

大豆蚜的系统最优控制研究

王玉正

(山东省植物保护总站, 济南 250100)

巴峰

(德国拜尔公司北京联络处, 北京)

摘要 1993~1996年作者以系统最优控制^[1]为技术原理, 采用逐步逼近法和正交优化法, 研究了豆田11种可控因素对大豆蚜、天敌和产量的综合效应。根据既控虫增产又保护生态的原则, 综合评价可控因素, 提出大豆蚜系统最优控制: 大豆与玉米同穴(4:1式)或间作(9:2式)、鲁豆4号6月10日前后播种、1800g/hm²微肥拌豆种、N 45kg/hm²、P₂O₅ 60kg/hm²、K₂O 150kg/hm²、有机肥 2.25万 kg/hm²、抗蚜威 60g/hm² 防治大豆蚜。组配了大豆玉米同穴、间作和纯作豆田3种大豆种植方式的大豆蚜最优控制技术。示范结果表明, 三者对大豆蚜控制效果依次为93.5%、83.9%和71.8%, 增产率为28.1%、16.0%和15.3%, 前二者天敌量增加2倍以上。

关键词 大豆蚜, 可控因素, 综合效应, 最优控制

大豆蚜(*Aphis glycines* Matsumura)是大豆的重要害虫。影响大豆蚜发生的因素可归为两类:一类是不可控因素, 主要包括气象因素, 如温湿度、降雨等;另一类为可控因素, 主要包括种植方式、品种、播期、施肥、施药等, 可称为人类控制因素, 是进行系统控制的重要因素。可控因素对大豆蚜的综合效应尚缺乏系统研究。作者于1993~1996年研究了豆田11种主要可控因素对大豆蚜、天敌和产量的综合效应, 探索了大豆蚜的系统最优控制。

1 材料与方方法

1.1 试验设计与方法

试验分3个阶段。第1阶段(1993~1994年)采用逐步逼近法, 即查阅出目前认为适合大豆高产的可控因素水平, 组成基本值集, 然后上下变动各因素水平, 组成试验方案进行试验; 经过试验后根据产量再取最优值作为基本值集, 再上下变动各因素水平进行试验, 逐步逼近各因素的最优值。依次对比可控因素对大豆蚜、天敌和产量的效应。第2阶段(1995年), 在前两年试验的基础上, 采用L₂₇(3)¹³正交表设计方案, 进行田间试验, 进一步明确各因素对大豆蚜、天敌和产量的效应。试验共进行了11种可控因素的研究, 小区面积100m²。第3阶段(1996年), 在1993~1995年研究的基础上, 综合评价了可控因素, 提出了大豆蚜最优控制策略, 组配了大豆玉米同穴混播、间作和纯作豆田大豆蚜系统最优控制技术, 并进行了示范验证, 示范小区面积为0.07hm²。氮、磷、钾为测土施肥, 微肥播种施用。试验因素及水平见表1。

表1 试验因素与水平

年份	因素水平	种植方式	品种	播期 (月.日)	微肥 (g/hm ²)	N P ₂ O ₅ K ₂ O (kg/hm ²)			有机肥	生长调节剂 (kg/hm ²)	盖膜	药剂防治大豆蚜 每hm ² 用量
						N	P ₂ O ₅	K ₂ O				
1993	1	间作	鲁豆2	6.10	0	45	30	90	0	0		
	2	同穴	鲁豆4	6.15	450	75	60	120	22500	1500		
	3	纯作		6.20	750	105	90	150				
	4				1050							
1994	1	间作	鲁豆2	6.10	450	45	15	120	2		不盖膜	
	2	同穴	鲁豆4	6.15	750	75	30	150	22500		盖膜	
	3	纯作	科丰6	6.20	1050	105	60	180				
	4		巨丰1									
1995	1	间作	鲁豆2	6.10	0	45	60	75				抗蚜威 60g
	2	同穴	鲁豆4	6.20	1050	75	120	150				氧化乐果 150ml
	3	纯作	科丰6	6.30	1800	150	180	225				对照
1996	1	同穴	鲁豆4	6.10	1800	45	60	150				抗蚜威 60g
	2	间作	鲁豆4	6.10	1800	45	60	150				抗蚜威 60g
	3	纯作	鲁豆4	6.10	1800	45	60	150				氧化乐果 150ml

1.2 效果调查与统计方法

大豆出苗至收获,每小区5点对角线取样,每5日调查1次大豆蚜和天敌密度。收获期每小区5点取样,每点4株,测定大豆和玉米产量。为消除单次调查结果的误差,提高可比性,根据大豆蚜发生为害和天敌捕食均有密度和时间的二维性,以发生密度与时间的积之和作为发生指标^[2]。其计算式为: $S = \sum DT$ 。其中,D为相邻2次调查的平均密度,T为相邻2次调查的间隔时间。

2 结果与分析

2.1 可控因素对大豆蚜、天敌和产量的综合效应

2.1.1 大豆蚜:可控因素对大豆蚜的综合效应见表2。按正交表设计原理,各因素水平间的极差(R)表现了因素的主次性。2个试验点不同因素对大豆蚜影响的主次性排序如下:嘉祥:种植方式>N>播期>微肥>K₂O>P₂O₅>品种;菏泽:种植方式>药剂防治大豆蚜>P₂O₅>品种>播期>N>微肥。结果表明,种植方式对大豆蚜影响最大,因素间差异极显著。从作用性质看(表2),种植方式以大豆玉米同穴混播和间作豆田大豆蚜发生轻,较纯作豆田显著减轻;鲁豆4号大豆蚜发生较轻;播期越早发生越重;微肥1800g/hm²以下时,随施量增加发生趋重,而1800g/hm²时发生较轻;增施氮肥利于发生;P₂O₅以60kg/hm²发生最轻;K₂O有利于大豆蚜发生;药剂防治大豆蚜,氧化乐果防效较抗蚜威略高。此外,增施有机肥和喷施生长调节剂爱农对大豆蚜发生有利,而盖膜则不利发生。

2.1.2 天敌:豆田天敌种类较多,捕食大豆蚜的天敌有瓢虫、草蛉、食蚜蝇等,寄生性天敌有蚜茧蜂等,但以瓢虫发生最多,对大豆蚜控制作用最大。瓢虫以龟纹瓢虫(*Propylaea japonica* (Thunberg))和异色瓢虫(*Harmonia axyridis* (Pallas))为主,各占62.4%和10.3%。从表3看出,可控因素对瓢虫影响的主次性:嘉祥:种植方式>N>播期>微肥>K₂O>品种>P₂O₅;菏泽:种植方式>P₂O₅>品种>播期>N>微肥。两点均以种植方式

表 2 可控因素对大豆蚜的综合效应($\sum DT$)

地点	年份	因素水平	种植方式	品种	播期	微肥	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	有机肥	生长调节剂	盖膜	药剂防治	
嘉祥	1993	1	11050	29740	19690	13570	6980	35060	13570	13570	13570			
		2	13570	25303	13570	26240	13570	13570	20360	24320	20780			
		3	35960		13880	48310	13860	40970	24270					
	1994	1	10790	27540	38450	20640	21200	29780	19140	24210			24210	
		2	13530	24210	27950	24210	24210	24210	15250	35290			20270	
		3	24210	21745	24210	33610	30670	17630	24210					
	1995	1	62690	78700	85810	79060	68450	74140	72110					
		2	57780	74260	74100	82780	77700	75440	77380					
		3	111770	79280	72330	70400	86090	82660	82750					
			极差(R)	53990	5020	13480	12388	17640	8520	10640				
			位次	1	7	3	4	2	6	5				
			方差分析	109.59**	0.93	6.60*	4.96	9.57*	2.59	3.48				
菏泽	1995	1	477180	396160	445610	402460	364540	33830	—				403110	
		2	230960	351620	413120	413210	395140	413680	—				310360	
		3	501490	461850	350900	393960	449950	457650	—				496160	
			极差(R)	270530	110230	94710	19250	85410	119350	—				185800
			位次	1	4	5	7	6	3	—				2
			方差分析	47.47**	6.51*	4.90	0.20	3.96	7.71*	—				18.27**

对瓢虫影响最大。从作用性质分析(表 3),种植方式同穴混播和间作豆田瓢虫发生显著多于纯作豆田;品种鲁豆 4 号瓢虫发生较多;播期早发生多;增施微肥瓢虫发生少;氮素多瓢虫发生少;P₂O₅ 和 K₂O 利于瓢虫发生。另外,增施有机肥、爱农和盖膜对瓢虫发生有一定的抑制作用。药剂防治大豆蚜,抗蚜威和氧化乐果对瓢虫的杀伤率分别为 12.5% 和 20.5%。此外,大豆玉米同穴混播和间作豆田的草蛉、食蚜蝇、蚜茧蜂和农田蜘蛛均较纯作豆田显著增多。其中,草蛉较纯作豆田分别增加 80.6% 和 58.9%;农田捕食性蜘蛛增加 52.3% 和 41.3%;蚜茧蜂寄生率分别提高 29.9% 和 23.9%。

2.1.3 大豆产量:可控因素对大豆产量影响的主次性(表 4):种植方式>播期>微肥>品种>N>P₂O₅>K₂O。其中,前 4 项因素水平间差异显著,是影响大豆产量的主要因素。从作用性质分析(表 4),大豆产量以纯作最高,其次是间作,同穴混播最低,这与大豆种植密度有关,但从经济效益分析,同穴混播和间作较纯作豆田分别提高 33.2% 和 33.3%,进一步试验,同穴以 4:1 式(4 株大豆 1 株玉米),间作以 9:2 式(9 行大豆 2 行玉米)经济效益最高;播期早产量高;微肥拌种有显著的增产作用;3 年试验以品种鲁豆 4 号产量较高而稳定;氮素无明显增产作用;P₂O₅ 和 K₂O 分别以 60kg/hm² 和 150kg/hm² 产量较高。另外,有机肥有明显的增产作用,而喷施生长调节剂爱农和盖膜增产不明显。药剂防治大豆蚜,抗蚜威 60 kg/hm² 和氧化乐果 150ml/hm² 分别较对照增产 13.0% 和 28.6%。

表3 可控因素对瓢虫的综合效应($\sum DT$)

地点	年份	因素水平	种植方式	品种	播期	微肥	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	有机肥	生长调节剂	盖膜	药剂防治
嘉祥	1993	1	154.5	52.0	94.0	94.0	94.0	53.0	28.5	94.0	94.0		
		2	138.5	94.0	49.5	80.5	75.5	86.5	94.0	41.0	78.0		
		3	94.0		36.0	41.0	70.5	94.0	104.0				
		4				0							
	1994	1	264.0	95.0	138.5	138.5	153.5	81.5	138.5	147.0		138.5	
		2	291.5	138.0	138.0	111.5	138.5	103.0	139.5	138.5		68.5	
		3	138.5	116.0	130.0	76.0	131.5	138.5	157.5				
		4		123.5									
	1995	1	284.0	208.5	292.0	239.0	258.0	177.0	155.0				
		2	234.0	249.5	171.0	237.5	252.5	201.5	229.5				
		3	108.0	168.0	163.0	149.5	115.5	247.5	241.5				
		极差	176.0	81.5	129.0	89.5	142.5	70.5	86.5				
		位次	1	6	3	4	2	7	5				
		方差分析	21.85**	4.41	13.88**	6.98*	17.31**	3.40	5.03*				
菏泽	1995	1	603.5	507.5	660.0	582.0	659.5	383.0	—				12.5
		2	843.5	762.5	631.5	566.0	556.5	430.5	—				20.8
		3	254.5	432.0	410.0	553.5	485.5	888.0	—				
		极差	589.0	330.0	250.0	28.5	174.0	505.0	—				
	位次	1	3	4	6	5	2	—					
	方差分析	84.42**	28.09**	17.60**	0.19	7.19*	73.06**	—					

表4 可控因素对大豆产量的综合效应(kg/hm²)

(嘉祥)

年份	因素水平	种植方式	品种	播期	微肥	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	有机肥	生长调节剂	盖膜
1993	1	921.0	1582.5	2464.5	1812.0	2032.5	2032.5	1897.5	2032.5	2032.5	
	2	742.5	2031.0	2029.5	2032.5	1764.5	2559.0	2032.5	2590.5	2086.5	
	3	2032.5		1587.5	2173.5	1747.5	2086.5	2055.0			
	4				2409.0						
1994	1	1237.5	2076.0	2206.5	2206.5	2437.5	2373.0	1807.5	2206.5		2206.5
	2	696.0	2206.5	1846.5	2242.5	2289.0	2206.5	2206.5	2584.5		2067.5
	3	2206.5	2445.0	1501.5	2262.5	2206.5	2484.0	1612.5			
	4		2557.5								
1995	1	1087.5	1284.0	1645.5	1321.5	1414.5	1407.0	1369.5			
	2	556.5	1443.0	1407.0	1357.5	1381.5	1384.5	1395.0			
	3	2517.0	1435.5	1108.5	1483.5	1366.5	1369.5	1396.5			
	极差(R)	1960.5	159.0	537.0	162.0	48.0	37.5	27.0			
	位次	1	4	2	3	5	6	7			
	方差分析	729.22**	5.75**	51.36**	5.11**	0.42	0.26	0.16			

2.2 大豆蚜最优控制

根据既控虫增产又保护生态的原则,从大豆蚜、天敌和产量等方面综合评价可控因素,提出大豆蚜系统最优控制策略如下:大豆玉米同穴混播(4:1式)或间作(9:2式)、鲁豆4号、6月10日前后播种、1800g/hm²微肥拌种、N45kg/hm²、P₂O₅60kg/hm²、K₂O150kg/hm²、有机肥22500kg/hm²、抗蚜威60g/hm²喷雾防治大豆蚜。组配了大豆玉米同穴、间作和纯作3种大豆种植方式的大豆蚜最优控制(表1)。

示范结果表明,大豆玉米同穴、间作和纯作3种大豆种植方式的大豆蚜最优控制,对大豆蚜控制效果依次为93.5%、83.9%、71.8%;瓢虫分别增加276.3%、201.1%、-57.2%,草蛉依次增加492.1%、131.6%、34.2%,捕食性蜘蛛依次增加133.3%、70.1%和-23.2%;增产率依次为28.1%、16.0%和15.3%。同穴和间作大豆蚜最优控制对大豆蚜控制效果好,天敌增加2倍以上,增产幅度大,而纯作大豆蚜最优控制对大豆蚜控制效果较好,增产较明显,但天敌有一定程度的减少。

在技术应用中,对大豆蚜应根据防治指标和发生程度进行科学防治,充分保护利用自然生态的控害作用。

参 考 文 献

- 1 解学书. 最优控制理论与应用. 北京:清华大学出版社,1986
- 2 李 德,钱颂迪. 运筹学VI排队论. 北京:清华大学出版社,1982

STUDY ON THE OPTIMUM CONTROL OF SOYBEAN APHID

Wang Yuzheng

(General Station of Plant Protection of Shandong, Jinan)

Ba Feng

(Bayer Company Beijing Liaison Office, Beijing)

Abstract Integrative effect of 11 controllable factors of soybean field on soybean aphid (*Aphis glycines* Matsumura), natural enemies and summer soybean yield was studied systematically by the approaching optimum point and the $L_{27}(3)^{13}$ from 1993 to 1996. According to the criterion of not only good control of the pest and increase of soybean yield but also protection of natural enemies, the controllable factors were evaluated synthetically and the optimum system control of soybean aphid was suggested as follows: soybean sown in the same maize hole (4 to 1) or soybean interplanted in maize field (9 to 2 rows), cultivar lusoybean 4, sowing time about 10 June, dressing seeds with trace fertilizer at 1800g/hm², dosages of fertilizer N, P₂O₅ and K₂O application at 45, 60 and 150 kg/hm², dosage of solid manure application at 22500kg/hm², control soybean aphid with pirimicarb at 60g/hm². The technologies of optimum control to soybean aphid were made up in the three different modes including soybean sown in the same maize hole, soybean interplanted in maize field and monoculture soybean. It demonstrated that the results of control to soybean aphid were 93.5%, 83.9% and 71.8%, soybean growth rates were 28.1%, 16.0% and 15.3%, respectively, densities of natural enemy in the two interplanting modes were as much treble as that of the control.

Key words *Aphis glycines*, controllable factor, integrative effect, optimum control