应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2014, 51(2): 496−503. DOI: 10.7679/j.issn.2095−1353.2014.058

华丽肖蛸和锥腹肖蛸不同龄期饥饿耐受性研究*

罗茂海** 刘玉娣*** 侯茂林

（中国农业科学院植物保护研究所 植物病虫害生物学国家重点实验室 北京 100193）

摘 要 **【目的】** 测定华丽肖蛸 *Tetragnatha nitens* 和锥腹肖蛸 *Tetragnatha maxillosa* 在实验条件下的耐饥力，确定其龄期与耐饥力之间的关系，为稻田害虫综合防治提供理论依据。**【方法】** 实验条件：不供食物、实验温度为 25℃，在人工气候箱内饲养并饥饿华丽肖蛸和锥腹肖蛸的幼蛛及成蛛。华丽肖蛸和锥腹肖蛸根据龄期分别设置 3 个处理组以及与每个处理组对应的对照组，每 3 d 统计死亡率。**【结果】** 饥饿状态下华丽肖蛸和锥腹肖蛸的存活时间与体重之间相关性是极显著的；华丽肖蛸和锥腹肖蛸各自 3 个不同龄期组的存活时间具有极显著差异；华丽肖蛸和锥腹肖蛸对应的 3 个相同龄期组的存活时间无显著差异；不同龄期组幼蛛的阶段成活率与存活时间之间符合二次抛物线关系。用拟合曲线得出华丽肖蛸的饥饿半致死时间（t_{50}）和致死时间（t_{95}）分别为 22 d 和 32 d；锥腹肖蛸的饥饿半致死时间（t_{50}）和致死时间（t_{95}）分别为 20 d 和 28 d。**【结论】** 华丽肖蛸和锥腹肖蛸的幼蛛在没有食物的实验条件下，具有一定的耐饥饿能力，仍可存活一定的时间。

关键词 华丽肖蛸，锥腹肖蛸，存活时间，成活率，饥饿耐受性

Study on the starvation endurance of the different instars of *Tetragnatha nitens* and *Tetragnatha maxillosa*

LUO Mao-Hai** LIU Yu-Di*** HOU Mao-Lin

(State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract **[Objectives]** This study aimed to test the starvation endurance of different instars of *Tetragnatha nitens* and *Tetragnatha maxillosa*. **[Methods]** Three different instars of these spiders were kept without prey in a laboratory at 25℃. Three treatment groups and three control groups for each instar were established according to mortality statistics recorded every three days. **[Results]** There was a marked correlation between larval weight and survival time of *T. nitens* and *T. maxillosa* and survival times of the three different instars were significantly different. The relationship between instar survival rate (y) and survival time (t) fitted a parabolic curve. The t_{50} and t_{95} starvation endurance thresholds for *T. nitens* were 22 and 32 days. The t_{50} and t_{95} starvation endurance thresholds for *T. maxillosa* were 20 and 28 days. **[Conclusion]** *T. nitens* and *T. maxillosa* can effectively survive a sudden drop in prey numbers in paddy fields following pesticide application or tilling.

Key words *Tetragnatha nitens*, *Tetragnatha maxillosa*, survival time, population survival rate, starvation endurance ability

* 资助项目：国家自然科学基金（31370439）；气候变化介导的农业灾变时空演化规律研究（2010CB951503）

**E-mail: 393818213@qq.com

***通讯作者，E-mail: ydliu@ippcaas.cn

收稿日期：2013-11-22，接受日期：2014-01-29

近些年来,我国对稻田害虫天敌的调查及保护利用的研究,已经证明在稻田生态系统中水稻害虫的天敌是影响害虫种群数量变动的重要生物因素(汤鉴球和周汉辉,1983;张文庆等,1998;王智等,2001;戈峰等,2011)。农田蜘蛛是水稻害虫的主要捕食性天敌,在稻田的综合防治中具有重要的地位和作用,注重保护种库,促进天敌群落重建,能有效的控制迁入害虫如稻飞虱等的发生和危害(王洪全,1983;王洪全和周家友,1983;颜亨梅等,1997;李剑泉等,2002)。肖蛸属蜘蛛是稻田蜘蛛的优势种类群,占全部优势种的35%,在“以蛛控虫”的综合防治过程中大量捕食稻飞虱及叶蝉。锥腹肖蛸 *Tetragnatha maxillosa* 是肖蛸属蜘蛛中的优势种类,群体数量最大,其次是华丽肖蛸 *Tetragnatha nitens*(许雄等,1984;颜亨梅和王洪全,1991;林源等,2013)。化学农药是目前水稻种植区防治害虫的主要手段,但农药(除草剂、杀虫剂等)的大量使用使稻田害虫的捕食性天敌数量急剧下降(陈欣等,1999;姜永厚等,2002;刘向东和张孝羲,2002;汤进龙和吴进才,2012;)。施用农药后,由于蜘蛛中毒捕食能力下降和蜘蛛的猎物水稻害虫大量减少,致使蜘蛛长期处于饥饿状态,生存受到威胁。长期以来,国内外学者对于稻田蜘蛛的探索主要是关于群落结构和捕食功能等方面的研究,同时也对菜地蜘蛛中的草间小黑蛛 *Erigone graminicolum*、虎纹捕鸟蛛 *Selenocosm ia huwena* 和拟水狼蛛 *Pirata subparaticus* 等的饥饿耐受能力有详细描述(张原和王小平,1994;肖永红等,2004,2006),但有关华丽肖蛸和锥腹肖蛸不同龄期的饥饿耐受性未见详细报道。

本文就我国丘陵稻区共享的优势种蜘蛛华丽肖蛸和锥腹肖蛸的幼蛛及成蛛在室内实验条件下的饥饿耐受性进行测定,掌握华丽肖蛸和锥腹肖蛸各龄期组的饥饿耐受时间和不同发育历期的幼虫在饥饿状态下的阶段成活率,为肖蛸属在稻田中的保护与利用价值进一步提供理论依据,对指导水稻害虫的综合防治具有实际意义。

1 材料与方法

1.1 材料

2013年6—9月于广西壮族自治区桂林市兴安县中国农业科学院植物保护研究所水稻基地捕获华丽肖蛸和锥腹肖蛸约上千头,从中选择2~6龄幼蛛和成蛛(7龄)作为试验材料。

1.2 方法

供试的华丽肖蛸和锥腹肖蛸用 AL204-IC (METTLER TOLEDO 仪器上海有限公司)分析天秤称重、编号,分别单管分装置于 HP400GS-C 型人工智能气候箱中(实验条件:温度 25℃,相对湿度 75%,光照时间 16 h/d)。华丽肖蛸和锥腹肖蛸的实验各设3个处理组和3个对照组(3个组分别对应龄期为2~3龄,4~5龄,6~7龄),均用褐飞虱若虫饲养(水稻基地捕获)。5 d后处理组停止喂食,对照组每3 d喂食一次。从两种肖蛸的处理组停止喂食褐飞虱之日开始,每天观察和记录处理组和对照组的死亡头数,每3 d记录一次处理组成活率(S_t)和对照组死亡率(M_u),

* 资助项目:国家自然科学基金(31370439);气候变化介导的农业灾变时空演化规律研究(2010CB951503)

**E-mail: 393818213@qq.com

***通讯作者,E-mail: ydliu@ippcaas.cn

收稿日期:2013-11-22,接受日期:2014-01-29

直至两种肖蛸处理组试虫全部死亡。

1.3 统计分析方法

本研究参照明道绪(2005)主编的《田间试验与统计分析》与李春喜和王志和(2000)主编的《生物统计学》进行数据分析。阶段成活率计算公式为 $S= S_t +M_u$（S_t为处理组成活率，M_u为对照组死亡率）。由 Spss 软件完成回归分析、相关分析和方差分析的计算;由 Origin 软件分析得出阶段成活率的曲线拟合、饥饿半致死时间（t_{50}）和致死时间（t_{95}）。

2 结果与分析

2.1 华丽肖蛸和锥腹肖蛸在饥饿状态下的存活时间

2.1.1 华丽肖蛸和锥腹肖蛸在饥饿状态下存活时间与体重的关系 分别把华丽肖蛸和锥腹肖蛸的处理组的个体以每 10×10^{-4} g 为一个体重范围进行合并，共得 8 个小组，并求出每个小组的平均体重和平均存活天数，分组情况见表 1。

由表 1 可知，以平均体重为自变量 X，平均存活天数为因变量 Y 进行回归分析，得出华丽肖蛸平均体重和平均存活天数的回归曲线：$Y_1=0.1124X_1+8.8729$，$r=0.9938> r_{6,0.01}=0.834$；得出锥腹肖蛸平均体重和平均存活天数的回归曲线：$Y_2=0.1003X_2+9.7772$，$r=0.9793> r_{6,0.01}=0.834$，由此得出，在饥饿状态下华丽肖蛸、锥腹肖蛸的存活时间与体重之间相关性是极显著的。

表 **1** 华丽肖蛸和锥腹肖蛸平均体重和平均存活天数分组

Table 1 The average weight and survival days for different groups of *Tetragnatha nitens* and *Tetragnatha maxillosa*

		重量范围（1×10^{-4}g）Weight range							
		20-30	90-100	100-110	110-120	120-130	180-190	190-200	200-210
平均体重（1×10^{-4}g）The average weight	华丽肖蛸 *T.nitens*	23.79	98.43	103.80	116.25	123.50	186.60	195.00	207.63
	锥腹肖蛸 *T. maxillosa*	19.40	22.50	96.43	105.00	165.25	175.67	184.50	196.00
平均存活天数（d）Mean survival days	华丽肖蛸 *T. nitens*	12.43	19.58	20.40	21.00	22.50	29.00	32.00	32.63
	锥腹肖蛸 *T.maxillosa*	10.60	14.75	18.00	18.75	26.00	28.25	28.67	30.00

图 1 是根据每组华丽肖蛸和锥腹肖蛸的数据做出的散点图及存活天数对体重的回归线。

由图 1 可以看出，华丽肖蛸和锥腹肖蛸的耐饥饿时间均与其自身体重成正比，即体重越重则存活天数越多；体重越轻则存活天数越少。原因可能是由于华丽肖蛸和锥腹肖蛸个体越大，捕食量越强，捕食量也随之增大，其体内脂肪等储能物质相应增多，因此忍受饥饿的时间相应延长；同时，随着华丽肖蛸和锥腹肖蛸个体发育，其生理机能和生理调节能力也日趋完善，耐饥饿时间逐渐延长。

2.1.2 华丽肖蛸和锥腹肖蛸在饥饿状态下存活天

数的方差分析　华丽肖蛸和锥腹肖蛸处理组 3 个龄期基本情况见表 2。

由表 2 可知，饥饿状态下华丽肖蛸和锥腹肖蛸龄期越大，平均存活天数也越长，分别对饥饿状态下的华丽肖蛸和锥腹肖蛸各自的 3 个不同龄期组存活天数差异性进行方差分析，结果见表 3。

由表 3 可知：$F>F_{0.01}=5.15$，华丽肖蛸和锥腹肖蛸各自的 3 个龄期组之间的存活天数具有极显著的差异，于是进一步对各龄期组存活天数之间的差异性用 Duncan's 法进行多重比较，结果见表 4。

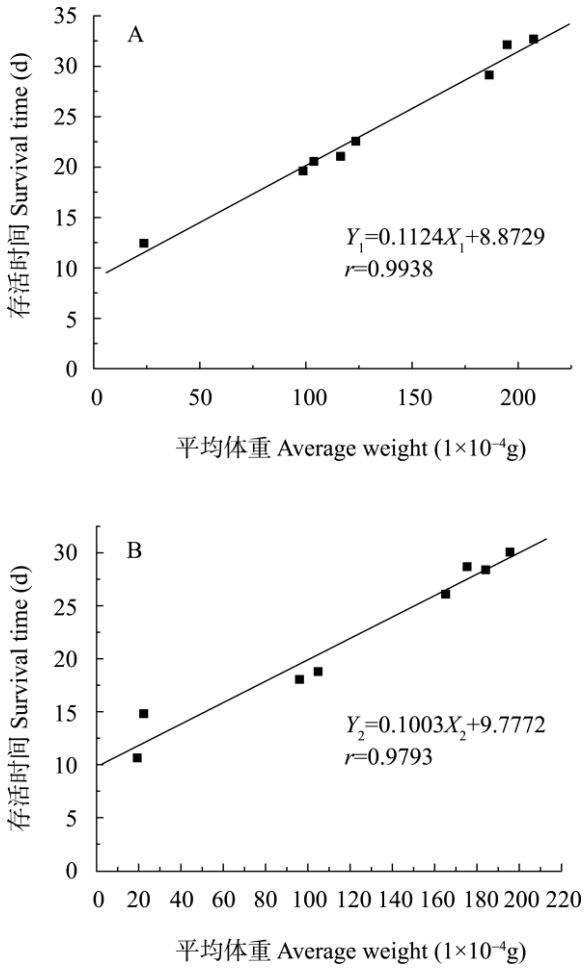


图 1　华丽肖蛸（**A**）和锥腹肖蛸（**B**）存活天数对体重的散点图及拟合回归线

Fig. 1　Fitting regression line of weight by the survival time of *Tetragnatha nitens*(A) and *Tetragnatha maxillosa* (B)

表 **2**　华丽肖蛸和锥腹肖蛸处理组的各龄期组的基本情况

Table 2　The three different instars of treatment groups of *Tetragnatha nitens* and *Tetragnatha maxillosa*

	龄期 Instar								
	2-3			4-5			6-7		
	平均体重（10^{-4}g）The average weight	死亡时间范围（d）The death time range	平均存活时间（d）Mean survival time	平均体重（10^{-4}g）The average weight	死亡时间范围（d）The death time range	平均存活时间（d）Mean survival time	平均体重（10^{-4}g）The average weight	死亡时间范围（d）The death time range	平均存活时间（d）Mean survival time
华丽肖蛸 *T.nitens*	23.79±0.66	8-17	12.43±0.78	106.67±2.24	16-31	20.44±0.98	198.69±2.53	17-33	31.38 ±1.74

锥腹肖蛸 *T. maxillos*	21.31±0.59	9-24	13.15±1.13	101.00±1.46	13-23	18.40±0.85	179.57±3.21	21-38	28.07±1.31

表 3 饥饿状态下华丽肖蛸和锥腹肖蛸各自不同龄期组存活天数方差分析

Table 3 Variance analysis of survival days for the three different instars of *Tetragnatha nitens* and *Tetragnatha maxillosa* under the starvation

变异来源 Source of variation	平方和 *SS*		自由度 *DF*		均方根 *MS*		联合显著检验值 *F*	
	华丽肖蛸 *T.nitens*	锥腹肖蛸 *T.maxillosa*	华丽肖蛸 *T. nitens*	锥腹肖蛸 *T. maxillosa*	华丽肖蛸 *T.nitens*	锥腹肖蛸 *T. maxillosa*	华丽肖蛸 *T. nitens*	锥腹肖蛸 *T. maxillosa*
处理间 Between groups	2 729.38	1 559.78	2	2	1 364.69	779.89	54.07	45.52
误差 Within groups	1 135.62	668.22	42	39	25.24	17.13		
总和 Total	3 865	2 228.00	44	41				

由表 4 可知，华丽肖蛸和锥腹肖蛸自身 3 个龄期组的存活天数之间均具有极显著的差异。由于华丽肖蛸和锥腹肖蛸身体和体重大小与其蜕皮次数即龄期有直接关系（Levy，1970），以上 3 个龄期组之间存活天数显著的差异结果进一步说明华丽肖蛸和锥腹肖蛸的存活时间与其体重有正相关性。

对华丽肖蛸和锥腹肖蛸处理组的相同龄期组存活天数之间的差异进行方差分析，结果见表 5。

表 4 不同龄期组存活天数 Duncan's 法多重比较

Table 4 Multiple comparison of Duncan's multiple range test

	组别（龄） Instars	平均数 Average	x_1-x_3	x_1-x_2
华丽肖蛸 *T. nitens*	x_1(2-3)	12.43	18.95**	8.01**
	x_2(4-5)	20.44	10.94**	
	x_3(6-7)	31.38		
锥腹肖蛸 *T.maxillosa*	x_1(2-3)	13.15	14.92**	5.25**
	x_2(4-5)	18.40	9.67**	

	x_3(6-7)	28.07

数据后标有“**”表示经 Duncan’s 多重比较差异极显著（$P < 0.01$）。
Date followed by “**” indicate significant difference at 0.01 level by Duncan’s multiple range test.

表 5　饥饿状态下华丽肖蛸和锥腹肖蛸相同龄期组存活天数方差分析
Table 5　Variance analysis of survival days for the same instars of *Tetragnatha nitens* and *Tetragnatha maxillosa* under the starvation

	龄期 Instars											
	2-3				4-5				6-7			
变异来源 Source of variation	平方和 *SS*	自由度 *DF*	均方根 *MS*	联合显著检验值 *F*	平方和 *SS*	自由度 *DF*	均方根 *MS*	联合显著检验值 *F*	平方和 *SS*	自由度 *DF*	均方根 *MS*	联合显著检验值 *F*
处理间 Between groups	3.55	1	3.55	0.29	34.20	1	34.20	2.36	81.49	1	34.20	2.19
误差 Within groups	311.12	25	12.45		450.04	31	14.52		1 042.68	28	14.52	
总和 Total	314.67	26			484.24	32			1 124.12	29		

由表 5 可知,相同龄期组的华丽肖蛸和锥腹肖蛸在饥饿状态下存活天数并无显著差异,说明两种肖蛸在耐饥饿能力方面是大体相当的。

2.2　华丽肖蛸和锥腹肖蛸在饥饿状态下的阶段成活率

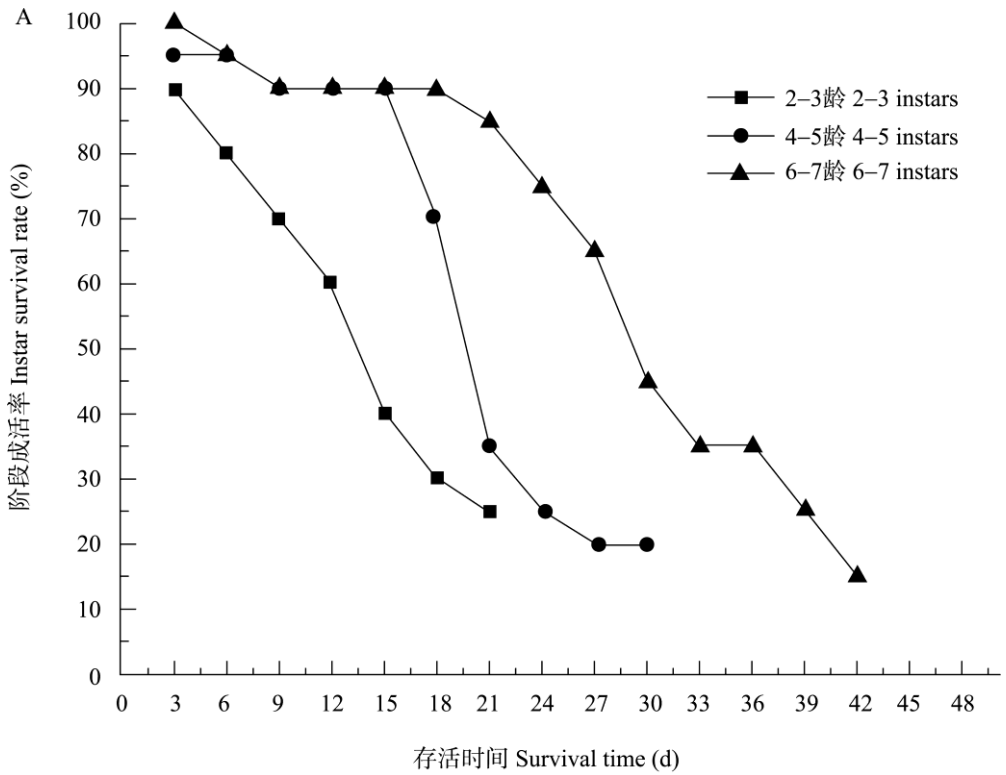
2.2.1　华丽肖蛸和锥腹肖蛸在饥饿状态下阶段成活率的曲线拟合　以每 3 d 为一个时间段，分别对 2～3、4～5 和 6～7 龄期组的华丽肖蛸和锥腹肖蛸进行阶段成活率统计。阶段成活率（S）的计算方法为：处理组的成活率（S_t）加上对照组死亡率（M_u），以阶段成活率为纵坐标，时间为横坐标，作图 2。

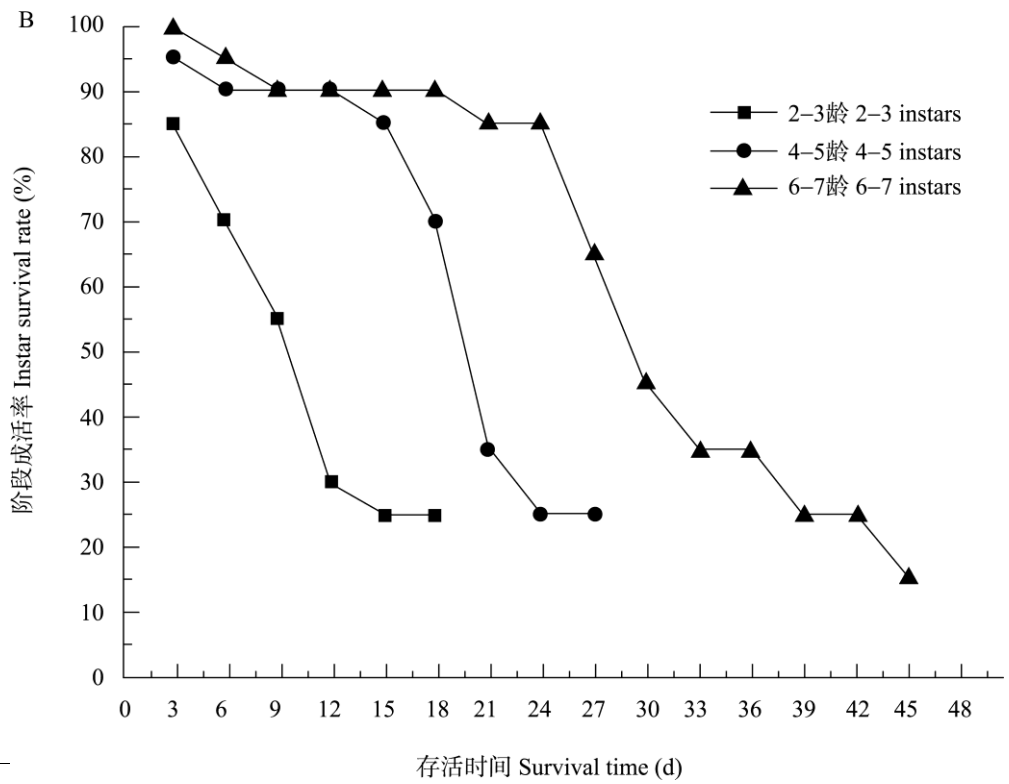
分别用二次方程对华丽肖蛸 3 个龄期组的阶段成活率曲线进行拟合，可得 3 个龄期组的公式：

（2～3 龄）$y_1 = -0.007t^2 - 4.028t + 103.571$, $r_1 = 0.992^{**}$

（4～5 龄）$y_2 = -0.080t^2 - 0.806t + 103.500$, $r_2 = 0.955^{**}$

（6～7 龄）$y_3 = -0.054t^2 + 0.176t + 97.940$, $r_3 = 0.983^{**}$





* 资助项目：国家自然科学基金（31370439）；气候变化介导的农业灾变时空演化规律研究（2010CB951503）

**E-mail: 393818213@qq.com

***通讯作者，E-mail: ydliu@ippcaas.cn

收稿日期：2013-11-22，接受日期：2014-01-29

图 2　饥饿状态下华丽肖蛸（A）锥腹肖蛸（B）各龄期组阶段成活率与时间的关系
Fig. 2　The relationship between the survival rate and time of *Tetragnatha nitens* (A) and *Tetragnatha maxillosa*(B) under the starvation

分别用二次方程对锥腹肖蛸 3 个龄期组的阶段成活率曲线进行拟合，可得 3 个龄期组的公式：

（2～3 龄）$y_1 = -0.228t^2 - 9.173t + 103.500$, $r_1 = 0.969^{**}$

（4～5 龄）$y_2 = -0.151t^2 + 1.166t + 92.738$, $r_2 = 0.959^{**}$

（6～7 龄）$y_3 = -0.039t^2 - 0.295t + 101.033$, $r_3 = 0.970^{**}$

华丽肖蛸和锥腹肖蛸 3 个龄期组的阶段成活率 y 和时间 t 的二次多项式模型极显著，不同龄期组幼蛛的阶段成活率与时间之间符合二次抛物线关系。因此可以用二次抛物线对不同龄期的华丽肖蛸和锥腹肖蛸幼蛛各自的成活率进行较准确的预测。

2.2.2　华丽肖蛸和锥腹肖蛸的饥饿半致死时间（t_{50}）和致死时间（t_{95}）　根据华丽肖蛸和锥腹肖蛸不同龄期组的阶段成活率曲线（y_1, y_2, y_3），由 Origin 分析得出华丽肖蛸和锥腹肖蛸 3 个龄期组的饥饿半致死时间（t_{50}）和致死时间（t_{95}），结果见表 6。

由表 6 可知，在完全不提供食物的条件下，华丽肖蛸和锥腹肖蛸分别经过约 21.93 d 和 19.63 d 都后有 50%的个体死亡，经过约 32.36 d 和 27.69 d 后有 95%的个体死亡。因此，在提供水和空间等资源而完全不提供食物的条件下，华丽肖蛸和锥腹肖蛸的 t_{50} 分别为 22 d 和 20 d，t_{95} 为 32 d 和 28 d，以上研究结果对在农事活动期间保护农田中华丽肖蛸和锥腹肖蛸的适宜生态环境具有重要意义。

3　讨　论

1. 在实验条件下，华丽肖蛸和锥腹肖蛸的耐饥饿时间与体重之间有极显著的相关性，体重越大则耐饥时间越长；不同龄期组的华丽肖蛸和锥腹肖蛸的耐饥饿时间差异极显著，龄期越大则肖蛸在饥饿状态下的存活时间越长；肖蛸龄期越大，饥饿半致死时间（t_{50}）和致死时间（t_{95}）越长。这表明华丽肖蛸和锥腹肖蛸随着龄期增大和生长发育历期变长，体重增大，体内能量物质增加，用部分身体储备能量来满足维持生存需要的代谢消耗；期间各项生理调节机能也逐渐完善增强，其耐饥能力也逐渐变强。肖永红等（2004）测定拟水狼蛛饥饿耐受性的实验，和此结果基本一致。因此可知，保护好肖蛸的小龄幼蛛可以很好地保证肖蛸成蛛的数量，为稻田害虫防治中保护天敌提供理论依据，具有重要实际意义。

2. 农田翻耕、农药的施用和肖蛸的猎物如褐飞虱等害虫的数量变化也会引起肖蛸的数量变化，这些因素对肖蛸的饥饿耐受性也会产生影响。整体来说，华丽肖蛸和锥腹肖蛸的耐饥饿能力可以十分有效的保护肖蛸受到饥饿胁迫后数量不会大幅减少，继而在猎物数量上升之后，能及时捕食各种害虫，可有效控制害虫数量，该结

表 6　华丽肖蛸和锥腹肖蛸不同龄期组的饥饿半致死时间（t_{50}）和致死时间（t_{95}）
Table 6　The t_{50} and the t_{95} of the three different instars of treatment groups of *Tetragnatha nitens* and *Tetragnatha maxillosa*

时间(d) Time(d)	处理组 Treatment group							
	2～3 龄期组 2-3 instars		4～5 龄期组 4-5 instars		6～7 龄期组 6-7 instars		平均值 Average	
	华丽肖蛸 *T. nitens*	锥腹肖蛸 *T. maxillosa*	华丽肖蛸 *T. nitens*	锥腹肖蛸 *T. maxillosa*	华丽肖蛸 *T. nitens*	锥腹肖蛸 *T. maxillosa*	华丽肖蛸 *T. nitens*	锥腹肖蛸 *T. maxillosa*
t_{50}	13.01	5.17	21.31	21.12	31.47	32.59	21.93	19.63
t_{95}	23.51	8.81	30.41	28.27	43.15	45.98	32.36	27.69

果对控制害虫的数量有很重要的意义。吴绍琦（1988）在稻田蜘蛛的种类及其消长分析和张文庆等（1998）在稻田生境调节和捕食性天敌对稻飞虱的控制作用中均已有相关论述。

3. 同类型的实验结果表明，气候因素如温度、湿度等亦对华丽肖蛸和锥腹肖蛸的饥饿耐受性有一定的影响。赵敬钊（1987）在温度对细毛水狼蛛个体发育和繁殖力的影响和刘凤想等（2005）在温度对蜘蛛抗饥饿能力的影响中已经证实温度确实对肖蛸的饥饿耐受性有一定的影响。本试验是在 25℃恒温条件下对华丽肖蛸和锥腹肖蛸的耐饥性进行试验研究，有关低温条件下华丽肖蛸和锥腹肖蛸的饥饿耐受性有待进一步研究，为华丽肖蛸和锥腹肖蛸越冬期间的在低温条件下的保护提供理论依据。王智（2005）在虎纹捕鸟蛛实验种群越冬及其耐饥力的观察和曾龙辉（2010）在菜地蜘蛛越冬生态及其越冬机理研究中均表明低温是其耐饥饿能力的决定性因素。

4. 相同龄期的华丽肖蛸与锥腹肖蛸的饥饿耐受性无显著差异，王智等（2001）在稻田蜘蛛优势种对飞虱与叶蝉控制力的分析中已经证实锥腹肖蛸是优势种，华丽肖蛸次之。2012 年 6 月至 9 月和 2013 年 6 月至 9 月经过在广西自治区桂林市兴安县中国农业科学院植物保护研究所水稻基地实验田间调查，可得锥腹肖蛸和华丽肖蛸的数量比约为 1.4∶1（未发表），锥腹肖蛸作为优势种其耐胁迫能力的优势可能体现在耐干旱或其他方面。

参考文献 (References)

Levy G, 1970. The life cycle of *Thomisus onustus* (Thomisidae: Araneae) and outlines for the classification of the life histories of spiders. *Journal of Zoology*, 160(4): 523–536.

陈欣, 唐建军, 王兆骞, 1999. 农业活动对生物多样性的影响. 生物多样性, 7(3): 234–239. [CHEN X, TANG JJ, WANG ZQ, 1999. The impacts of agricultural activities on biodiversity. *Chinese Biodiversity*, 7(3): 234–239.]

戈峰, 吴孔明, 陈学新, 2011. 植物-害虫-天敌互作机制研究前沿. 应用昆虫学报, 48(1): 1–6. [GE F, WU KM, CHEN XX, 2011. Major advance on the interaction mechanism among plants, pest insects and natural enemies in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(1): 1–6.]

姜永厚, 吴进才, 徐建祥, 刘井兰, 邱慧敏, 杨国庆, 王洪全, 2002. 稻田蜘蛛生态位变化及杀虫剂对捕食功能的影响. 生态学报, 22(8): 1286–1292. [JIANG YH, WU JC, XU JX, LIU JL, QIU HM, YANG GQ, WANG HQ, 2002. Influence of seasonal and daily changes of spatial niche of spiders in paddy field and two insecticides to spatial niche and predatory function. *Acta Ecologica Sinica*, 22(8): 1286–1292.]

李春喜, 王志和, 2000. 生物统计学.北京:科学出版社. 1–266. [LI CX, WANG ZH, 2000. Methods in molecular biology. *Beijing Science Press*, 1–266.]

李剑泉, 赵志模, 吴仕源, 罗雁婕, 明珂, 2002. 多物种共存系统中蜘蛛对稻虫的控制作用. 中国农业科学, 35(2): 146–151. [LI JQ, ZHAO ZM, WU SY, LUO YJ, MING K, 2002. Control function of predators in coexistent system of three spiders and two rice insect pests. *Scientia Agricultura Sinica*, 35(2): 146–151.]

林源, 周夏芝, 毕守东, 邹运鼎, 马飞, 程遐年, 柯磊, 杨林, 郭

骅, 2013. 中稻田三种飞虱的捕食性天敌优势种及农药对天敌的影响. 生态学报, 33(7): 2189–2199. [LIN Y, ZHOU XZ, BI SD, ZOU YD, MA F, CHENG XN, KE L, YANG L, GUO H, 2013. The dominant species of predatory natural enemies of three kinds of planthoppers and impact of pesticides on natural enemies in paddy field. *Acta Ecologica Sinica*, 33(7): 2189–2199.]

刘凤想, 刘志诚, 常瑾, 赵敬钊, 2005. 温度对蜘蛛抗饥能力的影响. 蛛形学报, 14(1): 53–57. [LIU FX, LIU ZC, CHANG J, ZHAO JZ, 2005. The influence of temperature on the ability of spiders enduring famine. *Acta Arachnologica Sinica*, 14(1): 53–57.]

刘向东, 张孝羲, 2002. 稻田蜘蛛的混合种群对褐飞虱的捕食功能作用. 中国生物防治, 18(1): 38–40. [LIU XD, ZHANG XX, 2002. Functional response of mixed rice field spiders to *Ni laparvata lugens*. *Chinese Journal of Biological Control*, 18(1): 38–40.]

明道绪, 2005. 田间试验与统计分析. 北京: 科学出版社. 1–303. [MING DX, 2005. Field experiment and statistic method. *Beijing Science Press*, 1–303.]

汤鉴球, 周汉辉, 1983. 用血清学方法研究稻田蜘蛛的捕食效应. 昆虫天敌, 5(4): 207–214. [TANG JQ, ZHOU HH, 1983. The predation effects of spiders in paddy-field by serological method. *Natural Enemies of Insects*, 5(4): 207–214.]

汤进龙, 吴进才, 2012. 稻田多种蜘蛛对褐飞虱 (*Nilaparvata lugens*) 捕食量的数学模型及关联度研究. 生态学报, 21(7): 1212–1215. [TANG JL, WU JC, 2012. Studies on a mathemat ical model and relational grade for predation of several spiders to the brown planthopper in paddy-field. *Acta Ecologica Sinica*, 21(7): 1212–1215.]

肖永红, 贺一原, 杨海明, 2006. 食虫沟瘤蛛的饥饿耐受性. 生态学报, 26(6): 1726–1731. [XIAO YH, HE YY, TANG HM, 2006. The starvation endurance of *Ummeliata insecticeps*. *Acta Ecologica Sinica*, 26(6): 1726–1731.]

肖永红, 贺一原, 杨海明, 2004. 拟水狼蛛幼蛛饥饿耐受性研究. 湖南师范大学自然科学学报, 27(1): 75–78. [XIAO YH, HE YY, YANG HM, 2004. The study on the starvation endurance of Larva *Pirata subpiraticus*. *Journal of Natural Science of Hunan Normal University*, 27(1): 75–78.]

吴进才, 姜永厚, 杨国庆, 2002. 田间蜘蛛集团对飞虱的每日捕食量与室内盆栽水稻的捕食作用比较. 生态学报, 22(8): 1266–1274. [WU JC, JIANG YH, YANG GQ, 2002. Comparison of daily predation of rice planthoppers by spiders with their predatory effect in laboratory and caged-rice. *Acta Ecologica Sinica*, 22(8): 1266–1274.]

吴绍琦, 1988. 稻田蜘蛛的种类及其消长分析. 植物保护, 4: 002. [WU SQ, 1988. The population dynamics and species of spiders in paddy-field. *Plant Protection*, 4: 002.]

张原, 王小平, 1994. 武汉地区蔬菜害虫捕食性蜘蛛初步研究. 昆虫天敌, 16(1): 10–13. [ZHANG Y, WANG XP, 1994. The preliminary study of predatory spiders on vegetable pests in Wuhan. *Natural Enemies of Insects*, 16(1): 10–13.]

王洪全, 1983. 保护利用蜘蛛防治水稻害虫的研究. 植物保护学报, 1: 225–220. [WANG HQ, 1983. The study of protection and take full advantage of spiders to control rice pests. *Journal of Plant Protection*, 1: 225–220.]

王洪全, 周家友, 1983. 华丽肖蛸 (*Tetragnatha nitens*) 的生物学初步研究. 湖南师范大学自然科学学报, 1: 2. [WANG HQ, ZHOU JY, 1983. The preliminary study on biology of *Tetragnatha nitens*. *Journal of Natural Science of Hunan Normal University*, 1: 2.]

王智, 2005. 虎纹捕鸟蛛实验种群越冬及其耐饥力的观察. 四川动物, 24(4): 554–556. [WANG Z, 2005. Overwintering and endurance of hunger of experimental population of *Ornithoctonus huwena*. *Sichuan Journal of Zoology*, 24(4): 554–556.]

王智, 颜亨梅, 吕志跃, 王洪全, 2001. 稻田蜘蛛优势种对飞虱与叶蝉控制力的分析. 生命科学研究, 5(1): 76–79. [WANG Z, YAN HM, LU ZY, WANG HQ, 2001. Control of paddy spiders on population of rice planthopper and rice leafhopper. *Life Science Research*, 5(1): 76–79.]

王智, 颜亨梅, 王洪全, 2002. 低剂量农药对稻田蜘蛛控虫力的影响. 生态学报, 22(3): 346–351. [WANG Z, YAN HM, WANG HQ, 2002. The influence of low-dose pesticides on the insect-control power of paddy field spiders. *Acta Ecologica Sinica*, 22(3): 346–351.]

许雄, 罗玉钊, 朱铨, 1984. 几种杀虫剂对稻田蜘蛛的毒性试验. 昆虫天敌, 6(1): 28–31. [XU X, LUO YZ, ZHU Q, 1984. The toxicity test of several insecticides on spiders in rice field. *Natural Enemies of Insects*, 6(1): 28–31.]

颜亨梅, 王洪全, 1991. 中国西南稻田蜘蛛群落结构及生态分布. 湖南师范大学自然科学学报, 14(1): 78–83. [YAN HM, WANG HQ, 1991. Community ecology spiders in rice field in Southwest China. *Journal of Natural Science of Hunan Normal University*, 14(1): 78–83.]

颜亨梅, 王洪全, 杨海明, 胡自强, 1997. 以蛛治虫对优化稻田生态系统的作用. 生命科学研究, 1(1): 65–71. [YAN HM, WANG HQ, YANG HM, HU ZQ, 1997. Contributions of biocontrolling insect pests by spiders to improve the rice-based ecosystems. *Life Science Research*, 1(1): 65–71.]

曾龙辉, 2010. 菜地蜘蛛越冬生态及其越冬机理研究. 硕士学位论文. 湖南: 湖南农业大学. [ZENG LH, 2010. Study on over wintering ecology of spiders in vegetable field and its over wintering mechanism. *Hunan Agricultural University*

Dissertation.]

张文庆, 张古忍, 古德祥, 1998. 稻田生境调节和捕食性天敌对稻飞虱的控制作用. 生态学报, 18(3): 283–288. [ZHANG WQ, ZHANG GR, GU DX, 1998. Biological control of rice planthopper by habitat manipulation and arthropod predators in dasha township. *Acta Ecologica Sinica*, 18(3): 283–288.]

赵敬钊, 1987. 温度对细毛水狼蛛个体发育和繁殖力的影响. 动物学报, 33(4): 367–372. [ZHAO JZ, 1987. Effect of temperature on the ontogeny and fecundity of *Pirata Tenuisetae*. *Acta Zoologica Sinica*, 33(4): 367–372.]