

## 低温和光周期对不同地理种群大豆蚜蚜型的影响

王玲<sup>1</sup>, 杨帅<sup>2</sup>, 赵奎军<sup>1</sup>, 刘健<sup>1</sup>, 戴长春<sup>1</sup>, 韩岚岚<sup>1</sup>, 张立秋<sup>1</sup>

(1. 东北农业大学 农学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 黑龙江省农业科学院 植物脱毒苗木研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘要:**通过设置3个温度(18, 16, 14℃)和2个光周期(8:16, 10:14)处理, 对采自黑龙江、河北、山东和广东4个地理种群的大豆蚜进行了蚜型的诱导。结果表明:在各处理条件下,大豆蚜的各蚜型均可被成功诱导。在所设3个温度中,16℃为诱导性雄蚜和性母蚜的最佳温度,诱导量及所占比例相对较高。在同等光周期条件下,温度越低,有翅蚜的诱导比例越高,但对性雄蚜和性母蚜的诱导并未随温度降低而增加。此外,发现诱导大豆蚜各种蚜型所需日龄有随着地理纬度升高而缩短的趋势。

**关键词:**大豆蚜蚜型;温度;光周期;地理种群

**中图分类号:**S433.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-9841(2014)02-0228-04

## Effect of Low Temperature and Photoperiod on Soybean Aphid Forms from Different Geographical Populations

WANG Ling<sup>1</sup>, YANG Shuai<sup>2</sup>, ZHAO Kui-jun<sup>1</sup>, LIU Jian<sup>1</sup>, DAI Chang-chun<sup>1</sup>, HAN Lan-lan<sup>1</sup>, ZHANG Li-qiu<sup>1</sup>

(1. College of Agriculture, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China; 2. Virus-Free Seedling Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

**Abstract:** Effects of temperature and photoperiod on soybean aphid form, collected from Heilongjiang, Hebei, Shandong and Guangdong province, were studied by setting three temperatures (14, 16, 18℃) and two photoperiods (L:D = 10:14 and L:D = 8:16) in laboratory. The results revealed that the various morphs of soybean aphids which belonged to different geographical populations could be induced successfully at different temperatures and photoperiods. The optimal temperature for inducing the androparae male and gynoparae female was 16℃ with a higher amount and percentage. The more virginoparae could be reproduced in lower temperature at the same photoperiod, but the induction of the androparae male and gynoparae female was not only decided by low temperature. Otherwise, there was a decreasing trend of the reproductive period with the increasing latitude of location.

**Key words:** Soybean aphid forms; Temperature; Photoperiod; Geographical population

大豆蚜 (*Aphis glycines* Matsumura) 属半翅目蚜科、蚜属, 通过刺吸引起叶片卷曲、植株矮化及传播花叶病毒等对大豆造成危害<sup>[1-3]</sup>, 2000年先后侵入美洲及大洋洲, 已经成为备受关注的世界性大豆害虫<sup>[4-7]</sup>。大豆蚜作为一种异种寄生昆虫, 其生活史属于雌雄异体的异寄主全生命周期类型<sup>[8]</sup>。尽管孤雌生殖是植物生长季节大豆蚜的主要繁殖方式, 但8月末9月初由于气候条件不适宜, 大豆植株衰老, 大豆蚜开始陆续产生有翅蚜型, 向冬寄主回迁, 并于9月中下旬性雌蚜与雄蚜交配产卵越冬。在大豆蚜年生活史中, 经过十几代的连续孤雌生殖后的短暂有性生殖具有重要的生物学意义, 大豆蚜种群可以借此进行家系间的基因交流, 保持遗传结构的丰富度, 以适应变化着的环境而不致衰退。

Johnson等<sup>[9]</sup>研究认为, 蚜虫虫口密度、环境拥挤度、寄主植物、温度、光周期等环境因子与有翅蚜的产生和分化有密切联系。各国学者对多种蚜虫的深入

细致研究结果也表明, 引起蚜虫蚜型分化产生相关的环境因子很多, 且各因子在不同种类蚜虫中的主次作用不同<sup>[10]</sup>。蚜虫的有性生殖阶段可以在室内通过调节温度和光周期的方式人工诱导产生, 这方面的研究在桃蚜、麦二叉蚜、蚕豆蚜、棉蚜等蚜虫中已进行得较为深入<sup>[11-14]</sup>。但对于大豆蚜来说, 目前在性蚜诱导方面的研究还很缺乏, 大豆蚜有性世代的诱导条件也仍需摸索。因此, 现通过设定3个温度和2个光周期的处理组合, 摸索低温和光周期对大豆蚜各有性蚜型分化的影响, 旨在为进一步在冬寄主上性蚜诱导的研究提供参考。

### 1 材料与方法

#### 1.1 供试材料

供试大豆蚜种群于2007年8月分别采自于黑龙江省哈尔滨市(HLJ)、河北省廊坊市(HB)、山东省济南市(SD)和广东省广州市(GD)。在温度(24

收稿日期:2013-10-10

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项(CARS-04);公益性行业(农业)科研专项(201103002)。

第一作者简介:王玲(1984-),女,在读博士,主要从事有害生物发生机制与控制研究。E-mail:lingling6958@163.com。

通讯作者:赵奎军(1960-),男,教授,博士生导师,主要从事农业昆虫与害虫防治研究。E-mail:kjzhao@neau.edu.cn。

$\pm 1$ ) $^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度(70 $\pm$ 5)%和光暗周期13:11的RXZ人工气候箱内培养。供试大豆品种为东农46。

### 1.2 方法

设定3个温度梯度(18,16和14 $^{\circ}\text{C}$ )及2个光暗周期(10:14,8:16)的处理组合对4个地理种群大豆蚜进行低温诱导,每个处理10头蚜。经常规人工气候箱对各种种群大豆蚜繁殖后,分别选取各种群中大小一致的4龄大豆蚜10头( $G_0$ )(尽可能为不同克隆,下同)置于RXZ人工气候箱内叶子圆片法单头饲养<sup>[15]</sup>,待 $G_0$ 长至成蚜后收集其24h内所产1龄若蚜( $G_1$ )10头并移除 $G_0$ ,饲养 $G_1$ 至成蚜后,分别收集第2、7、12、17天所产若蚜( $G_2$ )并饲养至成蚜,记录无翅蚜和有翅蚜的比例后移除 $G_2$ 代中无翅蚜(孤雌胎生蚜),留有翅蚜 $G_2$ (孤雌胎生蚜或性母蚜)继续饲养至 $G_3$ 代长至成蚜,以判断出各类蚜型。 $G_3$ 代中凡可产仔的有翅蚜为孤雌胎生蚜,不产仔的有翅蚜为雄蚜或性母蚜。

### 1.3 数据分析

利用Excel 2007和DPS 7.05对不同地理种群大豆蚜在各处理条件下诱导结果进行单因素方差分析和多重比较(LSD法)。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同地理种群大豆蚜的低温光周期诱导

在人工设定光温条件下,除未诱导出性雌蚜外,有翅孤雌蚜、性母和性雄蚜均可被成功诱导,这可能与大豆蚜属寄主专化型蚜虫有关,在无冬寄主鼠李的条件下,不能诱导产生性雌蚜。

综合分析表1结果可知,在所设光温处理下,除18 $^{\circ}\text{C}$ 处理下的广东种群外,其他处理下的各大豆蚜种群均能成功诱导出有翅孤雌蚜。从处理温度上看,在18 $^{\circ}\text{C}$ 下,性母蚜只在黑龙江种群和河北种群中诱导产生,而其他种群无性母蚜产生,性雄蚜在4个地理种群中均未能被诱导产生;在16 $^{\circ}\text{C}$ 下,性雄蚜开始被诱导产生,其中,在光暗周期8:16下,各地理种群均能诱导出性雄蚜,而在光暗周期10:14下,只有黑龙江种群和河北种群可产生性雄蚜;从处理光周期上看,有翅蚜诱导比例有随着温度降低而增加的趋势,且相对于光暗周期10:14,在8:16条件下各地理种群有翅蚜诱导比例均相对增高;从对性母蚜和性雄蚜的诱导比例上看,4个地理种群诱导出的性母蚜在16 $^{\circ}\text{C}$ 时比例最大,且有随纬度升高而增大的趋势。

表1 不同温度及光周期条件下 $G_2$ 代中大豆蚜蚜型数量及所占比例

Table 1 Number and percentage of various morphs in  $G_2$  under different temperatures and photoperiods

温度 Temperature / $^{\circ}\text{C}$	种群 Population	有翅蚜 Alate		无翅蚜 Aptera		有翅孤雌蚜 Virginoparae		性母蚜 Gynoparae female		性雄蚜 Androparae male	
		10:14	8:16	10:14	8:16	10:14	8:16	10:14	8:16	10:14	8:16
		14	HLJ	56(65.10)	67(56.30)	30(34.90)	52(43.70)	46(82.10)	53(79.10)	7(12.50)	6(9.00)
	HB	52(62.65)	65(61.30)	31(37.35)	41(38.70)	45(86.54)	57(87.70)	5(9.60)	3(4.60)	2(3.86)	5(7.70)
	SD	50(60.98)	49(55.68)	32(39.02)	39(44.32)	46(92.00)	45(91.80)	3(6.00)	1(2.10)	1(2.00)	3(6.10)
	GD	41(54.67)	53(53.50)	34(45.33)	46(46.50)	39(95.10)	47(88.68)	2(4.90)	5(9.40)	0	1(1.92)
16	HLJ	36(43.90)	68(72.30)	46(56.10)	26(27.70)	10(27.80)	5(7.40)	20(55.60)	57(83.80)	6(16.60)	6(8.80)
	HB	43(39.45)	44(51.80)	66(60.55)	41(48.20)	12(27.90)	3(6.80)	23(53.50)	34(77.30)	8(18.60)	7(15.90)
	SD	9(12.00)	26(32.50)	66(88.00)	54(67.50)	5(55.60)	6(23.10)	4(44.40)	17(65.40)	0	3(11.50)
	GD	17(14.40)	23(25.60)	101(85.60)	67(74.40)	13(76.47)	7(30.40)	4(23.53)	12(52.20)	0	4(17.40)
18	HLJ	23(22.77)	32(31.10)	78(77.23)	71(68.90)	20(86.96)	24(75.00)	3(13.04)	8(25.00)	0	0
	HB	21(19.63)	26(23.42)	86(80.37)	85(76.58)	19(90.48)	23(88.46)	2(9.52)	3(11.54)	0	0
	SD	10(11.60)	12(11.10)	76(88.40)	96(75.90)	10(100.00)	12(100.00)	0	0	0	0
	GD	0	0	98(100.00)	96(100.00)	0	0	0	0	0	0

括号中的数值为百分比。

The value in brackets means the percentage.

另外,在14 $^{\circ}\text{C}$ 两个光周期处理条件下,性母蚜和性雄蚜的诱导比例明显降低,说明温度过低可能对性母蚜和性雄蚜的诱导产生不利影响。

### 2.2 大豆蚜各蚜型产生与产仔天数的关系

由表2可知,除广东种群在18 $^{\circ}\text{C}$ 下未产生有翅

蚜外,黑龙江、河北和山东3地理种群大豆蚜均有有翅孤雌蚜和性母蚜产生,在两个光周期下4个地理种群大豆蚜均未能诱导出性雄蚜,由数据可知,孤雌蚜和性母蚜的诱导比例与产蚜日龄呈正相关,即当日所产有翅孤雌蚜和性母蚜占总产蚜量的比例

增加。同样,在16℃下,除光暗周期10:14下广东种群外,性雄蚜在其他诱导条件下均可被成功诱导,且随着性母蚜和性雄蚜的产生,其比例增加趋势也随着产蚜日龄的增加而增大。此外,在14℃下,3种蚜型也均可被成功诱导,但与16℃比较发现,其有翅孤雌蚜所占比例随产蚜日龄增加,而其

他3种蚜型虽可以被诱导但所占比例均较小,且出现都相对滞后。

综合分析表明,4个地理种群大豆蚜呈现出随着地理纬度的升高,其各蚜型诱导所需日龄缩短,且光周期有利于缩短各诱导蚜型出现时间,但诱导温度并非越低越利于大豆蚜蚜型诱导。

表2 不同温度及光周期条件下G<sub>2</sub>代中有翅蚜蚜型诱导比例的变化

Table 2 Percentages of various morphs of G<sub>2</sub> in reproductive period under different temperatures and photoperiod

种群 Population	产蚜日龄 Reproductive period/d	光暗周期 8:16 L:D=8:16									光暗周期 10:14 L:D=10:14									
		有翅 孤雌蚜 Virginoparae			性母蚜 Gynoparae female			性雄蚜 Androparae male			有翅 孤雌蚜 Virginoparae			性母蚜 Gynoparae female			性雄蚜 Androparae male			
		18℃	16℃	14℃	18℃	16℃	14℃	18℃	16℃	14℃	18℃	16℃	14℃	18℃	16℃	14℃	18℃	16℃	14℃	
HLJ	2	13.90	8.70	36.54	5.56	56.53	0	0	0	0	7.14	12.50	52.90	0	0	0	0	0	0	
	7	22.86	8.82	42.86	5.71	44.12	14.29	0	0	14.29	11.50	31.82	61.90	0	0	9.50	0	0	0	
	12	33.30	0	50.00	12.50	72.20	3.57	0	11.10	14.29	31.03	0	33.30	3.40	39.13	11.10	0	17.40	11.10	
	17	37.50	0	56.00	12.50	84.20	12	0	21.05	8.00	33.40	0	69.23	11.1	84.62	23.08	0	15.38	7.69	
HB	2	0	15.00	40.00	0	40.00	0	0	5.00	0	3.80	17.40	46.9	0	0	0	0	0	0	0
	7	18.92	0	58.30	0	35.70	0	0	7.10	0	5.30	14.70	52.17	0	17.65	4.35	0	2.94	0	0
	12	46.15	0	67.86	0	40.00	0	0	10.00	2.00	31.00	8.10	66.70	0	27	5.56	0	5.40	0	0
	17	57.14	0	57.16	42.86	47.06	21.42	0	11.76	21.42	36.80	0	60	10.50	46.70	30.00	0	33.30	20.00	0
SD	2	0	7.40	35.60	0	3.70	0	0	0	0	0	0	46.43	0	0	0	0	0	0	0
	7	2.86	17.40	68.75	0	13.04	0	0	0	0	0	0	43.48	0	0	0	0	0	0	0
	12	21.74	0	63.16	0	40.00	5.26	0	0	5.26	13.30	14.81	70.58	0	3.70	5.88	0	0	0	0
	17	31.58	0	75.00	0	46.70	0	0	20.00	25.00	42.85	12.50	78.58	0	37.50	14.30	0	0	0	7.14
GD	2	0	8.70	47.72	0	0	0	0	0	0	0	8.30	42.86	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	19.00	44.40	0	0	0	0	0	0	0	11.90	52.63	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	3.57	57.14	0	25.00	0	0	0	0	0	11.10	60.00	0	2.80	0	0	0	0	0
	17	0	0	37.50	0	27.80	31.25	0	22.20	6.25	0	12.50	61.54	0	18.75	11.76	0	0	0	0

### 3 讨论

温度和光周期是影响昆虫生存的重要环境因子,自然界温度和光周期的变化以及室内环境下对温度和光周期的人工调控都会对其生长发育和种群动态造成直接或间接的影响。对于蚜虫来说,蚜型的分化不仅是其通过自身调节以适应温度和光周期变化的重要方式,也是其对季节性环境变化适应的一个重要生态特征。很多研究表明,蚜虫蚜型变化的临界温度和临界光周期因蚜虫自身种类、种群密度及光温互作密切相关<sup>[16]</sup>。

目前光温调控已被广泛用于昆虫领域的相关研究,如有性世代、打破滞育等。在蚜虫研究中主要以蚜型诱导研究居多,如烟蚜<sup>[17]</sup>、棉蚜<sup>[18-19]</sup>等2000年左右已有很多报道。本研究通过对不同大豆蚜种群蚜型的诱导可以看出,温度过低虽然有利

于诱导产生有翅蚜,但并不完全利于诱导性母蚜和性雄蚜产生,这可能是因为寒冷的冬天,大豆蚜为了维持种群的延续,当温度过低时采取的一种适应策略,有翅蚜比例的增多可以大大加强其迁飞扩散能力,进而找到适合越冬的环境所在。同时,本研究所用4个大豆蚜种群还在纬度上体现出了分布的广阔性,从广东到黑龙江的纵向领域内气候条件复杂多样,所以大豆蚜为了延续种群必然会形成适应不同生存环境的应对策略,地理纬度越高诱导大豆蚜各种蚜型所需日龄越短的趋势即是其中之一。当然,每个种群的适应性策略都是由长期的生物进化得来的,并成为种群内部固有的特性由体内遗传机制控制,这对蚜型分化会有一定的调控作用,因此也可在今后从分子水平上加以研究。此外,本研究虽然成功诱导出了性母蚜和性雄蚜,但未能诱导性雌蚜,还有待于进一步研究。

## 参考文献

- [1] 王素云, 暴祥致, 孙雅杰, 等. 大豆蚜虫对大豆生长和产量影响的试验[J]. 大豆科学, 1996, 15(3): 243-247. (Wang S Y, Bao X Z, Sun Y J, et al. Study on effect of population dynamics of soybean aphid (*Aphis glycines*) on both of growth and yield of soybean [J]. Soybean Science, 1996, 15(3): 243-247. )
- [2] Liu J, Wu K M, Hopper K R, et al. Population dynamics of *Aphis glycines* (Homoptera: Aphididae) and its natural enemies in soybean in Northern China [J]. Annals of the Entomological Society of America, 2004, 97(2): 235-239.
- [3] Burrows M E L, Boerboom C M, Gaska J M, et al. The relationship between *Aphis glycines* and soybean mosaic virus incidence in different pest management systems [J]. Plant Disease, 2005, 89: 926-934.
- [4] Ragsdale D W, Landis D A, Brodeur J, et al. Ecology and management of the soybean aphid in North America [J]. Annual Review of Entomology, 2011, 56: 375-399.
- [5] Hill C B, Li Y, Hartman G L. Soybean aphid resistance in soybean Jackson is controlled by a single dominant gene [J]. Crop Science, 2006, 46: 1606-1608.
- [6] 刘健, 赵奎军. 大豆蚜的生物学防治技术 [J]. 昆虫知识, 2007, 44(2): 179-185. (Liu J, Zhao K J. Biology and control techniques of soybean aphid, *Aphis glycines* [J]. Chinese Bulletin of Entomology, 2007, 44(2): 179-185. )
- [7] 杨帅, 刘健, 赵奎军, 等. 不同地理种群大豆蚜生长发育的形态指标 [J]. 昆虫知识, 2010, 47(1): 67-71. (Yang S, Liu J, Zhao K J, et al. Morphological variation for growth and development of soybean aphid collected from different geographical zones [J]. Chinese Bulletin of Entomology, 2010, 47(1): 67-71. )
- [8] 张俊杰, 王瑞珍, 肖亮, 等. 大豆蚜虫生物型鉴定初探 [J]. 大豆科学, 2013, 32(2): 234-237. (Zhang J J, Wang R Z, Xiao L, et al. Primary identification of soybean aphid biotypes [J]. Soybean Science, 2013, 32(2): 234-237. )
- [9] Johnson B, Briks P R. Studies on wing polymorphism in aphids I. The development process involved in the production of the different forms [J]. Entomology Experimental Application, 1960, 3: 327-328.
- [10] Müller C B, Williams I S, Hardie J. The role of nutrition, crowding and interspecific interactions in the development of winged aphids [J]. Ecological Entomology, 2001, 26: 330-340.
- [11] 张素方, 程家安, 杨效文. 桃蚜不同蚜型 DNA 多态性的 RAPD 研究 [J]. 昆虫学报, 2002, 45(6): 764-769. (Zhang S F, Cheng J A, Yang X W. RAPD analysis of different forms of the green peach aphid [J]. Acta Entomologica Sinica, 2002, 45(6): 764-769. )
- [12] 刘向东, 张立建, 张孝羲, 等. 棉蚜对寄主的选择及寄主专化型研究 [J]. 生态学报, 2002, 22(8): 1281-1285. (Liu X D, Zhang L J, Zhang X X, et al. Studies on cotton aphid *Aphis gossypii* electivity to host and its host type [J]. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(8): 1281-1285. )
- [13] 刘向东, 张孝羲, 翟保平. 蚜虫寄主专化型及其成因 [J]. 昆虫学报, 2004, 47(4): 499-506. (Liu X D, Zhang X X, Zhai B P. Host biotypes and their formation causes in aphids [J]. Acta Entomologica Sinica, 2004, 47(4): 499-506. )
- [14] 高雪, 刘向东. 棉花型和瓜型棉蚜产生有性世代能力的分化 [J]. 昆虫学报, 2008, 51(1): 40-45. (Gao X, Liu X D. Differentiation of cotton and cucumber specialized aphids of *Aphis gossypii* glover incapacity to produce sexuales [J]. Acta Entomologica Sinica, 2008, 51(1): 40-45. )
- [15] 刘树生, 孟学多. 昆虫发育期分布的模拟研究 [J]. 生态学报, 1990, 10(2): 160-166. (Liu S S, Meng X D. A simulation study on the distributions of insect development time [J]. Acta Ecologica Sinica, 1990, 10(2): 160-166. )
- [16] 张广学, 钟铁森. 中国经济昆虫志, 第二十五册: 同翅目蚜虫类 (一) [D]. 北京: 科学出版社, 1983: 312-313. (Zhang G X, Zhong T S. Economic Insect Fauna of China. Fasc. 25: Homoptera: Aphidinea, Part I [D]. Beijing: Science Press, 1983: 312-313. )
- [17] 杨效文, 张孝羲, 陈晓峰. 我国烟蚜种群分化的 RAPD 分析 [J]. 昆虫学报, 1999, 42(4): 372-380. (Yang X W, Zhang X X, Chen X F. RAP D-PCR analysis of population differentiation of green peach aphid in China [J]. Acta Entomologica Sinica, 1999, 42(4): 372-380. )
- [18] 龚鹏, 张孝羲. 温度和光周期对棉蚜性蚜产生的诱导 [J]. 植物保护学报, 2001, 28(4): 318-324. (Gong P, Zhang X X. The inducement of temperature and photoperiod to produce sexuales of *Aphis gossypii* glover [J]. Acta Phytopylacica Sinica, 2001, 28(4): 318-324. )
- [19] 刘健, 吴孔明, 赵奎军, 等. 不同地理种群棉蚜对温度和光周期的生态适应性 [J]. 生态学报, 2003, 23(5): 863-869. (Liu J, Wu K M, Zhao K J, et al. The ecological adaptability of *Aphis gossypii* collected from different climate zones to temperature and photoperiod [J]. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(5): 863-869. )