

III. カメムシ類の耕種的省農薬防除

一 早生品種及び誘引品種利用による被害回避一

1. 早生品種栽培によるカメムシ害の回避

Brasilia, Paracatu, São Gotardodなどでは、早生ダイズにはカメムシの害がほとんどないと言われている。しかし、それを証明する資料はほとんど得られていない。そこで、ダイズ圃場における *Trissolcus mitsukurii* の放飼試験圃場（丘上試験圃場地域、1983年）並びに後述する誘引品種利用試験（主試験圃場地域）で得られた成績を検討してみると、第24表の通りであった。

第24表 ダイズの早生品種 Parana と晩生品種 Cristalina 間におけるカメムシ類による被害の差異

Table 24. Difference in the percentages of soybean seeds damaged by stink bugs between the early maturing variety "Parana" and the late maturing variety "Cristalina"

項目 Item	試験場所 Location	播種年月日 Date of sowing	品種 Variety	試験区 Experimental plot				Duncan's multiple range test Significance at 5%	備考 Remarks <i>Trissolcus mitsukurii</i>		
				Block							
				1	2	3	Mean				
Total % of seeds damaged	Principal area-G5	Nov. 25, 1983	Parana	15.2	16.6	9.1	13.6	A			
			Cristalina	49.8	35.3	36.1	40.4				
	Chapada area-M1	Nov. 29, 1983	Parana	21.1	18.4	19.9	19.8			B	卵寄生蜂放飼 Released
			Cristalina	36.4	27.3	25.6	29.8				
% of seeds severely damaged	Principal area-G5	Nov. 25, 1983	Parana	78.8	84.2	72.1	78.4	B	同無放飼 Not released		
			Cristalina	82.6	69.1	80.8	77.5				
	Chapada area-M1	Nov. 29, 1983	Parana	11.7	11.2	6.0	9.6			A	卵寄生蜂放飼 Released
			Cristalina	17.7	11.7	12.3	13.9				
% of seeds not damaged	Principal area-G5	Nov. 25, 1983	Parana	8.8	6.9	7.6	7.8	A	同無放飼 Not released		
			Cristalina	7.0	9.1	10.6	8.9				
	Chapada area-M1	Nov. 29, 1983	Parana	24.5	27.5	17.7	23.2			B	同放飼 Released
			Cristalina	20.0	17.8	22.1	20.0				
Weight of seeds not damaged (g/20 plants)	Principal area-G5	Nov. 25, 1983	Parana	81.3	79.7	86.8	82.6	A	卵寄生蜂放飼 Released		
			Cristalina	47.5	61.7	61.7	57.0				
	Chapada area-M1	Nov. 29, 1983	Parana	77.3	81.0	78.9	79.1			A	同無放飼 Not released
			Cristalina	62.8	71.4	73.6	69.3				
Weight of seeds not damaged (g/20 plants)	Principal area-G5	Nov. 25, 1983	Parana	19.1	14.3	25.3	19.6	B	同放飼 Released		
			Cristalina	14.3	27.6	16.8	19.6				
	Chapada area-M1	Nov. 29, 1983	Parana	356.0	372.4	340.0	339.5			C	同無放飼 Not released
			Cristalina	137.0	230.0	227.0	198.0				
Weight of seeds not damaged (g/20 plants)	Principal area-G5	Nov. 25, 1983	Parana	259.4	266.6	282.0	269.3	B	同放飼 Released		
			Cristalina	196.3	217.8	186.8	200.3				
	Chapada area-M1	Nov. 29, 1983	Parana	94.6	77.6	113.6	95.3			C	同無放飼 Not released
			Cristalina	58.1	125.5	67.0	83.5				

注. 主試験圃場地域

Note. Principal experiment area.

これによると、両試験圃場地域とも、ParanaはCristalinaより、カメムシ害が顕著に少かった。これは、Paranaはカメムシ類の生息密度がまだ低い1月に結莢して被害を受けやすい種子肥大初期～中期を経過してしまうのに反し、Cristalinaはカメムシ類の生息密度が高くなった2月以後に結莢するからである。ダイズ加害カメムシ類の生息密度が1月まで極めて低く、2月以降高まるのは、これらの種類がセラードの自然植生上ではほとんど増殖できず、前述したように、栽培作物の種子や莢上で急増するためである。

2. 早播きによるカメムシ害の軽減

上記のように晩生品種Cristalinaは、カメムシの生息密度が高くなった2月以後に結莢するため激しい被害を受けるが、早く播種することによって、若干被害を軽減することができる。すなわち、第25表に示した通り、11月20日播種区は12月3日播種区に比べて、被害が著しく少く、健全粒が著

しく多かった。これは、一般に2月以降は、遅くなるほど（乾期を除き）カメムシの生息密度が高まるうえ、早生ダイズが収穫されると、そのカメムシが晩生ダイズへ移動するため、遅播きダイズに被害が多発するが、早播きでは相対的にその時期を回避できるためである。

第25表: Cristalinaの播種期の早晚とカメムシ害の関係

Table 25. Relation between sowing time of "Cristalina" and percentage of soybean seeds damaged by stink bugs

項目 Item	播種年月日 Date of sowing	試験区 Experimental plot				ダンカン検定分級 Duncan's multiple range test Significance at 5%
		Block				
		1	2	3	Mean	
Total % of seeds damaged	Nov. 20, 1983	23.4	26.0	23.0	24.1	B
	Dec. 3, 1983	56.3	52.3	71.4	60.0	A
% of seeds severely damaged	Nov. 20, 1983	6.8	6.5	4.0	5.8	B
	Dec. 3, 1983	9.6	8.5	12.5	10.2	A B
% of seeds slightly damaged	Nov. 20, 1983	16.6	19.5	19.0	18.4	C
	Dec. 3, 1983	46.7	48.5	58.9	51.4	A
% of seeds not damaged	Nov. 20, 1983	73.2	69.9	74.8	72.6	B
	Dec. 3, 1983	38.5	37.9	27.1	34.5	D
Weight of seeds not damaged (g/20 plants)	Nov. 20, 1983	487.6	359.8	481.0	442.8	B
	Dec. 3, 1983	120.4	90.3	61.5	90.7	C

注・主試験圃場地域

Note. Principal experimental area

3. 誘引品種利用によるカメムシ類の耕種的省農薬防除*

Louisiana では、同一品種を主試験圃場の一部（全体の20%の面積）に10日～2週間早播きして、ここにダイズ加害コガネムシ類を早く誘引し、また、主生産品種より開花期の早い複数品種を主圃場の一部（全体の5%の面積）に栽培してここにカメムシ類を早く誘引し、それらに殺虫剤を散布することによって、両害虫群を皆殺しにして、大きな防除効果をあげており、アンゴラではこの方法を大規模に実施して経済効果が大きかったと報告している (Newson & Herzog, 1977)。

筆者は、カメムシ類の2つの圃場習性を圃場設計に取り入れて、上記の方法を以下に説明する通り大きく改善した。

1) カメムシ類の圃場特性

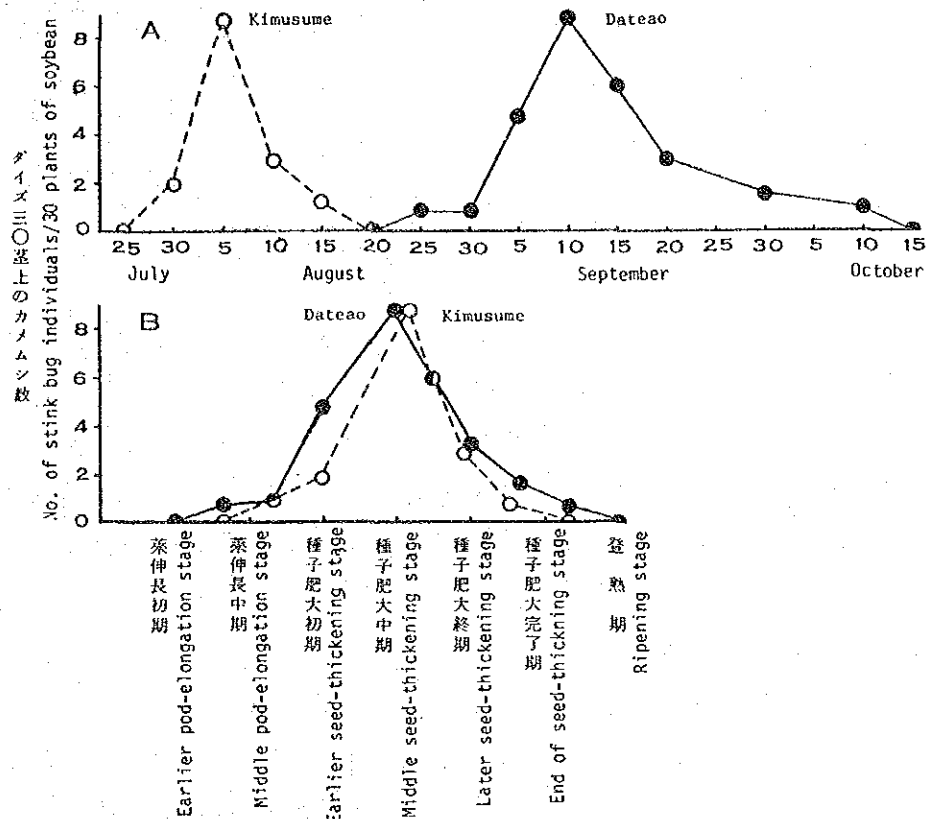
A. カメムシ類成虫の圃場内生息密度の消長

ダイズ加害カメムシ類は、ダイズが開花した後に飛来し、若莢から吸汁しながら交尾産卵を始める。成虫の生息密度が最も高まる時期は種子肥大初期～同中期の2～3週間であり、カメムシはこの時期に産卵を行なう。これは、ふ化幼虫がダイズ種子の発育と同調して発育し、新成虫になったとき、栄養分の豊富な成熟期前後の種子から十分に養分を吸収して、十分な産卵能力或るいは越冬（乾季）能力を獲得するのに必要な、寄主と寄生者の発育の同調性である。

筆者らが、伊達青と生娘を用いて両者の関係を調査した結果は第12図の通りで、アオクサカメム

*ブラジル昆虫学会第9回大会で口頭発表 [T. Kobayashi-G. W. Cosenza: The use of trap crops for controlling soybean stink bugs. IX. Congresso Brasileiro de Entomologia. B. Controle Integrado. 22-27 / VII, 1984. Londrina.]

シ (*Nezara antennata*) とイチモンジカメムシ (*Piezodorus hybneri*) 成虫の生息密度のピークは暦日では両者間で著しく異なったが、ダイズの発育ステージでは全く同様であることがわかった (石倉ら, 1955)。この両者の関係は、ダイズのカメムシ誘引性が種子肥大初期～同中期に最も強いことを意味し、これは誘引品種群の構成法を示唆するものである。



第12図. カメムシ類成虫の圃場内生息密度の消長 (石倉ら, 1955)

- A. *Nezara antennata*及び*Piezodorus hybneri*成虫のダイズ2品種上における季節的消長
 B. 同成虫の生息数とダイズの発育ステージとの関係

Fig. 12. Population fluctuations of adults of soybean stink bugs in a soybean field (Ishikura et al. 1955).

- A. Seasonal fluctuation of adults of *Nezara antennata* and *Piezodorus hybneri* on two soybean varieties.
 B. Relation between the population density of adults of the same species and the developmental stage of soybeans

B. カメムシ類の圃場内水平分布

PAD-DF (Brasilia郊外) のIAC-8, CPACのCristalina及びSorriso (Mato Grosso州) のTropical圃場で、圃場内道路から圃場の内方へ向かって、体長5mm以上のカメムシ類の生息密度の距離別変化の実態を調べた結果は第26表の通りであった。

これによると、総ての調査例において、カメムシ類の生息密度には周辺効果 (edge effect) が認

第26表. ダイズ加害カメムシのダイズ圃場内水平分布

Table 26. Horizontal distribution of soybean stink bugs in soybean fields.

調査圃場 Location	調査日 Date	品種 Variety	発育ステージ Developmental stage	圃場の縁線からの距離(内方へ) Distance from the edge of soybean fields(m)										調査方法 Method of Investigation	備考 Remarks
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
CPAC	Mar. 21, 1984	IAC-8	later seed-thickening stage	4.6	4.4	2.8	1.6	1.2	0.8	0.4	0.8	0.4	0	Mean number of individuals investigated in 10 lines parallel to the cropping line. Mean number of individuals investigated in 2 lines perpendicular to the cropping line.	Nonhost species investigated* Bean adults, <i>Euschistus</i> , Soybean adults, <i>Piezodorus</i> .
	May 2, 1985	Cristalina	Ditto	15	14	9	7	6	1	1	1	1			
CPAC	May 2, 1985	Cristalina	Ditto	10.0	8.0	9.4	10.4	6.0	4.6	2.2	2.8	2.4	2.0	Mean number of individuals investigated in 10 lines parallel to the cropping line.	Soybean adults, <i>Piezodorus</i> , <i>Edessa</i> .
SORRISO	Mean			7.4	6.5	5.6	5.2	3.4	2.0	1.0	1.5	1.1	0.7	Total number of individuals investigated on 2 lines parallel to cropping line.	Dishabitant adults, <i>Piezodorus</i>
	Mar. 27, 1985	Tropical	Ditto	1	5	10	15	20	25	30	(n)				
				44	35	26	16	9	5	6					

注: 1㎡当たり個体数(1m長×2条). Note: Number of individuals in 1 m² (1 m length X 2 lines).
* 配偶体数が多い順(第29, 32, 33頁も同じ) *Arrangement order of species followed the numerical order of individuals (The same as table 29, 32 and 33)

められ、1㎡当たりの生息密度が15頭以下の3例では、EMBRAPAが指導する要防除密度(加工用大豆生産の場合4頭/㎡)を越えていたのは外から6mまでであった。Sorrisoでは最高密度が44頭/㎡と例外的に高密度であったため、外から30mの地点でも6頭と密度が高かったが、これは隣接圃場のダイズを収穫したために、そこから成虫が飛来して起こった特異現象である。上述の、カメムシ類の水平分布にみられる周辺効果は、誘引品種の栽植場所を示唆するものである。

2) 試験方法

A. 1983~'84年における試験

1983年10月に、主試験圃場地域のG₁圃場地区に、4処理・3連制、1区面積5aの試験区を、処理区間間隔を6m、ブロック間間隔を12mとして、無作為配置した。ダイズの生産目的品種は、早生品種代表をParana、晩生品種代表をCristalinaとして、11月25日に播種し、誘引品種は、ParanaにはParana, Santa Rosa及びUFV-1を、またCristalinaにはCristalina, UFV-1及びDokoを配し、生産品種区の主部の周囲に1条ずつ、一部のものは播種期を変えて播種した。施肥・管理などの栽培法は普通に行ない、最も早い誘引品種条が着蕾する前に、各誘引品種条の立毛面積を全体の1%、5誘引品種列で合計5%となるように、一部のダイズ株を間引いて、立毛面積を調整した(写真IV-G)。また、最も早い誘引品種条の開花日の3週間後から、各試験区及び誘引品種列における主要害虫及び天敵の生息密度を10日間隔で調査した後、着莢している誘引品種列上にだけ殺虫剤(Sumithion乳剤1000倍液, 2000ℓ/ha)を散布して、生息害虫を皆殺しにした(写真IV-H)。これらの概要は、第27表の通りである。

ダイズが登熟した後、各誘引品種列及び処理区からそれぞれ20茎を無作為に抽出採取して、室内で風乾した後、虫害粒率並びに種子重量を調査した。

B. 1984~'85年における試験

1984年10月に、丘上試験圃場地域のM₁圃場地区に、2処理・3連制、1区面積10aの試験区を、処理区間間隔を40m、ブロック間間隔を50mとして、無作為配置した。試験区間には、5mを隔て、Cristalinaを11月27日に播種し、試験区よりも遅く開花して、試験区へのカメムシ類の飛来を妨げな

第27表 1983～'84年の誘引品種利用試験におけるダイズの発育経過並びに主要作業実施概要

Table 27. Development of each variety of soybean and date of insecticide application in the experiment on "the trap crop method" in 1983 - '84

生産目的品種 Production variety	誘引品種 Trap crop variety	播種日 Sowing date	開花日 Flowering date	登熟日 Ripening date	殺虫剤散布日 Date of insecticide application				
					1st	2nd	3rd	4th	5th
Parana (Main part)		Nov. 25	Jan. 12	Mar. 16	-	-	-	-	-
	I Parana	Nov. 9	Dec. 27	Feb. 27	Jan. 17	Jan. 27	Feb. 6	-	-
	II Parana	Nov. 17	Jan. 5	Mar. 9	-	Jan. 27	Feb. 6	Feb. 17	Feb. 27
	III Parana	Nov. 25	Jan. 12	Mar. 16	-	-	Feb. 6	Feb. 17	Feb. 27
	IV Santa Rosa	Nov. 25	Jan. 21	Mar. 25	-	-	Feb. 6	Feb. 17	Feb. 27
	V UFV-1	Nov. 25	Feb. 1	Apr. 8	-	-	-	Feb. 17	Feb. 27
Cristalina (Main part)		No. 25	Feb. 10	May 3	-	-	-	-	-
	I Cristalina	Nov. 20	Feb. 1	Apr. 25	Feb. 23	Mar. 8	Mar. 15	Mar. 26	Apr. 4
	II UFV-1	Nov. 25	Jan. 29	Apr. 18	Feb. 23	Mar. 8	Mar. 15	-	-
	III Cristalina	Nov. 25	Feb. 10	May 3	-	Mar. 8	Mar. 15	Mar. 26	Apr. 4
	IV Doko	Nov. 25	Feb. 21	May 11	-	-	Mar. 15	Mar. 26	Apr. 4
	V Cristalina	Dec. 3	Mar. 1	May 20	-	-	-	Mar. 26	Apr. 4

作条間隔: 0.5 m. Note. Interval between cropping lines: 0.5 m. 栽培密度: Parana 29.9 茎/m², Cristalina 24.3 茎/m².
Note: Population density of soybeans: Parana 29.9 plants/m², Cristalina 24.3 plants/m².

第28表. 1984～'85年の誘引品種利用試験におけるダイズの発育経過概要

Table 28. Development of each variety of soybean in the experiment on "the trap crop method" in 1984 - '85

生産目的品種 Production variety	誘引品種 Trap crop variety	播種日 Sowing date	開花日 Flowering date	登熟日 Ripening date
Parana (Main part)		Nov. 26	Jan. 16	Mar. 21
	I Parana	Nov. 9	Jan. 2	Mar. 1
	II Parana	Nov. 19	Jan. 9	Mar. 14
	III Parana	Nov. 26	Jan. 16	Mar. 21
	IV Santa Rosa	Nov. 26	Feb. 6	Apr. 20
	V IPB-76-504	Dec. 3	Jan. 27	Apr. 5

Note. Growth of soybean may be unusual due to drought and defoliation by Noctuid pests

いよう配慮した。本圃場は草地を開墾した初年度圃場であったため、土壌改良資材及び肥料を規定通り (ha当たり石灰10t, 熔燐 (Super fosfato simples) を2t, 化成肥料 (4-30-16+7) を770kg) 全層施肥し、ダイズの種子には根粒菌を接種して播種したが、その育成が十分でなかったため、発芽3週間後に硫酸200kg+化成肥料770kgを追肥した。また、カメムシ類の生息密度が著しく低かったため、誘引品種列上へも殺虫剤散布を実施しなかった。本試験における各品種の播種日並びに発育経過の概要は第28表の通りであった。

3) 試験結果

A. 1983年～'84年における試験

a) 主要害虫及び天敵の生息密度

最も早く開花した誘引品種の開花3週間後から、ほぼ10日間隔で、作条1m上に生息する主要害

虫及び天敵の種類及び齢別個体数を、無作為抽出した12カ所で調査した。カメムシ類のほかに、ヤガ科害虫や捕食虫が生息したが、これらの個体数は極めて少かったので、カメムシ類だけについて取りまとめた結果は第29表及び第30表の通りであった。

第29表 1983～'84年の誘引作物利用試験におけるカメムシ類全個体の1㎡当たり生息数(3区平均)

Table 29. Population density of all the soybean stink bugs in the experiment on "the trap crop method" in 1983 - '84

処 理 Treatment		Parana					Cristalina				
		Jan. 16	Jan. 27	Feb. 6	Feb. 17	Feb. 27	Feb. 23	Mar. 8	Mar. 15	Mar. 26	Apr. 4
Trap variety	No. I	3.4**	7.1**	13.2**	1.3	-	1.2*	1.8	6.0	7.3	7.6**
	No. II	0.1	1.3	15.6**	12.9**	2.5	0.8*	16.7**	14.0*	8.7	6.0**
	No. III	0.1	0.7	10.5**	8.0*	3.8	1.2*	9.0**	17.3*	27.2*	24.3
	No. IV	0	0.7	4.8*	14.3**	9.1	0	0	16.8*	39.1**	40.3**
	No. V	0	0	0.1	0.1	3.6	0	0.1	5.9	21.8	27.6
Main part of Parana or Cristalina with trap varieties Control (without trap variety)		0	0	0	1.3	2.4	0	0.8	2.3	3.7	4.6**
		0	0	0	0.5	1.7	0	4.7	2.8	4.3	17.6

注. 数値は卵粒数をも含む1㎡当たり個体数。

* 対照区との差が0.05水準で有意. **同0.01水準で有意(以下同じ)。

Note. Mean number of individuals per m² including eggs investigated in triplicate plots.

* Shows significant difference at 0.05 level between the treated plot with trap varieties and control plot.

**The same at 0.01 level (common to the followings).

Stink bugs population: *Acrosternum impicticorne*, *Edessa meditabunda*, *Thyanta perditor*, *Megalotomus pallescens*, etc.

第30表 1983～'84年の誘引作物利用試験におけるカメムシ類の体長5mm以上の個体の1㎡当たり生息数(3区平均)

Table 30. Population density of stink bugs larger than 5 mm in the experiment on "the trap crop method" in 1983 - '84

処 理 Treatment		Parana					Cristalina				
		Jan. 16	Jan. 27	Feb. 6	Feb. 17	Feb. 27	Feb. 23	Mar. 8	Mar. 15	Mar. 26	Apr. 4
Trap variety	No. I	0.5**	0.5**	0.5**	0.7	-	0.3**	0.7*	2.1**	1.1	1.3
	No. II	0.1	0.3**	0.4**	0.1	0.2	0.2**	0.7*	1.2**	1.5*	1.4
	No. III	0.1	0.1	0.3**	0	0.6	0	0.7*	0.6	2.4**	1.3
	No. IV	0	0.1	0.1	0.2	0.3	0	0**	0.3	2.5**	1.4
	No. V	0	0	0.1	0.1	0.1*	0	0.1**	0.3	1.0	1.1
Main part of Parana or Cristalina with trap varieties Control (without trap variety)		0	0	0	0	0.7	0	0.8	0.2	0.5	0.9
		0	0	0	0.5	1.0	0	2.1	0.5	0.6	1.2

注. EMBRAPAの要防除密度水準は体長5mm以上の個体数で決められている。

Note. Individuals larger than 5 mm: Individuals after the 4th instar nymphs in *Piezodorus*, *Thyanta* and *Dichelops*, and after the 3rd instar nymphs in the other species of stink bugs.

第29表によると、Parana区・Cristalina区とも、誘引品種列では対照区及び誘引品種配置区の主部より有意に多くのカメムシ類(*Piezodorus guildinii*, *Nezara viridula*, *Euschistus heros*, *Acrosternum impicticorne*, *Edessa meditabunda*, *Thyanta perditor*, *Megalotomus pallescens*, その他)が生息し、これらは各区の殺虫剤散布でほぼ皆殺しにされた。

Parana区は、カメムシの生息密度がまだ低い1月に若莢期を經過し、3月上旬には登熟した(写真IV-I)ためか、処理間差(誘引品種配置区の主部と対照区の差、以後同様)は有意でなかった。しかし、Cristalina区では、カメムシ類の密度が相当高くなった4月4日には、処理間の差が顕著であった。

また、第30表によると、体長5mm以上のカメムシ類の個体数は最も多かった3月26日の誘引品種列上でも2.5頭とあまり多くなかったため、対照区及び誘引品種配置区の主部では極めて低密度で、処理間の差は有意でなかった。

b) ダイズ種子の虫害及び重量

無作為抽出した20莖について、種子の虫害粒率・健全粒率・健全粒重などを調査した結果は第31表の通りであった。

第31表 1983～'84年の誘引作物利用試験におけるダイズ種子の虫害粒率、健全粒率、健全粒重など

Table 31. Percentages of soybean seeds damaged and not damaged, and weight of the seeds not damaged in the experiment on "the trap crop method" in 1983 - '84

区	理	種子数の百分率(%)			種子数の百分率(%)			種子重(g/20莖)		
		Damage by stink bugs			Damage by other pests			Weight of seeds (g/20 plants)		
Treatment		Severe	Light	Total	sterility	Not damaged	Not damaged	Light damage	Total	
Parana	Trap variety	No. I	9.6	5.9	15.5	0.4	2.4	375.7	20.7	396.4
		No. II	7.0	4.6	11.6	0.0	1.4	306.2	14.8	321.0
		No. III	6.2	4.3	10.5	0	3.3	282.9	19.5	293.4
		No. IV	3.6	13.4**	17.0	0	1.4	299.3	41.6*	340.9
		No. V	5.4	23.0**	28.4*	0.0	1.3	249.4	72.0**	321.4
Main part of Parana with trap varieties Control (without trap variety)		9.6	3.8	9.6	0.0	7.0	258.6	8.4	267.0	
Cristalina	Trap variety	No. I	9.6	4.0	13.6	0.1	3.8	339.5	14.5	354.0
		No. II	5.8	18.4	24.2*	0.0	1.2	442.8**	101.8*	544.6**
		No. III	4.6**	14.2*	18.8**	0	2.4	427.6**	60.2	487.8**
		No. IV	7.1*	27.9	35.0	0	3.6	458.6**	187.9**	646.5**
		No. V	7.7*	28.6	36.3	0	5.3	602.9**	359.1**	962.0**
Main part of Cristalina with trap Control (without trap variety)		10.2	51.4**	61.6**	0	3.9	90.7**	118.8*	209.5*	
		7.8**	21.1	28.9*	0.1	4.7	199.9	57.7*	257.6	
		13.9	26.5	40.4	0	2.6	198.0	82.8	280.8	

注: 数値は20莖の3区平均。Note. The other pests: *Anticarsia gemmatalis* and others.

これによると、Parana区・Cristalina区とも、誘引品種列では対照区に比べて、軽微被害粒率が高い場合があったが、激甚被害率はむしろ低かった。これは、カメムシは多数生息したが、殺虫剤散布の反復によって加害期間が短かったためと推測される。Cristalina区の誘引品種列の種子重量が重かったのは、栽植密度調整により単位面積当たり立毛数が減って個体の生育が著しく良くなったためである。

処理間の差は、Parana区では認められなかったが、Cristalina区ではカメムシによる激甚被害粒率、合計被害粒率、健全粒率及び軽微被害粒重に認められ、誘引品種配置区では対照区より被害が少なく、収量が多くなることが期待できた。

c) 小考察

上記の結果から、誘引品種利用の上記方法は、少なくともCristalina区においては、カメムシ類の省農薬防除に有効であったと考えられる。一方、Parana区において、その効果が認められなかったのは、Parana区の若莢時にカメムシ類の生息密度が低く、かつ各処理区間の間隔が狭かったために、誘引品種列のカメムシ誘引効果が対照区にまで及んだのではなかろうかとの疑問が残った。そこで、次期シーズンには、Paranaを対象として、処理区間の間隔を拡げて再度類似の試験を行なうことにした。

B. 1984～'85年における試験

a) 主要害虫及び天敵の生息密度

前年同様に調査を実施した。本年はカメムシ類の発生量が少なく、*Anticarsia gemmatalis* ,

Pseudoplusia includens, *Spodoptera* sp.などのヤガ科害虫が多発して葉や若莢を相当激しく食害した後、微生物天敵 (*Nomurae rileyi*, *Baculovirus* など) に寄生されて死滅した (写真IV-J, K)。

第32表 1984～'85年の誘引作物利用試験におけるヤガ類の体長1.5 cm以上の個体の1 m²当たり生息密度並びにダイズの食害葉面積率

Table 32. Population density of Noctuid larvae larger than 1.5 cm and percentage of leaf area defoliated in the experiment on "the trap crop method" in 1984 - '85.

処 理 Treatment	No. of larvae	ヤガ類幼虫類			食害葉面積率	
		Feb. 13	Feb. 21	Mar. 5	Feb. 21	Mar. 5
Trap variety	No. I	1.0	4.1*	-	3.9**	-
	No. II	0.7	22.6	0.8*	22.1	73.3
	No. III	0.6	20.4	1.7**	23.3	73.3
	No. IV	0.5	16.7	9.3**	20.0	75.0
	No. V	0.7	48.0*	30.8**	18.3	70.0
Main part of Parana with trap varieties Control (without trap variety)		0.3	17.4	0.3	22.9	76.7
		0.6	18.2	0.1	21.4	93.3

Note. Per m². Defoliators: *Anticarsia gemmatalis*, *Pseudoplusia* sp., *Spodoptera* sp., etc.

その生息密度及び食害葉面積率は第32表の通りであり、両者とも対照区と誘引品種列との間には差が認められた時期があったが、処理間には差がなかった。また、カメムシ類の卵を含む全個体並びに体長5 mm以上の個体の1 m²当たり生息密度は第33表の通り、本年は非常に低く、処理間に差が認められなかった。

第33表 1984～'85年の誘引作物利用試験におけるカメムシ類の全個体及び体長5 mm以上の個体の1 m²当たり生息密度

Table 33. Population density of all the stink bugs and of the stink bugs larger than 5 mm in the experiment on "the trap crop method" in 1984 - '85.

Treatment	No. of individuals in total	全 個 体 数			5 mm 以上の個体数		
		Feb. 13	Feb. 21	Mar. 5	Feb. 13	Feb. 21	Mar. 5
Trap variety	No. I	0.8	0.2	0	0.8	0.2	0
	N. II	0.3	0.3	1.0	0.3	0.3	0.4
	No. III	0.1	1.2	0.8	0.1	0.6	0
	No. IV	0.2	0.6	0.2	0	0	0.2
	No. V	0.2	0.1	0	0	0.1	0
Main part of Parana with trap varieties Control (without trap varieties)		0	0.2	0	0	0.2	0
		0.3	0	0	0.3	0	0

注. 3区平均 注. 3区平均個体数/m²

Note. No. of individuals per m² in three repetitions. Stink bugs: *Piezodorus guildinii*, *Euschistus heros*, *Acrosternum impicticorne*, *Edessa meditabunda*, *Nezara viridula* and *Megalotomus pallescens*.

b) ダイズ種子における虫害

無作為抽出した20莖について、種子における虫害粒率、健全粒率などを調査した結果は第34表の通りであった。

すなわち、対照区に比べて、誘引品種のNo. 4 Santa Rosa 11月26日播き及びNo. 5 IPB-76-504の12月3日播きでは被害が顕著に多かった。また、処理間の差は、軽微被害粒率及び合計被害粒率で認められ、誘引品種配置区の主部ではそれらが対照区より有意に低かった。

第34表 1984～'85年の誘引作物試験におけるParana種子の虫害粒率生理的不稔粒率及び健全粒率

Table 34. Percentage of soybean seeds damaged and not damaged in the experiment on "the trap crop method" in 1984 - '85

処 理 Treatment	% of number of seeds					
	Damage by stink bugs			Damage by other pests	Physiological sterility	Not damaged
	Severe	Light	Total			
Trap variety						
No. I	2.5	1.1	3.6	0.3	13.8	82.3
No. II	2.9	1.8	4.7	0.8	10.6	83.9
No. III	2.5	1.5	4.0	0.8	13.1	82.0
No. IV	6.3*	4.6*	10.8**	2.1**	4.5**	82.5
No. V	12.1**	14.9**	27.0**	5.2**	3.9**	63.9*
Main part of Parana with trap varieties Control	1.9	0.4*	2.3*	0.4	14.6	82.8
(without trap varieties)	3.2	2.3	5.5	0.3	15.2	78.9

注. 数値は3区平均値/20茎

Note. Other pests: *Anticarsia gemmatilis* and others. Values: Mean of three repetitions in 20 plants sampled.

C) 小考察

この試験では、生理的不稔粒率が異常に高かったが、これはヤガ類による食害葉面積率が非常に高かったことによると考えられる。また、カメムシによる被害粒率が高かった誘引品種列のNo.4及びNo.5に生理的不稔粒率が有意に低くなっていることは興味深い現象である。この試験圃場では、ダイズの生育が十分でなく、さらにヤガ類に激しくダイズの葉が食害されたので、収量調査の実施は無意味と考え、種子の重量は測定しなかった。

4. 考察

1983～'85年の2作期の試験を通じて、上述の誘引品種利用法（すなわち誘引作物利用法）はカメムシ類を多く誘引して産卵させ、それらを少量の殺虫剤散布で皆殺しにすることによって、生産目的圃場におけるカメムシ類の生息密度を低く保ち、被害を少なくすることができると考えられる。

しかし、1983～'84年に試験したCristalina区では、誘引品種を配置した主生産品種区でも、合計被害粒率が約30%にも達しているため、種子生産を目的とする場合には、殺虫剤を3月8～15日ごろ（種子肥大初～中期）に1回そこへ散布する必要があると考えられる。この区では、5mm以上のカメムシ密度は常に1㎡当たり0.9頭以下であったことから考え、EMBRAPAが示している要防除水準（1㎡当たり加工用大豆生産では4頭、種子生産では2頭）はやゝ甘すぎるのではなかろうかと思われる。それゆえ、カメムシの生息密度と被害発生量の関係を更に詳しく解析して、要防除密度水準をセラードに適合するように修正することが望まれる。

ダイズ加害カメムシ類は、セラードの自然植生上ではほとんど増殖できず、栽培作物上で急増している。越冬（乾季）後のカメムシ類はエンドウ・コムギ・インゲンマメ（フェジョン）・灌漑栽培の早播き（または周年栽培の）ダイズなどで増殖して、普通栽培の早生ダイズ圃場へ飛来する。しかし、早生ダイズが結莢する1月にはまだその密度が非常に低いため、早生品種では被害が軽微であり、殺虫剤防除の必要はないのが普通である。従って、早生品種の普通栽培では、カメムシ密度が相当高い場合でも、圃場の周辺部5m内外を防除するだけで、一般には十分であろう。

しかし、早生品種は一般に低収性であるので、ダイズ生産農家は労働配分をも考えて、中生及び

晩生品種をも栽培するのが普通である。それらの品種が結莢する2～3月以後には、カメムシ類の生息密度が相当高まっているし、早生品種が登熟すると、そこに生息していたカメムシ類が中・晩生品種の圃場へ移動するので、中生及び晩生品種の栽培では、上記の誘引作物利用法を行なうことが、天敵利用と省農薬防除を併行的に遂行して、総合防除戦略を成功させるうえに必要であろう。

農家が実際にこの誘引作物利用農法を行なう場合には、作業能率を考慮して、主生産目的品種を播種した直後に、圃場の周りに播種機を1回走行させるだけで、誘引品種の播種を完了することが望ましい。そこで、農家の作業能率を考慮に入れた実用化試験の圃場設計を作り、現在CPACで試験を実施している。その1例を示すと、第35表及び第13図のようである。(小林1985b 参照)。

第35表 ダイズのカメムシ防除のための誘引作物利用法(実用化試験設計の1例, 生産品種: Cristalina)

Table 35. Field design of "the trap crop method" for controlling soybean stink bugs ("Cristalina" variety)

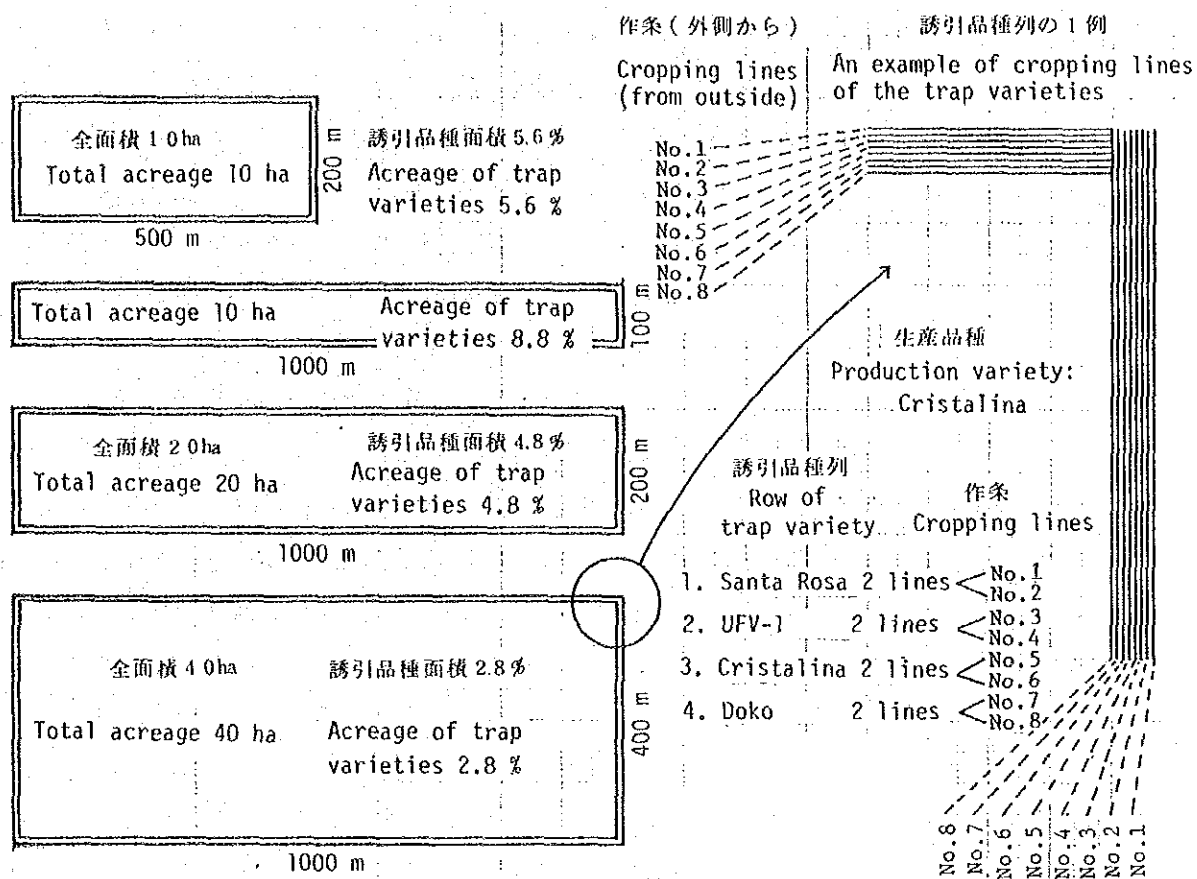
誘引品種名(外圃から) Trap variety (from outside)	期待日 Expected date		防除予定日 Schedule of insecticide application				
	開花日 Flowering date	登熟日 Ripening date	1st	2nd	3rd	4th	5th
I Santa Rosa	Dec. 8	Mar. 2	Dec. 29	Jan. 8	Jan. 18	-	-
II BFV-1	Dec. 19	Mar. 7	-	Jan. 8	Jan. 18	Jan. 28	Feb. 7
III Cristalina	Jan. 2	Mar. 19	-	-	Jan. 18	Jan. 28	Feb. 7
IV Doko	Jan. 9	Mar. 24	-	-	-	Jan. 28	Feb. 7
V Tropical	Jan. 11	Mar. 30	-	-	-	Jan. 28	Feb. 7

注. 播種は生産目的品種のCristalinaと同じ日に行なう。期待発芽日: 11月3日, カメムシを強く誘引する期間: 開花2週間後～5週間後, 12月22日～2月15日(約2か月間)

Note. Trap varieties are planted just after the planting of the variety for production.
Expected date of germination: 3/XI. Period during which stink bugs are strongly attracted: 2 ~ 5 weeks after flowering, 22/XII ~ 15/II (for about 8 weeks)

ここに示した実用化試験の設計の基本は、CPACで種々の品種を栽培して、発芽日から開花日及び登熟日までの日数を調査した表から、開花日が生産目的品種よりそれぞれ1週間ずつ早いものと遅いものを選び出したものである。これらの日数は、Brasiliaから遠く離れた場所や播種期が著しくずれた場合には、違ってくる可能性がある。第35表は誘引品種を5品種用いた場合を示し、第13図はそれを4品種用いた場合の例と圃場の面積と形状によって誘引作物栽植面積率が異なることを示したものである。誘引作物栽植面積率を全面積の幾%にするのが適当であるかはまだ詳らかでなく、現在は5%内外を目標に試験を進めているが、将来検討する必要がある。

誘引作物上のカメムシ防除に使用する殺虫剤は、カメムシに対して殺虫効果が高いうえに、残効期間が短く、ダイズのカメムシに対する誘引性を妨げないものでなければならない。そこで、現在はSumithion 乳剤の0.05%液をha当たり約2000ℓ散布しているが、将来は作業能率を考慮して、濃厚少量散布法を検討することが望ましい。また、言うまでもないことであるが、誘引作物列には、カメムシ誘引性を高めるために、肥料を十分施して、その生育を良くしておくことも大切である。



第13図. ダイズのカメムシ防除のための誘引作物利用法 (実用化試験設計の1例, 生産目的品種: Cristalina)

Fig. 13. Example of field design for "the trap crop method" to control soybean stink bugs ("Cristalina" variety)

要 約

種々の不利な条件をもつセラードで大豆生産を成功させるためには、低コスト安定多収技術を確立する必要がある。そのためには、セラードのもつ有利な条件である豊富な天敵を活用して主要害虫の生物的防除を公共事業として推進する一方、カメムシ類の耕種的省農薬防除法を生産者各個人が行ない、両者を併行的に推進することによって、総合防除の実をあげることが望ましい。この目標の下に、1983~1985年の2年間実施した研究の概要は以下の通りであった。

I. ダイズ害虫及び天敵の生息密度並びに防除の実態

日伯協同のセラード農業開発事業第1次実施地区及び第2次実施予定地区で、標記の実態調査を行なった。

1) セラードの自然生態系には、害虫の生息密度が極めて低い反面、天敵類の種類が多く、生息密度が相対的に高い特徴が認められた。

2) ダイズ圃場におけるカメムシ類の生息密度は相当高く、要防除水準を越えた圃場が全体の17%認められ、本群は恒常的かつ普遍的に発生する最重要害虫群であると考えられた。

3) ヤガ類の生息密度は要防除水準より低かったが、本群は突発的かつ局所的に多発する重要害虫群であると考えられた。

4) ダイズ栽培開始後1~2年目から長距離移動性ヤガ類が、3~4年目からカメムシ類が、5~6年目から特定のハムシ類が、7~8年目からは特定の雑草が多発して問題化するよう認められた。

5) ダイズの栽培年数の経過に伴って、カメムシの群集構造がセラード型(優占種: *Euschistus* ほか)から耕地型(優占種: *Nezara* ほか)に変化する事実を認めた。

6) カメムシの卵寄生蜂の優占種は *Telenomus mormideae* と *Trissolcus basalis* で、これらの寄生率は殺虫剤散布回数と顕著な負の相関関係を示し、散布回数が2回を越えた所では著しく低かった。

7) 殺虫剤は2回内外散布されており、害虫の生息密度がEMBRAPAが指導する要防除密度より低い状態で実施されている例を多く認めた。

8) ダイズの収量は最低収益収量水準を僅かに越える程度であり、低コスト・安定多収技術の早期確立が必要であると痛感した。

9) MATO GROSSO 地域ではBRASILIA地域及びBARREIRAS 地域より害虫の発生量が相当多いので、今後の継続調査と十分な防除研究が必要であろう。

II. カメムシ類の生物的防除

—卵寄生蜂の導入・利用によるカメムシ類の密度制御—

日本から導入した卵寄生蜂の生態を土着の有力種と比較研究し、土着種への加勢者として有望であると認めたので、そのセラードへの放飼を開始した。

1) カメムシ卵寄生蜂の導入: 日本から5種類、*Trissolcus mitsukurii*、*Trissolcus* sp、*Ooencyrtus nezarae*、*Telenomus chloropus* 及び *Telenomus gifuensis* を導入した。

2) カメムシ卵寄生蜂の増殖飼育法: 乾燥種子利用のダイズ加害カメムシ類簡易大量飼育法によってカメムシ卵を生産し、これを卵寄生蜂を収容する三角フラスコに入れて、これに産卵させる方法で増殖した。

3) カメムシ卵寄生蜂7種の生態比較: カメムシ類に対する生物的制御因子としての有望順位は、それらに対する寄生率、寄生卵からの羽化脱出率などから、*Trissolcus basalis* \geq *Telenomus mormideae* $>$ *Trissolcus mitsukurii* \geq *Ooencyrtus nezarae* $>$ *Telenomus chloropus* $>$ *Telenomus gifuensis* $>$ *Trissolcus* sp.かと判断された。

4) カメムシ卵寄生蜂4種の発育期間・発育速度: 有望な4種の温度反応を試験し、発育日数、発育下限温度、有効積算温度、発育速度などをそれぞれ究明した。1例を示すと、*Trissolcus mitsukurii*の発育日数は20°、22°、24°、26°及び28°C下でそれぞれ18日、16日、13日、11日及び9日であっ

た。有効積算温度は *Tri. mitsukurii*, *Tri. basalis*, *Tel. mormideae* 及び *Ooe. nezarae* の順に、それぞれ 149.4日度, 170.1日度, 183.3 日度及び 234.4日度であった。

5) カメムシ卵寄生蜂4種の寿命: 20~28°C, 11~14時間照明条件下での平均寿命及び最長寿命をそれぞれ究明した。*Trissolcus mitsukurii* の最長寿命は20°, 22°, 24°及び26°C下でそれぞれ8カ月, 5カ月, 4カ月, 及び2カ月であった。

6) *Trissolcus mitsukurii* のセラードへの適応性: 本種はダイズを加害するカメムシ科全種(6種)に寄生可能であり, 20° ~26°C, 11~14時間照明条件下で休眠せず, 最長2~8カ月生息でき, カメムシ類の生活史に同調できると考えられるので, セラードに定着してカメムシ類の天敵として活動できる可能性があると判断された。

7) 卵寄生蜂の種間及び同種の個体間競争: 産卵行動において, *Trissolcus basalis*及び*Ooencyrtus nezarae*は個体間競争を行なわないが, *Trissolcus mitsukurii* は種間並びに同種の異個体間で競争し, 他個体を排撃する習性を有する。そのため狭い閉鎖環境内では寄生率の低下が認められた。しかし, 排撃された個体が他のカメムシ卵を探して寄生活動を行なうなら, 総合的寄生率は高まるはずであると考えられた。

8) 硝子室内における *Trissolcus mitsukurii* の放飼実験: 雌 100頭の放飼実験で, *Nezara viridula* に対する寄生卵粒率は放飼地点から0, 2, 4及び6m離れた地点で, それぞれ45%, 5%, 3%及び1%で, 離れた場所ではカメムシ卵の発見が遅れると共に発見率が低下した。

9) ダイズ圃場における *Trissolcus mitsukurii* の放飼試験: 4処理3連制, 1区面積1a, 区間間隔20mの試験圃場への放飼において, 本種は放飼後3日以内に30m以上離れた場所のカメムシ卵に寄生できた。放飼区における本種の設置卵に対する寄生率及びそれからの羽化脱出率は土着の *Trissolcus basalis*及び*Telenomus mormideae* より高く, ダイズ圃場で実際に寄生活動を行ないうることが認められた。また, 放飼区では対照区に比べて, カメムシ類の自然産卵に対する寄生蜂全体の合計寄生率がやゝ高く, カメムシ類のふ化率がやゝ低かった。これは *Trissolcus mitsukurii* の少数(雌78頭)の放飼が, 土着の寄生蜂の働らきに+αを加えたためではないかと判断された。

10) ダイズ圃場における *Trissolcus mitsukurii* の試験的放飼: 1984年3月~1985年6月に, 13回にわたって総数約16,500頭(うち雌約9,200頭)を特設ダイズ圃場その他へ放った。放飼2週間後には100m離れた地点で寄生を認めた。特設放飼圃場においては, 100mの範囲内での調査で, 放飼地点に近い方で寄生率がやゝ高く, カメムシのふ化率がやゝ低い傾向が認められた。また, CPACのG₁及びM₁圃場地区内においては, 本種の放飼を開始した1984年2月以降徐々に寄生卵率が高まり, 1985年4月には前年同月に比べて, 寄生卵粒率が20%高まって68%となり, カメムシのふ化率が28%下がって前年の1/2以下の23%となっていた。これは, 本種の連続的放飼の結果ではなかろうかと推測された。

11) カメムシ卵寄生蜂の寄生率などの季節的消長: CPAC及びPAD-DF地域で, カメムシ卵寄生蜂の寄生卵粒率などの季節的消長を調べた結果, 寄生卵粒率は乾季末期に最も低く, 雨季に入って次

第に高まり、ダイズの作期末の5月ごろ最も高くなるようにうかがえた。

12) 次期作期における卵寄生蜂放飼計画：次のダイズ作期の始め（1985年10～12月）に、*Trissolcus mitsukurii* のセラードへの定着の有無を調査した後、本種の放飼を再開したい。また、有望種の *Ooencyrtus nezarae* の放飼を開始する予定である。

Ⅲ. カメムシ類の耕種的省農薬防除

～早生品種及び誘引品種利用による被害回避～

個々の大豆生産者が今すぐ実施できる実用技術の開発をめざして、早生品種栽培によるカメムシ害の回避、並びに誘引品種利用によるカメムシ類の耕種的省農薬防除法を研究した。

1) 早生品種栽培によるカメムシ害の回避：カメムシ類の生息密度は1月にはまだ低いので、Paranaのような早生品種を普通（11月中旬まで）に播種し、被害感受性の高い種子肥大初期～同中期が1月中に経過してしまうように工夫することによって、カメムシ害を回避できることを明らかにした。

2) 早播きによるカメムシ害の軽減：Cristalinaのような晩生品種でも、早播き（11月下旬まで）することによって、若干早く結莢し、被害感受性の高い上記ステージが比較的早く経過し、相対的にカメムシ害を軽減できることを明らかにした。

3) 誘引品種利用によるカメムシ類の耕種的省農薬防除

a) カメムシ類の圃場習性：ダイズ加害カメムシ類の成虫は、種子肥大初期～同中期のダイズに最も強く誘引されて、産卵する習性を持っている。また、カメムシ類は圃場の周辺部、特に側縁から5m内外の範囲内において、生息密度が一般に高い分布特性をもっていることを明らかにした。

b) 試験方法：カメムシ類の上記の二つの圃場特性を利用して、早生ダイズ（Parana）及び晩生ダイズ（Cristalina）圃場の周辺部、全体の5%の面積に、早生・中生及び晩生品種を1列ずつ栽培し、生産目的品種より1週間ずつ早くまたは遅く開花し、カメムシ類に対するダイズの強い誘引性が約2ヶ月間継続するようにした。最も早い誘引品種の開花3週間後から10日間隔で、結莢している誘引品種列だけに殺虫剤を5回反復散布した。

c) 試験結果：Parana区・Cristalina区とも、誘引品種には多数のカメムシ類が誘引され、殺虫剤の反復散布で皆殺しにされた。その結果、カメムシ類の生息密度が比較的高かった Cristalina の誘引品種配置区では対照区（誘引品種無配置）よりも、カメムシ類の生息密度及び被害粒率が低く、健全粒率が高く、大豆生産量が多かった。このことから、この誘引品種利用法は、卵寄生蜂利用によるカメムシ類の生物的防除法と併わせて、カメムシ類の総合防除法を構成するうえに有効であると考えられたので、作業能率を考慮して、生産目的品種と同時日に容易に播種できる実用化試験設計を立案した（第36表）。

第36表 ダイズのカメムシ防除のための誘引作物利用法(実用化試験設計の1例, 生産品種: Cristalina)

Table 36. Field design of "the trap crop method" for controlling soybean stink bugs ("Cristalina" variety)

誘引品種名(外銷から)	期待月 Expected date		防除予定日				
	開花日	登熟日	Schedule of insecticide application				
Trap variety (from outside)	Flowering date	Ripening date	1st	2nd	3rd	4th	5th
I Santa Rosa	Dec. 8	Mar. 2	Dec. 29	Jan. 8	Jan. 18	-	-
II UFV-1	Dec. 19	Mar. 7	-	Jan. 8	Jan. 18	Jan. 28	Feb. 7
III Cristalina	Jan. 2	Mar. 19	-	-	Jan. 18	Jan. 28	Feb. 7
IV Doko	Jan. 9	Mar. 24	-	-	-	Jan. 28	Feb. 7
V Tropical	Jan. 11	Mar. 30	-	-	-	Jan. 28	Feb. 7

注. 播種は生産目的品種のCristalinaと同じ日に行なう。期待発芽日: 11月3日, カメムシを強く誘引する期間: 開花2週間後~5週間後, 12月22日~2月15日(約2か月間)

Note. Trap varieties are planted just after the planting of the variety for production. Expected date of germination: 3/XI. Period during which stink bugs are strongly attracted: 2~5 weeks after flowering, 22/XII ~ 15/II (for about 8 weeks)

参考文献

1. Clausen, C. P. (Ed.1978) : Introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds: A world review. Agriculture Handbook No.480:545pp. Agr. Res. Ser. USDA.
2. Correia, A.C.B.(1982): Manejo de pragas da soja, Inf. Agropec., Belo Horizonte, 8(94):47-56.
3. Correa-Ferreira, B.S., E.B. de Oliveira & L.Kanayama(1983): Levantamento de parasitas de ovos de percevejos. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria. CNPSOJA, Londrina, PR. Resultados de pesquisa de soja 1982/83. Londrina. 1983. p.263-265.
4. Correia, A.C.B., B.S. Correia-Ferreira & F. Moscardi(1983): Soja: Controle biologico de lagartas e percevejos. Inf. agropec., Belo Horizonte, 9(104):42-48.
5. Gazzoni, D.L.(1983): soja. Vol.1:338pp. Fundação Cargill, Campinas, Sp.
6. Gazzoni, D.L., E.B. de Oliveira, I.C. Corso, B.S.C. Ferreira, G.L.V. Boas, F. Moscardi & A.R. Panizzi (1981): Manejo de pragas da soja. Circular tecnica No.5:45pp. EMBRAPA, CNP Soja.
7. 広瀬義躬 (1985) : ダイズ加害カメムシ類における卵寄生蜂の分類及び評価に関する基礎的研究. I. わが国に産する卵寄生蜂の種類とその同定. 総合農業試験研究成績・計画概要集. 59年度: 22-3-1.
8. Hokyo, N. & K. Kiritani(1963): Two species of egg parasites as contemporaneous mortality factors in the egg population of the southern green stink bug, *Nezara viridula*. Jap. Jour. appl. Ent. Zool. 7(3):214-227.
9. Hokyo, N. & K. Kiritani(1966): Oviposition behaviour of two egg parasites, *Asolcus mitsukurii* Ashmead and *Telenomus nakagawai* Watanabe Hym., Proctotrupoidae, Scelionidae. Entomophaga II (2):191-201.
10. Hokyo, N., M. Shiga & F. Nakasuji(1966): The effect of intra-and interspecific conditioning of host

- eggs on the ovipositional behavior of two Scelionid egg parasites of the southern green stink bug, *Nezara viridula* L. Jap. J. Ecol. 16(2):67-71.
11. Ignoffo, C.M., N.L. Marston, D.L. Hostetter, B. Puttler & J.V. Bell (1976): Natural and induced epizootics of *Nomuraea rileyi* in soybean caterpillars. *Journal of Invertebrate Pathology* 27:191-198.
 12. 石倉秀次・永岡昇・小林尚・田村市太郎 (1955) : 大豆害虫に関する研究 (第3報) . カメムシ類によるダイズの被害, カメムシ類の生態及び防除について. 四国農試報 2 : 147-195.
 13. 小林尚 (1961) : ニカメイチュウ防除の殺虫剤散布がウンカ・ヨコバイ類の生息密度に及ぼす影響に関する研究. 病虫害発生予察特別報告 第6号, 126pp. 農林省振興局植物防疫課.
 14. 小林尚 (1972) : 東北地方における牧草地の造成と害虫の大発生 (1), (2), 農業技術 27 (8, 9) : 342 ~ 345, 403 ~ 405.
 15. 小林尚 (1978) : ナタネの乾燥種子によるナガメの簡易大量飼育法. 応動昆. 22 (3) : 185 ~ 190.
 16. 小林尚 (1985a) : 農作物害虫の総合防除. AGRO-NASCENTE 20 : 15~18. São Paulo.
 17. 小林尚 (1985b) : セラード農業の発展を考える——日伯農業研究協力の成果より——. 7. セラードにおけるダイズ害虫の総合防除. ブラジル農業研究協力事業第3次チーム. 104pp. esp. 77~93. AGRONASCENTE KK. São Paulo.
 18. 小林尚・菊地淳志 (1983) : 大豆加害カメムシ類の簡易大量飼育法並びに薬剤防除法. 転換畑 (を主体とする高度畑作技術の確立に関する総合的開発研究) 研究成果集報 No. 1 : 168-179.
 19. 小林尚・奥俊夫・前田泰生・斉藤修 (1973) : 寒冷低開発地の土地利用高度化のための技術の確立. 第4章. 山地傾斜地における虫害の発生生態について. 東北農試研究速報 16:29-38.
 20. Moscardi, F. & I.C. Corso (1983): Viabilidade do uso do virus de poliedrose nuclear de *Anticarsia gemmatilis*. em nível de agricultor, para o controle deste inseto em soja. Congresso Brasileiro de Entomologia, 8, Brasilia, 1983. Resumos. Brasilia, SEB, 1983. P.258.
 21. Newsom, L.D. & D.C. Herzog (1977): Trap crops for control of soybean pests. *Louisiana Agriculture* 20(3):14-15.

Studies on the Integrated Control of Soybean Stink Bugs in the Cerrados

Takashi Kobayashi

(Tropical Agriculture Research Center, Tsukuba, Ibaraki, Japan)

Gilson W. Cosenza

(EMBRAPA-CPA-Cerrados, Brasilia DF, Brasil)

Summary

In order to promote successfully soybean production in the cerrados under adverse environmental conditions, a technique to obtain stable high yields at a low cost must be established. For this purpose, a study on an integrated control of soybean stink bugs was carried out. The study consisted of biological control, using natural enemies introduced from Japan to encourage the native natural enemies composed of a large number of species with a high population density under the natural ecosystem of the cerrados, and agronomic control with the use of early maturing varieties and trap varieties of soybean, to reduce the amount of insecticide application.

The results of the experiments performed during two years from August, 1983 to September, 1985, under the objective mentioned above are summarized as follows:

I. Investigation on the population densities of major insect pests and their natural enemies in soybean fields of the cerrados.

In order to obtain basic data to establish a key pest management strategy, a field investigation on the population densities of major soybean insect pests and their natural enemies was performed in the soybean fields in the districts where the first project for the cerrado development took place and the districts where the second project for the cerrado development is to be carried out.

The investigation was conducted from February to May, 1985, in CPAC and other localities in Brasília DF, Barreiras area of Bahia state, Mato Grosso state and state of Mato Grosso do Sul (Fig. 1v4). In the investigation, soybean stink bugs with a size of more than 5 mm, their egg masses, larvae of Lepidopterous pests with a size of more than 15 mm, Chrysomelid pests and their natural enemies were collected in four to thirty locations in each field investigated, and the population density per square meter was calculated. Also, the percentage parasitism by egg

parasites of the stink bugs was determined after the egg masses had been kept in the laboratory for a month.

1) The population densities of the phytophagous insect pests were very low, while the number of species of their natural enemies was large and the population density was comparatively high, in the natural ecosystem of the cerrados.

2) The population density of the soybean stink bugs which was comparatively high in soybean fields, was beyond the economic injury level (2 and 4 individuals with a size of more than 5 mm per m² in the fields with seed soybeans and processing soybeans, respectively) by about 20% of the total fields investigated. Based on this observation, the stink bugs were considered to be the most harmful group among the soybean insects, which occur constantly and universally.

3) The population density of the Lepidopterous insect pests was much lower than the economic injury level (40 individuals with a size of more than 15 mm per m²). However, migratory Noctuids were considered to be the second most injurious group among the soybean insect pests, which cause sudden and local outbreaks.

4) Migratory Noctuids, stink bugs and specific Chrysomelids started to attack soybeans, one or two years, three or four years and five or six years, after the onset of soybean cultivation, respectively.

5) The soybean stink bug association changed with the year when soybeans were cultivated. Although the association of the cerrado type which consists of *Euschistus*, *Acrosternum*, etc. was dominant at first, it gradually change into that of a crop field type in which *Nezara*, *Piezodorus* etc. were dominant. The turning point may occur about six to seven years after the beginning of soybean cultivation.

6) Insecticide application generally has been carried out twice or so in a season. In the area where insecticides have been applied more than two times, the percentage parasitism by egg parasites of stink bugs was extremely low, as shown in Figure 5. In many cases insecticides were applied in a condition where the population density of the insect pests was below the economic injury threshold. Therefore, adequate guidance is desirable.

7) Yield of soybean was slightly beyond the economic yield threshold. Considering the risks involved, for example the weather condition, depreciation of soybean price, etc. it is necessary to establish, as early as possible, a technique that insures a stable high

yield at a low cost.

8) In order to promote the successful development of the cerrados, it is essential to set up the infrastructure for irrigation, transportation, processing, etc, to establish a crop protection system, and also to enlarge an agricultural experiment station.

II. Introduction, biological studies and the utilization of egg parasites for the control of soybean stink bugs.

In order to establish an effective integrated method for controlling soybean stink bugs, the biology, ecology and utilization of egg parasites introduced from Japan were studied.

1) Five species of egg parasites of soybean stink bugs, *Trissolcus mitsukurii*, *Trissolcus* sp., *Ooencyrtus nezarae*, *Telenomus chloropus* and *Telenomus gifuensis* were introduced from Japan.

2) For rearing the egg parasites, triangular flasks with a cotton stopper and a piece of absorbent cotton containing honey diluted with water were placed in growth chambers where the temperature and illumination were controlled. For producing egg masses of soybean stink bugs, several species of stink bugs were reared using a simple mass rearing method (Kobayashi and Kikuchi 1983), in which the insects were put in a plastic container with a diet consisting of dried seeds mixed with soybeans, ground nuts and alfalfa seeds, and water placed under a filter paper.

3) Percentage parasitism and emergence of egg parasites which were indigenous to and introduced from Japan are indicated in table 7. Based on the experiment, the efficacy of the egg parasites was judged as follows: *Trissolcus basalis* > *Telenomus mormideae* > *Trissolcus mitsukurii* > *Ooencyrtus nezarae* > *Telenomus chloropus* > *Tel. gifuensis* > *Trissolcus* sp.

4) The developmental periods of the major four species of egg parasites, *Trissolcus basalis*, *Trissolcus mitsukurii*, *Telenomus mormideae* and *Ooencyrtus nezarae*, are indicated in table 8. As an example, the developmental period of *Trissolcus mitsukurii* was about 18 days, 16 days, 13 days, 11 days and 9 days at 20, 22, 24, 26 and 28°C, respectively.

5) The effective accumulative temperatures and the developmental zero points of the major four species of egg parasites described above, are indicated in table 9. As an example, the values for *Trissolcus mitsukurii* were 149.4 day degrees and 12.3°C, respectively.

6) Longevity of the adults of the major four species of egg parasites described above is indicated in table 10. As an example, the mean longevity of *Trissolcus mitsukurii* was about 2 months, 23 days and 10

days, at 20, 24 and 28°C, respectively. Also, the maximum longevity of the same species without food and water was about 8 months, 5 months, 4 months and 2 months, at 20, 22, 24 and 26°C, respectively.

7) *Trissolcus mitsukurii* did not enter the diapause under the usual conditions of the cerrados, when the illumination period was 11 h at 20°C or 13 h at 22°C. The adult was able to multiply throughout the year provided the stink bug eggs were present. The current species was able to parasitize the eggs of all of major Pentatomid species of soybean throughout a year, and also to survive for a long period of time under winter (dry season) conditions, so that the species is considered to be able to adapt itself to the environment of the cerrados.

8) Females of *Trissolcus basalisi* and *Ooencyrtus nezarae* usually do not compete with females of the same and other species for oviposition. However, the females of *Trissolcus mitsukurii* showed a competitive behavior, and the present species was more dominant than any of the other species mentioned above.

9) In an experiment in which about 100 females of *Trissolcus mitsukurii* were released at the center of a green house, the percentage parasitism in *Nezara viridula* eggs was 45 %, 5 %, 3 % and 1 %, respectively, at a distance of 0 m, 2 m, 4 m and 6 m from the release point.

10) In an experiment in which more than 1,000 females of *Trissolcus mitsukurii* were released in a soybean field, the percentage parasitism in soybean stink bugs, mainly *Nezara*, *Piezodorus*, *Euschistus* and *Acrosternum*, was about 50 % in the area where the egg parasites were released. Three days and two weeks after the release, parasitism was recognized in an area 30 m and 100 m apart from the area where the egg parasites were released, respectively.

11) As shown in table 26, the percentage parasitism by the egg parasites of soybean stink bugs increased by about 20 %, and the percentage parasitism reached about 70 %. The percentage of hatching of the soybean stink bugs which decreased by about 30 %, reached approximately 20 %, in April of 1985 compared with the previous year. These changes in the percentages of the parasitism by egg parasites and of hatching of stink bugs may be caused by the release of more than 9,000 females of *Trissolcus mitsukurii*, in the course of the experiment conducted in CPAC.

12) Based on the investigation about the seasonal prevalence of the percentage parasitism by egg parasites of stink bugs in CPAC and PAD-DF,

the percentage was lowest at the end of the dry season, and it gradually increased during the rainy season, being highest in May.

13) The use of *Trissolcus mitsukurii* and *Ooencyrtus nezarae* is considered to be promising, in addition to the role played by the native egg parasites, such as *Trissolcus basalis* and *Telenomus mormideae*, for controlling the population of soybean stink bugs in the cerrados.

14) The release of *Trissolcus mitsukurii* which was discontinued after July, 1985, will be resumed after the completion of study on the parasitism of this species of the beginning of the coming cropping season of soybean. The release of *Ooencyrtus nezarae* will also start.

III. Cultural methods for controlling soybean stink bugs, using early maturing varieties and "trap" crops.

In order to establish an effective integrated cultural method for controlling soybean stink bugs, we studied the utilization of early maturing varieties so as to avoid the damage due to stink bugs, along with a method to attract soybean stink bugs by "trap" crops and to control them effectively by minimum insecticide application.

As a basic study, the life history of soybean stink bugs was investigated in the natural environment of the cerrados and crop fields. Also, the horizontal distribution of soybean stink bugs was studied in several soybean fields as well as some of their hibernation environments. An experiment on "the trap crop method" was performed in a soybean field, planted the major varieties, "Parana" and "Cristalina" in the central part and the "trap" varieties on the marginal parts.

1) *Nezara viridula*, *Piezodorus guildinii* and the other soybean stink bugs were hardly able to multiply on the wild plants in the cerrados. However, they rapidly multiplied on such cultivated crops as wheat, pea, kidney bean, soybean, especially on soybean through three or four generations.

2) In the horizontal distribution of the soybean stink bugs in soybean fields, the population densities was generally higher in the marginal areas of the soybean fields, particularly in the areas in a 5 m radius, compared with that in the inner part.

3) As the stink bug population was still sparse in January, early maturing varieties such as "Parana", sown at the usual time, escaped from the damage as shown in table 24. However, when the population density of stink bugs with a size of more than 5 mm is higher in the marginal area

than the economic injury threshold, insecticides should be applied to only the marginal areas for controlling the pests in general.

4) On the other hand, since the stink bug population became denser after February, the late maturing varieties such as "Cristalina" were severely damaged as shown in table 24. Therefore, an experiment to establish "the trap crop method", was conducted using two field behaviors of soybean stink bugs, namely their habit to show dense populations in the marginal areas of soybean fields, and their attraction to the early to the middle seed-thickening stages of soybean resulting in the deposition of a large number of eggs.

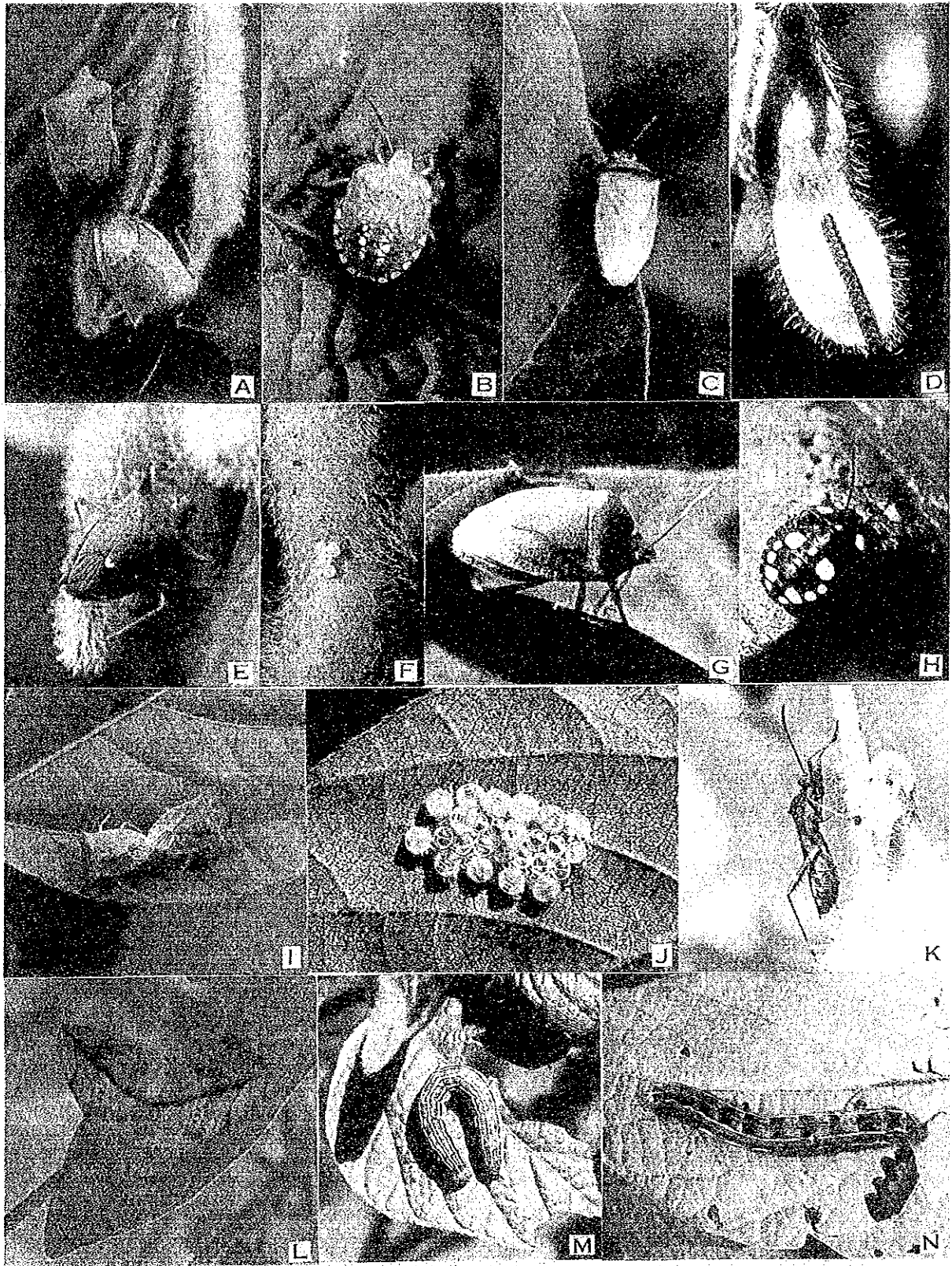
In the experiment, three "trap" varieties of soybean were planted in the marginal areas, accounting for about five percent of the whole area of the soybean field. Only the "trap" varieties were treated with an insecticide, "Sumithion", five times from three weeks after the following time, at intervals of ten days.

5) Based on the experiment, a large number of stink bugs were attracted to the "trap" varieties, and were controlled effectively by insecticide applications, as shown in tables 29 and 30. As a result, the percentage of seeds damaged by stink bugs significantly decreased, and the percentage of healthy seeds significantly increased as shown in table 31.

6) As a result of the experiments, a practical field design of "the trap crop method" was tentatively recommended to the farmers, as shown in table 35 and figure 13.

Conclusion

On the basis of these results, it is concluded that the trap crop method, combined with insecticide application only to the trap crop, is a highly effective and rational component of the integrated control of soybean stink bugs. As the biological control by the use of natural enemies is another important component, it must be emphasized that the trap crop method does not reduce the population of natural enemies, because stink bugs attracted by the trap crop growing at the margin of the field are killed by the minimized amount of insecticides, without giving adverse effect on the natural enemies in the most area of the soybean field.



写真図版 1

Photograph plate I

写真図版説明

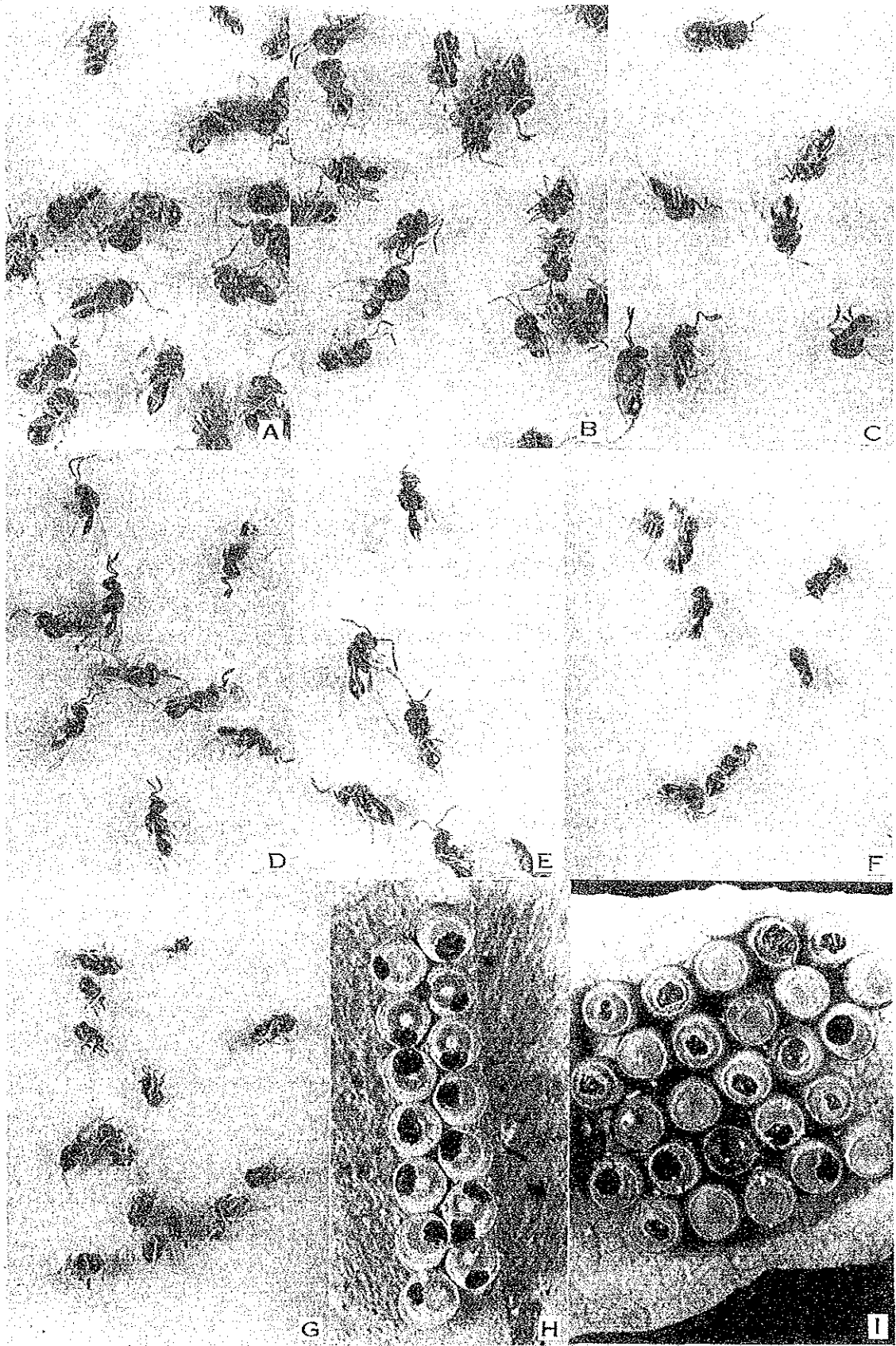
Explanation of photograph plates

写真図版 I

A. *Nezara viridula* (L.)の交尾中の成虫. B. 同第5齡幼虫. C. *Piezodorus guildinii*(Westwood) 雌成虫. D. 同卵塊. E. *Euschistus heros* (F.)成虫. F. 同卵塊. G. *Acrosternum impicticorne*成虫. H. 同第4齡幼虫. I. *Thyanta perditor* (F.)の交尾中の成虫. J. *Edessa mediatibunda* (F.)第1齡幼虫と卵殼. K. *Megalotomus pallescens*成虫. L. *Anticarsia gemmatalis* Hubner成虫. M. 同終齡幼虫. N. *Spodoptera* sp. 終齡幼虫.

Photograph Plate I

A. Mating adults of *Nezara viridula* (L.). B. Fifth instar nymph of *Nezara viridula* (L.). C. Female adults of *Piezodorus guildinii* (Westwood). D. Egg mass of *Piezodorus guildinii* (Westwood). E. Adult of *Euschistus heros* (F.). F. Egg mass of *Euschistus heros* (F.) (Westwood). G. Adult of *Acrosternum impicticorne*. H. Fourth instar nymph of *Acrosternum impicticorne* (Westwood). I. Mating adults of *Thyanta perditor* (F.). J. First instar nymphs and an egg mass of *Edessa mediatibunda* (F.). K. Adult of *Megalotomus pallescens* (Westwood). L. Adult of *Anticarsia gemmatalis* Hubner. M. Final instar larva of *Anticarsia gemmatalis* Hubner. N. Final instar larva of *Spodoptera* sp.



写真図版 II

Photograph plate II

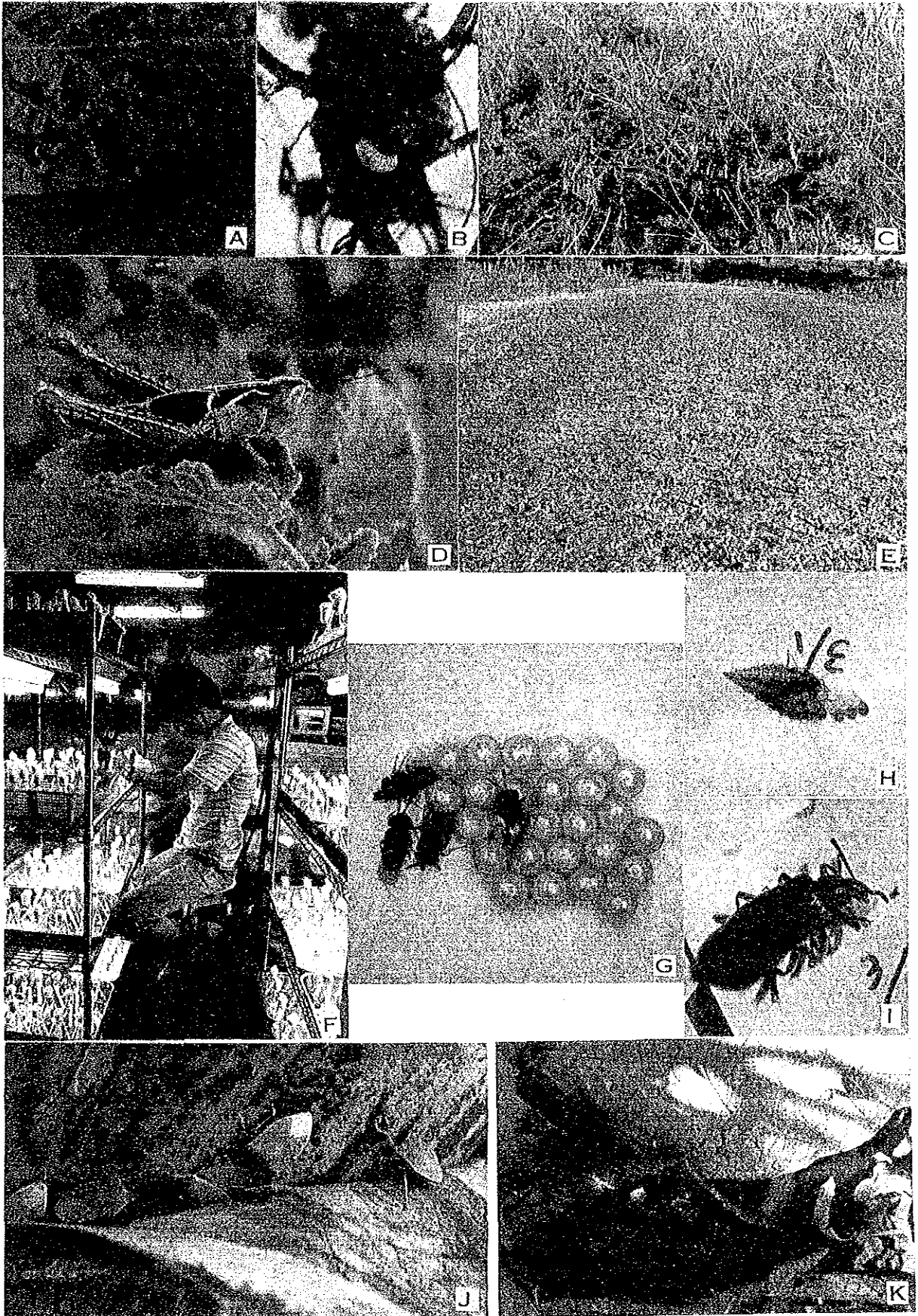
photograph plates II

写真図版 II

A. 日本から導入した *Trissolcus mitsukurii* (Ashmead) 雌雄成虫群. B. *Trissolcus basalis* (Woll.) 雌雄成虫群. C. 日本から導入した *Trissolcus* sp. 雌雄成虫群. D. *Telenomus mormideae* (Costa Lima) 雌雄成虫群. E. *Telenomus chloropus* (Thomson) 雌雄成虫群. F. *Telenomus gifuensis* Ashmead 成虫群. G. *Ooencyrtus nezarae* Ishii 雌雄成虫群. H. 同成虫の *Thyanta perditor* (F.) 卵塊における脱出孔. I. *Trissolcus basalis* (Woll.) に寄生された *Acrosternum* sp. の卵塊 (大部分の卵寄生蜂成虫は自然に死んでいる).

Photograph plate II

A. Male and female adults of *Trissolcus mitsukurii* (Ashmead) introduced from Japan. B. Male and female adults of *Trissolcus basalis* (Woll.). C. Male and female adults of *Trissolcus* sp. introduced from Japan. D. Male and female adults of *Telenomus mormideae* (Costa Lima). E. Male and female adults of *Telenomus chloropus* (Thomson) introduced from Japan. F. Adults of *Telenomus gifuensis* Ashmead introduced from Japan. G. Male and female adults of *Ooencyrtus nezarae* Ishii introduced from Japan. H. Emergence holes of adults of *Ooencyrtus nezarae* on eggs of *Thyanta perditor* (F.). I. Egg mass of *Acrosternum* sp. parasitized by *Trissolcus basalis* (Woll.). (Most of the adults of this species died naturally within the chorion).



写真図版Ⅲ

Photograph plate Ⅲ

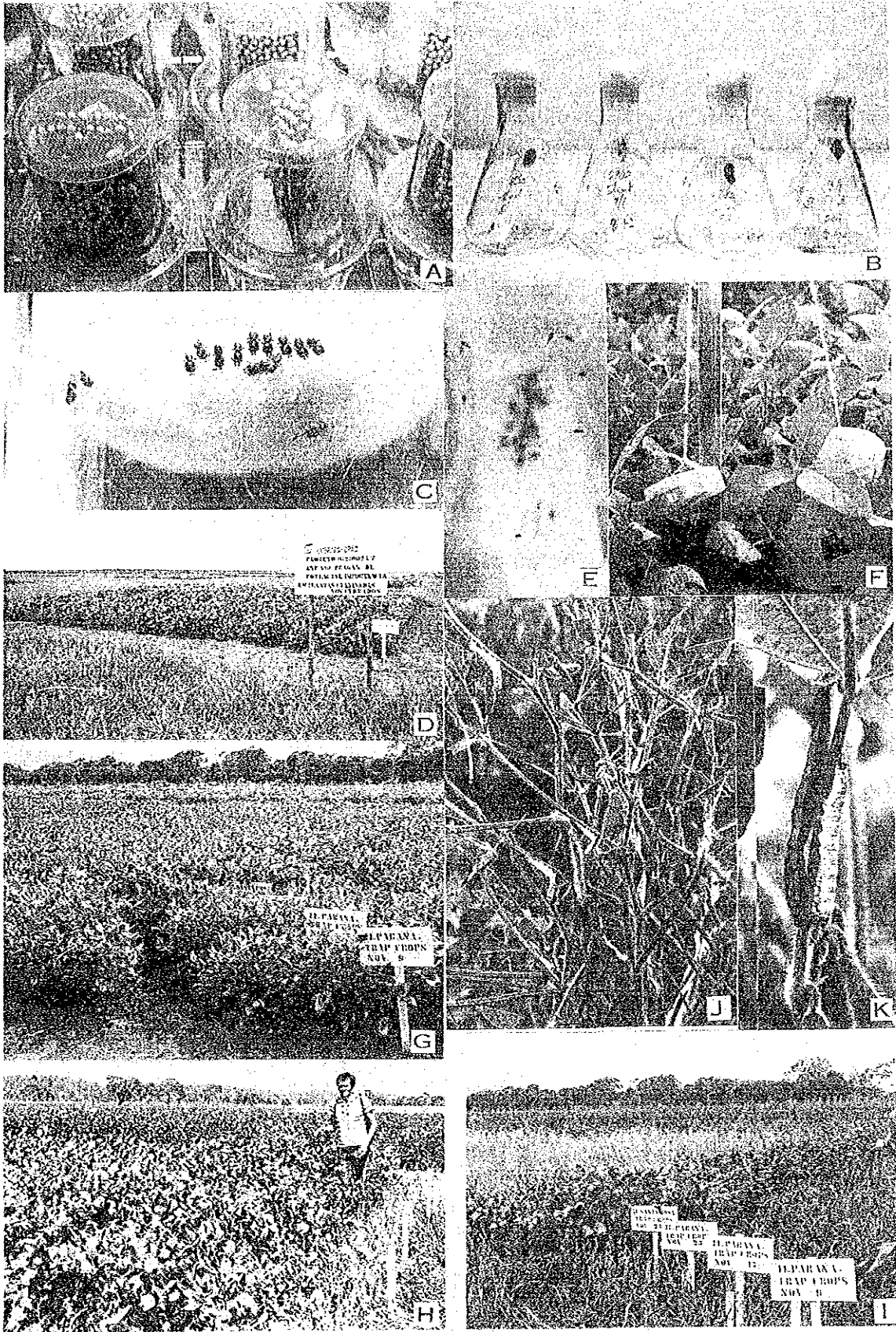
photograph plates III

写真図版 III

A. ダイズの新害虫 Chrysomelidae Gen.sp. (鞘翅目, ハムシ科) 成虫とダイズ葉における食害痕. B. 同終齢幼虫と食害根粒における脱出孔. C. 同成虫の食害により枯死に類したダイズ圃場. D. *Rhammatocerus pictus* 幼虫. E. 道路を横切って移動している同幼虫の大群 (多数の繭死体も見える). F. 卵寄生蜂の飼育管理状況 (研究助手は Sr. Antonio Humberto Barbosa). G. *Nezara viridula* の卵塊に産卵行動中の *Trissolcus mitsukurii* 雌成虫群. H. *Euschistus heros* 卵塊を吸収しているクサカゲロウ (*Chrysopa* sp.) 幼虫. I. *Euschistus heros* 卵塊を捕食している *Lagriavillosa* (F.) 成虫. J. パナナの葉鞘間で越冬 (乾) していた *Nezara viridula* 成虫群. K. セラードンの落葉間で越冬 (乾) していた *Euschistus heros* 成虫群.

Photograph III

A. Adult of Chrysomelid beetle, a new soybean pest, and its feeding marks on a soybean leaf. B. Final instar larva of the same insect pest and its emergence hole on a root tubercle of soybean. C. Soybean plants severely defoliated by the adults of the same species. D. Nymph of *Rhammatocerus pictus*. E. Nymphs of the same species creeping across a road in crowds and run over by cars. F. Rearing of egg parasites of stink bug (A research assistant is Sr. Antonio Humberto Barbosa). G. Females of *Trissolcus mitsukurii* and oviposition on an egg mass of *Nezara viridula*. H. Larva of a lacewing, *Chrysopa* sp., sucking the content of eggs of *Euschistus heros*. I. Adult of *Lagria villosa* (F.), predating on eggs of *Euschistus heros*. J. Adults of *Nezara viridula*, hibernating between leaf sheaths of banana plant. K. Adults of *Euschistus heros*, hibernating among fallen leaves in woods, "cerradon".



写真图版 IV

Photograph plate IV

photograph plates IV

写真図版IV

A. カメムシの採卵飼育状況。B. 卵寄生蜂の生態解析実験に用いた個体群と容器の一部。C. カメムシ卵を長期間給与しない場合に示す *Trissolcus mitsukurii* の集合静止の状態 (20°C, 11時間照明)。D. 卵寄生蜂 *Trissolcus mitsukurii* の放飼試験圃場。E. 放飼前の *Trissolcus mitsukurii* 成虫群。F. カメムシの設置卵に対する捕食虫の食害防止ケージのセット状況。G. 誘引品種利用試験圃場 (1/18, '84)。H. 同誘引品種への殺虫剤散布状況 (圃場職員は Sr. Jose Vieira de Brito, 2/17, '84)。I. 誘引品種利用試験圃場で Parana 区の生産目的部分と誘引品種 No. 1 ~ No. 3 列が登熟した状況 (3/14, '84)。J. *Anticarsia gemmatalis* によって食害されたダイズと昆虫寄生菌 *Nomurae rileyi* によって死亡した同幼虫群。K. 同幼虫の同寄生菌によって死亡した個体と死亡しかかっている個体。

Photograph plate IV

A. Rearing of stink bugs for obtaining eggs. E. Egg parasites and containers used for biological analysis. C. Resting individuals of *Trissolcus mitsukurii*. D. Soybean fields for the biological control experiment to soybean stink bugs. E. *Trissolcus mitsukurii* before release. F. Protection of settled stink bug eggs from predation using small cages. G. Soybean fields for "the trap crop experiment" (Jan. 18, 1984). H. Insecticide application to the "trap" varieties of soybean (Field operator is Sr. Jose Vieira de Brito, Feb. 17, 1984). I. Soybean fields for "the trap crop experiment" (Main part of "Parana" plot with trap varieties and No. 1 to No. 3 trap varieties which matured. March 14, 1984). J. Deal larvae of *Anticarsia gemmatalis*, after infection with a fungus, *Nomurae rileyi* and soybean plants defoliated by the same insect pest. K. Larvae of *Anticarsia gemmatalis* dying (left) and Killed (right) by *Nomurae rileyi*.

セラードのダイズ・コムギ2毛作栽培における
播種方式と施肥に関する試験.

The experiment on the seeding ways and the fertilization for
the double cropping system, wheat - soybean, in Cerrados.

尾形 保^{a)}

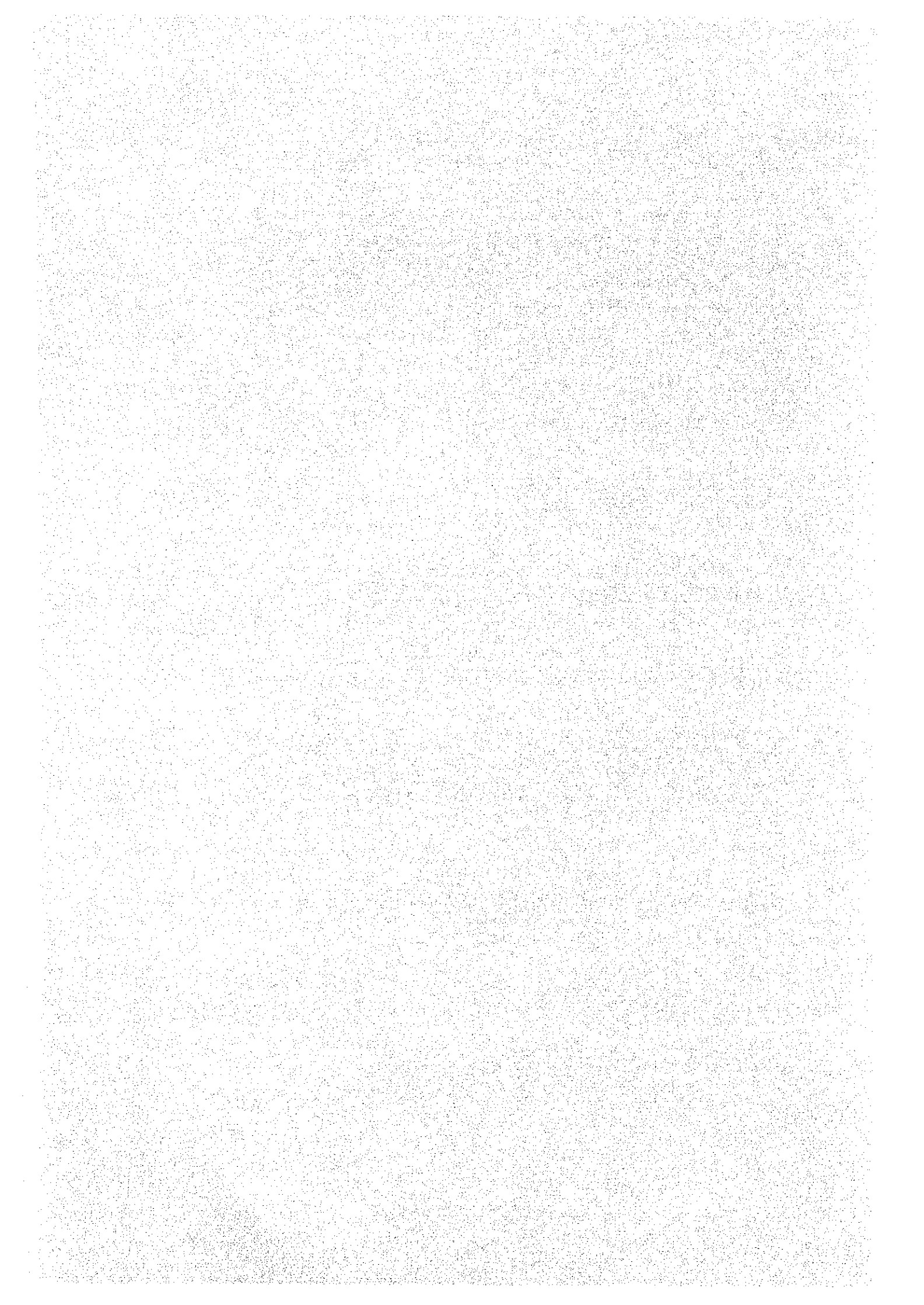
(Tamotsu Ogata)

Yoshito Shibuya. ^{c)}

池 盛重^{b)}

(Morishige Ike)

Mario Yocio Shimano ^{c)}



セラードのダイズ・コムギ2毛作栽培における 播種方式と施肥に関する試験

The experiment on the seeding ways and the fertilization for the double cropping system, wheat-soybean, in Cerrados.

尾形 保^{a)} 池 盛重^{b)}
(Tamotsu Ogata) (Morishige Ike)

Yoshito Shibuya^{c)} Mario Yocio Shimano^{c)}

1. 緒 言

セラード農業の第一歩は、その酸性土壌の改良と、不足養分の適切な補給にあることは今や広く認められ、着々と開発の実績を広げつゝある。しかし開発後、数年以上作物栽培を続け、その間かなりの量の施肥を続け、土壌の養分含量もある程度高まった「熟畑土壌」での施肥に関する試験研究は、未だ数少なく今後の問題である。

それは作物の種類によって、その要求養分量やバランスに違いがあるが、セラード土壌のように、元来作物養分の天然供給量が著しく少なく、養分の過不足に対する土壌の緩衝力が小さい場合、施肥内容の作物の生育・収量に及ぼす影響は特に大きいものと思われるからである。

加えて農業生産資材の生産地や市場から遠隔の地にあるセラードでは、化学肥料の価格も割高の傾向にあるから、経済的視点からも、効率的な施肥技術の確立が望まれる。

一方、強い雨が多く土壌浸蝕を生じやすいセラードでは、この防止策も重要である。また経営面積が広く、大型機械類の使用が不可欠なセラード農業では、その効率的な使用もまた経営上の重要問題である。特に2毛作栽培のように、機械の利用回数が倍増し、かつ利用期間が集中しやすい場合にこの問題は大きい。

これらに対する有効手段の一つとして、慣行的播種方式のように、土壌を耕うん整地することなく、前作収穫後の地面に直接施肥、播種する「不耕起まき」方式が検討され、一部実用化されている。不耕起まきでは、土壌の耕うんをしないので、前作の刈株、わらなどが畑地表面に残留して雨滴の衝撃を緩和するのみでなく、前作物の根部の作用による土壌粒子の結合強化や、土壌孔隙の発達促進化などにより、降雨による土壌浸蝕を軽減する。また、耕うん、整地作業を省略できることは、当然、機械作業の効率化を高める。

本試験は、セラードの農業開発の進展に伴って生じている上述の諸問題を背景にして、熟畑におけるダイズ・コムギ2毛作栽培を対象にして、1)肥料試験として多量要素及び微量要素の施用に対する反応と、2)播種方式の違い — 慣行的な耕起まきと不耕起まき — の比較検討を行ったものである。

本試験の企画、設計は尾形と池が行ったが、試験の実施と諸測定、数値の整理等は池、Shibuya及びShimanoが逐行し、最終とりまとめと報告書の作成を尾形が担当した。

a) JICA派遣専門家、土壌 b) JICA派遣専門家、作物栽培 c) コチア産業組合、農業技師

試験実施に当り多大の協力と援助を惜しまれなかったコチア産業組合・サンゴタルド支部及びセラード農牧研究センターの関係各位に心から深甚の謝意を表す。

2. 試験方法

1) 試験地及び土壌

ブラジリアの南東約 600km, ミナスジェラス州に位置するサンゴタルド (São Gotardo) 町の郊外, アルトパラナイーバ開拓試験場内の圃場, 本地帯は, アルトパラナイーバ計画として, 1973年頃より, 州政府及びコチア産業組合の支援の下行われた組織的大規模なセラード開発の端緒的な所である。以来開発はほぼ順調に進展し, ダイズ, コムギ, トウモロコシ, コーヒー, 野菜, 畜産など, その作目も次第に増加し, 今やその 2 万 ha に近い開発地は, 一大農業地帯に変わってきた。標高約 1,100 m。

試験圃場の土壌は暗赤色ラトゾール, 重粘質で, セラードの代表的土壌の一つである。開墾後約 7 年間, ダイズ・コムギの 2 毛作栽培を続けてきた圃場で, その土壌の化学性は, 後述表 20 に示すように, 土壌酸性は中和され, 各種植物養分もかなりの程度富化した土壌である。

2) 試験作物, 試験区及び調査項目

ダイズ, コムギともに, 本地帯の 2 毛作栽培に常用されている品種で, ダイズは Parana, コムギは IAC 5。いずれも晩生種である。「不耕起まき」以外のすべての栽培管理方法は本地帯での慣行によった。

Table 1. The cropping periods and outline of the experimental treatments

Crop	1st Wheat	2nd Soybean	3rd Wheat	4th Soybean	5th Wheat	6th Soybean
Cropping period	Mar.'81~July'81	Oct.'81~Mar.'82	Mar.'82~July'82	Oct.'82~Mar.'83	Mar.'83~July'83	Oct.'83~Mar.'84
Treatment						
Fertilization	○	○	○	○	× a)	× a)
"C" - seeding	○	○	○	○	○	○
"D" - seeding	× b)	○	○	○	○	○

"C": Conventional way "D": Direct way ○: The treatment was carried out.

×: The treatment was not carried out.

a): Without any fertilizers b) Conducted with "C"-way.

表 1 に各作物の栽培期間と処理の概要を示した。コムギは 1981 年 3 月播き 7 月収穫の第 1 作より始まり, ダイズはこれに続き 81 年 10 月播き翌年 3 月収穫より開始された。このような, コムギ・ダイズの 2 毛作栽培を 84 年 3 月まで 3 回行った。この間の処理概要は次のようである。

すなわち, 肥料の施肥は第 1 作コムギから第 4 作ダイズまでの 2 年間実施したが, 第 5 作のコムギと第 6 作ダイズに対しては, いずれも施肥せず, 先の 2 年間の施肥の残効を見た。また播種方式については, 初年目第 1 作コムギ作のみは, 圃場の土壌条件を均一化するため, 全区耕起整地のあと播種した。従って播種方式の試験は第 2 作ダイズ作から開始され, 試験終了時まで継続された。

Table 2. The experimental treatments and the amounts of fertilizers applied (Wheat)

Treatment of Fertilization	No micronutrients				Plus micronutrients						Treatment of seeding way
	No.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	No.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	FTE ^{b)}	MgSO ₄	
No nitrogen (N-0)	1	0	100	50	11	0	100	50	50	100	Conventional way or Direct way
Low nitrogen (N-L)	2	7	100	50	12	7	100	50	50	100	
Medium nitrogen (Standard) ^{a)}	3	15	100	50	13	15	100	50	50	100	
High nitrogen (N-H)	4	25	100	50	14	25	100	50	50	100	
No phosphorus (P-0)	5	15	0	50	15	15	0	50	50	100	
Low phosphorus (P-L)	6	15	50	50	16	15	50	50	50	100	
High phosphorus (P-H)	7	15	200	50	17	15	200	50	50	100	
No potassium (K-0)	8	15	100	0	18	15	100	0	50	100	
Low potassium (K-L)	9	15	100	25	19	15	100	25	50	100	
High potassium (K-H)	10	15	100	100	20	15	100	100	50	100	

a) Medium N = Medium P = Medium K Standard treatment

b) In '81, 10 kg ZnSO₄ was used instead of FTE.

Table 3. The experimental treatments and the amounts of fertilizers applied (Soybean)

Treatment of Fertilization	No micronutrients				Plus micronutrients						Treatment of seeding way
	No.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	No.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	FTE	MgSO ₄	
No nitrogen (N-0)	1	0	120	60	11	0	120	60	50	100	Conventional way or Direct way
Low nitrogen (N-L)	2	4	120	60	12	4	120	60	50	100	
Medium nitrogen (Standard) ^{a)}	3	8	120	60	13	8	120	60	50	100	
High-nitrogen (N-H)	4	12	120	60	14	12	120	60	50	100	
No phosphorus (P-0)	5	8	0	60	15	8	0	60	50	100	
Low phosphorus (P-L)	6	8	60	60	16	8	60	60	50	100	
High phosphorus (P-H)	7	8	240	60	17	8	240	60	50	100	
No potassium (K-0)	8	8	120	0	18	8	120	0	50	100	
Low potassium (K-L)	9	8	120	30	19	8	120	30	50	100	
High potassium (K-H)	10	8	120	120	20	8	120	120	50	100	

a) Medium N = Medium P = Medium K Standard treatment

試験処理の内容は表 2 及び 3 のようである。肥料試験として、N、P、K それぞれの欠除（無施用）区から少量、中量、多量の 4 段階の施肥量区を設け、試験作物の施肥反応を見ようとした。N、P、K とともに中量が本地区の標準施肥量で、標準区とした。

これらの多量要素試験区に微量要素併用の有無によって、微量要素無施用系列と施用系列の 2 系列を設けた。施用資材は、FTE (BR-12 : Zn 11.5%, B₂O₃ 7.0%, CuO 1%, Fe₂O₃ 5.4%, MnO₂ 5.5%, MoO₃ 0.2%) 及び MgSO₄ である。但し第 1 作コムギの場合のみは、FTE の入

手が間に合わず $ZnSO_4$ を代用した。

以上の施肥処理にさらに2方式の播種方式を組合わせた。すなわち、「耕起まき」として、土壌を耕うん、整地後に播種する慣行法と、「不耕起まき」として、前作の収穫あと地を耕うん整地することなく、直接播種溝を作り播種する方式を行い、比較試験した。

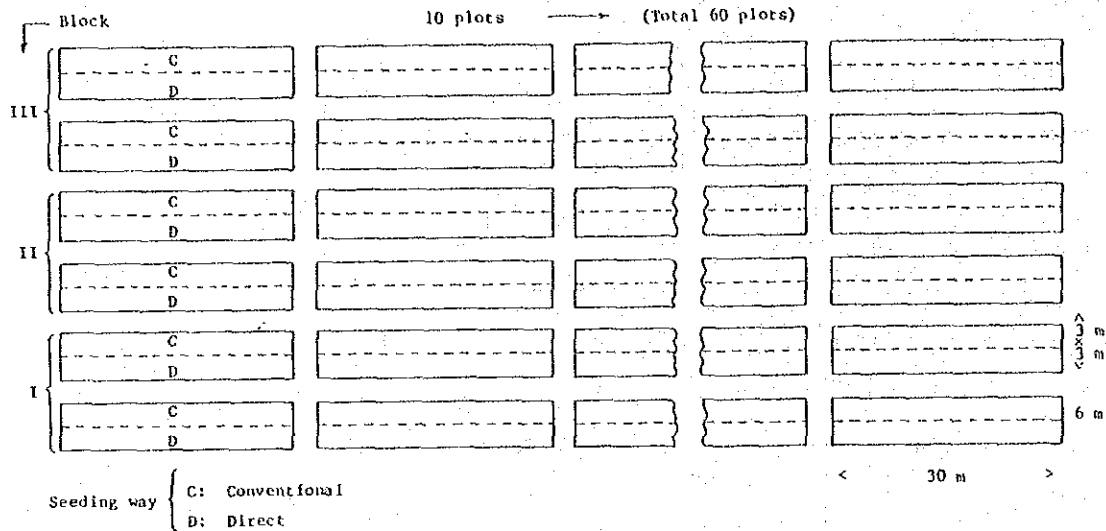


Fig. 1. The arrangement of the experimental plots

これらの処理区は3連制とし、図1のように配列した。同一肥料区の1区面積は、長さ30m × 幅6m = 180㎡としたが、播種方式の違いによってこの試験区をたてに二分し、長さ30m × 幅3m = 90㎡とし、たて方向の機械作業を容易にした。

各作物ともに常法に従い生育と収量の調査を行い、収穫物については、茎葉、子実それぞれについて、N、P、K、Ca、Mg、Fe、Zn、Mn、Cuの含有率を測定した。また、跡地土壌も採取し、 $PH(H_2O)$ 、活性アルミナ、有機物、全窒素、置換性Ca、Mg、可給態P、Kの分析を行った。分析方法はいずれもセラード農牧センター(CPAC)の常法によった。

3. 試験結果及び考察

1) 子実収量

収量調査は子実と共にわらまたは茎さやの風乾重についても行ったが、こゝには省略して子実重についてのみ報告する。

まず試験期間における両作物の全体的傾向を標準施肥区で示す(表4、表5)。コムギは全般に低収でかつ年次変動も大きく、特に不耕起まき区が劣った。すなわち、収量は206~823 kg/haで、全処理区の平均でも約500kg/haに過ぎなかった。年次変動は大きく、82'年の平均680kgが83'年には330kgに減少した。

ダイズはコムギに比べて全般に子実収量はまさり、年次変動も少なかった。すなわち、収量は約1.4~2.5 t/haで、全区平均で2 t弱、年次変動は、最低収量1.7 t、最高収量2.4 tで、比較的少なかった。不耕起まき区も耕起まき区と同等以上の生育収量を示した。

Table 4. Grain yield for the standard level fertilization (Wheat)
(Kg/ha)

Treatment			81' 1st crop	82' 3rd	83' 5th	Mean
Macro- nutrients	a) Micro- nutrients	b) Seeding way				
N, P, K medium (Standard)	0	C	528	621	367	505
		D	-	600	206	403
	+M	C	647	823	470	647
		D	-	670	276	473
	Mean			588	679	330

a) 0: No addition +M: Addition

b) C: Conventional way D: Direct way

Table 5. Grain yield for the standard level fertilization (Soybean)
(Kg/ha)

Treatment			82' 2nd	83' 4th	84' 6th	Mean
Macro- nutrients	a) Micro- nutrients	b) Seeding way				
N, P, K medium (Standard)	0	C	1,403	1,600	2,390	1,798
		D	2,060	1,723	2,445	2,076
	+M	C	1,867	1,786	2,278	1,977
		D	1,837	1,736	2,497	2,023
	Mean			1,792	1,711	2,403

a) 0: No addition +M: Addition

b) C: Conventional way D: Direct way

以上のように、サンゴタルド地区での2毛作栽培においては、コムギは低収かつ不安定であるが、ダイズは比較的多収で安定して作りやすい作物といえよう。以下、作物別に施肥処理及び播種方式の違いによる収量への影響をみてみよう。

(1) コムギ

N, P, Kなどの各多量要素の無施用及び増施の影響については表6～8に示した。少量施肥区の結果は無施用または標準区と差は認めなかったので省いた。

表の結果を要約すると、全般に生育が必ずしも良好でなく低収であった。めかN, P, Kの施用並びにそれらの増施効果は明らかでない。僅かに比較的よい収量を得た83'年作で、

各要素の施用効果及び増施効果が認められたに過ぎない。また2年間施肥したあとの3年目における残効はN、P、Kともに認められたが、その程度は僅少であった。

Table 6. Grain yield for the no or high level nitrogen fertilization (Wheat)
(Kg/ha)

Treatment			Cropping			
Macro-nutrient	Micro-nutrient	Seeding way	'81 1st	'82 3rd	'83 5th	Mean
N-O	0	C	598	743	447	596
		D	-	413	257	335
	+M	C	606	716	447	590
		D	-	635	238	437
	Mean			602	627	347
N-H	0	C	600	783	351	578
		D	-	693	244	469
	+M	C	662	821	382	622
		D	-	643	278	461
	Mean			631	735	314

Table 7. Grain yield for the no or high level phosphorus fertilization (Wheat)

(Kg/ha)

Treatment			Cropping			
Macro-nutrient	Micro-nutrient	Seeding way	'81 1st	'82 3rd	'83 5th	Mean
P-O	0	C	572	571	351	498
		D	-	436	439	438
	+M	C	630	606	456	564
		D	-	478	240	359
	Mean			601	523	372
P-H	0	C	552	741	343	545
		D	-	501	284	393
	+M	C	578	756	376	570
		D	-	708	292	500
	Mean			565	677	324

Table 8. Grain yield for the no or high level potassium fertilization (Wheat)
(Kg/ha)

Treatment			Cropping			
Macro-nutrient	Micro-nutrient	Seeding way	81' 1st	82' 3rd	83' 5th	Mean
K-0	0	C	593	443	381	472
		D	-	450	98	274
	+M	C	673	808	326	602
		D	-	526	215	371
	Mean			633	557	255
K-II	0	C	607	656	428	564
		D	-	601	311	456
	+M	C	638	658	519	605
		D	-	643	280	462
	Mean			623	640	385

以上のように、本地区でのダイズあとの無灌漑のコムギ作では、土壌の肥沃度がある程度以上になっていけば、子実収量に及ぼす影響は、施肥の如何より気象因子特に雨量とその分布の影響が大きいように思えた。従ってN、Kの施肥は、気象条件を考慮しながらの追肥重点の方が合理性が高いと思われる。

微量要素の施用効果は表9に示すように、各年次ともに明らかに見られた。この効果は後述の植物体の要素含有率や土壌中の可給態要素の分析結果より判断し、主としてZnの施用効果に起因すると考えられる。

播種方式の差異の影響は、表10に見られるように、82年、83年ともに不耕起まきは耕起まきに明らかに劣った。特に83年次においてその差は大きかったが、この理由は、不耕起まき用の機械の不調による発芽の不揃いと遅延の影響が大きいと思われる。

Table 9. Grain yield for the no or addition of micronutrients (Wheat)
(Kg/ha)

Treatment		Cropping			
Micro-nutrient	Seeding way	81' 1st	82' 3rd	83' 5th	Mean
0	C	554	649	406	536
	D	-	500	219	360
	Mean	554	575	313	448
+M	C	615	697	418	577
	D	-	620	254	437
	Mean	615	659	336	507

Table 10. Grain yield for the conventional or direct seeding way (Wheat)

Seeding way	Cropping			
	81' 1st	'82 3rd	83' 5th	Mean
C	585	673	412	557
D	-	560	237	399

(2) ダイズ

表11~13に示すように、Nの施用効果は僅少に過ぎなかったが、P、Kの施用効果とそれらの残効は明らかに認められた。

Table 11. Grain yield for the no or high level nitrogen fertilization (Soybean)

Treatment		Seeding way	Cropping			Mean
Macro-nutrient	Nitro-nutrient		82' 2nd	83' 4th	84' 6th	
N-O	O	C	1,810	1,736	2,023	1,856
		D	1,743	1,766	2,208	1,906
	+N	C	1,603	1,616	2,130	1,783
		D	1,877	1,730	2,523	2,043
	Mean			1,758	1,712	2,221
N-H	O	C	1,707	1,593	2,110	1,803
		D	2,083	1,736	2,168	1,996
	+N	C	1,950	1,873	2,013	1,945
		D	2,150	1,683	2,148	1,994
	Mean			1,973	1,721	2,110

Table 12. Grain yield for the no or high level phosphorus fertilization (Soybean)

Treatment			Cropping			
Macro-nutrient	Nitro-nutrient	Seeding way	82' 2nd	83' 4th	84' 6th	Mean
P-O	O	C	1,933	1,543	2,218	1,898
		D	1,650	1,610	1,932	1,731
	+H	C	1,707	1,676	1,735	1,706
		D	1,957	1,646	2,222	1,942
	Mean			1,812	1,619	2,027
P-H	O	C	1,617	1,753	2,228	1,866
		D	1,977	1,770	2,458	2,068
	+H	C	1,750	1,986	2,060	1,932
		D	1,790	1,936	2,555	2,094
	Mean			1,784	1,861	2,325

微量要素の施用効果も表14に示すように初期より7~8%の増収となったが、コムギの場合の11~15%には及ばなかった。残効も1年で急減した。ダイズの場合も、施用効果のあった成分は主にZnと判断される。

播種方式の違いの影響は表15に示すように、コムギの場合と異なり、不耕起まき区は耕起まき区と同等またはそれ以上の収量を示した。3年間の平均値では不耕起まき区が6%の増収となった。

ダイズの場合、播種後すぐ雨季に入るため、土壌の水分不足が種子の発芽や幼植物の生長の阻害因子になることは比較的少ない。このような播種直後の気象要因の違いが、不耕起まきのマイナス要因を打ち消し、プラス効果を高めたものと思われる。

Table 13. Grain yield for the no or high level potassium fertilization (Soybean)
(Kg/ha)

Treatment			Cropping			
Macro-nutrient	Micro-nutrient	Seeding way	82' 2nd	83' 4th	84' 6th	Mean
K-0	0	C	1,600	1,560	1,897	1,686
		D	1,450	1,166	1,948	1,521
	+M	C	1,763	1,716	1,873	1,784
		D	2,260	1,840	2,575	2,225
	Mean			1,768	1,571	2,073
K-H	0	C	1,717	1,740	2,167	1,875
		D	2,017	1,663	2,253	1,978
	+M	C	1,713	1,836	1,832	1,794
		D	1,830	1,673	2,352	1,952
	Mean			1,819	1,728	2,151

Table 14. Grain yield for the no or addition of micronutrients (Soybean)
(Kg/ha)

Treatment		Cropping			
Micro-nutrient	Seeding way	82' 2nd	83' 4th	84' 6th	Mean
0	C	1,706	1,652	2,176	1,845
	D	1,815	1,621	2,216	1,884
	Mean	1,761	1,637	2,197	1,865
+M	C	1,800	1,779	2,005	1,861
	D	1,974	1,761	2,421	2,052
	Mean	1,887	1,770	2,213	1,957

Table 15. Grain yield for the conventional or direct seeding way (Soybean)
(Kg/ha)

Seeding way	Cropping			
	82' 2nd	83' 4th	84' 6th	Mean
C	1,753	1,716	2,091	1,853
D	1,895	1,691	2,319	1,968

2) 多量要素吸収量

試験作物による多量要素の吸収量に及ぼす施肥処理の影響を表16~17に示した。播種方式の違いの影響には差異は認め難いと思われたので省略した。両作物とも生育収量が平均値以上のほゞ正常な生育を示した年の収穫物（わら（茎さや）+子実）についての値である。標準施肥区を対照にして3要素それぞれの無施用区及び増施肥区における成分吸収量を比較した。

(1) コムギ

Nの無施用によりN吸収量は減少したが、N施用量の増加に伴って、N吸収量のみならずP、Kの吸収量も増加した。しかし、Ca、Mgには余り影響はないようであった。

Pの無施用はPのみでなく、分析した他のすべての成分の吸収量も低下した。Pの施用量を増した場合、逆にすべての成分の吸収量が増加した。

Kの無施用または施用増の場合の影響は、K無施用区でMg吸収量が僅かに増加したことを除き、Pの場合と同様な傾向にあった。

Table 16. The treatments of fertilization vs. the amounts of the elements up-taken by the plant (Wheat)^{a)}

Fertilization	Elements up-taken (Kg/ha)				
	N	P	K	Ca	Mg
N-O	29.1	2.8	27.3	2.6	2.0
Standard	32.2	1.8	24.7	2.8	2.0
N-H	32.2	1.9	22.0	2.7	2.2
P-O	27.1	1.6	21.6	2.6	1.7
P-H	37.7	2.3	35.8	4.0	2.7
K-O	32.6	1.9	22.8	3.5	2.2
K-H	35.0	2.0	38.3	3.9	2.0

a) Harvested from the treatment with "+M" and "C" in '82.

Table 17. The treatment of fertilization vs. the amounts of the elements u-taken by the plant (Soybean)^{a)}

Fertilization	Elements up-taken (Kg/ha)				
	N	P	K	Ca	Mg
N-O	118.2	10.1	48.0	13.6	12.2
Standard	130.0	10.8	53.3	15.7	16.5
N-H	139.2	12.0	57.9	15.1	14.2
P-O	118.3	9.1	45.1	13.5	12.9
P-H	152.2	14.0	59.2	19.5	17.7
K-O	133.6	10.8	53.3	15.7	15.6
K-H	140.8	11.3	67.3	18.4	17.1

a) Harvested from the treatment with "+M" and "C" in '83

(2) ダイズ

N無施用でNのみならずK, Ca, Mgの吸収量も減少し、一方Nの増施は、N, K, Pの吸収量を増したが、Caでは差なく、Mgはやゝ減少した。Pの無施用はすべての成分の吸収量を少なくし、逆にその増施はすべての成分の吸収量を増加させて、コムギの場合と同じ傾向を示した。

しかしKの無施用はすべての成分に余り影響が殆どなかったが、Kの増施により、Pを除いた他のすべての成分の吸収量を増加させた。

以上のように本試験地では、両作物ともに、多量要素の吸収量に及ぼす影響は、P及びKの不足が最も大きいことが分った。

3) 微量元素吸収量

収穫物の微量元素は、Fe, Cu, Mn, Znの4成分を分析したが、Feの値はばらつきが大きく、土壤による試料汚染の可能性も考えられた。またCuは含量が極めて低く、処理間の差もなかったため、FeとCuについては省略し、MnとZnの値のみを表18~19に示した。

(1) コムギ

第1作では、わら、子実ともにMn, Znの含有率(%)には、微量元素添加の有無の差は認められなかったが、吸収量には、収量の高い微量元素添加区の方が、両成分ともにやゝ高い値を示した。しかし第3作では微量元素添加区のZn濃度及び吸収量は、明らかに無添加区より高い値を示した。これに対しMnでは要素添加の有無の差はほとんどなかった。

Table 18. The addition of the micronutrients vs. the amounts of Zn and Mn up-taken by the plant (Wheat)

Cropping	Micro-nutrient	Element analysed	Yield Kg/ha		Concentration ppm		Up-taken amount g/ha		
			Straw	Grain	Straw	Grain	Straw	Grain	Total
1st	0	Zn	1,346	528	43	10	57.9	5.3	63.2
		Mn			45	29	60.6	15.3	75.9
	+M	Zn	1,410	647	44	10	62.0	6.5	68.5
		Mn			45	26	63.5	16.8	80.3
3rd	0	Zn	1,675	621	7	24	11.7	14.9	26.6
		Mn			33	19	55.3	11.8	67.1
	+M	Zn	1,501	823	14	34	21.0	28.0	49.0
		Mn			30	20	45.0	16.5	61.5

Table 19. The addition of the micronutrients vs. the amounts of Zn and Mn up-taken by the plant (Soybean)

Cropping	Micro-nutrient	Element analysed	Yield Kg/ha		Concentration ppm		Up-taken amount g/ha		
			Culm	Grain	Culm	Grain	Culm	Grain	Total
2nd	0	Zn	4,233	1,403	3.2	24.4	13.5	34.2	47.7
		Mn			10.0	17.7	42.3	24.8	67.1
	+M	Zn	4,450	1,867	5.7	34.1	25.4	63.7	89.1
		Mn			11.5	18.0	51.2	33.6	84.8
4th	0	Zn	1,590	1,600	5.0	37.0	8.0	59.2	67.2
		Mn			3.0	14.5	4.8	23.2	28.0
	+M	Zn	1,866	1,786	8.5	44.0	15.9	78.0	94.5
		Mn			6.0	15.0	11.2	26.8	38.0

(2) ダイズ

第2作、第4作ともに、微量元素添加の影響は、Mn及びZnの含有率と吸収量に明らかに現われ、それらの値を高めた。その影響はZnで著しく、Mnでは少なかった。

以上のことから微量元素添加による生育収量の増加は、主にZnの作用に起因しているものと判断される。第1作コムギでZn吸収量の差異が少ないのは、第2作以降はFTBとして施用したのに対し、硫酸亜鉛として施用したため、流亡等により肥効が劣ったものと思われる。

4) 土壌の化学性の変化

各試験処理に応じた内容の化学肥料を2年間連用したあと、全区無肥料栽培で残効試験を開始する直前の土壌を採取し、化学性を分析した結果を表20に示した。

Table 20. The change of chemical properties of the soil at the experimental field^{a)}

Fertilization	Soil depth cm	pH	Al	Ca ⁺⁺	OH	N	P	K	Ca	Mg
		(H ₂ O)	me/100ml	me/100ml	%	%	ppm	ppm	me/100ml	me/100ml
Start	0-15	6.65	0.03	7.62	3.30	0.24	10.0	42	-	-
	15-30	6.37	0.04	5.00	3.30	0.26	3.3	33	-	-
Standard	0-5	6.12	0.0	6.85	3.90	0.19	20.2	68	5.50	1.35
	5-15	6.19	0.0	6.70	3.83	0.18	11.6	28	5.33	1.37
N-0	0-15	6.27	0.0	7.22	3.98	0.19	12.6	38	5.73	1.49
N-H	"	6.27	0.0	7.06	3.87	0.19	14.6	38	5.54	1.52
P-0	"	6.18	0.0	6.57	4.05	0.20	7.9	44	4.95	1.62
P-H	"	6.32	0.0	7.06	3.94	0.19	21.3	42	5.92	1.14
K-0	"	6.14	0.0	6.72	3.94	0.18	14.1	25	5.32	1.40
K-H	"	6.28	0.0	7.16	3.86	0.20	11.6	53	5.54	1.62

a) Sampled after 2-years cropping. The indicated values are averaged one in "C" with "D".

(1) 多量要素

試験開始時との比較で分析した項目の変化を示す。pHは処理区の如何にかゝらずや、酸性側に移行し、pH6.6から6.1~6.3となったが、作物の生育障害となるほどの酸性ではなかった。活性Alも極めて少なく問題にはならない。

Ca+Mgは、表層より下層への移行が窺われ、表層土壌では、7.6mgから6.6~7.2mgに減少した。微量要素添加区では硫酸マグネシウムが添加されたが、土壌中の置換性Mgの有意な増加は認められなかった。有機物(OM)は、作物栽培により、表層、下層ともにやゝ増加したが、全窒素(T-N)は減少傾向の値を示した。しかし土壌の全窒素分析の精度から見れば、この程度の差異では有意差は認めがたいものと思われる。

可給態Pは、P無施用区では明らかに減少し、一方、P施用区は標準量、多量ともに増加し、試験開始時の2倍となった。

可給態Kも、K無施用区では明らかに減少したが、標準量の施用では増加は認められず、多量施用区で増加した。

Table 21. The change of concentration of available Zn and Mn in the soil at the experimental field^{a)}

Fertilization		Start		Standard		N-0		N-H		P-0		P-H		K-0		K-H		Mean ^{b)}
		0-15	15-30	0-15	15-30	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15		
0	Zn	2.6	2.3	1.6	1.3	1.3	1.3	1.2	1.6	1.6	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
	Mn	20.8	15.1	13.8	12.4	11.5	12.4	11.9	12.3	12.2	11.6	12.3	11.6	12.3	11.6	12.3	11.6	12.3
4H	Zn	-	-	21.5	11.0	19.1	14.3	23.7	13.4	11.6	11.0	15.7	11.0	15.7	11.0	15.7	11.0	15.7
	Mn	-	-	13.8	11.1	11.9	13.7	17.8	14.3	13.5	12.3	13.6	12.3	13.6	12.3	13.6	12.3	13.6

a) Sampled after 2-years cropping. The indicated values are averaged one in "C" with "D".

b) Excluded the value of "Start".

(2) 微量要素

表21にZnとMnについて、微量要素の施用系列と無施用系列の比較データを示した。

無施用系列では、試験開始時に比べて、Znは約50%、Mnは約60%程度にまで減少していたが、施用系列ではZnの増加は著しく、開始時の6倍にもなっていた。しかしMnは無施用系列とほとんど差はなく、開始時に比べれば約65%程度に減少していた。この結果、FTEとして施用された主要成分はZnであったと思われる。また、土壌中の可給態Znが約3ppmの場合には、ダイズ、コムギに対し、明らかにZn施用効果が見られることを知った。

5) 土壌の物理性の変化

播種方式の違いは、表層付近の土壌の物理性に与える影響は異なることが予想される。表22~23に両方式の試験区土壌の若干の物理性測定結果を示した。

Table 22. The influence of the seeding ways on the physical properties of the soil^{a)}(1)

Seeding way								
	Soil depth cm	pF 3.0 %	Hardness kg/cm ²	pF 3.7 %	Hardness kg/cm ²	pF 3.0 %	Hardness kg/cm ²	pF 3.7 %
0 ~ 10	30.1	4.4	26.7	10.0	32.4	10.2	28.0	11.8
10 ~ 20	30.3	7.9	26.6	11.8	32.6	10.2	27.9	11.8
20 ~ 30	32.6	7.3	27.2	11.8	32.7	7.3	27.9	10.9
30 ~ 40	32.6	5.5	27.6	11.8	32.9	6.3	29.8	10.9
40 ~ 50	34.2	5.4	27.7	11.8	32.9	5.9	30.1	10.9

すなわち、2年間の不耕起まき区では、深さ約20cmまでの表層土壌で、pF3.0以上の微細孔隙が耕起まき区より約10%減少し、このpFにまで脱水したときの土壌の硬度は、20~50%も減少した。以上のことは、不耕起まき区の表層土壌では土壌構造が比較的安定に保たれ、粗孔隙が多いものと推定される。

Table 23. The influence of the seeding ways on the physical properties of the soil^{a)}(2)

Seeding way	Direct					Conventional					
	Soil depth cm	Moisture %	Bulk density	3 phase distribution %			Moisture %	Bulk density	3 phase distribution %		
				Solid	Liquid	Gas			Solid	Liquid	Gas
0 ~ 10	27.0	0.95	33.6	25.7	40.7	26.2	0.97	34.9	25.5	39.6	
10 ~ 20	29.6	0.97	34.1	29.3	36.6	30.4	1.02	35.9	31.1	33.0	
20 ~ 30	33.3	0.97	34.5	32.6	32.9	31.6	0.96	34.6	30.6	34.8	
30 ~ 40	32.5	0.95	36.9	31.8	31.3	33.5	0.93	32.8	31.2	36.0	
40 ~ 50	35.0	0.91	34.6	34.0	31.4	34.0	0.88	30.4	30.1	39.5	

a) Investigated after 2-years cropping.

一方、假比重、3相分布割合からも上記のことは認められ、不耕起まき区の方が耕起まき区よりも、假比重と固相率は低く、気相率も高い。しかし深さ20cm以下では両方式の差異は少なくなり、30~50cmでは逆に不耕起まき区の方が、やゝ高い假比重と固相率と、低い気相率を示した。

以上より、耕起まき区では、毎作播種時の耕うんにより表層約20~30cmの土壌は一度膨軟になるが、その後の農作業による踏圧を受けて固まりやすい。これに対して、不耕起まき区では、播種溝の幅2~3cm、深さ4~5cmが攪乱されるのみのため、作物根のまん延及び収穫物残さ等によって形成された表層上の土壌構造が余り破壊されることなく温存されるものと推定される。

4. 要約

開墾後の栽培年次が進み、土壌酸性も改善され、土壌中の作物養分もある程度豊富になった、いわゆる熟畑における施肥反応を知り、また不耕起まき方式の検討を行った。

試験地はミナスゼライス州、サンゴタルド町郊外のPADAP 試験場内で、ダイズ・コムギ2毛作栽培を対象にして、多量要素及び微量元素の肥効試験を、耕起まき（慣行方式）と不耕起まきの2種類の播種方式と組合わせて3ヶ年の栽培試験を行った。得られた主な結果は次のようである。

1) 本地区での無灌漑によるダイズ・コムギ2毛作栽培におけるコムギの子実収量は低く、平均500kg/ha程度で、かつ年次変動も大きかった。しかしダイズの子実収量は、平均約2 t/haで年次変動も少なく、比較的安定多収の作物と思われた。

2) 多量要素に対する反応は、コムギでは多収年次でN、Pの施用効果は明らかであったが、低収年次では水分不足等の気象要因の影響が大きく、施肥の効果は現われ難かった。しかしダイズでは、いずれの年次でもP、Kの施肥効果は明らかであった。一方、Nの施用効果はほとんど認められなかった。

3) 微量元素施用効果は、両作物にすべての年次で認められた。作物中の含有率、土壌中の可給態成分濃度の分析結果より、この効果のあった微量元素はZnと判断された。

4) 2年間連用した多量要素及び微量元素(Zn)の翌年3年目における残効は、Znでは両作物とも明らかであった。しかし多量要素では、ダイズに対するP、Kの残効は明らかに認められたが、コムギに対する残効は、いずれの成分も微弱に過ぎなかった。

5) 播種方式の相違の影響も両作物によって著しく異なった。すなわち、コムギでは不耕起まきは全般に耕起まきに劣ったが、ダイズでは逆の傾向で、不耕起まきは耕起まきと同等以上の生育、収量を示した。

このような作物の種類による両播種方式の影響の相違は播種後、コムギは乾季に、ダイズは雨季に入るといふ、播種期以降の雨量とその分布に起因することが大きいものと考えられる。

6) 作物の養分吸収量に対する特定養分の過不足の影響は、当該成分の多少となって現われるのみでなく、他の成分の吸収量にも影響を与えた。特にP、Znの影響は大きく、これらの施用により他のすべての成分の吸収量も増大した。バランスのとれた施肥の重要性が窺われる。

7) 2年間の作物栽培で、土壌中の置換性CaとMgは減少し、土壌のpHは6.6から6.2に低下した。有機炭素はやゝ増加したが、全窒素の増加は明らかでなかった。N、P、K及びZn施用の有無の違いは、P、K、Znでは、土壌中のそれぞれの可給態成分の増減として認められたが、Nに関しては明らかでなかった。

8) 播種方式の違いによる土壌の物理性の変化は、表層土壌(深さ約20cmまで)の固相率、気相率及びpH3.0以下の粗孔隙が、耕起まき区の方が不耕起まき区よりやゝ少なく、土壌の圧密化は大きい傾向にあった。しかし深さ30~50cmの下層土においては、耕起まき区の方が僅かに膨軟のようであった。

5. Summary

The experiment on the seeding ways and the fertilization for the double cropping system, wheat - soybean, in Cerrados.

Tamotsu OGATA (JICA), Morishige IKE (JICA),
Yoshito SHIBUYA (COTIA),
Mario Yocio SHIMANO (COTIA)

The experiment was conducted at the field in PADAP experiment station, São Gotardo, the state of Minas Gerais, Brazil, to know the response of fertilization of the macro and micro nutrients for wheat and soybean in the double cropping system, cultured on a matured soil, being resulted to weak acidic and rather rich in some of the nutrients caused by the cultivation practice for several years, in Cerrados.

The experimental designs conducted are shown in table 1 to 3 and figure 1. The main results obtained are as follows:

1) The grain yields of wheat in the double cropping with soybean without irrigation showed to be likely rather low and unstable depend on the wheather of the cropping year, having of about 600 kg per hectar as average value, while that of soybean showed relatively high and stable, about 2,000 kg per hectar as average (Table 4, 5);

2) The responses of the fertilization of macronutrients for wheat production were hardly seen in the year with low yield, being observed only in the year with high yield for the application of nitrogen and phosphorus fertilizers. While for soybean the effects of phosphorus and potassium fertilizers applied were clearly in the all years of the experiment. However, the effect of nitrogen fertilizer was not almost observed (Table 6 ~ 13).

3) The responses of the both crops to the application of micro-nutrients were seen distinctly in all year of the experiment. The effects of the application of the micronutrients to increase the grain yields. were determined as the effect of zinc mainly, based on the analyses of the plants and soils (Table 9, 10, 18, 19, 21).

4) The residual effects of the fertilizers applied for two years were clearly seen only on the zinc application for the both crops and on

the phosphorus and potassium for soybean. For wheat, the residual effects of all nutrients applied except zinc were hardly observed (Table 4 ~ 14).

5) The influences of the two seeding ways tested on the grain yield showed that the direct way (none-tillage way) which affected rather good effects on the growth and yield for soybean had rather bad effects for wheat on the germination and the seedling's growth, consequently on the yield, compared with the conventional way (tillage way).

These different influences of the seeding ways on the plant growth between the crops would mainly result from the environment after the seeding, wet season for soybean and dry one for wheat (Table 10, 15).

6) The analyses of the soil after the 2 years - cultivation indicated that in the all treated plots, the value of pH (H₂O) decreased from 6.6 to 6.2 and the content of organic carbon slightly increased, while of total nitrogen was almost unchanged, as compared with the values at the initiation of the experiment.

As for the effects of the fertilization treatment, on the contents of the available P, K and Zn in the soil the addition of these elements clearly increased the contents and the no addition decreased the one distinctly (Table 20).

7) The two seedling ways examined gave somewhat different influences on the physical properties of the soil, namely, in the case of the conventional way the surface layer, with depth of about 20 cm, became slightly compact, showing the increased rate of solid phase, the decreased rate of gas phase and the larger pores than pF3, as compared with one of the direct way. However, in the lower layer, with depth of about 30 ~ 50 cm below the surface, the situation seemed to be slightly softer at the case of the conventional way than the direct way (Table 22, 23).

