

# 水稻纹枯病时空生态位施药干扰研究<sup>\*</sup>

王子迎<sup>1,3,\*</sup> 檀根甲<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 安徽教育学院生物系,合肥 230061;<sup>2</sup> 安徽农业大学植保系,合肥 230036;<sup>3</sup> 南京农业大学农业部病虫害监测与治理重点开放实验室,南京 210095)

**【摘要】** 以施药作为干扰因子,研究干扰条件下水稻纹枯病菌的时间和空间生态位变化.结果表明,各施药处理与对照纹枯病菌的空间生态位存在差异,其中孕穗期施药+齐穗期施药和孕穗期施药+灌浆期施药两处理的空间生态位宽度指数分别为 0.5240、0.5742,与对照的空间生态位宽度指数 0.8563 相差最大;分蘖盛期一次施药处理的空间生态位宽度指数为 0.8577,与对照相差最小.各施药处理和对照的时间生态位宽度无显著差异,表明施药对纹枯病菌的时间生态位宽度影响不大.空间生态位宽度指数、病叶(鞘)率、病情指数及防治效果等计测结果表明,两次施药对病害的控制好于一次施药,其中两次施药中以孕穗期施药+齐穗期施药和孕穗期施药+灌浆期施药对病害的控制作用最强.施药不但压缩了水稻纹枯病菌的空间生态位宽度,限制了其在产量形成较为重要的上部叶位的扩张,而且压缩了水稻纹枯病菌的时间生态位宽度,限制了其在水稻产量形成时期的扩张.但施药只改变了病菌生态位的分布,调整压缩了水稻产量形成期的病害生态位,病菌生态位势的总和不变.

**关键词** 水稻纹枯病 生态位 生态位宽度

**文章编号** 1001-9332(2005)08-1493-04 **中图分类号** S431,S435.111.4 **文献标识码** A

**Effects of fungicide on temporal and spatial niches of *Rhizoctonia solani*.** WANG Ziyang<sup>1,3</sup>, TAN Genjia<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup> Department of Biology, Anhui Institute of Education, Hefei 230061, China;<sup>2</sup> Department of Plant Protection, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China;<sup>3</sup> Key Laboratory of Monitoring and Management of Plant Disease and Insects of Agriculture Ministry, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2005, 16(8):1493~1496.

This paper studied the variation of the temporal and spatial niches of rice sheath blight-causing *Rhizoctonia solani* under spraying fungicide. The results showed that between fungicide treatments and control, the spatial niche breadth of *Rhizoctonia solani* was different, while its temporal niche breadth was similar. The spatial niche breadth of *Rhizoctonia solani* was 0.5240 when spraying fungicide at booting and full heading stages, 0.5742 at booting and milkfilling stages, and 0.8577 at tillering stage, while the control was 0.8563. Spraying fungicide had little effect on temporal niche breath. The spatial niche breath, percentage of diseased leaves and sheathes, index of disease, and control effect all suggested that spraying fungicide two times in rice growth period was better than spraying it one time. Spraying fungicide at booting and full heading stages and at booting stage and milkfilling stages had the best effects. Fungicide could not only narrow the spatial niche breadth, limit the spread of *Rhizoctonia solani* on top leaves which were important for the yield, but also narrow the temporal niche breadth, limit the spread of *Rhizoctonia solani* during the yield formation period of rice. But, spraying fungicide only changed the distribution of the fungus niches and narrowed the niches during rice yield formation period, with no changes in the whole niches of *Rhizoctonia solani*.

**Key words** Rice sheath blight, Niche, Niche breadth.

## 1 引言

水稻纹枯病是水稻生产上分布广、危害大的主要病害之一<sup>[2,18]</sup>.该病害始见于日本<sup>[14]</sup>.20 世纪 60 年代以来,随着矮秆、多蘖和对氮肥反应敏感的水稻品种在全球的推广,此病危害日趋严重,目前已成为我国水稻的第一大病害<sup>[1]</sup>,近几年的年发病面积在  $1.5 \times 10^7 \sim 2.0 \times 10^7 \text{ hm}^2$ ,年损失稻谷约  $6.0 \times 10^6 \text{ t}$ ,占水稻病虫害损失的 40%~50%,严重威胁着水稻的高产稳产<sup>[15]</sup>.目前,化学防治仍是防治水

稻纹枯病的主要方法<sup>[27]</sup>,但其带来的生态环境和食品安全问题使在充分考虑生态安全的情况下科学用药,即生态施药日益受到重视<sup>[17,26]</sup>.生态施药的前提是充分认识化学药剂施用后各物种和环境的生态变化规律,尽量减少药剂对生态系中非目标生物的干扰.因此,研究施药后水稻纹枯病菌的生态变化具有重要意义.现有研究多集中在化学药剂施用后水

\*安徽省自然科学基金项目(97411001,03041404)和安徽省“十五”科技攻关资助项目(01013011).

\*通讯联系人.

2004-07-26 收稿,2004-10-29 接受.

稻纹枯病病情的变化和药物的作用机理上<sup>[27]</sup>,而缺乏对施药后水稻纹枯病菌生态变化的相关研究<sup>[24]</sup>.

生态位理论是现代生态学的重要组成部分<sup>[4,6,20]</sup>,广泛应用于物种间关系<sup>[13]</sup>、生物多样性<sup>[8,28]</sup>、群落结构及演替<sup>[12,22]</sup>、种群进化<sup>[3,7,21]</sup>和生物与环境的关系<sup>[9]</sup>等方面的研究,并取得丰硕成果<sup>[5,19]</sup>,但病害系统中病害生态位的研究少有报道<sup>[11,25]</sup>.时间和空间是物种生存和发展必需的最基本资源,物种沿时间和空间维的变化特点不仅反映其发生发展的表现现象,而且是其它多维生态位的特定反映形式,是深入研究其它多维生态位的前提和基础<sup>[16]</sup>.基于此,本研究以施药作为干扰因子,分析干扰条件下水稻纹枯病菌的时间和空间生态位变化,摸清水稻纹病菌在化学防治中的生态行为和变化规律,以期为水稻纹枯病的科学治理提供依据.

2 材料与方法

2.1 材料

供试水稻品种为汕优 63,供试化学药剂为井冈霉素.供试水稻纹枯病菌为 RH9 菌株(江苏省农业科学院植物保护研究所提供).

2.2 方法

试验在安徽农业大学农场进行.试验田面积 600 m<sup>2</sup>,每小区 12 m<sup>2</sup>,30 个小区,小区间隔 0.5 m.设分蘖盛期一次施药、孕穗期一次施药、抽穗期一次施药、灌浆期一次施药、分蘖盛期施药 + 孕穗期施药、分蘖盛期施药 + 抽穗期施药、孕穗期施药 + 齐穗期施药、孕穗期施药 + 灌浆期施药、抽穗期施药 + 灌浆期施药 9 个处理及不施药对照,3 次重复.田间调查采用五点抽样,每点调查 15 丛,每丛调查 1 株,定点、定丛、定株、定叶位系统调查,按叶序记载最上部 4 个叶位的叶鞘、叶片发病情况.每小区于施药前调查一次病情,仿自然接菌,常规管理.施药后每 5 d 调查一次,直到蜡熟期为止.

表 1 不同处理水稻蜡熟期各叶(鞘)位点上的病叶(鞘)率(%)  
Table 1 Percentages of diseased leaves and sheaths at waxing stage under different treatments

处理 Treat- ments	倒 1 叶 Last first leaf	倒 1 鞘 Last first sheath	倒 2 叶 Last second leaf	倒 2 鞘 Last second sheath	倒 3 叶 Last third leaf	倒 3 鞘 Last third sheath	倒 4 叶 Last fourth leaf	倒 4 鞘 Last fourth sheath
1	15.60	40.80	50.00	81.87	69.60	89.47	94.53	97.47
2	2.80	21.87	40.40	76.13	92.80	93.87	98.40	98.93
3	6.27	28.40	42.53	83.60	71.87	96.11	99.20	99.20
4	10.80	36.80	47.73	81.33	72.13	91.60	89.33	94.53
5	2.27	19.87	41.47	69.87	63.87	96.27	100.00	100.00
6	3.84	23.60	36.53	70.93	72.00	97.87	100.00	100.00
7	0.53	2.67	3.87	16.12	66.80	76.13	100.00	100.00
8	1.60	5.47	7.33	20.80	62.80	88.85	97.60	99.60
9	3.20	8.93	27.20	64.53	60.14	93.20	95.07	100.00
CK	16.67	40.93	47.33	80.40	69.26	92.27	95.33	96.27

1)分蘖盛期施药 Spraying fungicide at tiller stage;2)孕穗期施药 Spraying fungicide at booting stage;3)抽穗期施药 Spraying fungicide at heading stage;4)灌浆期施药 Spraying fungicide at filling stage;5)分蘖盛期施药 + 孕穗期施药 Spraying fungicide at tiller stage and booting stage;6)分蘖盛期施药 + 抽穗期施药 Spraying fungicide at tiller stage and heading stage;7)孕穗期施药 + 齐穗期施药 Spraying fungicide at booting stage and neating stage;8)孕穗期施药 + 灌浆期施药 Spraying fungicide at booting stage and filling stage;9)抽穗期施药 + 灌浆期施药 Spraying fungicide at heading stage and filling stage. 下同 The same below.

2.3 生态位功能指数、病情指数和防治效果计算

生态位功能指数的计算方法参见檀根甲等<sup>[23]</sup>,病株严重度分级方法及病情指数和防治效果的计算方法参见曾士迈等<sup>[29]</sup>.采用 Levins (1968)的生态位宽度计测公式计算水稻纹枯病(菌)的时间生态位宽度和空间生态位宽度<sup>[10]</sup>:

$$B = \frac{1}{S \sum_{i=1}^s p_i^2}$$

其中, B 为生态位宽度指数,且 1/ S ≤ B ≤ 1; S 为资源序列的单元数; P<sub>i</sub> 为水稻纹枯病在资源状态 i 上的生态位功能指数与资源序列上所在资源状态的生态位功能指数和的比值,即

$$p_i = \frac{N_i}{\sum_{i=1}^s N_j}$$

其中, N 为生态位功能指数.

3 结果与分析

3.1 不同生育期施药对纹枯病空间生态位的影响

表 1 为 9 月 5 日(蜡熟期)不同处理各叶(鞘)位点上的病叶(鞘)率.表 2 为不同处理的空间生态位宽度指数、病叶(鞘)率、病情指数及防治效果.从表 1 和表 2 可以看出,各施药处理和对照间纹枯病的空间生态位存在差异,不同生育期施药对纹枯病空间生态位的影响也不同.其中,孕穗期施药 + 齐穗期施药和孕穗期施药 + 灌浆期施药对空间生态位的影响最大.这种影响主要表现为压缩了水稻上部位点(倒 1 叶、倒 1 鞘、倒 2 叶、倒 2 鞘)的病害发生率,扩张了下部位点(倒 3 叶、倒 3 鞘、倒 4 叶、倒 4 鞘)的病害发生率,重新设置了病害在空间上的分布,造成了病害数量在空间结构上的悬殊,表现为生态位宽度指数较小.

空间生态位宽度指数、病叶(鞘)率、病情指数及防效等的计测结果均表明,两次施药对病害的控制

表 2 不同处理水稻蜡熟期空间生态位宽度指数、病叶(鞘)率、病情指数及防治效果

Table 2 Index of spatial niche breadth, percentages of diseased leaves and sheaths, index of disease and control effect at waxing stage under different treatments

处理 Treat- ments	空间生态位 宽度指数 ISNB	病叶(鞘)率 Percentages of diseased sheaths (%)	病情指数 Index of disease	防治效果 Control effect (%)
1	0. 8577A	67. 42	0. 6669	0. 34
2	0. 7695A	65. 65	0. 5836	12. 27
3	0. 7945A	65. 90	0. 5858	12. 34
4	0. 8405A	65. 53	0. 6025	9. 83
5	0. 7548A	61. 70	0. 5484	17. 92
6	0. 7639A	63. 10	0. 5609	16. 06
7	0. 5240B	40. 75	0. 3544	46. 96
8	0. 5742BC	43. 00	0. 3784	43. 37
9	0. 7037AC	56. 53	0. 5025	32. 97
CK	0. 8563A	67. 30	0. 6682	-

ISNB: Index of spatial niche breadth. 相同字母的数值在 0. 01 水平上无显著差异 Values followed by the same letters were not significantly different at 0. 01 level. 下同 The same below.

好于一次施药,而两次施药中以孕穗期施药 + 齐穗期施药和孕穗期施药 + 灌浆期施药对病害的控制作用最强. 研究表明,各处理的防治效果并不理想,这

表 3 不同处理水稻主要生育期各施药处理及对照的相对侵染效率

Table 3 Relative infection efficiency of rice sheath blight fungus at different growth stages under different treatments(dot · d<sup>-1</sup>)

处理 Treatments	分蘖盛期 Tillering stage (7/ 3)	孕穗期 Booting stage (7/ 25)	抽穗期 Heading stage (8/ 9)	齐穗期 Neating stage (8/ 15)	灌浆期 Filling stage (8/ 25)	蜡熟期 Waxing stage (9/ 5)
1	0. 0031	0. 0941	0. 2004	0. 2612	0. 3318	0. 0811
2	0. 0040	0. 0753	0. 1080	0. 2842	0. 3109	0. 0692
3	0. 0020	0. 1039	0. 0878	0. 1815	0. 3611	0. 1073
4	0. 0038	0. 1122	0. 2147	0. 2546	0. 2104	0. 1619
5	0. 0018	0. 0021	0. 1743	0. 2847	0. 3092	0. 0915
6	0. 0005	0. 0982	0. 1064	0. 2943	0. 3496	0. 1117
7	0. 0053	0. 0584	0. 3018	0. 1807	0. 2955	0. 0852
8	0. 0103	0. 115	0. 1918	0. 3014	0. 0912	0. 0143
9	0. 0028	0. 1426	0. 1032	0. 1405	0. 1174	0. 1298
CK	0. 0035	0. 1059	0. 2021	0. 2744	0. 3327	0. 0762

表 4 不同处理的时间生态位宽度指数

Table 4 Index of temporal niche breadth of rice sheath blight under different treatments

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	CK
ITNB	0. 6042A	0. 5375A	0. 5578A	0. 5574A	0. 4975A	0. 5186A	0. 4436A	0. 4322A	0. 5201A	0. 6764A

ITNB: 时间生态位宽度指数 Index of temporal niche breadth.

#### 4 讨 论

本研究以施药作为干扰因子,分析干扰条件下水稻纹枯病菌时间和空间生态位的变化. 结果表明,施药不但压缩了水稻纹枯病空间生态位宽度,限制其在产量形成较为重要的上部叶位的扩张,而且压缩了水稻纹枯病时间生态位宽度,限制了其在水稻产量形成时期的扩张.

空间生态位计测表明,施药压缩了水稻上部位点(倒 1 叶、倒 1 鞘、倒 2 叶、倒 3 鞘)的病害发生率,扩张了下部位点(倒 3 叶、倒 3 鞘、倒 4 叶、倒 4 鞘)

可能与施药期间持续阴雨有关.

#### 3. 2 不同生育期施药对纹枯病时间生态位的影响

表 3 为不同处理在水稻几个主要生育期的相对侵染效率,表 4 为时间生态位宽度指数. 从表 3 和表 4 可以看出,各施药处理及对照间的时间生态位宽度无显著差异,施药对纹枯病的时间生态位宽度影响不大. 由于施药的影响,各处理对应施药生育期的相对侵染效率与对照相比都有不同幅度的减小,说明各处理与对照的时间生态位格局并不相同. 生态位格局不同而生态位宽度相近,主要是因为各施药处理和对照病菌在利用资源能力相对一致的情况下(各处理平均相对侵染效率相近),由于施药的影响,病菌重新分配了相对侵染效率在各生育期的比例. 根据生态位的态势理论<sup>[31]</sup>,施药仅改变了病菌生态位“势”的分布,即改变了病菌对水稻不同叶位的现实影响力与支配力,调整压缩了水稻产量形成期的病害生态位,从而在病害存在的情况下实现产量形成.

的病害发生率,重新配置了病害在空间上的分布,生态位宽度指数较小. 可能是因为水稻分蘖盛期后叶片较为茂盛,上部位点喷施到足够多的药物而下部位点的较少,造成上部位点具有较高的限制病菌扩张的压力而下部位点压力较小. 没有施药水稻的上部位点和下部位点对病菌的压力是平衡的. 因此,在不同压力的作用下病菌在施药水稻上部位点和下部位点扩张的结果不同,与对照相比,主要表现为压缩了水稻上部位点的病害发生率,扩张了下部位点的病害发生率,这与张穗等<sup>[27]</sup>的研究结果有所不同.

与对照相比,在药效期内施药处理相对侵染效

率较小,但一旦过了药效期,处理的相对侵染效率会出现一个急速反弹,迅速回升甚至超过对照。可能的原因一是化学农药是生态系统外因子,它的作用是暂时的;二是在药剂作用时期,水稻纹枯病的发展受到抑制,当药剂作用解除后,处理与对照相比便具有更多的空余生态位供病菌去占有。

Hutchinson<sup>[6]</sup>利用数学上的点集理论,把生态位看成是一个生物单位(个体、种群或物种)生存条件的总集合体,从资源和空间利用等方面考虑,认为可以把生态位看成多维空间或者超体积,而构成该多维空间的一维或几维空间可以定义为亚生态位。时间和空间生态位的变化特点不仅反映了该物种发生发展变化的表现现象,而且是其它多维生态位的特定反映形式。施药的结果表现为时空生态位压缩,也是病菌其它生态位如营养、生境等生态位缩张的综合表现<sup>[16]</sup>。时空生态位被压缩,不一定病菌所有的亚生态位全部被压缩,在亚生态位中有的生态位被压缩,而有的生态位却被扩张,病菌所有亚生态位缩张后的矢量和表现为病菌的时空生态位被压缩。具体哪些亚生态位被压缩,哪些亚生态位被扩张,有待于进一步对病菌的其它生态位进行测定才能明确。

按照生态位理论<sup>[25]</sup>,病害就是病菌对寄主这种生存资源占有和利用的表现,病害发生发展的过程就是病菌不断利用、占有其寄主植株资源的过程。因此,病害发生程度的病叶(鞘)率、病情指数和病菌对资源的占有和利用的生态位宽度指数、生态位功能指数所描述的事物本质上是一致的,即四者表达的都是病菌与寄主相互作用过程中双方数量上的对比。

## 参考文献

- Ding K-J (丁克坚), Tan G-J (檀根甲). 1992. Studies on the damage of rice sheath blight and the concerned factors. *Anhui Agric Coll* (安徽农学院学报), **19**(2): 144 ~ 149 (in Chinese)
- Fleet NL, Rush MC. 1983. Rice sheath blight: A major rice disease. *Plant Dis*, **67**: 829 ~ 832
- Gao Z-X (高增祥), Ji R (季荣), Xu R-M (徐汝梅), et al. 2003. Biological invasions: Process, mechanism and prediction. *Acta Ecol Sin* (生态学报), **23**(3): 559 ~ 570 (in Chinese)
- Grinnell J. 1917. The nice-relationships of the California thrasher. *The Auk*, **34**(4): 427 ~ 433
- Holt RD, Michael EH. 1997. When biological control evolutionarily stable (or is it)? *Ecology*, **78**(6): 1673 ~ 1683
- Hutchinson GE. 1978. *An Introduction to Population Ecology*. New Yale: Haven University Press. 54 ~ 66
- Kasziak A, Klein S, Hoogb GS, et al. 2004. Population structure and evolutionary origins of *Microsporium canis*, *M. ferrugineum* and *M. audouinii*. *Infect Genet Evol*, **4**: 179 ~ 186
- Katja S, Sonja M, Roy AN, et al. 2004. Trophic niche differentiation in soil microarthropods (Oribatida, Acari): Evidence from stable isotope ratios (<sup>15</sup>N/ <sup>14</sup>N). *Soil Biol Biochem*, **36**(11): 1769 ~ 1774
- Laurie RG, Gna MS, William LJ, et al. 2004. Dental use wear in extinct lemurs: Evidence of diet and niche differentiation. *J Hum Evol*, **47**(3): 145 ~ 169
- Levins R. 1968. *Evolution in Changing Environment*. Princeton: Princeton University Press. 120 ~ 120
- Li Y (李瑶), Cheng H-Y (承河元). 2000. Niche breadth of gymnosporangium harenanum. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **11**(4): 612 ~ 614 (in Chinese)
- Ma F-Y (马富裕), Shao J-H (邵继红), Li L-H (李鲁华). 2004. Principle of "multiple ecological niche of one-species (variety)" and its application in high yield cotton cultivation. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **15**(7): 1285 ~ 1288 (in Chinese)
- Miao Y (缪勇), Zou Y-D (邹运鼎), Sun S-J (孙善教), et al. 2003. Spatial and temporal niches of *Aphis gossypii* and its predatory enemies. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **14**(4): 549 ~ 552 (in Chinese)
- Miyake I. 1910. Studies on the fungus diseases of rice in Japan. *J Coll Agric Imper Tokyo Univ*, **2**: 237 ~ 276
- NATESC (全国农业技术推广服务中心). 2002. Current trends of major diseases and pests of crops in China in 2002. *World Agric* (世界农业), **6**: 24 ~ 25 (in Chinese)
- Qin Y-C (秦玉川), Shen Z-R (沈佐锐), Huang K-X (黄可训). 1994. On niche of *Tetranychus viennensis*, *Panonychus ulmi* and their predatory enemies—Trophic niches. *Acta Ecol Sin* (生态学报), **14**(1): 1 ~ 8 (in Chinese)
- Rabin R, Vidhyasekaran P. 1996. Development of a formulation of *Pseudomonas fluorescens* PfALR2 for management of rice sheath blight. *Crop Prot*, **15**(8): 715 ~ 721
- Rush MC, Lindberg GD. 1996. Rice disease research. *Rice J*, **77**: 49 ~ 52
- Schlosser II. 1998. Niche relationships of clonal and sexual fish in a heterogeneous landscape. *Ecology*, **79**(3): 953 ~ 968
- Shang Y-C (尚玉昌). 2002. *General Ecology* (2nd ed). Beijing: Beijing University Press. (in Chinese)
- Silvertown J. 2004. Plant coexistence and the niche. *Trends Ecol Evol*, **19**(11): 605 ~ 611
- Su Z-Y (苏志尧), Wu D-R (吴大荣), Chen B-G (陈北光). 2003. Niche characteristics of dominant population in natural forest in north Guangdong. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **14**(1): 25 ~ 29 (in Chinese)
- Tan G-J (檀根甲), Wang Z-Y (王子迎). 2002. Temporal and spatial niches of rice sheath blight. *Chin J Rice Sci* (中国水稻科学), **16**(2): 182 ~ 184 (in Chinese)
- Tan G-J (檀根甲), Wang Z-Y (王子迎), Wu F-F (吴芳芳). 2003. Trophic and host niches of rice sheath blight fungus. *Acta Ecol Sin* (生态学报), **23**(1): 205 ~ 210 (in Chinese)
- Wang Z-Y (王子迎), Wu F-F (吴芳芳), Tan G-J (檀根甲). 2000. Niche theory and its application prospects in plant disease. *J Anhui Agric Univ* (安徽农业大学学报), **27**(3): 250 ~ 253 (in Chinese)
- Yuan X-P (袁筱萍), Wei X-H (魏兴华), Yu H-Y (余汉勇), et al. 2004. Effects of different cultivars and relative factors on sheath blight resistance of rice. *Acta Agron Sin* (作物学报), **30**(8): 739 ~ 744 (in Chinese)
- Zhang S (张穗), Guo Y-X (郭永霞), Tang W-H (唐文华), et al. 2001. Studies on the toxicity and mechanism of jinggangmycin A on *Rhizoctonia solani*. *Chin J Pestic Sci* (农药学报), **3**(4): 31 ~ 37 (in Chinese)
- Zhao Y-H (赵永华), Lei R-D (雷瑞德), He X-Y (何兴元). 2004. Niche characteristics of plant populations in *Quercus aliena* var. *a. cuteserrata* stands in Qinling Mountains. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **15**(6): 913 ~ 918 (in Chinese)
- Zheng S-M (曾士迈), Yang Y (杨演). 1986. *Botanical Epidemiology*. Beijing: Agriculture Press. (in Chinese)
- Zhu C-Q (朱春全). 1997. The niche ecostate-ecorole theory and expansion hypothesis. *Acta Ecol Sin* (生态学报), **17**(3): 324 ~ 332 (in Chinese)

作者简介 王子迎,男,1976年生,博士研究生,讲师。主要从事生态植物病理学和流行病学研究。Tel: 025-84396972; E-mail: sjywyzy@yahoo.com.cn