

温、湿度对狭翅雏蝗 *Chorthippus dubius* (Zub.) 实验种群的影响

王智翔 陈永林 马世骏

(中国科学院动物研究所, 北京)

摘 要

本文研究了不同温、湿度条件对狭翅雏蝗 *Chorthippus dubius* (Zub.) 实验种群的影响, 在室内, 温度控制在16℃、18℃、21℃、23℃、25℃、28℃、30℃、33℃、35℃和37℃, 土壤含水率控制在5.0%、10.0%、14.3%, 研究温度和土壤含水率对狭翅雏蝗卵孵化率的影响; 温度控制在18℃、21℃、25℃、28℃、30℃、33℃、35℃和37℃, 相对湿度控制在100%、80%和60%, 研究温度和相对湿度对狭翅雏蝗存活率、成虫生殖力和种群增长率的影响。

研究表明: 温度、土壤含水率以及两者的交互作用对狭翅雏蝗卵的孵化率都有显著的影响; 温度、相对湿度以及两者的交互作用对狭翅雏蝗卵的孵化率都有显著的影响。这种影响可用下列回归方程表示:

$$y = a + b_1(T' - T)(T - T_0) + b_2(H' - H)(H - H_0) + b_3\left(\frac{H'}{T_0} - \frac{H}{T}\right)\left(\frac{H}{T} - \frac{H_0}{T'}\right) + b_4 \cdot$$

$$(H'T' - HT)(HT - H_0T_0)$$

其中 H' 、 H_0 和 T' 、 T_0 分别为昆虫可存活的湿度的上、下限和温度的上、下限, T 、 H 为实际温、湿度; y 为存活率 (或孵化率); a 、 b_1 、 b_2 、 b_3 和 b_4 均为常数。

温度对狭翅雏蝗的生殖力有显著的影响, 相对湿度的作用不太显著。狭翅雏蝗种群世代净增长率 $R_0 > 1$ 的温度范围, 在80%相对湿度下为27.0℃—31.5℃, 在60%相对湿度下为23.0℃—29.5℃。

狭翅雏蝗 *Chorthippus dubius* (Zub.) 是我国西北草原区的重要害虫之一 (马世骏, 1957; 金翠霞、吴亚, 1978)。我们曾在内蒙古锡林河流域典型草原进行野外种群取样与气象观测, 研究其种群动态与气象因素的关系 (王智翔等, 1987)。本文则试图通过室内控制温、湿度, 明确温度、湿度对其实验种群的影响。

近年来, 关于室内控制温、湿度条件对昆虫实验种群的影响, 大部分研究 (Cox, 1981; Silverman, 1981; Gregg, 1983; Hand, 1983) 都只是列出昆虫适宜的温、湿度区间, 而未对温、湿度的影响给予定量的数学描述。我们认为, 通过寻找适当的自变量, 采用多元线性回归的方法, 确定温、湿度对昆虫的影响 (包括对昆虫孵化率、存活率、生殖力和种群增长率等的影响是有一定意义的。

一、研究材料和方法

1. 虫源

蝗卵取自内蒙古锡林河流域中国科学院内蒙古草原生态系统定位站。

2. 温、湿度的控制

温度的控制采用双层木制恒温箱, 控温精度为 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。湿度采用硫酸溶液控制 (Sol-

本文于1985年11月11日收到。

omon, 1951), 以大、小两个方形标本缸套叠在一起, 大缸盛800毫升硫酸溶液, 蝗虫在小缸中饲养, 大缸的上盖以凡士林密封, 套叠在一起的标本缸再放入恒温箱内。控湿精度为 $\pm 10\%$ 。在每一小标本缸内放一小型干湿球温度计, 测定温、湿度。每天光照14小时, 10小时黑暗。

3. 孵化率实验

首先将卵逐步降温至 -20°C 处理72小时, 然后每一处理分为5组, 每组8粒卵, 放在一平底玻璃管中, 管内装有已知含水率的土壤, 将卵埋在土下3厘米深处, 管口以纱布封住, 5个有卵管及一个不放卵的对照管放在一个玻璃棉纱缸中, 缸盖涂凡士林密封, 以避免土壤水分蒸发损失。在卵开始孵化时, 测对照管土壤含水率。

4. 蝗虫的饲养

采用平底玻璃管进行单管饲养, 平底管以纱布封口, 每一处理分4组, 每组10头蛹, 饲料为小麦苗, 每天换一次饲料并检查存活状况和龄期。当蛹羽化后, 将成虫移至盛有土的棉纱缸内进行群体饲养, 每缸放入3对成虫, 以纱布封口, 以保证其交配产卵。平底管及玻璃棉纱缸均放在温、湿度控制装置内。

二、试验结果

1. 温度和土壤含水率对卵孵化率的影响

在室内以不同的温度和土壤含水率对狭翅雏蝗进行了卵的孵化试验(表1)。结果表明,

表1 不同温度和土壤含水率条件下狭翅雏蝗卵的孵化率

Table 1 The hatching of *Chorthippus dubius* in different temperatures and soil water contents

温 度		16℃			18℃			21℃			23℃	25℃		
土壤含水率%		14.3	10.0	5.0	14.3	10.0	5.0	14.3	10.0	5.0	14.3	14.3	10.0	5.0
孵 化 率	平 均	0	0	0	37.5	7.5	0	42.5	21.9	0	50.0	42.5	62.5	0
	标 准 误	0	0	0	8.85	7.51	0	3.06	10.51	0	7.92	12.57	8.85	0
温 度		28℃			30℃			33℃			35℃			37℃
土壤含水率%		14.3	10.0	5.0	18.0	14.3	10.0	8.0	5.0	14.3	10.0	5.0	10.0	10.0
孵 化 率	平 均	31.3	40.0	0	0	55.0	57.5	50.0	0	32.5	27.5	0	5.0	0
	标 准 误	11.54	9.17	0	0	12.25	9.35	6.84	0	14.04	10.82	0	4.47	0

当温度低于 18°C 和高于 35°C 时, 蝗卵孵化率为零, 当土壤含水率低至 5.0% 和高至 18.0% (30°C)时, 孵化率也为零。当温度为 25°C , 土壤含水率为 10.0% 时, 孵化率最高, 达 62.5% 。在适温范围内(25°C — 30°C), 土壤含水率较低(10.0%)时卵的孵化率较高, 在此范围外则相反。

为了检验温度和土壤含水率对孵化率的影响, 对表1中 18°C 、 21°C 、 25°C 、 28°C 、 30°C 和 33°C 、 5.0% 、 10.0% 和 14.3% 土壤含水率下卵孵化率进行方差分析。由于孵化率属二项分布, 在进行分析前, 对数据进行了转换, 转换时以 $y = \arcsin \sqrt{x}$, x 为转换前的孵化率, y 为转换后的数据。并且, 当 $x = 0$ 时, 取 $y = 2.87$, $x = 100$ 时, 取 $y = 87.5$ 。文中存活率与孵化率的

数据, 在进行统计分析前, 均经过此种变换。结果表明, 温度和土壤含水率的单独作用均极显著 ($p < 0.01$)。温度与土壤含水率的交互作用显著 ($p < 0.05$)。

以 $x_1 = (T' - T)(T - T_0)$ 代表温度的作用,

$x_2 = (H' - H)(H - H_0)$ 代表土壤含水率的作用,

$x_3 = (\frac{H'}{T_0} - \frac{H}{T})(\frac{H}{T} - \frac{H_0}{T'})$ 和 $x_4 = (H'T' - HT)(HT - H_0T_0)$ 代表不同形式的温、

湿度的综合作用, 对孵化率进行多元回归。其中 $H_0 = 5.0\% \times 100$ 为卵孵化的土壤含水率下限, $H' = 18.0\% \times 100$ 为土壤含水率上限, $T_0 = 16^\circ\text{C}$ 为卵孵化的温度下限, $T' = 37^\circ\text{C}$ 为温度上限。T 为温度值 ($^\circ\text{C}$), H 为土壤含水率 $\times 100$ 。

y 值及 x_1 、 x_2 、 x_3 和 x_4 的值如表 2 所示。

表 2 温度和土壤含水率对狭翅雏蝗卵孵化率回归数据

Table 2 The data for regression between the hatching of *C. dubius* and temperatures and soil water contents

温 度	16℃			18℃			21℃			23℃	25℃		
土壤含水率(%)	14.3	10.0	5.0	14.3	10.0	5.0	14.3	10.0	5.0	14.3	14.3	10.0	5.0
孵化率(y)	2.87	2.87	2.87	37.76	15.89	2.87	40.64	27.90	2.87	45.00	40.69	52.24	2.87
x_1	0.0	0.0	0.0	38.0	38.0	38.0	80.0	80.0	80.0	98.0	108.0	108.0	108.0
x_2	34.41	40.00	0.00	34.41	40.00	0.00	34.41	40.00	0.00	34.41	34.41	40.00	0.00
x_3	0.175	0.245	0.145	0.218	0.240	0.121	0.242	0.221	0.091	0.245	0.242	0.192	0.060
$x_4 \times 10^4$	6.506	4.048	0.000	7.249	4.860	0.576	8.056	5.928	1.403	8.390	8.561	7.072	2.435
温 度	28℃			30℃			33℃			35℃			37℃
土壤含水率(%)	14.3	10.0	5.0	18.0	14.3	10.0	8.0	5.0	14.3	10.0	5.0	10.0	10.0
孵化率(y)	34.02	39.23	2.87	2.87	47.87	49.31	45.00	2.87	34.76	31.63	2.87	12.92	2.87
x_1	108.0	108.0	108.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	68.0	68.0	68.0	38.0	0.0
x_2	34.41	40.00	0.00	0.00	34.41	40.00	30.00	0.00	34.41	40.00	0.00	40.00	40.00
x_3	0.231	0.170	0.042	0.244	0.222	0.157	0.113	0.031	0.206	0.138	0.017	0.127	0.115
$x_4 \times 10^4$	8.510	7.720	3.156	5.796	8.271	8.052	6.816	3.612	7.607	8.400	4.259	8.532	8.584

经多元线性回归, 得到下列方程:

$$y = -17.5 + 0.265x_1 + 0.644x_2 + 18.9x_3 + 0.0000362x_4$$

相关系数 $R = 0.869$, 回归显著性检验表明极显著 ($p < 0.01$)。

2. 温度、相对湿度对狭翅雏蝗存活率的影响

不同温、湿度下狭翅雏蝗各龄蛹的存活率见表 3。表 3 表明, 狭翅雏蝗只是在 21°C — 35°C 范围内才能发育到成虫, 而当温度低于 21°C 或高于 35°C 时, 蝗蛹在 1 龄时就都死亡。我们还看到, 湿度对存活率的作用受温度影响, 一般在 100% 相对湿度下, 全蛹期存活率为零 (仅 30°C 例外)。

在同一温、湿度条件下, 蝗蛹不同龄期的存活率往往有很大差异。方差分析 (表 4) 表明, 在大多数情况下, 蝗蛹不同龄期存活率之间有很大差异。

笔者对不同龄期和全蛹期的存活率与温、湿度的关系进行了方差分析 (表 5)。分析时, 我们采用 33°C 、 30°C 、 28°C 、 25°C 、80% 和 60% 相对湿度下的存活率数据。结果表明,

表3 不同温、湿度条件下狭翅雏螭各龄期存活率

Table 3 The survival of *C. dubius* in different temperatures and humidities

存活率	温度 相对湿度 (%)	37℃		35℃		33℃		30℃			28℃		25℃		21℃		18℃		
		80	80	60	80	60	100	80	60	80	60	100	80	60	100	80	100	80	60
		龄期																	
1 龄	平均值	0	17.2	0	46.7	5.6	62.3	67.8	35.0	47.5	73.0	50.0	71.5	47.8	47.5	47.4	0	0	0
	标准误	0	1.58	0	6.68	3.21	11.56	6.85	6.46	9.47	8.51	6.82	10.47	14.34	11.09	7.86	0	0	0
2 龄	平均值	—	79.2	—	68.8	100.0	87.9	89.6	85.4	95.0	81.5	37.5	84.7	87.5	23.9	58.3	—	—	—
	标准误	—	12.50	—	6.25	0.00	7.12	6.26	8.59	4.33	9.11	4.33	6.06	12.50	10.52	11.41	—	—	—
3 龄	平均值	—	91.7	—	58.4	75.0	85.2	83.8	95.0	100.0	100.0	52.9	80.2	96.9	16.7	65.0	—	—	—
	标准误	—	8.33	—	8.35	10.21	5.91	5.55	5.00	0.00	0.00	4.74	15.91	3.12	11.79	23.63	—	—	—
末 龄	平均值	—	37.5	—	25.0	0.0	37.5	85.4	54.2	79.2	71.0	0.0	35.1	68.8	0.0	55.6	—	—	—
	标准误	—	23.94	—	14.44	0.00	5.11	8.59	4.18	12.50	7.80	0.00	12.65	23.66	0.00	20.79	—	—	—
全 蛹 期	平均值	—	3.1	—	5.3	—	17.5	42.9	15.0	32.5	44.7	—	23.3	31.9	—	14.6	—	—	—
	标准误	—	1.80	—	3.06	—	4.35	5.84	2.50	4.79	9.68	—	7.82	16.51	—	8.56	—	—	—

表4 各种温、湿度条件下狭翅雏螭不同龄期存活率方差分析

Table 4 the analysis of variance of the survivals of instars in different temperatures and humidities

温 度	35℃		33℃		30℃		28℃		25℃			21℃	
相对湿度	80	60	80	60	80	60	80	60	100	80	60	100	80
实际 F 值	4.68	—	4.62	45.8	1.56	13.43	8.35	7.10	39.8	3.32	1.97	5.04	0.03
显 著 性	*	—	*	**	否	**	**	**	**	(*)	否	*	否

**, 极显著 ($p < 0.01$)*, 显著 ($p < 0.05$)(*), 较显著 ($p < 0.1$)

表5 不同温、湿条件对狭翅雏螭存活率影响的方差分析

Table 5 the analysis of variance of the survival, temperature and humidity

显著性 因子	龄期	1 龄	2 龄	3 龄	末 龄	全 蛹 期
温 度		**	**	**	**	**
湿 度		**	*	否	否	*
交互作用		**	**	**	**	否

对于全蛹期来说, 温度的影响极显著 ($p < 0.01$), 湿度的影响显著 ($p < 0.05$), 两者的交互作用不显著 ($p > 0.10$)。我们若从各个龄期的结果上看, 在各龄期, 温度以及温度与相对湿度的交互作用都极显著 ($p < 0.01$), 相对湿度的作用在低龄期 (1 龄和 2 龄) 时显著, 高龄期 (3 龄和末龄) 时不显著。

同样, 我们以

$x_1 = (T' - T)(T - T_0)$ 代表温度的作用,

$x_2 = (H' - H)(H - H_0)$ 代表相对湿度的作用,

$x_3 = (\frac{H'}{T_0} - \frac{H}{T})(\frac{H}{T} - \frac{H_0}{T'})$ 和 $x_4 = (H'T' - HT)(HT - H_0T_0)$ 代表不同形式的温、湿度

的综合作用, 对存活率(y)进行回归分析。其中 $H_0 = 40\% \times 100$ 为可存活的相对湿度下限, $H' = 100\% \times 100$ 代表相对湿度的上限, $T_0 = 18^\circ\text{C}$ 代表温度下限, $T' = 37^\circ\text{C}$ 代表温度的上限, T 为温度值, H 为相对湿度 $\times 100$ 。 y 及 x_1 、 x_2 、 x_3 和 x_4 的值如表 6 所示。

表6 温、湿度对狭翅雏蝗存活率回归数据

Table 6 the data for regression between the survival of *C. dubius* and temperatures and humidities

温 度	37℃	35℃		33℃		30℃			28℃	
相对湿度(%)	80	80	60	80	60	100	80	60	80	60
存活率(y)	2.87	10.18	2.87	13.28	9.59	24.73	42.33	22.78	34.97	41.97
x_1	0.0	34.0	34.0	60.0	60.0	84.0	84.0	84.0	90.0	90.0
x_2	600	600	400	600	400	0	600	400	600	400
x_3	3.669	3.944	2.432	4.206	2.755	5.006	4.582	3.628	4.793	3.625
$x_4 \times 10^6$	1.524	1.710	1.920	1.844	1.858	1.470	1.950	1.710	1.956	1.576

温 度	25℃			21℃		18℃	
相对湿度(%)	100	80	60	100	80	100	80
存活率(y)	2.87	28.88	34.42	2.87	22.44	2.87	2.87
x_1	84.0	84.0	84.0	48.0	48.0	0.0	0.0
x_2	0	600	400	0	600	0	600
x_3	4.544	4.992	4.163	2.923	4.765	0.000	3.740
$x_4 \times 10^6$	1.920	1.870	1.320	1.920	1.576	1.710	1.220

经多元线性回归, 我们得到下列回归方程:

$$y = 28.1 + 0.403x_1 + 0.0151x_2 - 1.95x_3 - 17.7x_4$$

相关系数 $R = 0.847$, 回归显著性检验表明极显著 ($p < 0.01$)。

3 温、湿度条件对狭翅雏蝗生殖力的影响

生殖力(F)的计算是计算每雌平均产卵数, 即以雌成虫数除总产卵量。由此得到不同温、湿度条件下狭翅雏蝗生殖力(表7)。从表7中可以看出, 温度高于30℃和低于25℃时, 生殖力均为零, 28℃时, 生殖力最强。

表7 各种温、湿度条件下狭翅雏蝗生殖力

Table 7 The fecundity of *C. dubius* in different temperatures and humidities

温 度	35℃	33℃		30℃			28℃		25℃		21℃	
相对湿度(%)	80	80	60	100	80	60	80	60	80	60	80	60
雌成虫总数	0	1	0	6	8	4	6	10	5	6	2	0
总产卵量	0	0	0	50	116	30	111	257	40	123	0	0
生殖力	0	0	0	16.67	14.50	7.50	18.50	25.70	8.00	20.50	0	0

温、湿度对生殖力的作用进行了方差分析, 结果表明温度的作用显著 ($p < 0.05$), 相对湿度的作用不显著 ($p > 0.10$)。

4. 温、湿度对狭翅雏蝗种群增长率的影响

种群增长率的计算涉及一个性比问题,从实际结果来看,进入成虫的雌雄比一般都不是1:1,实验种群起始时的性比也非1:1,实际上,雌雄蛹的死亡率相差不大。因此,计算时性比以1:1计。

影响种群增长率的另一个因素是卵的孵化率,由于对孵化率的研究是通过控制温度和土壤含水率进行的,因此,计算各温度下的种群增长率时,孵化率都采用该温度下10.0%土壤含水率的孵化率数据。种群世代净增长率 R_0 可表示为:

$$R_0 = \frac{1}{2} \times S_1 \times S_2 \times S_3 \times S_{\text{末}} \times F \times H$$

其中, $S_1 - S_{\text{末}}$ 代表1龄到末龄蛹的存活率, F 代表生殖力, H 为孵化率, $1/2$ 为性比。

不同温、湿度下狭翅雏蝗种群世代净增长率见表8。表8表明,在温度高于30℃和低于

表8 不同温、湿度条件下狭翅雏蝗种群增长率

Table 8 The net reproduction rate of *C. dubius* in different temperatures and humidities

温 度	35℃		33℃		30℃		28℃		25℃		21℃		
相对湿度%	80	80	60	100	80	60	80	60	100	80	60	100	80
存活率	0.313	0.528	0.000	0.175	0.429	0.150	0.325	0.447	0.000	0.233	0.320	0.000	0.146
1-性比死亡率	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
生殖力	0.00	0.00	0.00	16.67	14.50	7.50	18.50	25.70	0.00	8.00	20.50	0.00	0.00
孵化率	0.050	0.325	0.325	0.575	0.575	0.575	0.400	0.400	0.625	0.625	0.625	0.425	0.425
种群增长率	0.00	0.00	0.00	0.84	1.79	0.32	1.21	2.30	0.00	0.58	2.05	0.00	0.00

25℃时, R_0 为零, 相对湿度为80%时, 30℃下 R_0 最高, 相对湿度为60%时, 28℃下 R_0 最高。

以 R_0 对温度作图(图1), 我们看到, 在80%相对湿度下, 适温($R_0 > 1$)范围为27.0—31.5℃, 在60%相对湿度下, 适温 $R_0 > 1$ 范围为23.0—29.5℃。

三、讨 论

1. 在温、湿度对昆虫实验种群影响的研究中, 如何描述温、湿度对昆虫生命力(存活、繁殖等)的影响是一个十分重要的问题。Delobel(1983)采用一元二次方程描述在一定温度下, 存活率与饱和差的关系, 每一温度有一个方程, 这样, 虽然每一个方程的相关性都很显著, 但不能反映温、湿度的总的作用。Reichenbach等(1984)亦采用回归分析的方法描述温、湿度的影响, 但由于自变量形式选择不当, 结果并不令人满意。

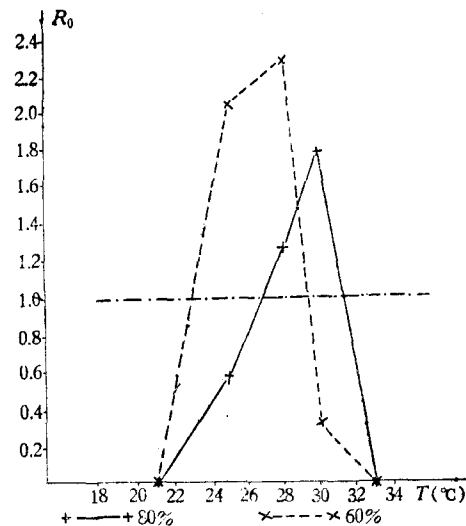


图1 狭翅雏蝗种群净增长率与温、湿度关系
Fig. 1 The net reproduction rate of *C. dubius* in different temperatures and humidities.

昆虫一般都有一定的适温与适湿范围,当出现极端温度和湿度时,则不利于昆虫的生存,当远离极端温、湿条件时,存活率提高。因此,在评价温度、湿度对存活率的影响时,采用变量 $x_1 = (T' - T)(T - T_0)$, $x_2 = (H' - H)(H - H_0)$ 分别代表温、湿度的作用(式中各符号的意义文中已述), x_1 和 x_2 就具有前面所说的性质,当远离极端温、湿度时,取值减小,与存活率的高低成正比。对于温、湿度的综合作用,前人常用温湿系数表示,即 $Q = H/T$ 。我们知道,当 Q 值小时,必然引起虫体大量失水, Q 值过高时,则使昆虫与外界气体、水分交换受阻,这都不利于昆虫的生存,当 Q 值适中时,则是有利的。因此,我们取 $x_3 = (\frac{H'}{T_0} - \frac{H}{T})(\frac{H}{T} - \frac{H_0}{T'})$

代表一种形式的温、湿度综合作用。但是,温、湿度的综合作用并不都属于这种形式,高温低湿与低温高湿固然对昆虫不利,低温低湿与高温高湿同样对昆虫是不利的。因此,我们取 $x_4 = (H'T' - HT)(HT - H_0T_0)$ 代表另一种形式的温、湿度综合作用。

由此可得到温、湿度对存活率影响的多元回归方程:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4$$

根据这一方程拟合存活率与温、湿度的关系。例如,本文关于温度和土壤含水率对卵孵化率的影响以及温度和相对湿度对蛹存活率影响的回归分析,结果都比较令人满意。

温、湿度对昆虫生命力(存活率、生殖力和种群增长率等)的影响,涉及温、湿度的单独影响和综合影响,单独使用温度、湿度和温湿系数等指标,往往只能反映一部分影响,是不全面的。因此,我们认为采用本文提出的回归方程式讨论温、湿度的影响具有普遍意义。

2. 从狭翅雏蝗对温、湿度的要求来看,温、湿度过高过低对其都是不利的。其适温范围为 $25^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$, 适宜的相对湿度范围为 $60\% - 80\%$, 若以温湿系数表示则 $R_0 > 1$ 的范围为

$$\frac{H \times 100}{T} = 2.03 - 2.96。$$

狭翅雏蝗种群增长率的最大值为 $R_0 = 2.296$, 对于昆虫来说,这一值是不高的。

3. 室内饲养表明,狭翅雏蝗雌蛹为5龄,而雄蛹有的为4龄,有的为5龄,王智翔等(1987)关于狭翅雏蝗的野外研究也是如此,这点不同于金翠霞、吴亚(1978)、他们认为狭翅雏蝗雌、雄蛹均为4龄。为了计算方便,我们在统计时把4龄和5龄合称为末龄。

由于条件所限,对实验蝗虫我们均以小麦苗作饲料,这不同于其在野外喜食的羊草,也就不可避免会造成一定的偏差。

参 考 文 献

- 马世骏 1957 “中国昆虫地理区划”在《中国动物地理区划与中国昆虫地理区划》中第69—97页,科学出版社。
 王智翔、陈永林、马世骏 1987 内蒙古锡林河流域典型草原狭翅雏蝗 *Chorthippus dubius* 种群动态与气象关系的研究。生态学报7(3):246—255。
 金翠霞、吴亚 1978 狭翅雏蝗生物学初步观察。昆虫知识15(1):47。
 Cox, P. D. et al, 1981, The influence of temperature and humidity on the life-cycle of *Corcyra cephalonica* (Stainton)(Lepidoptera:Pyralidae) *Bull. Entomol. Res.* 7(2):171—181
 Delobel, A. g. l. 1983, Humidity effects on *Atherigona soccata*:egg development and hatch. *Ent. exp. & appl.* 33(3):269—275。
 Gregg, P., 1983, Development of the Australian plague locust, *Chortoicetes terminifera*, in relation to

- weather I. effects of constant temperature and humidity. *J. Aust. ent. Soc.* 22(3):247—251.
- Hand, S.C. 1983, The effect of temperature and humidity on the duration of development and hatching success of eggs of the aphid, *Sitobion avenae*. *Entomol. exp. & appl.* 33(2):220—222
- Reichenbach, N.G. et al, 1984, Response of the western spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) to temperature and humidity developmental rates and survivorship. *Environ. Ent.* 13(2):611—618.
- silverman, J. et al, 1981, Influence of temperature and humidity on survival and development of the Cat Flea, *Ctenocephalides felis* (Siphonaptera: Pulicidae). *J. Med. entomol.* 18(1):78—83.
- Solomon, M.E. 1951, Control of humidity with potassium hydroxide, sulphuric acid or other solutions. *Bull. Entomol. Res.* 42:543—554.

THE INFLUENCE OF TEMPERATURE AND HUMIDITY ON THE EXPERIMENTAL POPULATION OF *CHORTHIPPUS* *DUBIUS*(ZUB.)

Wang Zhi xiang, Chen Yonglin, Ma Shijun
(Institute of Zoology, Academia Sinica)

The influence of temperature and humidity on the experimental population of *Chorthippus dubius* (Zub.) was studied in laboratory. Hatching of eggs, survival of nymphs, fecundity of adults and population net reproduction rate of *Chorthippus dubius*(Zub.) were determined over temperatures ranging from 16—37°C, soil water content ranging from 5.0—18.0% and relative humidity ranging from 60—100%.

Investigation showed: temperature, soil water content and their combined effects can influence hatching of the eggs significantly; temperature, relative humidity and their combined effects can influence survival of the nymphs significantly. The influence can be expressed with the following equation:

$$y = a + b_1(T' - T)(T - T_0) + b_2(H' - H)(H - H_0) + b_3(H'/T_0 - H/T)(H/T - H_0/T') + b_4(H'T' - HT)(HT - H_0T_0)$$

Here, H' and H_0/T' and T_0 represent the upper and lower limit of the humidity/temperature in which the insects can survive. H and T represent the actual humidity and temperature. y represents the survival or hatching of the insects. a, b_1, b_2, b_3, b_4 are constants.

Temperature may influence the fecundity significantly, but the effect of relative humidity is not significant. The net reproduction rate of the grasshopper's population (R_0) are bigger than 1 when temperatures are 27.0—31.5°C at 80% relative humidity and 23.0—29.5°C at 60% relative humidity.