufipogon*, *Ranalisma rostrata* and *Isachne globosa*

ZHOU Jin¹, CHEN Zhong-Yi², CHEN Jia-Kuan³ (1. School of Life Science, Wuhan University, Wuhan, 430072 2. Hubei Agricultural College, Jingzhou, 434103 3. Institute of Biodiversity Science, Institute of Genetics, Fudan University, Shanghai, 200433)

Abstract In the present paper, competitive effects on *Oryza rufipogon*, *Ranalisma rostrata* and *Isachne globosa* populations were studied by orthogonal-designed experiment of three species factors and five planting-density levels. The results showed great disadvantages for each of the three mixed crops, the bigger the initial density was, the greater the negative effects were. Each population was sensitive to inter-specific competition, while intra-specific competition should also not be ignored.

O. rufipogon was the most important factor among the three species, and followed by *I. globosa*. According to the items examined, clonal reproductive ratio and biomass per branch of each population were affected obviously by itself, and also by other factors. The bigger the total initial density was, the smaller the clonal reproductive ratio was. Biomass per branch of *O. rufipogon* and *I. globosa* population increased as initial density increased, but that of *R. rostrata* population showed a contradictionary result. The latter was more sensitive than the other two in biomass allocations to leaf and to sexual reproduction, and its ramet death

基金项目 教育部重点项目和国家自然科学基金青年基金资助
钟杨研究员提供实验设计指导, 特此致谢。

* 联系人

收稿日期: 1998-02-17 修订日期: 1998-08-19

万方数据

ratio also increased as total initial density did.

Overall, *I. globosa* has the most powerful competitive ability and than *O. rufipogon*, while *R. rostrata* the least. The latter was always in disadvantage position in competition, and was excluded after one growth season in the experiment of mixed crops.

Key words : competition ; population ; *Oryza rufipogon* ; *Ranalisma rostrata* ; *Isachne globosa*

文章编号 : 1000-0933(2000)02-0177-07 中图分类号 : Q143 文献标识码 : A

濒危植物普通野生稻 (*Oryza rufipogon* Griff) 和长喙毛茛泽泻 (*Ranalima rostrata* stapf) 的实验种群与野外种群在无性和有性繁殖力方面存在很大差异, 这种差异部分来源于生境条件的不同, 但更重要的是在野外水陆过渡带, 杂草与普通野生稻和长喙毛茛泽泻种群间存在激烈的竞争。本文在实验条件下定量考察了该两种濒危植物与原产地优势杂草柳叶箬 (*Isachne globosa* (Thunb.) kuntze) 的竞争关系。

1 材料与方法

1.1 材料

3 种实验材料均产自江西东乡县 (28°14'N, 116°36'E)。经在武汉 (30°38'N, 114°04'E) 扩种后, 以无性小株作为原始株在武汉大学网室实验田按正交实验设计插植。

普通野生稻是多年生高大丛生禾草, 成株长度可达 250cm, 垂直高度为 150cm 左右。初植时单株高度为 20cm, 约 2~3 叶。长喙毛茛泽泻是多年生莲座状小草本, 可以匍匐茎方式进行无性繁殖, 成株高度为 14cm, 初植时单株高 8cm, 约 4~5 叶。柳叶箬是多年生匍匐性禾草, 成株高度为 50cm, 初植时单株高 10cm, 约 4~5 叶。3 种植物均可以有性和无性两种方式繁殖, 但各有偏重。本实验因只涉及一个生长季, 3 种植物仅以无性繁殖方式实现竞争。

1.2 正交实验设计

本实验设普通野生稻 (简称 *Or*)、长喙毛茛泽泻 (简称 *Rr*) 和柳叶箬 (简称 *Ig*) 3 因子, 各分 0、1、2、3、4 枝/0.5m² 5 个水平, 选用 L25(5⁶) 正交表。为避免出现 '0' 处理和过分拥挤的处理, 对各水平进行了随机化, 定义为水平 1'~5' (表 1), 实验田各处理按随机化后的水平进行因子配置 (表 2)。考虑到可能出现的因子间的交互影响, 将普通野生稻、长喙毛茛泽泻、柳叶箬 3 因子分别放在正交表的第 1、2 和 4 列上, 得 25 个处理, 另设 3 对照 (各因子按第 5 水平单种种植)。每处理面积 0.5 × 1.0m², 边设 40cm 高围席, 以防其它处理的干扰。共 3 重复 (区组), 总面积 0.5m² × 28 × 3 = 42m²。

表 1 竞争实验因子与水平设置

Table 1 The factors and levels of the competitive experiment

因子 Factor	水平 Level					水平 (已随机化) Level (Randomized)				
	1	2	3	4	5	1'	2'	3'	4'	5'
1. 普通野生稻	0	1	2	3	4	4	2	1	0	3
2. 长喙毛茛泽泻	0	1	2	3	4	4	1	3	2	0
3. 柳叶箬	0	1	2	3	4	0	3	1	4	2

1. *Oryza rufipogon* 2. *Ranalisma rostrata* 3. *Isachne globosa*

表 2 竞争实验种植配置

Table 2 Planting disposition of the competitive experiment

因子 Factor	处理号 Treating No.																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1 *	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	4	0	0
2	4	1	3	2	0	4	1	3	2	0	4	1	3	2	0	4	1	3	2	0	4	1	3	2	0	0	4	0
3	0	3	1	4	2	1	4	2	0	3	2	0	3	1	4	4	2	0	3	1	3	1	4	2	0	0	0	4

* 竞争因子同表 1 The factor as in table 1

1.3 田间管理及数据获取

1994 年 4 月 29 日,普通野生稻、长喙毛茛泽泻和柳叶箬以枝条或无性小株按正交实验设计定值。5 月 5 日、12 日分别补缺。保持水位 2~5cm,常规管理,不施肥,随时拔除杂草。10 月 6 日和 8 日,分别齐地面收获区组 II 和 III(第 I 区组第 14 处理也被收获,参加数据分析)。第 I 区组保留到 1995 年 11 月 16 日收获,以观长期竞争的结果。

收获后,按不同处理获取以下数据:3 个种群的总枝(株)数、总穗(或长喙毛茛泽泻聚合果)数。普通野生稻每处理随机抽取两个 20 枝样,柳叶箬每处理抽两个 50 枝样(不足者全取),分离叶片、穗、秆与叶鞘,80℃烘干至恒重。长喙毛茛泽泻按实际株数烘干,分别称取叶片、叶柄、根、聚合果等干重。

综合指标按下式计算:

$$\text{每基株的无性繁殖系数} = \frac{\text{收获小株数}}{\text{种植株数}}, n = 2$$

$$\text{单枝生物量} = \frac{\text{抽样生物量}}{\text{抽样枝数}}, n = 4$$

$$\text{光合份额}(\%) = \frac{\text{抽样叶部生物量}}{\text{抽样生物量}} \times 100\%, n = 4$$

$$\text{普通野生稻抽穗率}(\%) = \frac{\text{处理内穗数}}{\text{处理内枝数}} \times 100\%, n = 2$$

$$\text{长喙毛茛泽泻每基株聚合果数} = \frac{\text{处理内聚合果数}}{\text{处理内基株数}}, n = 1$$

柳叶箬种群因仅 1 处理(区组 III 处理 8)出现 14 穗,其余均以无性繁殖方式增长,故未考察此项。

$$\text{长喙毛茛泽泻死亡率}(\%) = \frac{\text{处理内死亡小株数}}{\text{处理内小株总数}} \times 100\%, n = 1$$

普通野生稻、柳叶箬种群因死亡极少且死亡个体不明显,故未考察此项。

1.4 数据分析

以 K 值法进行直观分析,其中 $\bar{K}_{ij}$ 表示每列中凡是对应 j 因子 i 水平的结果的均值。主导因子的判别用极差法^[1,2]。对长喙毛茛泽泻种群的分析还考虑了普通野生稻 × 柳叶箬因子的交互作用。

2 结果与分析

2.1 3 因子对普通野生稻种群的影响

2.1.1 无性繁殖率 K 值表(表 3)表明,3 因子中以普通野生稻因子对普通野生稻无性繁殖率的影响最大,长喙毛茛泽泻因子影响最小。普通野生稻因子中以初始密度 1 株/0.5m² 时的无性繁殖率最大,渐降至初始密度 4 株/0.5m² 处理(此时无性繁殖率最小),这表明普通野生稻种群的无性繁殖率与初始密度成反比。柳叶箬因子初始密度为 1 株/0.5m² 时,普通野生稻种群的无性繁殖率最大。而初始密度 2 株/0.5m² 时最小。长喙毛茛泽泻因子对此指标影响不大。综合观之,因子 $OrL_2^{\text{①}}-RrL_3-IgL_2$ 组合对普通野生稻种群的无性繁殖最有利,因子 $OrL_5-RrL_4-IgL_3$ 组合最不利。

2.1.2 单株生物量 3 因子中以普通野生稻因子对普通野生稻种群的单株生物量影响最大,柳叶箬因子影响最小(表 3)。普通野生稻因子中,以初始密度为 4 枝/0.5m² 时的单株生物量最大,以 2 枝/0.5m² 时的单株生物量最小。因子 $OrL_5-RrL_5-IgL_2$ 组合对普通野生稻种群单株生物量的积累最有利,因子 $OrL_3-RrL_3-IgL_1$ 组合最不利。

2.1.3 抽穗率 3 因子中以普通野生稻因子对普通野生稻种群抽穗率的影响最大,长喙毛茛泽泻因子的影响最小。普通野生稻因子中,初始密度为 4 枝/0.5m² 处理的抽穗率最大,初始密度为 3 枝/0.5m² 处理此值最小。因子 $OrL_5-RrL_5-IgL_2$ 组合最利于普通野生稻种群的有性繁殖,而 $OrL_4-RrL_3-IgL_1$ 组合最不利。

2.1.4 光合份额 3 因子对普通野生稻种群光合份额的影响,以普通野生稻因子最大,长喙毛茛泽泻因子最小,但 3 因子间无明显差异(表 3)。实际上在混作种群中,以普通野生稻植株最为高大,故其它因子对其光合份额影响不大。

从以上 4 个方面看,均以普通野生稻因子对普通野生稻种群的影响最大,长喙毛茛泽泻的影响最小。

① 前两字母为种名缩写,下标 2 即水平 2。其余类推。

这表明该种群在一个生长季内更多地受到来自种内的竞争的影响,而对来自柳叶箬和长喙毛茛泽泻因子的竞争有较强的抵抗力。具体来说,普通野生稻低的初始密度(1 枝/0.5m²)有利于其种群的无性繁殖,高的初始密度(4 枝/0.5m²)则有利于其有性繁殖和单株生物量。这是因为普通野生稻是 3 种供试植物中个体最大者,在环境容量一定的情况下,它不仅占有最大的体积,而且还占据上层空间。因此,对于每一个新生的普通野生稻无性繁殖枝(分蘖)而言,它要面对 3 种植物因子的竞争压力,其中以定植的及先期分蘖的普通野生稻枝体积最大而竞争压力最大。故作为因子的普通野生稻的密度越大,其对自身及另两种植物种群的抑制作用也越强,从而导致了上述结果。

2.2 3 因子对长喙毛茛泽泻种群的影响

2.2.1 无性繁殖率 影响长喙毛茛泽泻种群无性繁殖率的因子由大到小依次为普通野生稻、长喙毛茛泽泻和柳叶箬因子(表 4)。普通野生稻初始密度居中(2 株/0.5m²)时,长喙毛茛泽泻种群的无性繁殖率最强,初始密度最大(4 株/0.5m²)时最弱。长喙毛茛泽泻初始密度居中时,其无性繁殖率最弱。普通野生稻 × 柳叶箬因子的交互作用大于柳叶箬因子。

因子 $OrL_3-RrL_3-IgL_4$ 组合最利于长喙毛茛泽泻种群的无性繁殖,这种混作方式对其干扰最小;相反,因子 $OrL_5-RrL_5-IgL_3$ 组合最为不利,其中总密度太大是不利于长喙毛茛泽泻种群无性繁殖的主要原因。

2.2.2 单株生物量 影响长喙毛茛泽泻种群单株生物量的因子由大到小依次为长喙毛茛泽泻、柳叶箬、柳叶箬 × 普通野生稻和普通野生稻,即主要由长喙毛茛泽泻的初始密度决定该种群的单株生物量,当长喙毛茛泽泻的初始密度大时,其单株生物量最小。因子 $OrL_4-RrL_3-IgL_4$ 组合时,长喙毛茛泽泻种群的单株生物量最大;因子 $OrL_5-RrL_5-IgL_5$ 组合时此值最小,表明大的总初始密度不利于长喙毛茛泽泻种群单株生物量的积累。

2.2.3 光合份额 影响长喙毛茛泽泻种群光合份额的因子由大到小依次为普通野生稻 × 柳叶箬、普通野生稻、柳叶箬和长喙毛茛泽泻因子。普通野生稻 × 柳叶箬因子中,以水平 4 时的长喙毛茛泽泻种群光合份额最大,而以水平 1 时最小。这似乎表明植株相对高大的普通野生稻和柳叶箬皆可明显影响下层的长喙毛茛泽泻种群光合份额,随着上层郁闭度的增大,该种群扩大光合份额以补偿光能吸收的不足,但当上层郁闭度进一步增大时,种群获取的光能可能已低于其光补偿点,植株消瘦,光合份额也随之下降。

2.2.4 每基株产果数 影响长喙毛茛泽泻种群每基株产果数的因子由大到小依次为长喙毛茛泽泻、普通野生稻和柳叶箬。长喙毛茛泽泻初始密度居中时,其种群每基株产果数最大,而当初始密度最大时此值急剧减少。普通野生稻 × 柳叶箬的交互作用对此指标影响最小,说明长喙毛茛泽泻种群的有性繁殖更多地受到种内竞争的影响。因子 $OrL_4-RrL_3-IgL_4$ 组合最利于其有性繁殖,而因子 $OrL_5-RrL_5-IgL_5$ 组合最为不利。这表明长喙毛茛泽泻种群只有在无其它植物竞争、自身初始密度居中时有性繁殖量最大,总密度的增大对其有性繁殖极为不利。该物种的自然生境是水陆过渡带,往往杂草丛生,严重抑制了其有性繁殖和种群扩散,是造成该物种濒危的原因之一。

2.2.5 小株死亡率 影响长喙毛茛泽泻种群小株死亡率的因子由大到小依次为普通野生稻、普通野生稻 × 柳叶箬、柳叶箬和长喙毛茛泽泻因子。当主导因子普通野生稻初始密度为 0(此时尚有柳叶箬和来自长喙毛茛泽泻内部的竞争)或最高时,长喙毛茛泽泻种群的小株死亡率最高或很高;而初始密度居中时,此指标最低。此指标也与柳叶箬因子的初始密度成正比。因子 $OrL_4-L_5-RrL_5-IgL_5$ 组合最不利于长喙毛茛泽泻种群的小株生存,而因子 $OrL_3-RrL_4-IgL_2-L_4$ 组合对该种群小株的生存最为有利。表明若无普通野生稻的上层荫蔽,高密度的长喙毛茛泽泻种群与高密度的柳叶箬种群竞争最为激烈,前者往往是竞争的失败者;当普通野生稻和柳叶箬密度均大时,该种群的小株死亡率也很高。

从以上几方面看,普通野生稻是影响长喙毛茛泽泻种群竞争效应的主导因子。其初始密度为 0 时,长喙毛茛泽泻种群的每基株产果数、单株生物量最大;其初始密度居中时,该种群的无性繁殖率、光合份额最大,小株死亡率最低;其初始密度最大时,该种群无性繁殖率、单株生物量、光合份额和每基株产果数均降至最低。

柳叶箬因子对该种群的影响主要在于引起高的小株死亡率,对其它方面的影响不甚强烈,在某些指标上甚至弱于长喙毛茛泽泻因子自身的影响。

长喙毛茛泽泻作为一种矮小草本,在本实验中处于普通野生稻和柳叶箬种群荫蔽下,普通野生稻×柳叶箬因子的交互作用不可忽视。通过直观分析,发现这种交互作用往往超过了单因子,在光合份额指标上甚至成为主导因子,对长喙毛茛泽泻种群高的小株死亡率也有明显影响。收获时长喙毛茛泽泻种群的生活状态明显差于同期的单纯实验种群,表明其生长不良和小株死亡更多地来自普通野生稻和柳叶箬因子的联合竞争。

表 3 竞争对普通野生稻种群的影响($\bar{K}_{ij}$ 值)
Table 3 Competitive effects on *Oryza rufipogon* population ($\bar{K}_{ij}$ value)

水 平 Level	每基株的无性小株繁殖数			单株生物量(d·dw)			光合份额(%)			抽穗率(%)		
	No. of ramets per genet			Biomass per branch			Biomass allocation to leaf			Heading ratio		
	1	2	3*	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	0	36.84	34.52	0	4.017	3.478	0	24.48	24.98	0	22.65	16.84
2	68.70	39.45	44.55	4.663	3.598	4.339	29.37	24.48	24.36	22.22	22.20	23.69
3	48.85	39.48	31.18	4.372	3.724	31.24	23.31	23.14	27.16	27.16	18.02	17.67
4	37.27	34.93	35.32	4.862	3.929	4.180	29.95	24.46	23.26	21.20	18.08	23.61
5	31.55	35.67	40.81	5.605	4.486	3.783	29.81	23.64	24.64	33.64	23.26	22.42
R	37.15	4.55	13.37	1.233	1.013	0.861	1.87	1.17	1.84	12.44	5.24	6.85

* 因子同表 1 The factor as in table 1

表 4 竞争对长喙毛茛泽泻种群的影响($\bar{K}_{ij}$ 值)
Table 4 Competitive effects on *Ranalisma rostrata* population ($\bar{K}_{ij}$ value)

水 平 Level	每基株的无性小株繁殖数				单株生物量(g·dw)				光合份额(%)				每基株聚合果数				小株死亡率(%)			
	No. of ramets per genet				Biomass per branch				Biomass allocation to leaf				Fruits No. per genet				Ramet death ratio			
	1*	2	3	1×3	1	2	3	1×3	1	2	3	1×3	1	2	3	1×3	1	2	3	1×3
1	9.54	0	10.24	4.96	0.0398	0	0.0414	0.0438	17.85	0	20.87	14.01	10.35	0	7.55	5.28	36.82	0	19.06	27.74
2	12.03	13.60	10.93	9.04	0.0364	0.0390	0.0362	0.0364	22.58	27.41	19.85	21.68	7.65	6.40	7.13	6.65	20.64	28.92	18.48	25.45
3	13.38	15.88	5.96	10.65	0.0344	0.0532	0.0396	0.0334	23.82	22.18	16.51	22.26	5.73	13.40	5.18	6.93	13.32	28.73	31.00	19.07
4	5.90	8.17	11.92	8.92	0.0342	0.0482	0.0344	0.0314	20.40	28.24	22.27	23.39	3.60	6.67	6.60	3.60	22.94	26.66	18.48	16.57
5	3.88	7.08	7.68	11.16	0.0314	0.0358	0.0246	0.0312	16.51	23.32	22.65	19.82	2.48	3.35	3.35	7.35	26.06	35.45	32.74	30.93
R	9.50	8.80	5.96	6.20	0.0084	0.0174	0.0168	0.0126	7.31	6.06	6.76	9.38	7.87	10.05	4.20	3.75	23.50	8.79	14.26	14.36

* 因子同表 1 The factor as in table 1

2.3 3 因子对柳叶箬种群的影响

柳叶箬虽是普通野生稻原产地的一种优势杂草,其竞争力也很强,但在混作种群中同样受到来自普通野生稻和长喙毛茛泽泻种群的竞争压力,某些指标因此受到抑制(表 5)。

2.3.1 无性繁殖率 影响柳叶箬种群无性繁殖率的因子由大到小依次为普通野生稻、柳叶箬和长喙茛泽泻。当普通野生稻初始密度为 0 时,该种群的无性繁殖率最大,每基株经历一个生长季可发到 158.01 小株;当普通野生稻初始密度最大(4 株/0.5m²)时,该种群此指标降至最小,仅 69.15 小株/基株。此指标还与柳叶箬因子本身的初始密度成反比,与普通野生稻种群表现出相同规律。

因子 $OrL_1-RrL_1-IgL_2$ 组合最利于柳叶箬种群的无性繁殖,而因子 $OrL_5-RrL_2-IgL_5$ 组合最为不利。这表明在其它种群干扰、自身初始密度极低的情况下,柳叶箬种群有最大的无性繁殖率 而在大的初始密度、特别是强竞争种大的初始密度下,该种群的无性繁殖能力会受到很大抑制。

2.3.2 单株生物量 从 K 值表(表 5)看,普通野生稻和柳叶箬因子对柳叶箬种群单枝生物量的影响相当。因子 $OrL_5-RrL_1-IgL_3$ 组合时,该种群的单株生物量达到最大,因子 $OrL_1-RrL_2-IgL_4$ 组合时则相反,说明该指标更多地受到种内竞争的影响。

2.3.3 光合份额 影响柳叶箬种群光合份额的主要因子为长喙毛茛泽泻和普通野生稻。因极差较小,各因子的影响似乎不大。

总体来看,普通野生稻因子对柳叶箬种群的影响最大,可抑制该种群的无性繁殖,从而相对提高其单枝生物量。柳叶箬因子自身的影响也不可忽视,长喙毛茛泽泻因子的作用不大。

2.4 3 种群长期竞争的发展趋势

本实验的区位Ⅰ未被收获。在 1995 年春季,普通野生稻和大为扩张的柳叶箬种群正常萌动,但长喙毛茛泽泻种群则消失(其单纯实验种群则可以短缩茎在武汉越冬)。由于柳叶箬种群上年倒伏枝(已死)和新生匍匐枝交织成网,严重妨碍了普通野生稻种群分蘖和展叶,至 1995 年 9 月 1 日,后者仅剩 2 株(各仅 1 枝),至 9 月 25 日,剩 1 株(1 枝),并始抽穗,到 10 月 10 日,普通野生稻仅 1 穗独放,自然高 83cm,区组Ⅰ演变成柳叶箬纯种群,高约 66cm,密度达 1632 株/m²,与东乡原产地该种群盛期密度相当,抽穗率 12.42%,大大高于上年水平。11 月 16 日收割该株普通野生稻及周围的柳叶箬种群(共 816 枝 88 穗),结果见表 6。

表 5 竞争对柳叶箬种群的影响($\bar{K}_{ij}$ 值)

Table 5 Competitive effects on *Isachne globosa* population ($\bar{K}_{ij}$ value)

水 平 Level	每基株的无性小株繁殖数 No. of ramets per genet			单株生物量(g·dw) Biomass allocation to leaf(d)			光合份额(%) Biomass per branch		
	1	2	3 *	1	2	3	1	2	3
1	158.01	111.68	0	0.117	0.166	0	20.64	21.79	0
2	93.32	85.73	138.10	0.150	0.131	0.161	21.12	21.05	27.40
3	103.06	96.33	136.15	0.146	0.137	0.215	23.71	24.20	26.58
4	80.28	107.22	97.17	0.152	0.154	0.159	21.75	21.25	27.35
5	69.15	102.86	76.40	0.173	0.151	0.203	21.44	20.00	26.96
R	88.86	25.95	61.70	0.056	0.035	0.056	3.07	4.20	0.82

* 因子同表 1 The factor as in table 1

表 6 普通野生稻和柳叶箬种群的竞争效应(1995-11)

Table 6 Competitive effects on *Oryza rufipogon* and *Isachne globosa* populations

	单枝生物量(g·dw) Biomass per branch	光合份额(%) Biomass allocation to leaf	有性生殖份额(%) Biomass allocation to sexual reproduction	抽穗率(%) Heading ratio	样本量 Sampling size
普通野生稻 ^①	5.762	32.97	8.02	100	1
柳叶箬 ^②	0.245	32.47	1.34	10.78	816

① *Oryza rufipogon* ② *Isachne globosa*

1995 年区组Ⅰ中未见长喙毛茛泽泻生长,在高度郁闭情况下,其实生苗也很难存活。但若生境出现‘空斑’(相当于林窗),该种群的长喙毛茛泽泻很可能由实生苗恢复过来,只要种子库中长喙毛茛泽泻种子没有丧失发芽力,其种子的寿命可能是 3~5a。

混作种群中普通野生稻种群的衰减速度令人吃惊,实际上第二个生长季的缺水(土壤仅潮湿而无水浸)加剧了这种衰减。按此速度,普通野生稻种群将在第三个生长季中消亡。同样,若生境发生有利于普通野生稻的变化,该种群也可能由实生苗恢复过来。

3 讨论

植物种间的竞争关系复杂而敏感,竞争结果受到多种因素影响^[3]。本实验探讨了普通野生稻、长喙毛茛泽泻和柳叶箬 3 因子各 5 个种植密度水平对各种群的影响,从结果看,混作对 3 种植物均有不利影响,初始密度越大,影响越大。各种群对于来自种间的竞争是敏感的,对来自种内竞争的影响也不可忽视。

在第一生长季内,柳叶箬种群以迅速的无性繁殖和强大的扩张能力占据地表,形成优势;普通野生稻种群以其高大的体型占据混合群落的上层空间;长喙毛茛泽泻种群因植株矮小而处于最下层,但因其开花早而花期长,在混合群落郁闭前已大量结果,群落郁闭后,其生长日趋衰弱,个体大量死亡,处于竞争的劣势。

参与竞争实验的 3 种群中,长喙毛茛泽泻于第一生长季结束后消亡,普通野生稻于第二生长季结束后几乎消亡,柳叶箬得以纯种群形式存活。事实上,在东乡发现的两个长喙毛茛泽泻种群相继很快消失,作者于 1993 年在原产地建立小规模回归的种群,在停止人工抚育后的两个生长季内也逐渐消亡(1995 年),表明该种竞争力弱,是 r -对策者。Oka^[4]指出,如果缺乏人为干预,其在台湾桃园原产地人工恢复的普通野生稻-杂草群落中的普通野生稻种群将被其主要竞争种李氏禾(*Leersia hexandra* var. *japanica*)种群取代。在东乡原产地,由于生境复杂多变^[5],普通野生稻种群与优势杂草柳叶箬种群间的竞争关系及生境(特别是水深)对竞争结果的影响有待进一步研究。

必须注意到,武汉大学实验田与这 3 种植物的原产地基质存在较大差异,这种差异主要表现在土壤肥力和生境的稳定性上。在管理良好的实验田,土壤肥力水平较高,生境的一致性及稳定性均较好,扰动也较少。3 种植物虽然对土壤肥力和生境稳定性的敏感程度可能不同,但从单植实验可以看出,3 种植物对实验田生境表现出一致的嗜好,它们与生长于原产地的种群相比,无性繁殖更发达,郁闭更早,植株更高大,花序也更大,种子更多。因此,实验田混作使种间竞争提前,并加剧了这种竞争,也促使竞争的结果更加明显。

参考文献

- [1] 杜荣骞. 生物统计学. 北京:高等教育出版社,1985. 499.
- [2] 胡秉民,张全德. 农业试验统计分析方法. 杭州:浙江科技出版社,1985.
- [3] 张玉勋,周学东,刘兆兴. 植物密度、种的比例和盐碱胁迫对羊草及碱茅种间竞争关系的效应. 生态学报,1993,13(4): 273 ~ 376.
- [4] Oka H I. Secondary succession of weed communities in lowland habitats of Taiwan in relation to the introduction of wild rice (*Oryza perennis*) populations. *Vegetatio* 1984,56(3): 177 ~ 187.
- [5] 叶居新,李振基. 江西东乡野生稻群落概况及保护. 江西大学学报(自然版),1987,11(4): 57 ~ 63.